

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**ESTUDIO DEFINITIVO PARA UNA SUBESTACIÓN
ELÉCTRICA DE 20/15 MVA (ONAF/ONAN) EN 60/22,9 KV**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

ELABORADO POR:

RONI DE LA CRUZ ROMERO

ASESOR

M.Sc. ING. MODESTO TOMÁS PALMA GARCÍA

LIMA – PERÚ

2021

**ESTUDIO DEFINITIVO PARA UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE
20/15 MVA (ONAF/ONAN) EN 60/22,9 KV**

A mis padres Cesar y Bertha, a mis hermanos Wilbert y
Melissa por su apoyo constante durante cada etapa de mi vida
y ser ejemplos de superación, a mi esposa Yaris Edelith
por su paciencia y estar siempre a mi lado apoyándome en cada
momento.

Agradezco a todos los profesores de la FIEE – UNI por brindarme unos conocimientos solidos que me permiten poder enfrentar cada nuevo reto que se me presenta en mi vida profesional, de la misma manera agradezco a mi asesor el Ing. Modesto Tomás Palma García, por los consejos brindados para el desarrollo del presente informe.

RESUMEN

En el presente informe se describe los aspectos técnicos a ser considerados para el diseño de una subestación eléctrica de 20/15 MVA considerando condiciones atmosféricas con alta contaminación, esto debido a la presencia de alta salinidad por encontrarse en la zona costera del litoral peruano y a la contaminación agrícola de la zona debido a las plantaciones agrícolas de la zona. En el caso particular, se desarrollará el estudio a nivel de ingeniería definitiva para la implementación de una nueva subestación eléctrica en 60/22,9 kV, el cual seccionará la línea de transmisión existente entre las subestaciones Villacurí y Tacama (L-6623/2), por lo tanto, el sistema eléctrico pasará de tener una configuración radial a una configuración tipo “pi” con dos nuevas líneas de transmisión L-6507 y L-6508 en 60 kV.

La nueva subestación eléctrica de 20/15 MVA (ONAF/ONAN) estará conformado por 02 celdas de líneas de transmisión, 01 celda de transformación en alta tensión y tres celdas de salida en media tensión.

El presente documento detalla las consideraciones y cálculos necesarios para una subestación eléctrica ubicado en una zona con alta presencia de contaminación y temperaturas altas, como son las condiciones de nuestra costa peruana, por lo que contempla los cálculos justificativos para la selección de aislamiento en los equipos a suministrar, así como las características técnicas para suministro y montaje de los equipos a instalar considerando las especificaciones y recomendaciones de las normas vigentes.

Asimismo, también se presenta el estudio eléctrico considerando el impacto que genera el ingreso de la nueva subestación garantizando que los niveles de tensión no sean afectados en la operación normal del sistema eléctrico nacional, finalmente se presenta los planos electromecánicos del proyecto de la nueva subestación eléctrica.

ABSTRACT

This report describes the technical aspects to be considered for the design of a 20/15 MVA electrical substation considering atmospheric conditions with high pollution, this due to the presence of high salinity for being in the coastal zone of the Peruvian coast and to the agricultural contamination of the zone due to the agricultural plantations of the area. In the particular case, the study will be developed at a definitive engineering level for the implementation of a new electric substation in 60/22,9 kV, which will section the existing transmission line between the Villacurí and Tacama substations (L-6623/2), therefore, the electric system will go from a radial configuration to a "pi" type configuration with two new transmission lines L-6507 and L-6508 in 60 kV.

The new 20/15 MVA electrical substation (ONAF/ONAN) will be made up of 02 transmission line cells, 01 high voltage transformation cell and three medium voltage output cells.

This document details the considerations and calculations required for an electrical substation located in an area with a high presence of pollution and high temperatures, such as the conditions of our Peruvian coast, so it includes the calculations to justify the selection of insulation in the equipment to be supplied, as well as the technical characteristics for supply and assembly of the equipment to be installed considering the specifications and recommendations of the current standards.

Also, the electrical study is presented considering the impact that generates the entrance of the new substation guaranteeing that the tension levels are not affected in the normal operation of the national electrical system, finally the electromechanical plans of the project of the new electrical substation are presented.

ÍNDICE

PROLOGO	1
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN	3
1.1 Generalidades	3
1.2 Descripción de la realidad problemática	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivos generales	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Antecedentes	5
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Descripción general.....	6
2.2 Reconocimiento y delimitación del área de influencia	7
2.2.1 Ubicación geográfica.....	7
2.2.2 Condiciones climatológicas.....	7
2.2.3 Condiciones sísmicas	8
2.3 Zona de influencia del proyecto	9
2.4 Nivel de aislamiento seleccionado	9
2.4.1 Aislamiento interno	10
2.4.2 Aislamiento externo	10
2.5 Niveles de cortocircuito.....	10
2.6 Configuración de la subestación.....	10
2.7 Sistema de pórticos y barras	11
2.8 Descripción de los equipos de alta tensión.....	11
2.8.1 Transformador de potencia.....	11

2.8.2	Interruptores de potencia	12
2.8.3	Seccionadores de potencia.....	12
2.8.4	Transformador de corriente	13
2.8.5	Transformador de tensión.....	14
2.8.6	Pararrayos	15
2.9	Celdas de media tensión	15
2.10	Sistemas de control, protección y medición	15
2.10.1	Sistema de control	16
2.10.2	Sistema de protección.....	18
2.10.3	Sistema de medición.....	20
2.10.4	Sistema de alarmas y señales.....	20
2.11	Sistema de comunicaciones	21
2.12	Servicios auxiliares.....	22
2.12.1	Servicios auxiliares en corriente alterna.....	22
2.12.2	Servicios auxiliares en corriente continua.....	23
2.13	Alumbrado interior y exterior.....	24
2.13.1	Alumbrado y fuerza interiores.....	24
2.13.2	Alumbrado y fuerza exteriores	25
2.13.3	Alumbrado de emergencia.....	25
2.14	Sistema de puesta a tierra	25
2.15	Descripción del sistema contra incendios	26
2.16	Descripción de Obras civiles	26
2.16.1	Fundación de equipos y pórticos	27
2.16.2	Fundación de Transformador de potencia (20/15 MVA).....	27
2.16.3	Edificaciones	27
2.16.4	Canaletas y ductos	27
2.16.5	Cerco perimétrico	28
2.16.6	Drenajes.....	28
2.16.7	Vías.....	28
CAPITULO III		
CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA NUEVA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA		
3.1	Objetivos	29
3.2	Alcances	29

3.3	Documentos de referencia	29
3.4	Parámetros eléctricos.....	30
3.4.1	Líneas de Transmisión.....	30
3.4.2	Transformador de potencia.....	32
3.5	Análisis en estado estacionario.....	33
3.5.1	Objetivos	33
3.5.2	Criterios y metodología	33
3.5.3	Escenarios de análisis.....	34
3.5.4	Análisis en Operación Normal	34
3.6	Análisis de cortocircuito.....	36
3.6.1	Objetivos	36
3.6.2	Cortocircuito monofásico	36
3.6.3	Cortocircuito bifásico a tierra.....	37
3.6.4	Cortocircuito trifásico.....	38
3.7	Conclusiones	39
3.7.1	Estado estacionario.....	39
3.7.2	Cortocircuito.....	40
CAPITULO IV		
INGENIERÍA DEL PROYECTO.....		
4.1	Generalidades	41
4.2	Condiciones y criterios de diseño.....	41
4.2.1	Normas aplicadas	41
4.2.2	Características del sistema.....	42
4.2.3	Características del sitio.....	42
4.2.4	Nivel Isocerámico.....	42
4.2.5	Condiciones del viento	43
4.2.6	Presión del viento	44
4.3	Selección de Pararrayos.....	45
4.3.1	Objetivos	45
4.3.2	Generalidades	45
4.3.3	Definiciones.....	45
4.3.4	Criterios	45
4.3.5	Cálculos del sistema eléctrico	46

4.4	Coordinación de Aislamiento	48
4.4.1	Normas aplicables	49
4.4.2	Procedimiento general	49
4.4.3	Coordinación de aislamiento para la Nueva subestación eléctrica de 20/15 MVA.....	53
4.4.4	Resumen de Aislamiento calculado	62
4.4.5	Conclusiones	62
4.5	Cálculos de Distancia de Seguridad	63
4.5.1	Generalidades	63
4.5.2	Selección de distancias mínimas	63
4.5.3	Calculo de distancia de seguridad	64
4.5.4	Resumen de las distancias	67
4.5.5	Conclusiones	68
4.6	Dimensionamiento del transformador de corriente	68
4.6.1	Relación de transformación.....	68
4.6.2	Determinación de la capacidad de los transformadores de corriente	69
4.6.3	Comportamiento de los transformadores de corriente ante los cortocircuitos	70
4.6.4	Clase de precisión.....	71
4.6.5	Conclusión.....	71
4.7	Selección de interruptor de potencia	71
4.7.1	Condiciones normales de operación.....	71
4.7.2	Consideraciones de diseño	72
4.7.3	Máxima tensión de diseño	72
4.7.4	Determinación de la corriente máxima permanente del interruptor.....	72
4.7.5	Selección de las características eléctricas del interruptor de potencia	73
4.8	Selección de conductor de barras	73
4.8.1	Consideraciones para la selección de conductor de barra	74
4.8.2	Características generales	74
4.8.3	Análisis por régimen permanente.....	74
4.8.4	Análisis por régimen de cortocircuito	75
4.8.5	Verificación de efecto corona.....	77
4.9	Diseño del sistema de malla a tierra.....	79
4.9.1	Objetivo	79

4.9.2	Generalidades	79
4.9.3	Selección del conductor.....	79
4.9.4	Diseño de la malla a tierra.....	80
4.9.5	Malla a tierra profunda.....	81
4.9.6	Calculo de la resistencia de la malla a tierra (Rg).....	82
4.9.7	Corriente de la malla a tierra (I _g).....	83
4.9.8	Calculo de las tensiones de toque y paso tolerables.....	83
4.9.9	Calculo de la tensión real de paso (E _p).....	84
4.9.10	Calculo de la tensión real de toque (E _m).....	85

CAPITULO V

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MONTAJE	87	
5.1	Objetivo.....	87
5.2	Alcances	87
5.3	Actividades a desarrollar.....	88
5.4	Normativa aplicable	88
5.4.1	Normas de referencia.....	88
5.4.2	Aplicación y control del plan de manejo ambiental.....	89
5.4.3	Precauciones, prevención de accidentes y medidas de seguridad.....	89
5.5	Oficinas, talleres y otras instalaciones provisionales	90
5.5.1	Instalaciones provisionales.....	91
5.5.2	Otras instalaciones.....	91
5.5.3	Campamentos	92
5.6	Servicios en general.....	92
5.6.1	Protección contra incendios.....	92
5.6.2	Energía eléctrica, telecomunicaciones, agua y alcantarillado	92
5.6.3	Depósito de combustibles.....	93
5.6.4	Orden, limpieza y vigilancia durante la obra	94
5.7	Control de calidad	94
5.7.1	Planos y documentos del proyecto	94
5.7.2	Informes de avance de obra.....	95
5.7.3	Procedimientos para ejecución de los trabajos.....	95
5.7.4	Dossier de calidad	96
5.7.5	Desviaciones de las especificaciones	97

5.8	Requerimientos generales.....	97
5.8.1	Personal de la empresa contratista.....	97
5.8.2	Personal de fabricantes en sitio	99
5.8.3	Equipos y herramientas	99
5.8.4	Materiales y accesorios	100
5.8.5	Tuberías conduit y flexible.....	100
5.8.6	Accesorios para montaje	101
5.8.7	Sistema de puesta a tierra	102
5.9	Montaje de equipos de alta tensión	104
5.9.1	Recepción de equipos en obra	104
5.9.2	Almacenamiento de equipos en obra.....	104
5.9.3	Movilización de equipos en obra.....	104
5.9.4	Montaje de estructuras metálicas de pórticos y equipos	105
5.9.5	Montaje de equipos de alta tensión	107
5.9.6	Montaje de Transformador de potencia.....	107
5.9.7	Montaje de interruptor de potencia	109
5.9.8	Montaje de seccionadores de potencia	110
5.9.9	Montaje de transformadores de corriente	111
5.9.10	Montaje de transformadores de tensión.....	112
5.9.11	Montaje de pararrayos	113
5.9.12	Cables de alta tensión, conectores, cadenas de aisladores	114
5.10	Celdas y equipos de media tensión.....	115
5.11	Cables de media tensión	116
5.12	Montaje de equipos de sistemas de control, protección y telecomunicaciones... 116	
5.13	Montaje de equipos de sistema de servicios auxiliares	117
5.13.1	Montaje de gabinetes de distribución 380/220 Vac – 220 Vcc.....	118
5.13.2	Montaje de cargador de baterías.....	118
5.13.3	Montaje de banco de baterías	119
5.13.4	Cableado y conexionado de fuerza y control	120
5.14	Obras complementarias	121
5.14.1	Sistemas contra incendio en patio y edificaciones	121
5.14.2	Placas de nomenclatura operativa	121
5.15	Pruebas, energización y puesta en servicio	122

5.15.1	Generalidades	122
5.15.2	Pruebas individuales equipos de alta tensión	123
5.15.3	Pruebas individuales del Transformador de potencia.....	124
5.15.4	Pruebas individuales a Interruptores de potencia	125
5.15.5	Pruebas individuales a Seccionadores de potencia.....	125
5.15.6	Pruebas individuales a Transformadores de corriente.....	125
5.15.7	Pruebas individuales a Transformadores de tensión	126
5.15.8	Pruebas individuales a Pararrayos	126
5.15.9	Pruebas a equipos de media tensión	126
5.15.10	Pruebas individuales a cables de media tensión	127
5.15.11	Pruebas individuales sistemas de protección, control y telecomunicaciones.....	128
5.16	Pruebas de puesta en servicio	129
5.17	Energización	130
5.18	Certificado de recepción.....	131
5.19	Consideraciones finales	132

CAPITULO VI

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SUMINISTRO.....	133	
6.1	Introducción.....	133
6.1.1	Objetivo	133
6.1.2	Nueva Subestación eléctrica de 20/15 MVA	133
6.2	Alcances	136
6.3	Especificaciones técnicas generales	137
6.3.1	Extensión de las prestaciones	137
6.3.2	Presentación de oferta	137
6.3.3	Planos y manuales de fabricación, operación y mantenimiento.....	138
6.3.4	Características generales de los equipos	138
6.3.5	Galvanizado, pintura y oxidación.....	139
6.3.6	Vibraciones en equipos	139
6.3.7	Ventilaciones	140
6.3.8	Materiales utilizados en los equipos.....	140
6.3.9	Tableros y celdas	140
6.3.10	Cableado eléctrico	140
6.3.11	Acceso a talleres y laboratorios.....	141

6.3.12	Invocatoria y presencia de los supervisores	141
6.3.13	Planificación de fabricación de los materiales y equipos.....	141
6.3.14	Pruebas tipo y de rutina de materiales a suministrar	141
6.3.15	Constancia de supervisión de pruebas	142
6.3.16	Embalaje de equipos y materiales	142
6.3.17	Repuestos.....	143
6.3.18	Embarque, transporte y montaje.....	143
6.4	Especificaciones técnicas particulares.....	143
6.4.1	Transformador de potencia.....	144
6.4.2	Interruptor de potencia	150
6.4.3	Seccionadores de potencia.....	153
6.4.4	Transformador de tensión.....	155
6.4.5	Transformador de corriente	156
6.4.6	Pararrayos	157
6.4.7	Aisladores de suspensión y anclaje de porcelana para subestaciones de potencia	158
6.4.8	Cables de baja tensión	159
6.4.9	Cables de energía de media tensión y sus terminales.....	160
6.4.10	Conductores de aleación de aluminio (AAAC) para barras flexibles de subestaciones de potencia.....	161
6.4.11	Herrajes de cadenas de aisladores	161
6.4.12	Material para puesta a tierra	162
6.4.13	Sistema de iluminación y fuerza	163
6.4.14	Tableros de control y protección	164
6.4.15	Equipos contra incendio	168
	CONCLUSIONES	169
	RECOMENDACIONES	171
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	173
	ANEXO A	
	ÍNDICE DE TABLAS	176
	ÍNDICE DE FIGURAS	178
	ANEXO B	
	DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS	179

ANEXO C	
PROCOLOS DE PRUEBAS	244
ANEXO D	
PLANOS DEL PROYECTO	262

PRÓLOGO

Dentro de los sistemas eléctricos, las subestaciones de potencia cumplen un rol importante debido a que son dichas instalaciones donde se puede suministrar potencias a distintos niveles de tensión, esto contribuye a llevar la energía eléctrica a lugares lejanos y remotos mediante la elevación del nivel de tensión.

En el presente informe se presenta los aspectos importantes a tener en cuenta al momento de diseñar las subestaciones eléctricas con características geográficas propias de la costa, a diferencia de otras relacionados con la temperatura, humedad, niveles de descargas atmosféricas, etc.

Para el presente informe se tendrá como base las estipulaciones indicadas en las normas nacionales e internacionales, los que nos permitirán realizar un diseño seguro y confiable el cual nos permita integrar la nueva subestación al sistema eléctrico nacional sin que se presente inconvenientes.

El presente informe se distribuyó en seis capítulos, cubriendo la revisión de conceptos principales involucrados en el tema, tales como los conceptos de ingeniería, cálculos, fichas de datos técnicos y conclusiones.

En el capítulo I se presenta una breve introducción de la red eléctrica del departamento de Ica, adicional a ello se describe los objetivos del presente informe de suficiencia.

En el capítulo II se presenta la memoria descriptiva del proyecto, donde se describe las características ambientales de la zona, condiciones sísmicas, se realiza la descripción de los parámetros eléctricos del proyecto, tales como niveles de tensión, cortocircuito y aislamiento.

Se describe las características básicas de los equipos primarios, celdas de control, protección y medición, así como también los equipos de servicios auxiliares. Finalmente se describe una breve descripción de las obras civiles involucradas en el proyecto.

En el capítulo III se presenta los estudios eléctricos de la nueva subestación a diseñar, donde se presentan los niveles de flujo de potencia, niveles de cortocircuito a diferentes tipos de fallas a presentarse en el sistema de influencia, cuando el proyecto entre en operación.

En el capítulo IV se presenta la ingeniería del proyecto, presentando los cálculos justificativos para la selección de los equipos primarios, secundarios y sistemas auxiliares. Se realiza los cálculos para la selección de pararrayos, se realiza el cálculo y diseño para la malla a tierra de la nueva subestación.

En el capítulo V se presenta las especificaciones técnicas de montaje de los equipos de alta tensión, celdas de media tensión, tableros de control, protección y medición, así como los componentes del sistema de servicios auxiliares para la nueva subestación eléctrica.

En el capítulo VI se presenta las especificaciones técnicas de suministro de los equipos de alta tensión, celdas de media tensión, tableros de control, protección y medición, así como los componentes del sistema de servicios auxiliares, también está contemplado toda la ferretería necesaria para la instalación de los pórticos de línea y barra de para la nueva subestación eléctrica.

Finalmente se presenta las conclusiones y los anexos correspondientes para el presente informe de suficiencia, donde se presentan los diagramas unifilares y las tablas de especificaciones técnicas de los equipos y celdas.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

La demanda actual de la región de Ica es suministrado mediante la energía que brindan las compañías eléctricas de la zona, los cuales son Electro Dunas S.A.A. y Consorcio Eléctrico de Villacurí S.A.C. (COELVISAC), actualmente el sistema eléctrico de la región de Ica es un sistema en anillo el cual tiene como cabeceras a la subestación eléctrica Independencia y subestación eléctrica de Ica en 220 kV y como intermedias a la subestación eléctrica Villacurí, subestación eléctrica Tacama y Subestación eléctrica Ica Norte todas en 60 kV.

Debido al incremento de la demanda por los proyectos agroindustriales de la zona, así a los planes de expansión y confiabilidad el sistema eléctrico de la zona se tiene previsto la instalación de una subestación eléctrica Nueva de 20/15 MVA (ONAF/ONAN) en 60/22,9 kV.

1.2 Descripción de la realidad problemática

Según [1] se considera que en el año 2017 la demanda en la zona de concesión de la empresa COELVISAC se incrementara a valores superiores a los 30 MW, valor que según la Norma de tarifas exige una redundancia bajo el criterio de confiabilidad n-1.

De acuerdo al informe de operación de las redes de distribución de la empresa concesionaria COELVISAC [13] se tiene que considerando las demandas máximas de los usuarios suministrados de energía, las tolerancias de tensión resultantes en las redes de distribución se encuentran fuera del límite permitido por la Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos Rurales (NTCSER), por lo que se advierte que nos encontramos cerca a salir de los rangos permisibles (+- 6%) el cual afecta la operación normal de las redes eléctricas de la zona de influencia.

Debido a los problemas de operación presentados en la zona de Villacurí se plantea la implementación de una nueva subestación eléctrica de 20/15 MVA (ONAF/ONAN) para la mejora de los niveles de tensión de las redes de distribución mediante la implementación de tres alimentadores en 22,9 kV.

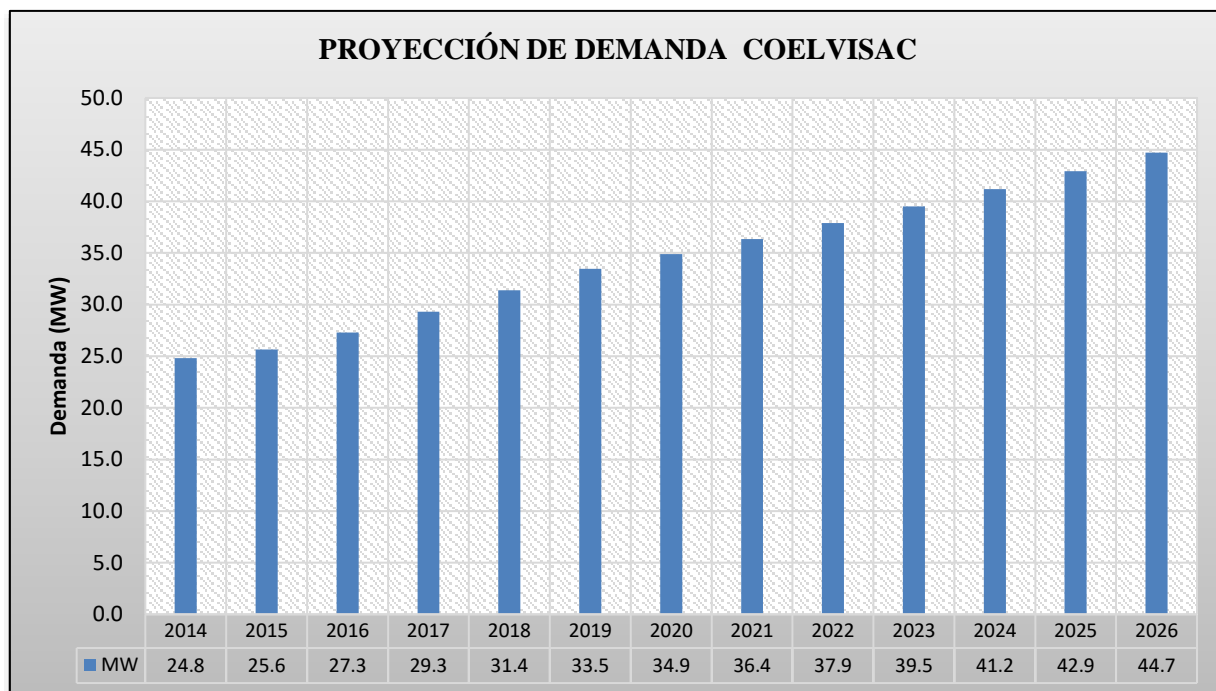


Fig. 1.1 - Proyección de Demanda en la zona de concesión de COELVISAC.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos generales

Desarrollar el estudio definitivo para la implementación de una nueva subestación eléctrica de 20/15 MVA (ONAN/ONAF) en 60/22,9 kV para atender la demanda de la zona de concesión de las empresas de energía eléctrica en el valle de Villacurí.

1.3.2 Objetivos específicos

- Desarrollar los cálculos necesarios para el diseño de una subestación eléctrica teniendo en cuenta la demanda, las consideraciones atmosféricas y de contaminación severa en el valle de Villacurí, provincia y departamento de Ica.
- Determinar las características técnicas de los equipos primarios y secundarios a implementarse en la nueva subestación de 20/15 MVA.

- Desarrollar los cálculos eléctricos para la verificación del impacto que representa el ingreso de la nueva subestación de 20/15 MVA en el SEIN.

1.4 Antecedentes

En los informes [1] y [13] se muestra que para el año 2018 la zona de Villacurí tendrá una demanda mayor a los 40 MW, el cual provocará caídas de tensión en las barras de Media tensión del sistema de influencia.

Según lo indicado en [1] se realiza los cálculos de flujos de potencia, se puede notar que se presenta caídas de tensión en las redes de distribución del sistema INVICA (Independencia – Villacurí – Ica) con niveles de tensión de 0,88 p.u en las barra de la subestación Villacurí para el año 2018 esto por efectos del aumento en la demanda en la zona de influencia, esto está fuera de los límites recomendados en los estándares establecidos en la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE).

Otra causal, importante, es el hecho que, hacia el norte de la actual subestación Villacurí se vienen atendiendo cargas muy alejadas a través de alimentadores cuya longitud superan los 30 km, por lo que en los puntos de suministro más extremos se afrontan serias dificultades de caída de tensión en horas de máxima demanda y, asimismo, las pérdidas de potencia y energía asociadas superan los límites establecidos por la normativa regulatoria, lo que justifica aún más la necesidad de implementar una nueva subestación al norte de la actual subestación Villacurí.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Descripción general

El proyecto consiste en la instalación de la nueva subestación eléctrica de 20/15 MVA (ONAF/ONAN), instalada en configuración “pi”, seccionando la línea de transmisión L-6623/2 (S.E. Villacurí – S.E. Tacama) en 60 kV, resultando dos líneas de transmisión: L-6507 (S.E. Villacurí – Nueva Subestación eléctrica) y L-6508 (Nueva Subestación eléctrica – S.E. Tacama). Asimismo, el proyecto consta de la instalación de un transformador en 60/22,9 kV de 20/15 MVA (ONAF/ONAN) el cual suministrará energía eléctrica a tres alimentadores en 22,9 kV.

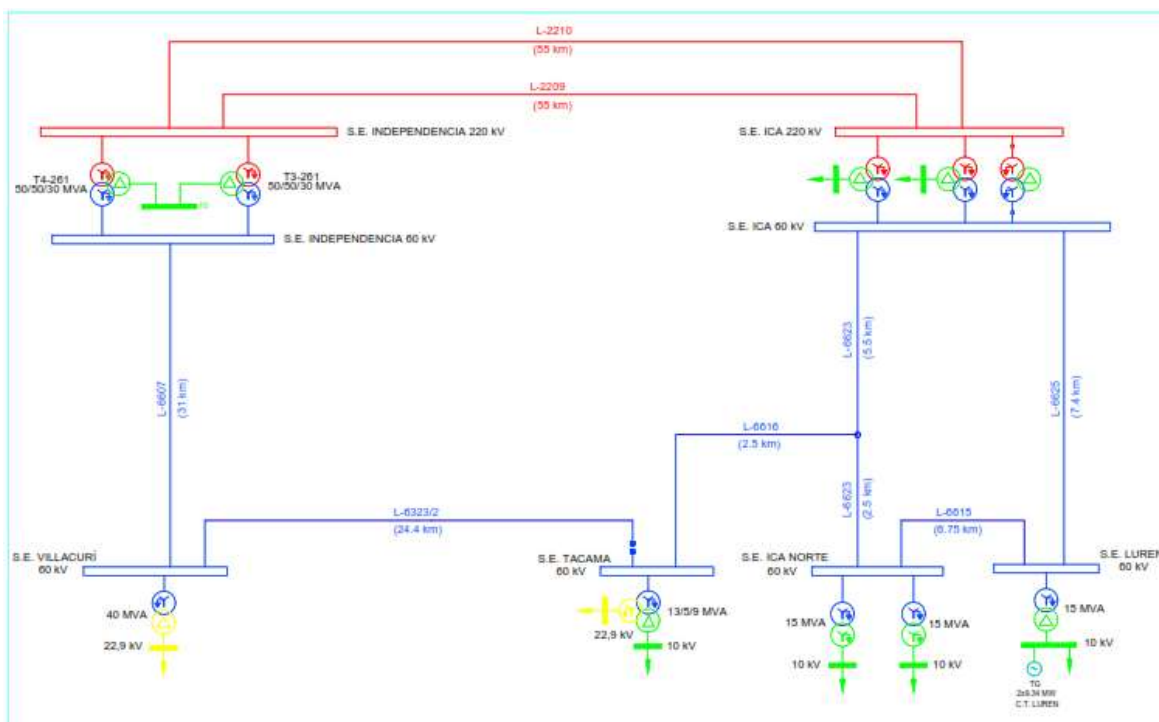


Fig. 2.1 - Diagrama unifilar Inicial – Zona de influencia del proyecto.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

2.2 Reconocimiento y delimitación del área de influencia

2.2.1 Ubicación geográfica

La nueva subestación eléctrica será construida al sur de las Pampas de Villacurí, distrito de Salas Guadalupe, provincia de Ica región Ica, a 12,4 km aproximadamente de la actual subestación eléctrica Villacurí.

La zona de influencia del proyecto presenta características típicas de la costa, con una geografía entre plana y ligeramente ondulada y la altitud del área del proyecto varía entre las cotas 287,33 a 444,55 m.s.n.m.

Tabla N° 2.1 - Coordenadas geográficas de la zona de influencia del proyecto.

(Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología - SENAMHI)

Subestación	DATUM WGS 84	
	Este (m)	Norte (m)
S.E. Villacurí	401822	8462848
Nueva Subestación Eléctrica	413418	8459165
S.E. Tacama	422494	8453647

2.2.2 Condiciones climatológicas

Las condiciones climáticas del área del Proyecto poseen características típicas de la costa:

Tabla N° 2.2 - Condiciones Climáticas de la zona.

(Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología - SENAMHI)

Temperatura mínima	5 °C
Temperatura media	20 °C
Temperatura máxima	25 °C
Máxima velocidad del viento	26 m/s (94 km/h)
Altitud	287 a 445 m.s.n.m.
Nivel Isoceráunico	Nulo
Presencia de Nieve	Nulo

De acuerdo con la información suministrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), la humedad relativa promedio anual en la región Ica será 78% en un rango de estudio de 11 años.

Tabla N° 2.3 - Humedad Relativa (%).

(Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología - SENAMHI)

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ica (%)	82	79,1	80	76	86	83,5	74,9	70,4	67,8	73,6	73,1

2.2.3 Condiciones sísmicas

Según [14] todos los equipos primarios y secundarios, así como todos los materiales electromecánicos a instalarse, deberán tener la capacidad de soportar las siguientes características sísmicas:

Tabla N° 2.4 - Condiciones sísmicas

(Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología - SENAMHI)

Aceleración Vertical	0,3 g
Aceleración Horizontal	0,5 g
Frecuencia	Igual a la resonancia del equipo

Según [3] se debe tener en cuenta que la ubicación de la nueva subestación está dentro de la “zona 3” dentro de la catalogación de zonas sísmicas para la construcción de edificaciones.



Fig. 2.2 - Zonificación sísmica territorial.

(Fuente: Reglamento Nacional de edificaciones 2017)

2.3 Zona de influencia del proyecto

Se considera como zona de influencia eléctrica del Proyecto, las instalaciones comprendidas entre las subestaciones Independencia e Ica en 220/60 kV, entre las cuales se encuentran las subestaciones eléctricas Villacurí, Tacama, Ica Norte y Señor de Luren todas en 60 kV.

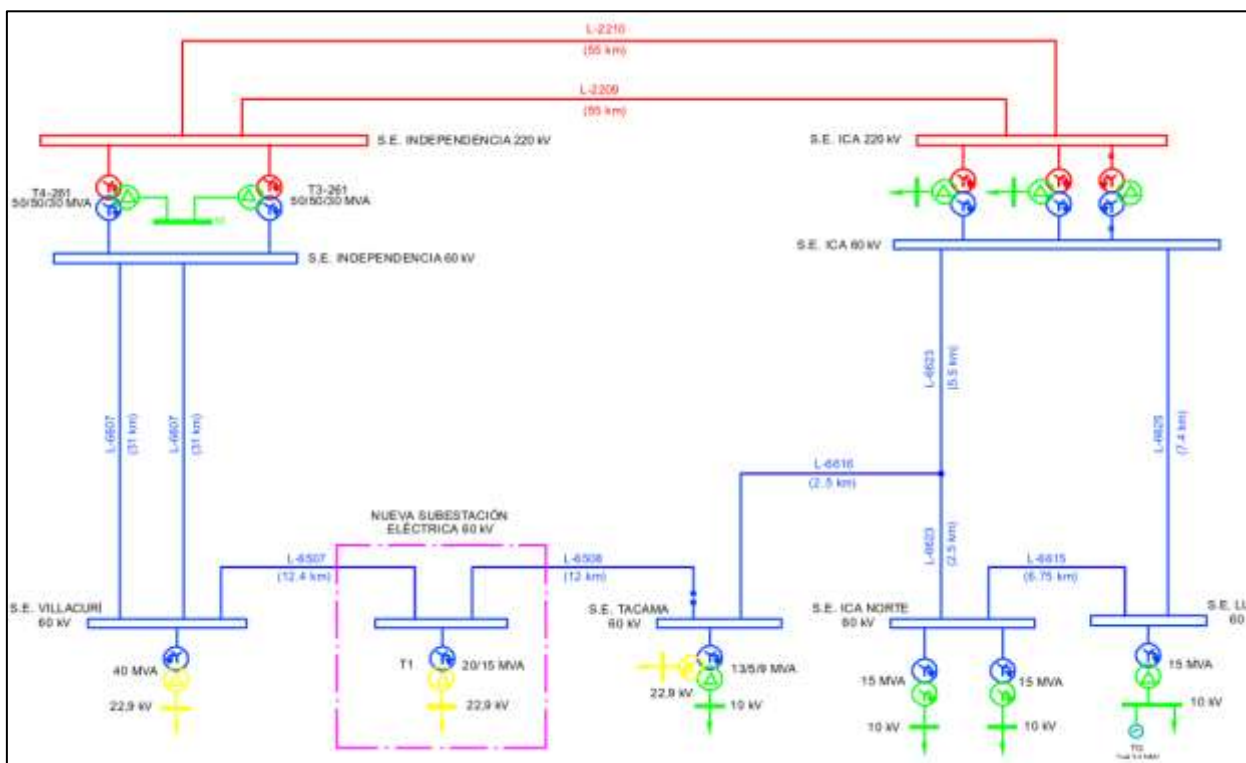


Fig. 2.3 - Diagrama unifilar – Zona de influencia del proyecto.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

2.4 Nivel de aislamiento seleccionado

Se ha seleccionado el aislamiento del equipamiento de patio para la nueva subestación a partir de la coordinación del aislamiento que sigue las recomendaciones y la metodología de la norma IEC 60071-1 y 60071-2, considerando el nivel de tensión de utilización de los equipos.

Para la selección del nivel de aislamiento de los equipos primarios instalados en la subestación eléctrica protegidas por pararrayos, se debe considerar los siguientes criterios generales:

- Se debe mantener un margen suficiente de protección de los equipos ante la presencia

de sobretensiones por ondas de impulso por el desarrollo de maniobras (sobretensiones de frente lento) y por descargas atmosféricas (sobretensiones de frente rápido).

- Se debe mantener un margen suficiente de seguridad para los pararrayos ante la presencia de sobretensiones temporales producidas y presentes en el sistema, los que puedan ocasionar un colapso en el sistema (sobretensiones por fallas de cortocircuito, rechazo de carga, ferresonancia, etc.), manteniendo los valores de tensiones nominales y de descarga de los pararrayos los más altos posibles.

2.4.1 Aislamiento interno

El aislamiento interno para el equipamiento en 60 kV ha sido seleccionado tomando como referencia los niveles de aislamiento para el rango I, dado en la tabla 2 de la norma IEC 60071-1:

- Tensión nominal del sistema	:	60	(kV)
- Tensión máxima de servicio	:	72,5	(kV)
- Tensión soportada a Impulso tipo rayo	:	325	(kVpico)
- Tensión soportada a frecuencia industrial	:	140	(kV)

2.4.2 Aislamiento externo

El aislamiento externo ha sido seleccionado tomando como referencia los niveles de aislamiento para el rango I, dado en la tabla 2 de la norma IEC 60071-1:

- Tensión nominal del sistema	:	60	(kV)
- Tensión máxima de servicio	:	72,5	(kV)
- Tensión soportada a Impulso tipo rayo	:	325	(kVpico)
- Tensión soportada a frecuencia industrial	:	140	(kV)

2.5 Niveles de cortocircuito

De acuerdo con el estudio de cortocircuito, se han definido los siguientes niveles de cortocircuito del equipamiento de alta tensión:

- Tensión nominal del sistema	:	60	(kV)
- Corriente nominal de cortocircuito	:	25	(kA)

2.6 Configuración de la subestación

La nueva subestación eléctrica de 20/15 MVA (ONAF/ONAN) ha sido diseñada para que presente una configuración de simple barra a futuro.

En el lado de 22,9 kV se contará con una configuración de simple barra dentro de las celdas tipo UniGear ZS1 de tipo interior y que se implementarán dentro del edificio de control de la nueva subestación eléctrica.

2.7 Sistema de pórticos y barras

En el lado de 60 kV el sistema de barras será implementada con conductor del tipo AAAC de 240 mm² y también se utilizará el mismo conductor para la conexión entre los equipos, esto con el fin de obtener un beneficio por mayor conductor de ese tipo. Para el sistema de pórticos de barras y salidas de las líneas se utilizarán estructuras del tipo reticulado con perfiles en acabados de acero galvanizado, los mismos que serán ensamblados mediante pernos y tuercas de manera que garantice una adecuada fijación.

Las barras serán implementadas en conjunto con la cadena de aisladores de vidrio templado, en sus aplicaciones de suspensión y anclaje. Estas cadenas de aisladores estarán conformadas por unidades tipo bola y cuenca de vidrio templado o porcelana. Estará compuesto por todos los elementos necesarios para fijar el conductor a la cadena de aisladores, así como los herrajes necesarios para fijar las cadenas de aisladores a los pórticos de la subestación.

2.8 Descripción de los equipos de alta tensión

2.8.1 Transformador de potencia

Para la nueva subestación se ha considerado utilizar un transformador trifásico de 20/15 MVA (ONAF/ONAN) en 60/22,9 kV; conexión YN0d5; en baño de aceite con refrigeración del tipo natural ONAN (circulación natural de aceite y aire) y ONAF (circulación natural de aceite y aire forzado), para montaje exterior y con regulación de tensión bajo carga.

Tabla N° 2.5 - Características técnicas del Transformador de potencia.
(Fuente: Elaboración propio del autor)

Transformador de potencia	
Conexión	YN0d5
Potencia Nominal ONAN	15 MVA
Potencia Nominal ONAF	20 MVA
Tensión Nominal HV	60 ($\pm 13 \times 1\%$) kV
Tensión Nominal LV	22,9 kV
Vcc sec (+) HV-LV	7,85%
Vcc sec (0) HV-LV	6,65%
Pérdidas en el cobre HV-LV	73,626 kW
Tipo de regulación	Bajo Carga

2.8.2 Interruptores de potencia

Los interruptores de potencia serán de accionamiento tripolar, del tipo “tanque vivo”, para montaje al exterior autoportado, con aislamiento y extinción de arco mediante hexafluoruro de azufre - SF₆.

Tabla N° 2.6 - Características técnicas del Interruptor de potencia.
(Fuente: Elaboración propio del autor)

Interruptor de 60 kV	
Tipo de recierre	Tripolar
Aislamiento interno y fluido extintor	SF ₆
Tensión nominal	60 kV
Tensión máxima de operación del equipo	72,5 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	140 kV _{pico}
Tensión de prueba a impulso tipo rayo	325 kV _{pico}
Corriente nominal	2000 A
Corriente de cortocircuito (1seg.)	25 kA
Ciclo nominal de trabajo	O-0,3 seg-CO-3 min-CO
Aislamiento externo	Porcelana
Distancia de fuga unitaria mínima	31 mm/kV

2.8.3 Seccionadores de potencia

Los seccionadores en 60 kV, serán de operación tripolar, para servicio exterior, diseñados para soportar una corriente de 1250 A y para montaje horizontal.

El mecanismo de apertura y cierre de los seccionadores será del tipo central, con motor de mecanismo para operación de apertura y cierre, pero permitirá también el accionamiento manual en caso de falla del sistema motorizado, podrá ser accionado local (a pie de equipo) o mando a distancia desde el gabinete de mando local o comando remoto desde la interface

hombre – máquina desde un centro de control, para lo cual estará provisto de bobinas electromagnéticas de cierre y apertura.

En las bahías de salida de línea habrá dos seccionadores, uno de conexión a barras y el otro de salida de línea con sistema de enclavamiento a tierra.

Tabla N° 2.7 - Características técnicas del Seccionador de potencia.
(Fuente: Elaboración propia del autor)

Seccionador de 60 kV	
Mecanismo de operación	Tripolar
Tipo	Horizontal
Tensión nominal de servicio	60 kV
Tensión máxima de operación	72,5 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	140 kVpico
Tensión de prueba a impulso tipo rayo	325 kVpico
Corriente nominal	1250 A
Corriente de cortocircuito (1seg.)	25 kA
Distancia de fuga unitaria mínima	31 mm/kV
Accionamiento cuchilla	Automático
Accionamiento cuchilla de puesta a tierra	Manual

2.8.4 Transformador de corriente

Los transformadores de corriente serán tipo pedestal, autoportado y aislados en aceite, de relación múltiple en el primario (300 - 600), los secundarios serán de 1 A, el número de núcleos serán de tres arrollamientos secundarios: dos para protección y uno para medición. La clase de precisión para medida es 0,2 y el de protección 5P20.

Todas las cajas y accesorios a intemperie de los sistemas de control, inspección y/o mantenimiento deberán tener un grado de hermeticidad IP65 (según norma internacional IEC 60529 Degrees of Protection).

Tabla N° 2.8 - Características técnicas del Transformador de corriente.
(Fuente: Elaboración propio del autor)

Transformador de Corriente	
Tipo	Exterior
Tensión nominal de servicio	60 kV
Tensión máxima de operación	72,5 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	140 kVpico
Tensión de prueba a impulso tipo rayo	325 kVpico
Corriente primaria asignada	300-600 A
Corriente Secundaria asignada	1 A

Cantidad y clase de núcleos	3
*Medida	1
*Protección	2
Características núcleo de medida	15VA
*Relación asignada	300-600/1
*Clase de precisión	0,2
Características núcleo de protección	15VA
*Relación asignada	300-600/1
*Clase de precisión	5P20

2.8.5 Transformador de tensión

Estos transformadores tienen como función disminuir los niveles de voltaje de la línea para luego ser usado por diferentes equipos de protección y medición.

Los equipos para instalar son del tipo divisor capacitivo para conexión entre fase y tierra. El transformador de tensión estará compuesto por dos devanados en el lado secundario, un devanado de protección y un devanado de medición, los mismos que estarán eléctricamente separados. La clase de precisión de los devanados secundarios de medición y protección cumplirá simultáneamente con las clases 0,2 y 3P respectivamente, compuestos de la siguiente manera:

- Entre el 5 % al 80 % de la tensión nominal será 3P.
- Entre el 80 % al 120 % de la tensión nominal será 0,2.
- Entre el 120 % al 150 % de la tensión nominal será 3P.

La prestación para ambos arrollamientos será de 30 VA, la tensión secundaria para cada uno de los arrollamientos será $100/\sqrt{3}$ V. La capacitancia será de $0,0249 \mu\text{F}$. Cada tres (03) transformadores de tensión tendrán una caja de agrupamiento de cables con borneras tipo normal.

Tabla N° 2.9 - Características técnicas del Transformador de tensión.
(Fuente: Elaboración propio del autor)

Transformador de Tensión	
Tipo	Capacitivo
Tensión nominal de servicio	60 kV
Tensión máxima de operación	72,5 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	140 kVpico
Tensión de prueba a impulso tipo rayo	325 kVpico
Relación de transformación	
- Tensión Nominal del Primario	$60/\sqrt{3}$ kV

- Tensión Nominal de los Secundarios	100/ $\sqrt{3}$ V
Número de devanados secundarios	2
Clase de Precisión	
- Devanado de Protección	3P
- Devanado de Medición	0,2

2.8.6 Pararrayos

Para la protección contra sobretensiones atmosféricas y de maniobra se ha dispuesto el empleo de pararrayos conectados sólidamente a tierra, tipo óxido de zinc, de tensión nominal 60 kV con una corriente de descarga de 10 kA, clase 3 y de clase 2 para 22,9 kV.

Los pararrayos estarán conectados entre fase y tierra, deben tener la capacidad para operación frecuente, esto debido a las sobretensiones tipo rayo y sobretensiones por maniobra en las líneas y transformadores de potencia, todos los pararrayos tendrán contadores de descarga.

Tabla N° 2.10 - Características técnicas del Pararrayo.
(Fuente: Elaboración propio del autor)

Pararrayos	
Tipo	Óxido de zinc
Instalación	Intemperie
Frecuencia	60 Hz
Tensión asignada (Ur)	60 kV
Tensión de operación continua (Uc)	48 kVp
Corriente nominal de descarga (In)	10 kA
Clase de descarga de línea	3
Distancia de fuga unitária mínima	31 mm/kV

2.9 Celdas de media tensión

Las Celdas en 22,9 kV serán del tipo UniGear ZS1 a prueba de arco interno, y estarán equipados mediante compartimientos, en su interior estarán equipados con interruptores y/o seccionadores según corresponda, adicional a ello todos estarán equipados con equipos de medición, todas las celdas serán del tipo fijos - autosoportado fabricados con perfiles estructurales y planchas de acero de acabado liso.

Las celdas serán con interruptor extraíble y transformadores de corriente. El mecanismo de inserción/extracción del interruptor de potencia estará interbloqueado con la puerta de acceso de la celda de manera que ésta no pueda abrirse estando insertado el interruptor, además de que el interruptor no pueda ser insertado en posición cerrada.

El detalle de las características técnicas de las celdas UniGear ZS1 se presenta en las tablas de las especificaciones técnicas.

2.10 Sistemas de control, protección y medición

Las instalaciones que corresponden a la Nueva subestación, estarán provistas de sistemas de última tecnología, tanto en sistemas de control, protección y medición. De manera que, en un futuro, el control y monitoreo será efectuado a través de una interface hombre-máquina (HMI), se empleará relés digitales de última generación que sirvan a la vez de controladores de bahía, se emplearán medidores multifunción a nivel 60 kV, y se implementará paneles de alarmas con salidas al sistema de control de la subestación.

2.10.1 Sistema de control

Las nuevas instalaciones estarán provistas de controladores de bahía que reemplazará a las tradicionales llaves de mando manual, de manera que en un futuro se pueda integrar al HMI (sistema de control distribuido y jerarquizado utilizando controladores de bahía por interruptor), conectados finalmente a la estación maestra mediante una red Ethernet en anillo con protocolo IEC 61870-5-103 o DNP3.0.

Niveles jerárquicos de operación

La operación de los nuevos equipos estará prevista para operar en un futuro en 4 niveles jerárquicos de control, nivel 0, nivel 1, nivel 2 y nivel 3, teniendo relación el nivel inferior sobre el superior:

- Nivel 0, o mando local, desde la caja de mando de cada equipo.
- Nivel 1, o mando a distancia, desde los controladores de bahía.
- Nivel 2, o mando remoto, desde la estación maestra de la subestación.
- Nivel 3, o mando remoto desde el centro de control (futuro).

Nivel 0 – Nivel patio

Es el mando local, típicamente utilizado para mantenimiento; se ejecuta desde las cajas de mando de los interruptores de potencia y seccionadores en el patio de la subestación, mediante pulsadores eléctricos, y para los servicios auxiliares desde sus propios gabinetes.

Para el cambiador de tomas se tendrá mando directo desde los mecanismos de operación ubicados en el transformador de potencia en el patio de llaves.

Este nivel de operación está condicionado a que el conmutador LOCAL - DESCONECTADO (0) - REMOTO de los equipos a comandar estén en modo LOCAL. Este nivel 0 es utilizado exclusivamente para mantenimiento, y debe tener las siguientes condiciones:

- a) Los interruptores de potencia pueden ser abiertos sin restricciones, pero su cierre estará condicionado – donde corresponda – a que los seccionadores de línea y barras respectivos estén en posición abierta o cerrada totalmente.
- b) Los comandos de cierre y apertura de los seccionadores de barras pueden ejecutarse solamente si se cumple que:
 - El interruptor de potencia está abierto.
 - La manivela de mando mecánico está en posición extraída.
- c) Los comandos de los seccionadores de línea pueden ejecutarse solamente si se cumple al mismo tiempo que:
 - El interruptor de potencia está abierto.
 - Las cuchillas de puesta a tierra están abiertas.
 - La manivela de mando mecánico está en posición extraída.

Estas condiciones también son generales para todos los niveles de operación. Adicionalmente, el seccionador de línea tendrá un interbloqueo eléctrico y mecánico con las cuchillas de puesta a tierra, que no permita que uno de ellos pueda ser maniobrado estando el otro en posición cerrada.

- a) Las cuchillas de puesta a tierra, serán de mando manual solamente, y su operación está condicionada a que:
 - El seccionador de línea esté abierto:
 - Que no haya tensión en la línea, lo cual debe ser censado por un relé auxiliar o por el propio relé de protección de la bahía.

Nivel 1 – Sala de control

El mando es a distancia; se ejecuta mediante pulsadores en los controladores de bahía de los Tableros de control, protección y medición.

Para el cambiador de tomas se tendrá el mando a distancia desde el regulador de tensión ubicado en el Tablero de protección y control del transformador.

En el futuro, este nivel será un nivel de operación de emergencia, a emplearse solamente en caso de indisponibilidad del HMI.

Las condiciones para ejecutar los comandos de estos equipos serán las mismas indicadas en el nivel 0, más las indicadas en el nivel 2.

Este nivel de operación está condicionado también a que el conmutador LOCAL - DESCONECTADO (0) - REMOTO de los equipos a comandar estén en modo REMOTO.

Nivel 2 – Interface Hombre - Máquina

Es el mando desde la Sala de control a través de la estación maestra o pantalla interface hombre-máquina (HMI). Este nivel de operación estará en paralelo con el nivel 1. Este será el nivel normal de operación a nivel de la subestación.

Este nivel de operación está condicionado también a que el conmutador LOCAL - DESCONECTADO (0) - REMOTO de los equipos a comandar estén en modo REMOTO.

- a) Los comandos de cierre y apertura de los interruptores de potencia pueden ejecutarse solamente condicionados a lo indicado en el Nivel 0 y a los condicionamientos de las protecciones propias del interruptor como bloqueo por bajo SF6 y resortes descargados.

El cierre de los interruptores de potencia de las bahías 60 y 22,9 kV del transformador de potencia estará condicionado a que el relé 86T esté rearmado (''reseteado’’).

- b) Los comandos de los seccionadores de barras pueden ejecutarse si se cumplen las condiciones descritas en el Nivel 0.
- c) Los comandos de los seccionadores de línea pueden ejecutarse si se cumplen las condiciones descritas en el Nivel 0.

2.10.2 Sistema de protección

Sistema de Protección de la Línea Nueva subestación – S.E. Villacurí (L-6507)

Una protección principal constituida por un relé de distancia de disparo trifásico con las funciones 21, 21N, 67, 67N, 25, 79 habilitadas.

Una protección de respaldo constituida por un relé de sobrecorriente multifunción con las funciones 50/51, 50N/51N, 67/67N habilitadas.

La función de distancia deberá operar bajo el esquema de escalonamiento de zonas y tiempos, a futuro se prevé instalar para las líneas de 60 kV equipos para la operación por teleprotección. El disparo será trifásico y definitivo.

Sistema de protección de la Línea Nueva subestación – S.E. Tacama (L- 6508)

Una protección principal constituida por un relé de distancia de disparo trifásico con las funciones 21, 21N, 67, 67N, 25, 79.

Una protección de respaldo constituida por un relé de sobrecorriente multifunción con las funciones 50/51, 50N/51N, 67/67N.

Sistema de protección del Transformador de potencia 60/22,9 kV

El transformador de potencia estará protegido por los relés de protección proyectados: un relé de protección diferencial, y dos relés de protección de sobrecorriente, un relé para el lado de 60 kV y un relé para el lado de 22,9 kV. Las funciones mínimas que han de habilitarse son:

a) Protección diferencial (87T):

Constituye la protección principal del transformador de 2 devanados.

Los disparos por protección diferencial deberán ser directos al interruptor de 60 kV y a un relé de disparo y bloqueo 86T, electromecánico, que se encargará de disparar nuevamente al interruptor 60 kV y al interruptor 22,9 kV, y bloqueará el cierre de esos 2 interruptores.

Las protecciones propias del transformador de potencia: relé Buchholz, relé de presión, válvula de sobrepresión, disparos por temperatura y nivel de aceite, etc., también activarán el relé 86T.

b) Protección de sobrecorriente (50/51 y 50N/51N):

Funciones de sobrecorriente de entre fases y fase-tierra. La actuación de este relé disparará al interruptor de 60 kV y al de 22,9 kV.

Sistema de protección de celdas 22,9 kV

Cada bahía 22,9 kV estará protegida por un relé de protección de sobrecorriente, multifunción, con pulsadores para el mando a distancia del interruptor de potencia. Las funciones mínimas que han de habilitarse son:

- a) Función 50/51 y 50N/51N: Funciones de sobrecorriente de entre fases y fase-tierra.
- b) Función 67N: Funciones de sobrecorriente direccional de fase-tierra, alimentado desde transformadores de corriente tipo toroide. Esta función de suma importancia, debido a que la red de 22,9 kV es aislada de tierra.

Sistema de registro de fallas

Todos los nuevos relés de línea y de alimentadores tendrán habilitada la función de registro de fallas mediante la visualización de oscilografías de cada evento registrado.

Sistema de localización de fallas

Los relés de distancia de las líneas 60 kV tendrán habilitada la función de localización de fallas.

Acceso a los relés de protección

Los relés tendrán una lógica interna programable por el usuario.

- Entrada externa para sincronización.
- Equipados con led de señalización de estado y de actuación de las funciones de protección.
- Puerto frontal ethernet para comunicación a PC.
- 02 puertos posteriores Ethernet con interfaz Fibra Óptica MM (10/100Mbps) para comunicación de la red local tipo LAN o WAN.
- Comunicación remota mediante protocolo IEC 61850 y mensajería GOOSE.
- Bloques lógicos de control para maniobras de equipos.
- Tiempo de operación menos a 2 ciclos.
- Botoneras para control y mandos ubicados en la parte frontal del relé.

Se deberá suministrar el software para configuración de funciones de protección, la lógica interna y control para comunicación con centro de control.

Sistema de alarmas

A nivel de subestación está previsto instalar un panel de alarmas.

2.10.3 Sistema de medición

Se considera el uso de medidores de energía del tipo digital, multifunción (clase 0,2), adecuados para registro bidireccional y de múltiple tarifa. Serán totalmente programables tanto para la configuración, manejo de variables, lectura, almacenaje y extracción de los datos relativos al consumo. Los medidores podrán contabilizar la energía activa, energía reactiva, máxima demanda, así como parámetros para controlar la calidad de la energía,

incluyendo transitorios como flicker y caídas bruscas de tensión que permita el registro de perfiles de carga y análisis de armónicos.

2.10.4 Sistema de alarmas y señales

Las alarmas y señales mínimas para llevar desde el patio de llaves, celdas y tableros son:

Del transformador de potencia

- Señales de arranque de ventiladores.
- Señales de alarmas del sistema de ventilación y falla de motor del conmutador de tap's bajo carga.
- Señales de alarmas del relé Buchholz, sensores de temperatura de aceite y devanados, sensores de niveles máximo y mínimo de aceite.
- Señal de posición de tap's.
- Señal de temperatura de aceite y devanados.

De los interruptores de potencia

- Señales de posición abierta y cerrada.
- Señales de alarmas de baja presión SF6 y bloqueo por baja presión SF6, falla carga de resorte, conmutador L/R en Local o desconectado, falta tensión de motor y falla calefacción.

De los seccionadores de potencia

- Señales de posición abierta y cerrada.
- Señales de alarmas de conmutador L/R en Local o desconectado, manivela insertada y falla calefacción.

De las cajas de formación de los transformadores de tensión

- Señales de alarmas "Falla fusible" de los circuitos de protección y medición y falla calefacción.

De las celdas en 22,9 kV

- Señales de posición insertado, Test y extraído del interruptor de potencia.
- Señales de alarma de falla calefacción.

De los servicios auxiliares y otros

- Señales de posición de los fusibles/MCB.
- Señales de alarma del rectificador – cargador.

- Señales de alarma del sistema de detección de humo y/o fuego.

2.11 Sistema de comunicaciones

De implementación futura se deberá contar con un sistema de telecomunicaciones, que permita la comunicación permanente de voz y datos entre subestaciones, basado en fibra óptica para:

- Telecomunicaciones para Operación del Sistema Eléctrico.
- Telecomunicaciones para Gestión del Sistema Eléctrico.
- Fibra Óptica en el cable de guarda (OPGW) de la Línea.

Fibra Óptica

La comunicación por fibra óptica se realizará mediante cable OPGW de acuerdo con la norma IEEE 1138, con fibras ópticas del tipo G-652, para realizar la conexión con equipos multiplexores de tecnología SDH, equipado con los módulos necesarios para atender los servicios requeridos entre las subestaciones, tales como voz, datos y teleprotección, además para cumplir con los requerimientos actuales y futuros del proyecto, y con las exigencias del Estado Peruano en cuanto hace referencia al suministro de ancho de banda en las subestaciones que cubrirán el proyecto.

Telefonía

Para facilitar la comunicación entre los operadores, así como también acceder a los medidores de energía, se instalarán centrales telefónicas que cumplan con los estándares de nivel de aislamiento interno, apropiados para ser instalados en subestaciones eléctricas de alta tensión.

2.12 Servicios auxiliares

2.12.1 Servicios auxiliares en corriente alterna

Los servicios auxiliares, por razones de normalización, deberán ser:

- En corriente alterna un sistema trifásico, 4 hilos, 380 – 220 Vac.
- El suministro principal será servido por un transformador de servicios auxiliares desde la barra 22,9 kV de la instalación.
- El suministro principal es servido por un rectificador – cargador trifásico, 380 Vac, 220 Vdc de salida, el mismo que mantendrá en carga flotante el banco de baterías.

- Para el suministro en corriente alterna existirá un tablero de servicios auxiliares 380 – 220 Vac, con sistema de transferencia automática de suministro normal a suministro de emergencia y doble juego de barras – para cargas esenciales y cargas no esenciales.
- El suministro de emergencia atenderá solamente a las cargas esenciales.
- El suministro de emergencia será servido por un grupo electrógeno.
- El suministro a 380 – 220 Vac se emplea en:
 - Circuitos de calefacción y alumbrado de los tableros de los equipos de patio: transformador de potencia, interruptor, seccionador y cajas de formación de los transformadores de tensión.
 - Circuitos de calefacción y alumbrado de las celdas 22,9 kV.
 - Circuitos de calefacción y alumbrado de los tableros de control, protección, medición y alarmas.
 - Sistema de ventilación del transformador de potencia (control y ventiladores).
 - Conmutador bajo carga del transformador de potencia.
 - Rectificador.
 - Iluminación del patio de llaves.
 - Tablero de alumbrado y tomacorrientes de la sala de control y garita de control.
 - Sistema de bombeo de agua.
- Cada circuito en 380 – 220 Vac es activado y protegido por un interruptor termomagnético para montaje en riel DIN, para CA o CC según sea el caso, debiendo disponer cada uno un contacto auxiliar de posición ON/OFF.
- Cada interruptor esta adecuadamente montado en el correspondiente tablero de servicios auxiliares o de control y protección.
- Los interruptores termomagnéticos generales de los tableros de servicios auxiliares, así como los del sistema de transferencia automática serán del tipo caja moldeada, de la capacidad adecuada.

2.12.2 Servicios auxiliares en corriente continua

Los servicios auxiliares, por razones de normalización, deberán ser:

- En corriente continua es a 220 Vdc, para mandos.
- En corriente continua es a 48 Vdc, para alarmas y señalización.

- Para el suministro en corriente continua existe un tablero de servicios auxiliares 220 Vdc.
- El suministro de respaldo será servido por un banco de baterías 220 Vdc cuya capacidad mínima requerida es de 200 A-h.
- El suministro secundario es servido por un rectificador – cargador trifásico, 380 Vac, 48 Vdc de salida, el mismo que mantendrá en carga flotante el banco de baterías.
- El suministro de respaldo será servido por un banco de baterías 48 Vdc cuya capacidad mínima requerida es de 200 A-h.
- El suministro a 220 Vdc se emplea en:
 - Alimentación de los motores de los interruptores de potencia y seccionadores.
 - Alimentación de los circuitos de mando de cierre y apertura de los interruptores de potencia y seccionadores.
 - Alimentación de los relés de protección, medidores, indicadores y paneles de alarmas.
- El suministro a 48 Vdc se emplea en:
 - Circuitos de señalización y alarmas.
- Cada circuito en 220 Vdc es activado y protegido por un interruptor termo magnético para montaje en riel DIN, para AC o CC según sea el caso, debiendo disponer cada uno un contacto auxiliar de posición ON/OFF.
- Cada interruptor esta adecuadamente montado en el correspondiente tablero de servicios auxiliares o de control y protección.
- Los interruptores termomagnéticos generales de los tableros de servicios auxiliares, así como los del sistema de transferencia automática serán del tipo de caja moldeada, de la capacidad adecuada.

2.13 Alumbrado interior y exterior

2.13.1 Alumbrado y fuerza interiores

Está conformado por el sistema de iluminación y tomacorrientes del Edificio de control, de la garita de entrada y sistema de bombeo.

Los niveles de iluminación serán de:

- Sala de control 400 lux.

- Salas de celdas 350 lux.
- Sala de baterías, SSAA 200 lux.
- Dormitorio, depósito y baño 70 lux.

2.13.2 Alumbrado y fuerza exteriores

Está conformado por el sistema de alumbrado perimetral, el sistema de reflectores del patio de llaves y los circuitos de tomacorrientes de patio.

El alumbrado perimetral estará constituido por luminarias con lámparas de vapor de sodio de 150 W instaladas sobre postes de concreto armado centrifugado de 9 metros de altura. El sistema de reflectores de patio estará constituido por reflectores de 400 W, 220 Vac, para montaje al exterior a instalarse principalmente en las columnas de los pórticos.

El encendido del alumbrado exterior será automático, empleando celdas fotoeléctricas y contará con selectores Automático-0-Manual.

El nivel mínimo de iluminación en el patio será de 20 lux, y deberá estar orientado hacia los seccionadores y cajas de mando de los equipos. En el transformador de potencia el nivel de iluminación será de 75 lux.

Finalmente, se dispondrá de circuitos de tomacorrientes monofásicos y trifásicos, adecuadamente distribuidos en los pórticos del patio de llaves. Los elementos constituyentes serán los adecuados para montaje al exterior.

2.13.3 Alumbrado de emergencia

Este abarca tanto el alumbrado al interior del Edificio de control como el exterior del patio de llaves. Este alumbrado está alimentado a 220 Vdc, con una lógica de encendido automático a la ausencia del alumbrado normal por falta de corriente alterna.

Para la sala de control y salas de celdas se utiliza lámparas portables autónomas, con baterías recargables independientes, con dos lámparas de 40 W adosadas a la pared, cuyas baterías estén en carga permanente con corriente alterna y que se activarán ante la ausencia de ésta.

2.14 Sistema de puesta a tierra

Para la Nueva subestación del proyecto la construcción de la malla de tierra profunda será mediante la utilización de conductor desnudo de cobre extra flexible de 120 mm². La red de tierra superficial será con conductor desnudo de cobre extra flexible de 70 mm² o 2/0

AWG. La unión de la malla de tierra profunda y la red de tierra superficial se realizará mediante soldadura exotérmica tipo Cadwel, los conectores y demás accesorios serán de bronce. Los terminales para las conexiones a los bornes de tierras de todos los equipos y estructuras metálicas serán de cobre a compresión.

Los equipos de patio tales como interruptores de potencia, seccionadores de potencia, transformadores de medida, transformadores de tensión, pararrayos y transformador de potencia deberán ser suministrados con borneras tipo grapa para la conexión del equipo a la puesta a tierra superficial.

Los equipos de baja tensión tales como tableros y gabinetes de mando de los interruptores y seccionadores, serán suministrados con bornes de puesta a tierra para la conexión a tierra mediante terminales planos a compresión.

Adicionalmente todas las estructuras metálicas, tales como los soportes de equipos del patio de llaves, el sistema de pórticos de celosía, cercos metálicos, puertas y ventanas, etc, serán conectados a la malla de tierra profunda a través de la red de tierra superficial.

Asimismo, se ha considerado la utilización de Grava con una altura de 10 cm para la ampliación del patio de llaves de la subestación, esto con la finalidad de incrementar la resistencia de contacto de la persona cuando pisa en el área conformada por la subestación.

2.15 Descripción del sistema contraincendios

Para el edificio de control y celdas de media tensión se instalará extintores localizados estratégicamente en la sala de relés, sala de baterías, etc., especialmente en los sitios de mayor riesgo.

Para el transformador de potencia se instalará una caseta con extintor rodante por equipo. También se tendrá una instalación de sistemas de prevención contra incendios propio de los equipos inductivos (transformadores de potencia). La ubicación y tipo de extintor a utilizarse se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 2.11 - Sistema contraincendios.

(Fuente: Elaboración propio del autor)

Descripción	Localización
Extintor manual de CO ₂	Sala de relés y sala de baterías
Extintor rodante de polvo químico seco	Casetas de relés y sala de baterías

Sistema de prevención de incendios	Equipos inductivos (transformadores de potencia)
------------------------------------	--

2.16 Descripción de Obras civiles

Las Obras Civiles comprenden en general a la construcción, excavaciones y rellenos para diseño de bases, ductos y demás obras civiles requeridas por el proyecto. Como obras civiles asociadas al equipamiento proyectado se tiene lo siguiente:

- Diseño de armado de columnas y vigas para el edificio de control de la Nueva subestación.
- Diseño de armado de estructuras para equipos de patio.
- Galerías, canaletas, ductos y buzones para cables de control y energía.
- Construcción de base y columnas para cerco perimétrico.

2.16.1 Fundación de equipos y pórticos

Los diseños en general se harán con zapatas con pedestales dependiendo de la magnitud de las cargas y las características del suelo, de tal manera que se obtenga una fundación estable y económica.

Se preverá una capa de 10 cm de concreto secundario para ser colocado con posterioridad al montaje y nivelación de las estructuras. La superficie de acabado final de los pedestales de la fundación se terminará a 0,10 m mínimo sobre el nivel final del patio.

2.16.2 Fundación de Transformador de potencia (20/15 MVA)

Se proyecta la instalación de un transformador de potencia 20/15 MVA (ONAF/ONAN) cuya cimentación será de losa maciza de concreto armado con fosos para el almacenamiento de aceite en la etapa de mantenimiento.

2.16.3 Edificaciones

Se contempla la construcción de un edificio de control, cuyo sistema estructural está basado en albañilería confinada, zapatas, vigas y columnas de concreto armado, con cubierta de losa maciza de concreto armado.

2.16.4 Canaletas y ductos

La distribución de canaletas y ductos, así como las dimensiones, se hacen en función al requerimiento del área de montaje, los diseños son típicos y se detallan claramente en la ingeniería de detalle del proyecto.

El drenaje de las canaletas se conecta al sistema de drenaje proyectado de la nueva subestación. Las tapas de las canaletas son de concreto armado a excepción de las canaletas interiores de la caseta de control que serán fabricadas en tapas metálicas estriadas.

2.16.5 Cerco perimétrico

Para la Nueva subestación se proyecta un muro perimétrico el cual deberá ser implementado con ladrillo y concreto armado.

2.16.6 Drenajes

El sistema de drenaje proyectado consta de tuberías colectoras que conducen el agua que viene de los filtros, colectores y cunetas, hacia estructuras de pase como pocetas, cajas o cámaras de inspección proyectadas como punto principal para la conducción y mantenimiento y también para cambios de dirección y/o pendientes, para que al fin se desemboque el agua en puntos preestablecidos.

2.16.7 Vías

Se proyecta una vía interna de asfalto de 5 cm de espesor para acceso al transformador de potencia y para el transporte de vehículos.

CAPITULO III

CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA NUEVA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

3.1 Objetivos

El presente capítulo tiene como objetivo evaluar el impacto de las instalaciones que conforman el proyecto Nueva Subestación eléctrica de 20/15 MVA (ONAF/ONAN) en 60/22,9 kV sobre el sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN), verificándose que no se presenten restricciones operativas, garantizando la confiabilidad del sistema y preservando la calidad de las variables eléctricas.

3.2 Alcances

- Descripción de las variables eléctricas que conforman el nuevo proyecto.
- Análisis de la operación en estado estacionario para verificar que con la implementación del nuevo proyecto los perfiles de tensión y la cargabilidad de los elementos de transmisión existentes no superan los estándares de operación normal.
- Cálculo de los niveles de cortocircuito trifásico, bifásico a tierra y monofásico a tierra, para verificar que con la implementación del nuevo proyecto las corrientes de cortocircuito no superan la capacidad de ruptura de los interruptores existentes en la zona de influencia del Proyecto.

3.3 Documentos de referencia

Para el desarrollo del presente estudio se ha tomado como referencia la siguiente información:

- Procedimiento técnico COES PR-20, el cual establece los requisitos y condiciones necesarios para la conexión de nuevas instalaciones eléctricas al sistema eléctrico interconectado nacional.
- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE).
- Código nacional de electricidad.
- Plan de Transmisión 2017 – 2026.
- Estudio de Tensiones de Operación del SEIN para el año 2016.

3.4 Parámetros eléctricos

3.4.1 Líneas de Transmisión

Se considera en el modelamiento de la línea de la zona de influencia, la geometría de las estructuras, la estructura que más se repita y la disposición geométrica de los conductores.

Tabla N° 3.1 - Disposición geométrica de los conductores en metros.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3
Circuito 1	-1,63	-1,63	-1,63	15,8	13,6	11,4
Circuito 2	1,63	1,63	1,63	15,8	13,6	11,4

Los datos de los conductores eléctricos corresponden a los instalados en el proyecto, la geometría de la torre se obtuvo tomando en consideración las estructuras de transmisión más representativas diseñadas para el proyecto y los espaciamientos geométricos de los conductores de fase, así como la altura media de los conductores considerando la flecha promedio.

$$H_{promedio} = H_{Conductor} - \frac{2}{3} flecha \quad (3.1)$$

a) Resistencia Eléctrica

La resistencia de los conductores a una temperatura de operación se calculará mediante la siguiente expresión:

$$R_t = R_0 * [1 + 0,0036 * (t - 20^\circ)] \quad (3.2)$$

Donde:

- R_t = Resistencia del conductor a la temperatura “t”, en ohm/km.
 R_0 = Resistencia del conductor en D.C. a 20°C, en ohm/km.
 t = Temperatura de operación, en °C.

b) Reactancia Inductiva

La reactancia inductiva para el sistema trifásico equilibrado a emplearse se calcula con la siguiente ecuación:

$$X_L = 377 * [0,5 + 4,6 * \text{Log}(DMG)] * 10^{-4} \quad (3.3)$$

Donde:

X_L = reactancia del sistema, en ohm/km.

DMG = Distancia media geométrica.

r = radio del conductor, en metros.

Utilizando las ecuaciones (3.1), (3.2), (3.3) y mediante el uso de un software comercial de cálculo numérico se realiza la determinación de los parámetros eléctricos de la línea de transmisión de la zona de influencia del proyecto.

Los parámetros eléctricos calculados para la simple terna de la línea de transmisión se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 3.2 - Parámetros Eléctricos de la Línea en 60 kV.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

Línea Transmisión	Long. (km)	Conductor	Tensión (kV)	RESISTENCIA		REACTANCIA		SUSCEPTANCIA	
				Sec. + (Ω /km)	Sec. 0 (Ω /km)	Sec. + (Ω /km)	Sec. 0 (Ω /km)	Sec. + (uS/km)	Sec. 0 (uS/km)
S.E. Villacurí - Nueva Subestación eléctrica	12,4	AAAC 3-1x240 mm ²	60	0,156	0,3	0,45	1,7	2,7782	0

La disposición geométrica de los conductores de la línea de transmisión se muestra en la siguiente figura.

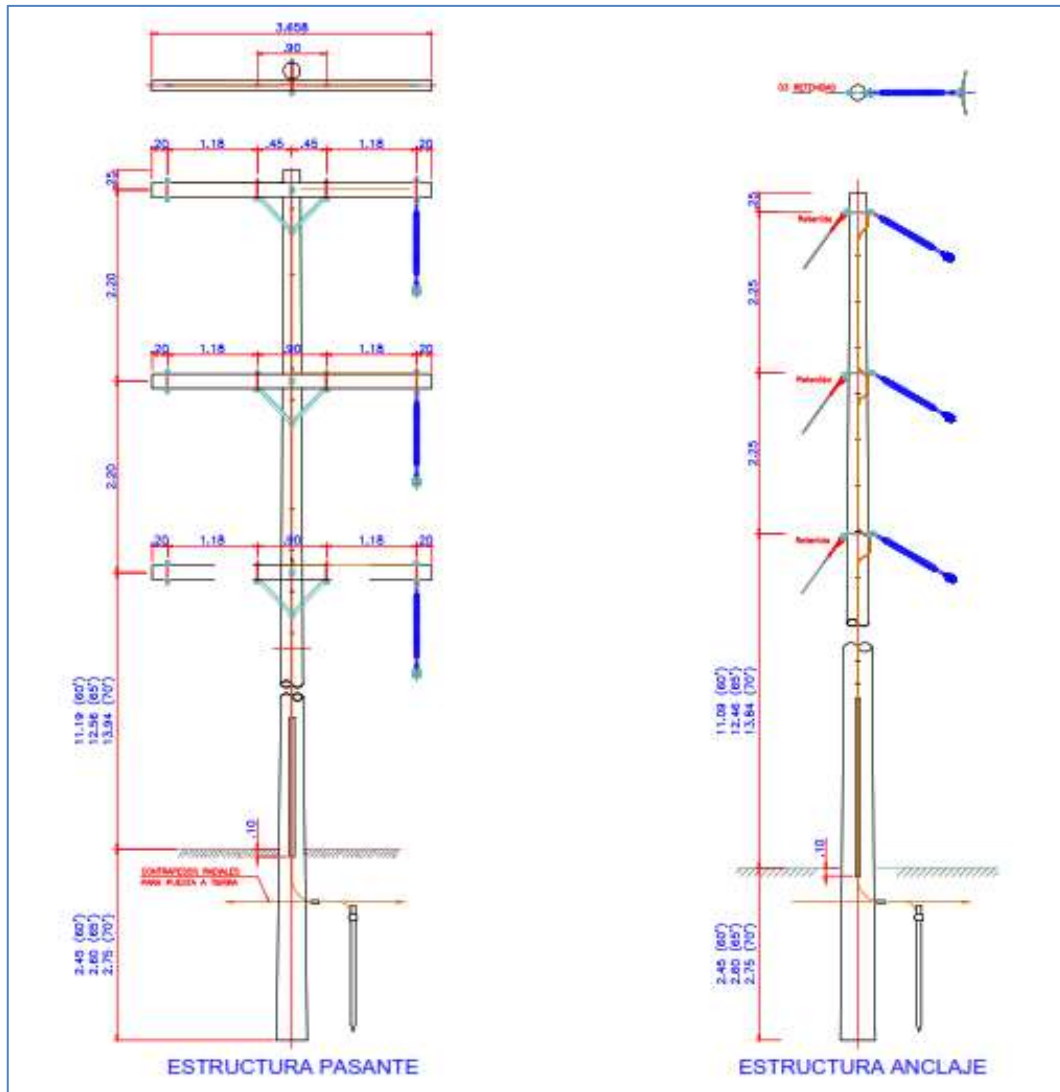


Fig. 3.1 – Disposición geométrica de la línea de transmisión.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

3.4.2 Transformador de potencia

Se muestra en la siguiente tabla las características eléctricas del transformador de potencia que se ubicará en la nueva subestación eléctrica:

Tabla N° 3.3 - Características técnicas del Transformador de potencia.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

Transformador de potencia	
Conexión	YN0d5
Potencia Nominal ONAN	15 MVA
Potencia Nominal ONAF	20 MVA
Tensión Nominal HV	60 ($\pm 13 \times 1\%$) kV

Tensión Nominal LV	22,9 kV
Vcc sec (+) HV-LV	7,85%
Vcc sec (0) HV-LV	6,65%
Pérdidas en el cobre HV-LV	73,626 kW
Tipo de regulación	Bajo Carga

3.5 Análisis en estado estacionario

3.5.1 Objetivos

- El objetivo del análisis de operación en estado estacionario es evaluar el impacto de la incorporación del Proyecto en el comportamiento del SEIN.
- Los principales indicadores para evaluar en este análisis incluyen: verificación de los niveles de tensión en barras, la cargabilidad de líneas de transmisión y transformadores de potencia dentro de la zona de influencia del Proyecto.

3.5.2 Criterios y metodología

Operación normal

En operación normal los niveles de tensión de todas las barras del sistema deben estar dentro del rango de $\pm 5\%$ de las tensiones nominales de los equipos instalados en las subestaciones, principalmente de los transformadores de potencia. En condiciones de operación normal no se admite sobrecargas en las líneas de transmisión ni en los transformadores de potencia.

Operación en contingencia

- Niveles de tensión en barras entre 0,90 p.u. y 1,10 p.u. de la tensión de operación, en todas las barras con tensión nominal de 220 kV [4].
- Para barras con tensión igual o menor a 138 kV, se debe mantener un nivel de tensión en barra en el rango de 0,90 p.u. y 1,05 p.u. de la tensión de operación [4].
- Sobrecarga máxima del 20 % de la capacidad nominal, en líneas de transmisión y transformadores de potencia [4].

Las variables de interés a ser consideradas incluyen: Niveles de flujo de potencia (activa y reactiva) en las líneas de transmisión, transformadores de potencia y tensión en barras comprendidas en la zona de influencia del Proyecto. Estas variables serán empleadas

para detectar sobrecargas eventuales y niveles de tensión altos o bajos con respecto a los valores normales de operación.

Las simulaciones en estado estacionario en la zona de influencia del Proyecto, se realizan en condiciones de operación normal (N) y en condiciones de contingencia simple (N-1). De esta manera se evaluará el impacto de las nuevas instalaciones en la operación del SEIN, confirmándose las especificaciones técnicas del equipamiento seleccionado y verificándose que las nuevas instalaciones no perjudiquen los niveles de tensión en barras y la cargabilidad en líneas de transmisión y transformadores de potencia comprendidos en la zona de influencia del proyecto.

3.5.3 Escenarios de análisis

Los escenarios considerados para el análisis son:

- **Sin proyecto:** Se realiza la simulación de la operación en la zona de influencia del proyecto sin considerar las instalaciones del Proyecto, a fin de determinar las condiciones actuales de operación normal.
- **Con proyecto:** Se realizan las simulaciones considerando las instalaciones del Proyecto, para condiciones de mínima, media y máxima demanda eléctrica.

3.5.4 Análisis en Operación Normal

En la siguiente tabla se presenta los resultados de las variables de interés en estado estacionario en la zona de influencia del proyecto, en condiciones de mínima, media y máxima demanda, considerando el actual esquema de operación normal del sistema 60 kV de Villacurí y el impacto de poner en servicio el nuevo Proyecto.

Tabla N° 3.4 - Niveles de Tensión – zona de influencia del proyecto.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

Subestacion	Tensión Nominal (KV)	Escenarios de Análisis											
		Avenida						Estiaje					
		Demanda mínima		Demanda media		Demanda máxima		Demanda mínima		Demanda media		Demanda máxima	
		Sin proyecto	Con proyecto	Sin proyecto	Con proyecto	Sin proyecto	Con proyecto	Sin proyecto	Con proyecto	Sin proyecto	Con proyecto	Sin proyecto	Con proyecto
		Tensión (p.u.)	Tensión (p.u.)	Tensión (p.u.)	Tensión (p.u.)	Tensión (p.u.)	Tensión (p.u.)	Tensión (p.u.)	Tensión (p.u.)	Tensión (p.u.)	Tensión (p.u.)	Tensión (p.u.)	
Independencia A	221,0	0,983	0,984	0,984	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,983	0,983	0,989	0,989
Independencia B	221,0	0,983	0,984	0,984	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,983	0,983	0,989	0,989
Ica A	220,0	0,999	1,000	0,986	0,987	0,985	0,985	1,001	1,001	0,997	0,997	0,992	0,992
Ica B	220,0	0,999	1,000	0,986	0,987	0,985	0,985	1,001	1,001	0,997	0,997	0,992	0,992
Ica	62,4	1,007	1,008	1,009	1,010	1,008	1,009	1,002	1,002	1,003	1,003	1,008	1,008
Independencia A	62,2	1,013	1,015	1,020	1,022	1,021	1,021	1,011	1,012	1,018	1,019	1,021	1,021
Independencia B	62,2	1,013	1,015	1,020	1,022	1,021	1,021	1,011	1,012	1,018	1,019	1,021	1,021
Villacurí	60,0	0,949	0,957	0,951	0,960	1,017	1,018	0,975	0,980	0,972	0,978	1,036	1,037
Tambo de Mora	60,0	0,965	0,967	0,932	0,935	0,938	0,938	0,974	0,976	0,950	0,952	0,945	0,945
Tacama	60,0	1,036	1,036	1,028	1,029	1,030	1,030	1,032	1,033	1,025	1,026	1,032	1,032
Pueblo Nuevo	60,0	0,973	0,976	0,939	0,942	0,939	0,940	0,980	0,982	0,955	0,956	0,946	0,946
Pedregal	60,0	0,967	0,969	0,935	0,938	0,941	0,941	0,976	0,978	0,952	0,954	0,948	0,948
Luren	60,0	1,039	1,040	1,034	1,035	1,034	1,034	1,036	1,036	1,032	1,032	1,036	1,036
Ica Norte	60,0	1,038	1,039	1,033	1,033	1,033	1,033	1,034	1,035	1,030	1,030	1,034	1,034
S.E. 15/20 MVA	60,0		0,940		0,941		1,010		0,967		0,963		1,032
El Carmen	60,0	0,998	1,001	0,975	0,978	0,982	0,983	1,002	1,003	0,983	0,985	0,985	0,985
Villacurí	22,9	1,000	1,004	1,000	0,994	1,010	1,009	0,974	0,992	0,998	1,009	1,009	1,004
S.E. 15/20 MVA	22,9		0,994		0,995		1,002		0,994		0,999		1,007
Tacama	10,0	0,992	0,992	0,975	1,003	0,987	0,987	0,990	0,991	0,973	0,972	0,988	0,988

Se puede notar en la Tabla anterior que, en algunas barras en 60 kV sin el Proyecto, sobre todo en horas de máxima y media demanda coincidente con el SEIN, se tienen tensiones inferiores a 0,95 p.u., lo que refleja la actual realidad operativa del sistema eléctrico.

Situación que no puede atribuirse al ingreso de la nueva subestación de 20/15 MVA, por tratarse de sub tensiones pre-existentes, por el contrario, en la mayoría de los casos la entrada en operación de la nueva subestación de 20/15 MVA mejora en gran medida el nivel de tensión en 60 kV de la mayoría de las barras con sub tensión pre-existentes.

Tabla N° 3.5 - Niveles de Cargabilidad en Transformadores.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

Subestacion (Transformador)	Tensión Nominal (KV)	Capacidad Nominal (MVA)	Escenario de Análisis					
			Avenida					
			Demanda mínima		Demanda media		Demanda máxima	
			Sin proyecto	Con proyecto	Sin proyecto	Con proyecto	Sin proyecto	Con proyecto
			Cargabilidad (%)	Cargabilidad (%)	Cargabilidad (%)	Cargabilidad (%)	Cargabilidad (%)	Cargabilidad (%)
Independencia (T3-261)	210/62,3/10,3	50	79,2	78,4	70,8	69,7	87,0	86,8
Independencia (T4-261)	210/62,3/10,3	50	78,9	78,1	72,7	71,6	89,0	88,8
Ica (T5-261)	210/62,3/10,3	50	23,6	23,6	38,7	38,6	36,6	36,6
Ica (T59-261)	210/62,3/10,3	50	31,9	31,9	55,0	55,0	56,9	56,9
Ica (T112-261)	210/62,3/10,3	100	23,8	23,8	39,0	38,9	36,9	36,9
Tacama (13MVA)	62/22,9/10	13	33,1	33,1	61,3	59,6	32,7	32,7
Villacuri (40MVA)	58/22,9	40	83,8	53,2	87,9	55,7	39,4	25,6
Nueva S.E. (20MVA)	60/22,9	20		59,7		62,2		27,9

Asimismo, según la tabla N° 3.5, se puede corroborar que no se evidencia sobrecargas en las líneas de transmisión ni en los transformadores de potencia ubicados en la zona de influencia del Proyecto, aunque se ve una alerta de que sin Proyecto el transformador de la subestación Villacurí está próximo a sobrecargarse; por lo que, entre otras razones, se ha previsto que la nueva subestación de 20/15 MVA asumirá desde un inicio no menos del 30% de la carga que actualmente es atendida por la subestación Villacurí.

3.6 Análisis de cortocircuito

3.6.1 Objetivos

Se realiza este análisis para ver el impacto de los niveles de cortocircuito en los equipos instalados en la zona de estudio y verificar el correcto dimensionamiento de los equipos de maniobra y protección que conforman el Proyecto.

Las evaluaciones de cortocircuito comprenden fallas monofásicas, bifásicas a tierra y trifásicas, calculadas de acuerdo a la norma IEC 60909 “Short-Circuit Currents in Three-Phase AC”.

3.6.2 Cortocircuito monofásico

A continuación, se muestran los resultados de este cálculo:

Tabla N° 3.6 - Cortocircuito monofásico – Sin proyecto.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

Subestación	Tensión Nominal (KV)	Escenarios de Análisis - Sin Proyecto											
		Avenida						Estiaje					
		Demanda mínima		Demanda media		Demanda máxima		Demanda mínima		Demanda media		Demanda máxima	
		Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)
Independencia	221,0	883,46	6,92	934,49	7,32	886,56	6,95	876,38	6,87	887,95	6,96	889,50	6,97
Ica	220,0	637,39	5,02	658,66	5,19	638,97	5,03	634,86	5,00	639,91	5,04	640,13	5,04
Ica	62,4	411,79	11,43	421,37	11,70	412,51	11,45	410,64	11,40	412,94	11,46	412,98	11,46
Independencia	62,2	373,47	10,40	455,79	12,69	373,99	10,41	359,84	10,02	374,23	10,42	374,27	10,42
Villacurí	60,0	89,36	2,58	93,68	2,70	89,39	2,58	88,50	2,55	89,40	2,58	89,40	2,58
Tacama	60,0	118,90	3,43	119,76	3,46	118,97	3,43	118,80	3,43	119,00	3,44	119,00	3,44
Luren	60,0	170,98	4,94	172,76	4,99	171,12	4,94	170,77	4,93	171,19	4,94	171,20	4,94
Ica Norte	60,0	194,23	5,61	196,53	5,67	194,40	5,61	193,95	5,60	194,50	5,61	194,51	5,61

Tabla N° 3.7 - Cortocircuito monofásico – Con proyecto.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

Subestación	Tensión Nominal (KV)	Escenarios de Análisis - Con Proyecto											
		Avenida						Estiaje					
		Demanda mínima		Demanda media		Demanda máxima		Demanda mínima		Demanda media		Demanda máxima	
		Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)
Independencia	221,0	883,47	6,92	934,50	7,32	886,57	6,95	887,79	6,96	890,85	6,98	876,31	6,87
Ica	220,0	637,39	5,02	658,66	5,19	638,97	5,03	639,34	5,03	641,14	5,05	627,32	4,94
Ica	62,4	411,79	11,43	421,37	11,70	412,51	11,45	412,66	11,45	413,48	11,48	406,88	11,29
Independencia	62,2	373,48	10,40	455,81	12,69	374,01	10,41	375,06	10,44	375,58	10,46	373,12	10,39
Villacurí	60,0	90,68	2,62	95,14	2,75	90,72	2,62	139,34	4,02	139,42	4,02	137,91	3,98
Tacama	60,0	118,90	3,43	119,76	3,46	118,97	3,43	118,98	3,43	119,05	3,44	118,44	3,42
Luren	60,0	170,98	4,94	172,76	4,99	171,12	4,94	171,14	4,94	171,29	4,94	170,05	4,91
Ica Norte	60,0	194,23	5,61	196,53	5,67	194,40	5,61	194,43	5,61	194,63	5,62	193,02	5,57
S.E. 15/20 MVA	60,0	65,63	1,89	67,91	1,96	65,65	1,90	87,62	2,53	87,65	2,53	86,88	2,51

3.6.3 Cortocircuito bifásico a tierra

A continuación, se muestran los resultados del cálculo de cortocircuito bifásico a tierra para los casos sin proyecto y con proyecto, la falla bifásica es simulada en las fases B y C. los valores de potencia de cortocircuito están expresados en (MVA) y los valores de corriente de cortocircuito se expresa en (kA).

Tabla N° 3.8 - Cortocircuito bifásico a tierra – Sin proyecto.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

Subestación	Tensión Nominal (KV)	Escenarios de Análisis - Sin Proyecto											
		Avenida											
		Demanda mínima				Demanda media				Demanda máxima			
		Skss: B	Ikss: B	Skss: C	Ikss: C	Skss: B	Ikss: B	Skss: C	Ikss: C	Skss: B	Ikss: B	Skss: C	Ikss: C
Independencia	221,0	849,96	6,66	856,38	6,71	905,84	7,10	908,85	7,12	853,09	6,69	859,60	6,74
Ica	220,0	610,92	4,81	630,97	4,97	634,93	5,00	654,44	5,15	612,59	4,82	632,74	4,98
Ica	62,4	391,43	10,86	401,94	11,16	400,16	11,11	410,42	11,39	392,05	10,88	402,59	11,17
Independencia	62,2	365,00	10,16	370,86	10,33	439,13	12,23	445,09	12,39	365,45	10,18	371,32	10,34
Villacurí	60,0	84,45	2,44	92,14	2,66	87,85	2,54	96,45	2,78	84,47	2,44	92,17	2,66
Tacama	60,0	117,84	3,40	134,11	3,87	119,00	3,44	135,53	3,91	117,92	3,40	134,22	3,87
Luren	60,0	182,58	5,27	188,66	5,45	185,39	5,35	191,65	5,53	182,78	5,28	188,89	5,45
Ica Norte	60,0	197,14	5,69	205,05	5,92	200,28	5,78	208,38	6,02	197,36	5,70	205,30	5,93
Villacurí	22,9	34,50	2,61	34,50	2,61	35,68	2,70	35,68	2,70	34,51	2,61	34,51	2,61
Tacama	10,0	27,05	4,68	27,05	4,68	27,12	4,70	27,12	4,70	27,05	4,69	27,05	4,69

Tabla N° 3.9 - Cortocircuito bifásico a tierra – Con proyecto.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

Subestación	Tensión Nominal (KV)	Escenarios de Análisis - Con Proyecto											
		Avenida											
		Demanda mínima				Demanda media				Demanda máxima			
		Skss: B	Ikss: B	Skss: C	Ikss: C	Skss: B	Ikss: B	Skss: C	Ikss: C	Skss: B	Ikss: B	Skss: C	Ikss: C
Independencia	221,0	849,97	6,66	856,38	6,71	905,85	7,10	908,86	7,12	853,10	6,69	859,61	6,74
Ica	220,0	610,92	4,81	630,97	4,97	634,93	5,00	654,44	5,15	612,59	4,82	632,74	4,98
Ica	62,4	391,43	10,86	401,94	11,16	400,16	11,11	410,42	11,39	392,05	10,88	402,59	11,17
Independencia	62,2	365,04	10,16	370,87	10,33	439,17	12,23	445,11	12,39	365,49	10,18	371,33	10,34
Villacurí	60,0	87,43	2,52	93,88	2,71	91,04	2,63	98,29	2,84	87,46	2,52	93,91	2,71
Tacama	60,0	117,84	3,40	134,11	3,87	119,00	3,44	135,53	3,91	117,92	3,40	134,22	3,87
Luren	60,0	182,58	5,27	188,66	5,45	185,39	5,35	191,65	5,53	182,78	5,28	188,89	5,45
Ica Norte	60,0	197,14	5,69	205,05	5,92	200,28	5,78	208,38	6,02	197,36	5,70	205,30	5,93
S.E. 15/20 MVA	60,0	61,26	1,77	66,65	1,92	63,00	1,82	68,94	1,99	61,27	1,77	66,66	1,92
Villacurí	22,9	34,50	2,61	34,50	2,61	35,68	2,70	35,68	2,70	34,51	2,61	34,51	2,61
S.E. 15/20 MVA	22,9	28,74	2,17	28,74	2,17	29,50	2,23	29,50	2,23	28,75	2,17	28,75	2,17
Tacama	10,0	27,05	4,68	27,05	4,68	27,12	4,70	27,12	4,70	27,05	4,69	27,05	4,69

3.6.4 Cortocircuito trifásico

A continuación, se muestran los resultados del cálculo de cortocircuito trifásico para los casos sin proyecto y con proyecto.

Tabla N° 3.10 - Cortocircuito trifásico – Sin proyecto.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

Subestación	Tensión Nominal (KV)	Escenarios de Análisis - Sin Proyecto											
		Avenida						Estiaje					
		Demanda mínima		Demanda media		Demanda máxima		Demanda mínima		Demanda media		Demanda máxima	
		Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)
Independencia	221,0	2413,20	6,30	2604,87	6,81	2424,34	6,33	2386,40	6,23	2429,38	6,35	2429,41	6,35
Ica	220,0	1797,52	4,72	1882,14	4,94	1803,61	4,73	1787,31	4,69	1807,27	4,74	1807,29	4,74
Ica	62,4	989,08	9,15	1016,48	9,40	991,10	9,17	985,71	9,12	992,31	9,18	992,32	9,18
Independencia	62,2	861,26	7,99	1085,73	10,08	862,60	8,01	824,70	7,66	863,20	8,01	863,21	8,01
Villacurí	60,0	202,27	1,95	213,29	2,05	202,34	1,95	200,05	1,93	202,38	1,95	202,38	1,95
Tacama	60,0	395,79	3,81	400,44	3,85	396,13	3,81	395,20	3,80	396,32	3,81	396,32	3,81
Luren	60,0	587,33	5,65	597,72	5,75	588,08	5,66	586,02	5,64	588,53	5,66	588,53	5,66
Ica Norte	60,0	620,77	5,97	632,41	6,09	621,61	5,98	619,31	5,96	622,11	5,99	622,12	5,99
Villacurí	22,9	119,62	3,02	123,70	3,12	119,65	3,02	118,78	2,99	119,66	3,02	119,66	3,02
Tacama	10,0	93,71	5,41	93,95	5,42	93,73	5,41	93,68	5,41	93,74	5,41	93,74	5,41

Tabla N° 3.11 - Cortocircuito trifásico – Con proyecto.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

Subestación	Tensión Nominal (KV)	Escenarios de Análisis - Con Proyecto											
		Avenida						Estiaje					
		Demanda mínima		Demanda media		Demanda máxima		Demanda mínima		Demanda media		Demanda máxima	
		Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)	Skss (MVA)	Ikss (kA)
Independencia	221,0	2413,20	6,30	2604,87	6,81	2424,34	6,33	2386,40	6,23	2429,38	6,35	2429,41	6,35
Ica	220,0	1797,52	4,72	1882,14	4,94	1803,61	4,73	1787,31	4,69	1807,27	4,74	1807,29	4,74
Ica	62,4	989,08	9,15	1016,48	9,40	991,10	9,17	985,71	9,12	992,31	9,18	992,32	9,18
Independencia	62,2	861,26	7,99	1085,73	10,08	862,60	8,01	824,70	7,66	863,20	8,01	863,21	8,01
Villacurí	60,0	202,27	1,95	213,29	2,05	202,34	1,95	200,05	1,93	202,38	1,95	202,38	1,95
Tacama	60,0	395,79	3,81	400,44	3,85	396,13	3,81	395,20	3,80	396,32	3,81	396,32	3,81
Luren	60,0	587,33	5,65	597,72	5,75	588,08	5,66	586,02	5,64	588,53	5,66	588,53	5,66
Ica Norte	60,0	620,77	5,97	632,41	6,09	621,61	5,98	619,31	5,96	622,11	5,99	622,12	5,99
S.E. 15/20 MVA	60,0	211,92	2,04	223,91	2,15	212,30	2,04	214,25	2,06	214,33	2,58	214,34	2,69
Villacurí	22,9	119,62	3,02	123,70	3,12	119,65	3,02	118,78	2,99	119,66	3,02	119,66	3,02
S.E. 15/20 MVA	22,9	122,16	3,08	126,15	3,18	122,29	3,08	122,78	3,10	122,81	3,10	122,81	3,10
Tacama	10,0	93,71	5,41	93,95	5,42	93,73	5,41	93,68	5,41	93,74	5,41	93,74	5,41

De los resultados mostrados en las tablas anteriores se verifica que con el ingreso del proyecto no se presenta variaciones significativas en los valores de cortocircuito, estando muy por debajo de la capacidad de cortocircuito nominal del equipamiento existente y previsto para el Proyecto.

3.7 Conclusiones

3.7.1 Estado estacionario

- Se comprueba que la nueva subestación eléctrica de 20/15 MVA cumplirá el objetivo de descargar oportunamente el transformador que actualmente opera en la subestación Villacurí (además de solucionar los problemas de caída de tensión en los actuales alimentadores de 22,9 kV por su extensa longitud).
- Se verifica que la nueva subestación de 20/15 MVA mejora las subtensiones pre-existentes al proyecto en las barras de 60 kV en las subestaciones Tambo de Mora, Pueblo Nuevo, Pedregal y El Carmen.

3.7.2 Cortocircuito

- La inclusión de la nueva subestación de 20/15 MVA y la futura construcción de una segunda terna en la línea de transmisión incrementan los niveles de cortocircuito en la zona de influencia; sin embargo, estos valores se encuentran por debajo del poder de ruptura de los interruptores.
- Cabe resaltar que el mayor nivel de cortocircuito trifásico en la barra de la nueva subestación de 20/15 MVA se da en el escenario de Estiaje máximo y su valor es de 2,69 kA. Cabe indicar que las capacidades de los equipos a ser instalados en la nueva subestación son de 25 kA.

CAPITULO IV

INGENIERÍA DEL PROYECTO

4.1 Generalidades

En el presente capítulo se desarrollará la ingeniería del proyecto, el cual nos permitirá realizar los cálculos necesarios para poder seleccionar en forma adecuada los equipos primarios, secundarios, sistema de control y protecciones, así como el sistema de servicios auxiliares.

4.2 Condiciones y criterios de diseño

4.2.1 Normas aplicadas

El presente proyecto ha sido elaborado tomando en cuenta las normas aplicables. Normas que corresponden a la última edición existente en el momento de entrega.

- Procedimiento N°20 Ingreso, modificación y Retiro de Instalaciones en el SEIN.
- Código Nacional de Electricidad – Suministro 2011.
- Código Nacional de Electricidad – Utilización 2006.
- Ley general de Residuos Sólidos N° 27314.
- Ley de Concesiones Eléctricas decreto Ley 25844.
- Reglamentación de Fiscalización de las Actividades Energéticas por Terceros.
- Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad (RSSTE), aprobado por Resolución Ministerial N° 111-2013-MEM/DM.

- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE).
- Normas Técnicas Peruanas vigentes (NTP).
- Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).

4.2.2 Características del sistema

Las características del sistema eléctrico son:

▪ Tensión nominal del sistema (kV)	:	60	-	22,9
▪ Tensión máxima de operación (kV)	:	72,5	-	24
▪ Corriente nominal de cortocircuito (kA)	:	25	-	25
▪ Puesta tierra del sistema	:	Sólido	-	Aislado
▪ Frecuencia (Hz)	:	60	-	60
▪ Distancia de fuga mínima (mm/kV)	:	31	-	31

4.2.3 Características del sitio

El clima de la zona de proyecto se ha identificado como clima típico de zona desértica de la costa peruana con alto nivel de contaminación, las características fueron descritas en la Tabla N° 2.2.

4.2.4 Nivel Isocerámico

En la siguiente tabla y figura se presenta el nivel isocerámico considerado para la ubicación del proyecto en base al Mapa de niveles isocerámicos preparado por el Ing. Justo Yanque Montufar, año 2005 [5]:

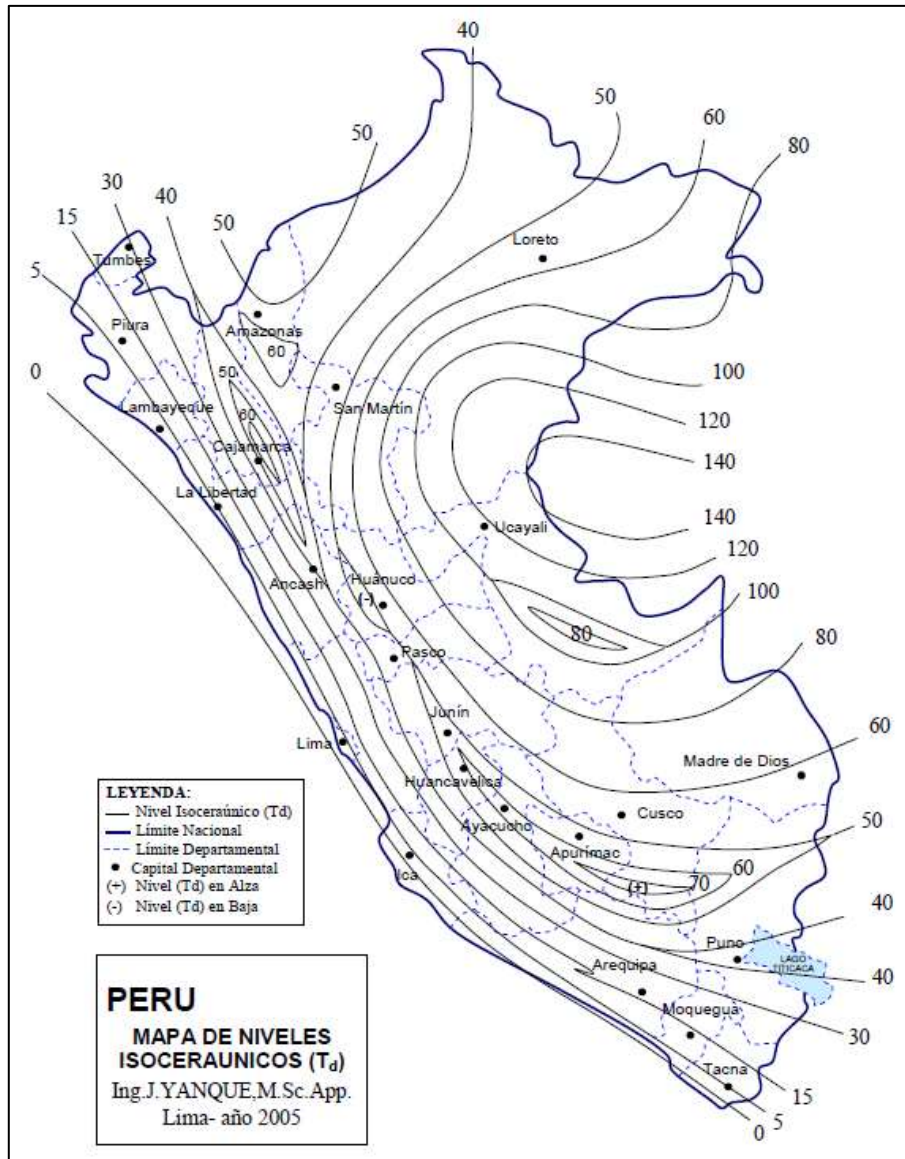


Fig. 4.1 - Nivel Isoceráunico de Perú.

(Fuente: Ing. Justo Yanque Montufar, 2005)

Tabla N° 4.1 - Nivel Isoceráunico.

(Fuente: Ing. Justo Yanque Montufar, 2005)

Descargas por $\text{km}^2 \times \text{año}$	Promedio	0
Descargas por $\text{km}^2 \times \text{año}$	Máximo	0

4.2.5 Condiciones del viento

De acuerdo con el Código Nacional de Electricidad, la calificación zonal de carga en la cual se encuentra la instalación corresponde a la zona de carga C y área 0, por lo tanto, a una velocidad horizontal del viento máxima de 94 km/h.

Tabla N° 4.2 - Velocidad del Viento.

(Fuente: Código nacional de electricidad - Tabla 250-1.B)

Velocidad del Viento	Del Emplazamiento
Velocidad de viento más alto a ser considerado para el diseño	26 m/s

4.2.6 Presión del viento

La presión del viento que actuará sobre los diversos elementos, esta se obtiene del Código Nacional de Electricidad (CNE)-Suministro, del año 2011.

Para determinar la Presión del Viento se utiliza la fórmula descrita en la regla 250.C de [6] para el Cálculo de las Cargas de Viento en las Áreas Proyectadas.

$$PV = K * V^2 * S_f * A \quad (4.1)$$

Donde:

PV = Carga en Newton.

K = Constante de presión:
para elevaciones menores a 3 000 m.s.n.m. (K=0,613).

V = Velocidad del viento en m/s.

S_f = Factor de forma:
1,00 para conductores, cables de guarda, postes metálicos y aisladores;
y 3,20 para estructuras en celosía, aplicada sobre la suma de áreas proyectadas.

A = Área proyectada en m².

La velocidad del viento se aplicará según [6] para la Zona C de carga y Área 0, menor de 3000 m.s.n.m., utilizando la Tabla 250-1-B, de donde se obtiene un valor de velocidad horizontal de viento igual a 26 m/s (94 km/h) relacionado con una temperatura del medio ambiente de 10°C.

Remplazando en la fórmula (2.1):

Para conductores de fase, aisladores, estructuras de madera:

$$PV = 414,38 \text{ Pa} \approx 42,26 \text{ kg/m}^2.$$

Para estructuras de celosía:

$$PV = 1326,02 \text{ Pa} \approx 135,23 \text{ kg/m}^2.$$

4.3 Selección de Pararrayos

4.3.1 Objetivos

El presente cálculo tiene por objetivo determinar las características adecuadas de los pararrayos para el sistema eléctrico del proyecto conforme la norma IEC 60099-4.

4.3.2 Generalidades

La selección de pararrayos debe considerar que no debe operar ante sobretensiones temporales del sistema; variaciones de tensión por condiciones de operación o sobretensiones ante fallas a tierra.

El pararrayo debe proteger la instalación ante sobretensiones tipo maniobra y tipo rayo del sistema eléctrico.

4.3.3 Definiciones

Uc: Tensión de Operación Continua en kVrms.

TOV (1s): Sobretensión Temporal por falla a tierra en kVrms.

TOV (10s): Sobretensión Temporal por pérdida de carga o energización en kVrms.

Ur: Tensión nominal del pararrayos en kVrms.

Ups y Upl: Tensiones residuales ante sobretensiones de maniobra y rayo; estos datos son seleccionados en el estudio de coordinación de aislamiento.

Clase de descarga - Capacidad de disipación de energía; a mayor clase mayor capacidad de disipación y menor tensión residual.

4.3.4 Criterios

Para una adecuada selección, se debe cumplir lo siguiente:

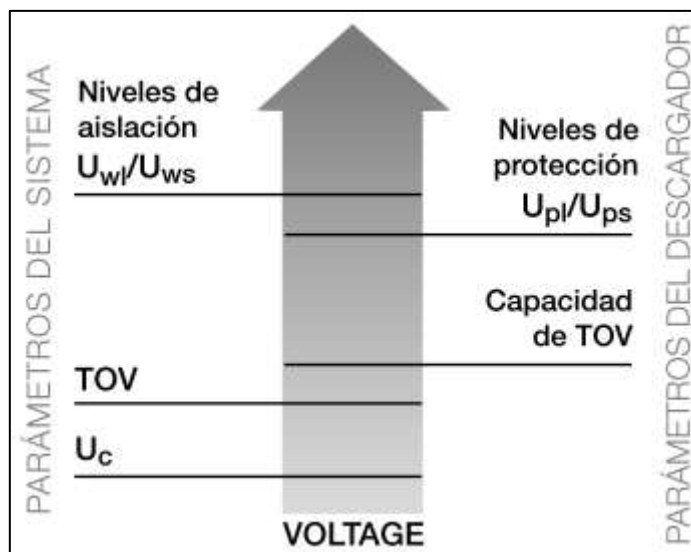


Fig. 4.2 - Parámetros del sistema y del descargador.

(Fuente: ABB)

Las sobretensiones temporales del sistema eléctrico deben ser inferiores a las características ante sobretensiones temporales del pararrayos.

4.3.5 Cálculos del sistema eléctrico

Para determinar la tensión y corriente nominal del pararrayos se toma en consideración los siguientes conceptos:

a) Tensión Máxima de Operación Continua (MCOV)

Para Sistemas con neutro sólidamente aterrado, la Tensión máxima de operación continua en los terminales del pararrayos, viene dada por:

$$MCOV = \frac{U_s}{\sqrt{3}} \quad (4.2)$$

Donde:

U_s = Tensión máxima de la red.

$$MCOV = \frac{72,5}{\sqrt{3}} = 41,857 \text{ kV} \quad (4.3)$$

b) Sobretensión Temporal (TOV)

La sobretensión temporal viene dada por:

$$TOV = K_e * COV \quad (4.4)$$

Donde:

K_e = factor de conexión a sistema de tierra, donde se tiene:

$K_e = 1,4$ para un sistema con neutro aterrado.

$K_e = \sqrt{3}$ para un sistema con neutro aislado.

Remplazando en la fórmula (2.4):

$$TOV = 1,4 * 41,857 = 58,60 \text{ kV} \quad (4.5)$$

c) Tensión Nominal de Pararrayos (U_r)

En un sistema eléctrico pueden ocurrir sobretensiones temporales diferentes a las producidas durante las fallas a tierra, los cuales son determinados y calculados en los estudios eléctricos.

La tensión nominal del pararrayo, U_r , es definido como el mayor valor calculado entre R_o y R_e :

$$R_o = \frac{MCOV}{K_o} \quad (4.6)$$

$$R_o = \frac{41,857}{0,8} = 52,32 \text{ kV} \quad (4.7)$$

En donde K_o es el factor de diseño del pararrayo, el cual varía según el fabricante, un valor normalmente encontrado es el 0,8:

$$R_e = \frac{TOV}{K_t} \quad (4.8)$$

$$R_e = \frac{58,60}{1,10} = 53,27 \text{ kV} \quad (4.9)$$

En donde K_t es la capacidad del pararrayo y depende de la magnitud de tiempo de duración de la sobretensión temporal; así para 1 s $\rightarrow K_t = 1,15$; para 10 s $\rightarrow K_t = 1,10$ y para dos horas $\rightarrow K_t = 0,95$ (valores aproximados).

De los valores obtenidos se tiene que:

$$U_r = 53,27 * 1,05 = 55,936 \text{ kV} \quad (4.10)$$

Valor Normalizado: $U_r = 60 \text{ kV}$.

Como guía para la selección de la tensión nominal de pararrayos de Óxido de Zinc, para el nivel 60 kV, se presenta la siguiente hoja de catálogo (catálogo de pararrayos clase 3 ABB), que relaciona: la tensión máxima del sistema, la tensión nominal del equipo y la máxima tensión continua de operación MCOV.

Tabla N° 4.3 - Datos protección garantizados – Pararrayos 60 kV.

(Fuente: ABB)

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Tensión de trabajo continuo máxima 1)		Capacidad de sobretensiones temporales2)		Tensión residual máxima con onda de corriente						
		según IEC	según ANSI/IEEE	1 s	10 s	30/60 μ s			8/20 μ s			
						U _m kV _{rms}	U _r kV _{rms}	U _c kV _{rms}	MCOV kV _{rms}	1 s kV _{rms}	10 s kV _{rms}	0,5 kA kV _{pico}
36 ³⁾	24	19.2	19.5	27.8	26.4	49.4	51.3	53.8	58.7	62.2	69.7	79.6
	30	24.0	24.4	34.8	33.0	61.7	64.2	67.2	73.3	77.7	87.1	99.5
	33	26.4	26.7	38.2	36.3	67.9	70.6	73.9	80.6	85.5	95.8	110
	36	28.8	29.0	41.7	39.6	74.1	77.0	80.6	88.0	93.3	105	120
	39	31.2	31.5	45.2	42.9	80.3	83.4	87.3	95.3	102	114	130
52	42	34	34.0	48.7	46.2	86.4	89.8	94.0	103	109	122	140
	45	36	36.5	52.2	49.5	92.6	96.2	101	110	117	131	150
	48	38	39.0	55.6	52.8	98.8	103	108	118	125	140	160
	51	41	41.3	59.1	56.1	105	109	115	125	133	148	170
	54	43	43.0	62.6	59.4	112	116	121	132	140	157	180
72	60	48	48.0	69.6	66.0	124	129	135	147	156	175	199
	66	53	53.4	76.5	72.6	136	142	148	162	171	192	219
	72	58	58.0	83.5	79.2	149	154	162	176	187	209	239
	75	60	60.7	87.0	82.5	155	161	168	184	195	218	249
	84	67	68.0	97.4	92.4	173	180	188	206	218	244	279
100	84	67	68.0	97.4	92.4	173	180	188	206	218	244	279
	90	72	72.0	104	99.0	186	193	202	220	234	262	299
	96	77	77.0	111	105	198	206	215	235	249	279	319
123	90	72	72.0	104	99.0	186	193	202	220	234	262	299
	96	77	77.0	111	105	198	206	215	235	249	279	319
	108	78	84.0	125	118	223	231	242	264	280	314	359
	120	78	98.0	139	132	247	257	269	294	311	349	398
	132	78	106	153	145	272	283	296	323	342	383	438
145	138	78	111	160	151	284	295	309	338	358	401	458
	108	86	86.0	125	118	223	231	242	264	280	314	359
	120	92	98.0	139	132	247	257	269	294	311	349	398
	132	92	106	153	145	272	283	296	323	342	383	438
170	138	92	111	160	151	284	295	309	338	358	401	458
	144	92	115	167	158	297	308	323	352	373	418	478
	132	106	106	153	145	272	283	296	323	342	383	438
	144	108	115	167	158	297	308	323	352	373	418	478
170	162	108	131	187	178	334	347	363	396	420	470	538
	168	108	131	194	184	346	359	376	411	436	488	557

Según catálogo de referencia, Los pararrayos a ser instalados deberán tener las siguientes características eléctricas al exterior:

Tensión Nominal del pararrayo (U _r)	:	60 kV
Tensión Máxima de operación continua (MCOV)	:	48 kV
Tensión de descarga, impulso 10 kA, onda 8/20 μ s	:	156 kV _{pico}
Tensión debido a maniobras, impulso 1 kA, onda 30/60 μ s	:	129 kV _{pico}

4.4 Coordinación de Aislamiento

4.4.1 Normas aplicables

Se desarrollará la coordinación del aislamiento de los equipos de la nueva subestación del proyecto de acuerdo con las recomendaciones de la norma IEC 60071-1 y IEC60071-2, así mismo teniendo en consideración las condiciones geográficas y la distribución del equipamiento dentro del área de la subestación.

4.4.2 Procedimiento general

El procedimiento general de coordinación de aislamiento según las normas descritas se indica a continuación:

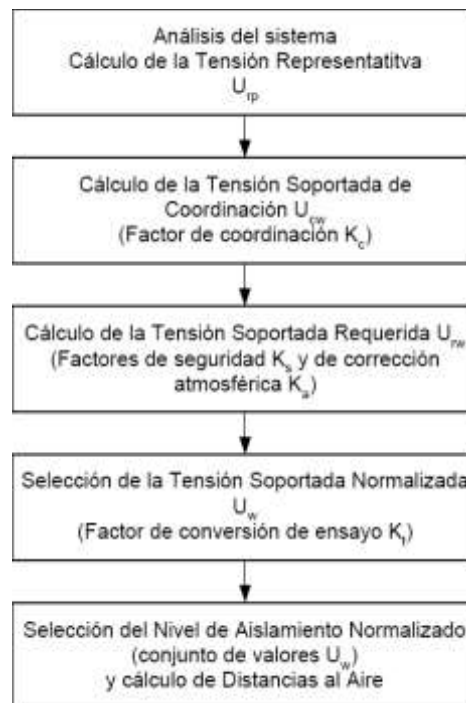


Fig. 4.3 - Procedimiento de coordinación de aislamiento.

(Fuente: ABB)

Donde:

U_{rp} : Sobretensiones Representativas del sistema.

U_{cw} : Sobretensiones de Coordinación, resultado de aplicar factores de coordinación K_c .

$U_{rw}(s)$: Sobretensiones Requeridas Específicas, resultado de aplicar los factores de seguridad y corrección por altitud a las U_{cw} .

$U_{rw}(c)$: Sobretensiones Requeridas Convertidas, resultado de convertir $U_{rw}(s)$.

U_w : Sobretensiones Normalizadas, resultado de la comparación de U_{rw} con los aislamientos normalizados.

a) Factores de corrección utilizados

- **Factor de coordinación (Kc):** Es el factor con el cual se deberá multiplicar la sobretensión representativa para obtener el valor de la tensión de coordinación soportada.
- **Factor de conversión del ensayo (Kt):** Es el factor aplicado a la tensión de soportabilidad requerida, en el caso en el que la tensión de soportabilidad normalizada se selecciona con una forma de onda diferente, para obtener el límite inferior de la tensión de soportabilidad normalizada que puede ser asumido para probar el aislamiento.
- **Factor de corrección atmosférico (Ka):** Es el factor que debe ser aplicado a la tensión de coordinación soportada para tener en cuenta la diferencia entre las condiciones atmosféricas promedias en servicio y las condiciones atmosféricas normalizadas. Éste aplica a aislamiento externo únicamente.
- **Factor de falla a tierra:** Es aplicado a un punto de operación y para una configuración dada en el sistema trifásico, la relación entre el valor r.m.s. más alto de la tensión fase-tierra a frecuencia industrial en una fase sana durante una falla a tierra que afecta una o más fases en cualquier punto del sistema y la tensión a frecuencia industrial fase-tierra obtenida en el punto dado en la ausencia de cualquier falla.
- **Factor de seguridad (Ks):** Es el factor total que debe ser aplicado a la tensión de coordinación soportada, después de la aplicación del factor de corrección atmosférico (si se requiere), para obtener la tensión de soportabilidad requerida, para tener en cuenta todas las otras diferencias entre las condiciones en servicio y las del ensayo de soportabilidad normalizado.

b) Corrección Atmosférica

La norma IEC considera que las condiciones atmosféricas del aire no influyen en las propiedades del aislamiento interno. Las reglas para la corrección atmosférica para las tensiones soportadas del aislamiento externo se encuentran especificadas en la norma IEC 60060-1. La corrección del aislamiento por altitud se basa en la variación de la presión atmosférica en función a la altitud (norma IEC 60071-2) y se puede calcular como:

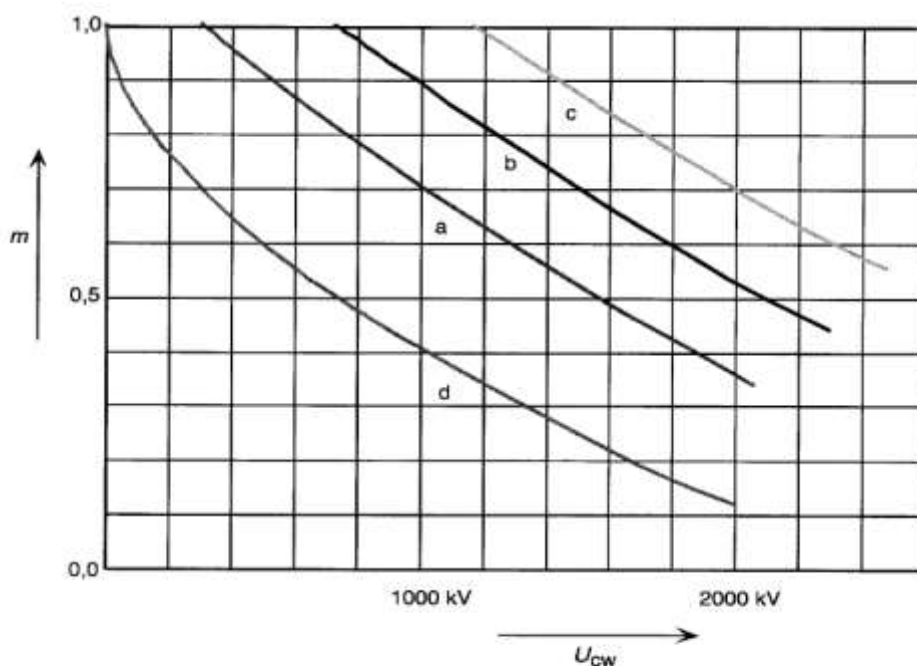
$$K_a = e^{m\left(\frac{H}{8150}\right)} \quad (4.11)$$

Donde:

- H: Es la altitud sobre el nivel del mar (en metros) y el valor de m es el siguiente:
- m = 1,0 para las tensiones soportadas a impulso tipo rayo.
 - m = 1,0 para las tensiones soportadas a frecuencia de corta duración de las distancias en el aire y de aisladores limpios.
 - m = de acuerdo a la Fig. 4.4 para las tensiones soportadas de coordinación a impulso tipo maniobra.

El valor de m depende de varios parámetros. Los valores dados en la norma IEC 60071-2 son conservadores.

En este caso los valores de m pueden variar entre 0,5 para los aisladores normales y 0,8 para los coordinados, para los ensayos de larga duración y si es necesario para los de tensión soportada a frecuencia industrial de corta duración.



- a) aislamiento fase - tierra
- b) aislamiento longitudinal
- c) aislamiento entre fases
- d) intervalo en el aire punta - plumo (intervalo de referencia)

El valor de las tensiones constituidas por dos componentes es la suma de los valores de las componentes.

Fig. 4.4 – Selección del exponente m ante impulsos tipo maniobras

(Fuente: norma IEC 60071-2)

c) Factores de conversión de tierra

Si los factores de conversión no están disponibles, se pueden aplicar los factores de conversión indicados en la norma IEC 60071-2 a las tensiones de soportabilidad al impulso de maniobra requerido. Estos factores aplican a las tensiones requeridas de soportabilidad fase-tierra, así como a la suma de las componentes de la tensión fase-fase.

Tabla N° 4.4 - Factor de conversión a tensión de soportabilidad al impulso.

(Fuente: norma IEC 60071-2)

Factores de conversión de ensayo para la gama I para convertir las tensiones soportadas a impulso tipo maniobra especificadas en tensiones soportadas a impulso tipo rayo y a frecuencia industrial de corta duración

Aislamiento	Tensión soportada a frecuencia industrial de corta duración ¹⁾	Tensión soportada a impulso tipo rayo
Aislamiento externo		
- distancias en el aire y aisladores limpios, en seco:		
- fase-tierra	$0,6 + U_{rw}/8\ 500$	$1,05 + U_{rw}/6\ 000$
- fase-fase	$0,6 + U_{rw}/12\ 700$	$1,05 + U_{rw}/9\ 000$
- aisladores limpios, bajo lluvia	0,6	1,3
Aislamiento interno		
- GIS	0,7	1,25
- aislamiento sumergido en un líquido	0,5	1,10
- aislamiento sólido	0,5	1,00

NOTA - U_{rw} es la tensión soportada a impulso tipo maniobra especificada en kV.
1) Los factores de conversión de ensayo incluyen un factor de $1/\sqrt{2}$ para convertir los valores de cresta en valores eficaces.

d) Niveles de aislamiento normalizado

Las tensiones soportadas normalizadas se asocian a la tensión más elevada para el material, de acuerdo para la gama I de la norma IEC 60071-1. Las asociaciones obtenidas relacionando las tensiones soportadas normalizadas de todas las columnas sin cruzar las líneas horizontales marcadas se definen estando normalizados los niveles de aislamiento.

Tabla N° 4.5 - Niveles de aislamiento normalizados gama I.

(Fuente: norma IEC 60071-1)

Niveles de aislamiento normalizados para la gama I
(1 kV < $U_m \leq 245$ kV)

Tensión más elevada para el material U_m kV (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial kV (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo kV (valor de cresta)
3,6	10	20 40
7,2	20	40 60
12	28	60 75 95
17,5	38	75 95
24	50	95 125 145
36	70	145 170
52	95	250
72,5	140	325
123	(185)	450
	230	550
145	(185)	(450)
	230	550
	275	650
170	(230)	(550)
	275	650
	325	750

4.4.3 Coordinación de aislamiento para la Nueva subestación eléctrica de 20/15 MVA

Este análisis corresponde a la subestación de 20/15 MVA, en el nivel de 60 kV.

a) Tensión más elevada de Red (Us)

En 60 kV, se tiene una tensión máxima de operación de 72,5 kV, por lo tanto, se considera como tensión para el cálculo de aislamiento un valor de 72,5 kV.

b) Tensiones representativas (Urp)

Se consideran los valores para las sobretensiones temporales sugeridas en la recomendación IEC 60071-2.

Sobretensiones por fallas a tierra

La ocurrencia de una falla a tierra en un determinado punto del sistema provocaría un aumento de la tensión fase - tierra en las fases no falladas cuyo valor va a depender del grado de aterrizamiento del sistema.

En un sistema con conexión a tierra en forma sólida, la norma considera que la máxima sobretensión eficaz producida no sobrepasa el valor de 1,4 veces la tensión máxima eficaz fase a tierra del sistema. Para sistemas con conexión tipo neutro aislado las sobretensiones alcanzan valores hasta 1,73 veces la tensión eficaz máxima.

$$U_{rp (fase-tierra)} = k * \left(\frac{U_s}{\sqrt{3}}\right) \quad (4.12)$$

Donde:

k Factor de falla a tierra.

Us Máxima tensión de la red.

Reemplazando valores se tiene:

$$U_{rp (fase-tierra)} = 1,4 * \left(\frac{72,5}{\sqrt{3}}\right) \quad (4.13)$$

$$U_{rp (fase-tierra)} = 58,60 \text{ kV} \quad (4.14)$$

Sobretensiones por rechazo de carga

Estos tipos de maniobras provocan en el sistema sobretensiones temporales, los cuales afectan el aislamiento fase – fase y fase – tierra en los equipos.

$$U_{rp (fase-fase)} = k * U_s \quad (4.15)$$

$$U_{rp (fase-fase)} = 1,4 * 72,5 \quad (4.16)$$

$$U_{rp (fase-fase)} = 101,5 \text{ kV} \quad (4.17)$$

Sobretensiones de frente lento

Así mismo, para las sobretensiones de frente lento debido a conexión, desconexión y reenganche de líneas, se considera el método caso cresta, con valores de sobretensiones en por unidad según recomendaciones de la norma IEC 60071-2 considerando que se tratan de líneas de corta longitud.

Las sobretensiones que afectarían a los equipos primarios ubicados a la entrada de la línea en caso de no instalar los pararrayos se calculan de la siguiente manera:

$$U_{et} = (1,25 * U_{e2} - 0,25) * \frac{\sqrt{2} * U_s}{\sqrt{3}} \quad (4.18)$$

$$U_{pt} = (1,25 * U_{p2} - 0,43) * \frac{\sqrt{2} * U_S}{\sqrt{3}} \quad (4.19)$$

Donde:

- U_{e2}: Valor de la sobretensión entre fase a tierra con probabilidad del 2 % de ser excedido.
- U_{et}: Valor obtenido de la distribución acumulada de las sobretensiones entre fase a tierra.
- U_{p2}: Valor de la sobretensión entre fase a fase que tiene una probabilidad del 2 % de ser excedido.
- U_{pt}: Valor obtenido de la distribución acumulada de las sobretensiones entre fase a fase.

Reemplazando valores en las ecuaciones (4.18) y (4.19) se tiene:

$$U_{et} = (1,25 * 1,6 - 0,25) * \left(\frac{\sqrt{2} * 72,5}{\sqrt{3}} \right) \quad (4.20)$$

$$U_{et} = 103,59 \text{ kV} \quad (4.21)$$

$$U_{pt} = (1,25 * 2,56 - 0,43) * \left(\frac{\sqrt{2} * 72,5}{\sqrt{3}} \right) \quad (4.22)$$

$$U_{pt} = 163,97 \text{ kV} \quad (4.23)$$

Durante la energización y/o re-energización en el extremo emisor provocan impulsos de sobretensión menos críticos que para el extremo receptor, con el fin de ser conservativos se seleccionan los valores recomendados por la norma IEC 60071-2, de donde se obtiene los valores para U_{et} y U_{pt}.

$$U_{et}' = (1,25 * U_{e2}' - 0,25) * \frac{\sqrt{2} * U_S}{\sqrt{3}} \quad (4.24)$$

$$U_{pt}' = (1,25 * U_{p2}' - 0,43) * \frac{\sqrt{2} * U_S}{\sqrt{3}} \quad (4.25)$$

Reemplazando valores se tiene:

$$U_{et}' = (1,25 * 2,0 - 0,25) * \left(\frac{\sqrt{2} * 72,5}{\sqrt{3}} \right) \quad (4.26)$$

$$U_{et}' = 133,19 \text{ kV} \quad (4.27)$$

$$U_{pt}' = (1,25 * 3,1 - 0,43) * \left(\frac{\sqrt{2} * 72,5}{\sqrt{3}} \right) \quad (4.28)$$

$$U_{pt}' = 203,93 \text{ kV} \quad (4.29)$$

Con el uso de pararrayos, las sobretensiones representativas pueden ser definidas por U_{ps} (para las sobretensiones entre fase a tierra) o $2U_{ps}$ (para las sobretensiones entre fase a fase) siempre que los valores de protección sean menores a los máximos esfuerzos de sobretensión U_{et} y U_{pt} de frente lento.

Las sobretensiones de frente lento representativas son:

Para todos los equipos de patio:

- Fase a tierra (kV) = 103,59
- Fase a fase (kV) = 163,97

Para equipo a la entrada de la línea:

- Fase a tierra (kV) = 124
- Fase a fase (kV) = 203,93

c) Cálculo de las tensiones soportadas de coordinación (U_{cw})

Sobretensiones Temporales

En estos tipos de sobretensiones, la tensión de soportabilidad de coordinación es igual a la sobretensión representativa temporal, por lo que se cumple que el factor de coordinación (K_c) tiene un valor de 1, entonces se tiene:

- Fase a tierra $U_{cw} = U_{rp} * K_c = 58,60 \text{ kV}$
- Fase a fase $U_{cw} = U_{rp} * K_c = 101,5 \text{ kV}$

Sobretensiones de frente lento

La tensión de coordinación de soportabilidad se obtiene de multiplicar el valor máximo de la sobretensión representativa por un factor de coordinación determinístico llamado (K_{cd}) el cual tiene relación directa de la relación entre el nivel de protección al impulso de maniobra (U_{ps}) y el valor de la sobretensión fase a tierra (U_{e2}), en la fig. 4.5 se muestra los valores para K_{cd} .

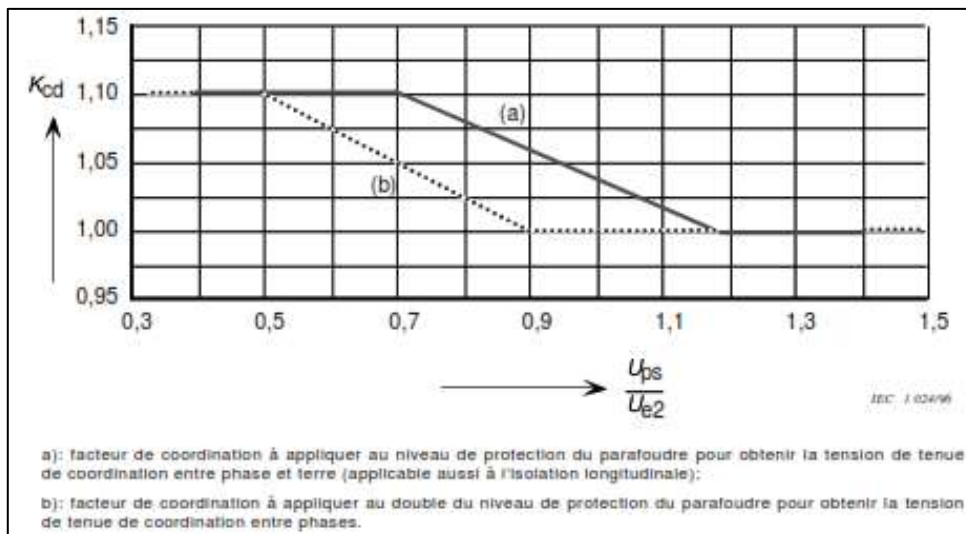


Fig. 4.5 - Evaluación del factor de coordinación determinístico K_{cd} .

(Fuente: norma IEC 60071-2)

Factor de coordinación determinístico:

Para los equipos instalados a la entrada de la línea:

- Fase a tierra: $\frac{U_{ps}}{U_{e2}} \rightarrow K_{cd} = 1,10$
- Fase a fase: $2 * \frac{U_{ps}}{U_{p2}} \rightarrow K_{cd} = 1,05$

Para todos los otros equipos:

- Fase a tierra: $\frac{U_{ps}}{U_{e2}} \rightarrow K_{cd} = 1,03$
- Fase a fase: $2 * \frac{U_{ps}}{U_{p2}} \rightarrow K_{cd} = 1,0$

Las tensiones de coordinación serán calculadas de la siguiente forma:

$$U_{cw} = K_{cd} * U_{rp} \quad (4.30)$$

Las sobretensiones de frente lento representativas calculadas son:

Para equipo a la entrada de la línea:

- $U_{cw(fase-tierra)} = U_{rp} * K_{cd} = 136,4 \text{ kV}$
- $U_{cw(fase-fase)} = U_{rp} * K_{cd} = 214,12 \text{ kV}$

Para todos los otros equipos:

- $U_{cw(fase-tierra)} = U_{rp} * K_{cd} = 106,69 \text{ kV}$
- $U_{cw(fase-fase)} = U_{rp} * K_{cd} = 163,97 \text{ kV}$

Sobretensiones de frente rápido

Según metodología propuesta en [16] podemos calcular la tensión mínima de soportabilidad de los equipos instalados en la nueva subestación mediante la siguiente expresión:

$$U_{cw} = U_{pl} + \frac{A}{n} * \frac{L}{L_{sp} + L_a} \quad (4.31)$$

Donde:

- U_{cw} Nivel de tensión soportable de coordinación al impulso atmosférico, kV.
- U_{pl} Nivel de tensión al impulso tipo rayo, kV.
- A Factor dado en la Tabla F.2 en [16] que describe el comportamiento de la línea ante las descargas eléctricas atmosféricas, kV.
- n Número de líneas conectadas a la subestación, (n-1).
- L distancia de separación entre el pararrayos más cercano y el equipo en consideración, calculado mediante la siguiente expresión:

$$L = a_1 + a_2 + a_3 + a_4$$
- a_1 Distancia de conexión del pararrayos a la línea, m.
- a_2 Distancia de conexión a tierra del pararrayos, m.
- a_3 Longitud del conductor de fase entre el pararrayos y el equipo a proteger para el aislamiento interno y para el aislamiento externo, m.
- a_4 Longitud de la parte activa del pararrayos m.
- L_{sp} Distancia del vano de las líneas, m.
- L_a Sección de línea aérea calculada a partir de una tasa de salida igual a una tasa de falla aceptable, R_a .
- R_a Tasa de falla aceptable para el equipo, 0,0067 fallas/año (1 falla/150 años).
- R_{km} Tasa de fallas por año del primer kilómetro de línea desde la subestación, fallas/año/km.

$$L_a = \frac{R_a}{R_{km}}$$

Las sobretensiones de frente rápido afectan los aislamientos entre fase a fase y fase a tierra de igual forma.

➤ Aislamiento Externo

NPR (U_{pl}) : 156 kV

Factor A según [16] : 4500 kV

Cantidad de líneas conectadas a la subestación $n = 2$

Longitud entre el pararrayo al aislador soporte - aislamiento externo:

Para definir esta longitud, se ha medido la distancia desde el pararrayos hasta el seccionador de barra, ubicado más alejado, que es de 5,10 m.

Vano típico de la línea	$L_{sp} = 150 \text{ m.}$
Índice de fallas (salidas)	$R_{km} = 10,0/100 \text{ km año.}$
Tasa de falla aceptable (IEC 60071-2)	$R_a = 2,0/100 \text{ años.}$
Longitud equivalente de tasa de fallas:	$L_a = R_a/R_{km} = 200 \text{ m.}$
Reemplazando valores se tiene:	

$$U_{cw} = 188,78 \text{ kV}$$

➤ Aislamiento Interno

NPR (U_{pl})	:	156 kV.
Factor A según [16]	:	4500 kV.

Cantidad de líneas conectadas a la subestación $n = 2$.

Longitud entre el pararrayo al interruptor - aislamiento externo:

Para definir esta distancia, se ha medido la distancia desde el pararrayos hasta el seccionador de barra, ubicado más alejado, que es de 2,10 m.

Vano típico de la línea	$L_{sp} = 150 \text{ m.}$
Índice de fallas (salidas)	$R_{km} = 10,0/100 \text{ km año.}$
Tasa de falla aceptable (IEC 60071-2)	$R_a = 2,0/100 \text{ años.}$
Longitud equivalente de tasa de fallas	$L_a = R_a/R_{km} = 200 \text{ m.}$
Reemplazando valores se tiene:	

$$U_{cw} = 169,5 \text{ kV}$$

d) Determinación de las tensiones soportadas especificadas (U_{rw})

Estas tensiones son calculadas aplicando a las tensiones de soportabilidad de coordinación los siguientes factores de corrección:

K_a : Factor de corrección por altura de instalación.

K_s : Factor de seguridad.

Factor de Seguridad

El factor de seguridad es aplicable para las sobretensiones tipo frente lento, frente rápido y por maniobras entre fase a fase y fase a tierra.

- Para el aislamiento interno ($K_s = 1,15$)

- Para el aislamiento externo ($K_s = 1,05$)

Factor de corrección atmosférico

Considerando una altitud de instalación de 445 msnm, y usando la ecuación (4.11) se tienen los siguientes factores de corrección:

$$K_a = 1,13$$

Tensiones de soportabilidad requeridas

Las tensiones de soportabilidad requeridas son calculadas mediante la siguiente expresión:

$$U_{rw} = U_{cw} * K_s * K_a \quad (4.32)$$

Para las sobretensiones temporales:

Para el aislamiento externo:

- Fase a tierra: $U_{rw} = U_{cw} * K_s * K_a = 69,53 \text{ kV}$
- Fase a fase: $U_{rw} = U_{cw} * K_s * K_a = 120,43 \text{ kV}$

Para el aislamiento interno:

- Fase a tierra: $U_{rw} = U_{cw} * K_s = 67,39 \text{ kV}$
- Fase a fase: $U_{rw} = U_{cw} * K_s = 116,72 \text{ kV}$

Para las sobretensiones tipo frente lento:

Para los equipos instalados a la entrada de la línea.

Para el aislamiento externo:

- Fase a tierra: $U_{rw} = U_{cw} * K_s * K_a = 161,84 \text{ kV}$
- Fase a fase: $U_{rw} = U_{cw} * K_s * K_a = 254,1 \text{ kV}$

Para todos los otros equipos:

Para el aislamiento externo:

- Fase a tierra: $U_{rw} = U_{cw} * K_s * K_a = 126,59 \text{ kV}$
- Fase a fase: $U_{rw} = U_{cw} * K_s * K_a = 194,6 \text{ kV}$

Para el aislamiento interno:

- Fase a tierra: $U_{rw} = U_{cw} * K_s = 122,69 \text{ kV}$
- Fase a fase: $U_{rw} = U_{cw} * K_s = 188,56 \text{ kV}$

Para las sobretensiones tipo frente rápido:

Para el aislamiento externo:

- Fase a tierra: $U_{rw} = U_{cw} * K_s * K_a = 223,99 \text{ kV}$
- Fase a fase: $U_{rw} = U_{cw} * K_s * K_a = 223,99 \text{ kV}$

Para el aislamiento interno:

- Fase a tierra: $U_{rw} = U_{cw} * K_s = 194,92 \text{ kV}$
- Fase a fase: $U_{rw} = U_{cw} * K_s = 194,92 \text{ kV}$

e) Determinación de las tensiones soportadas normalizadas (U_w)

En la gama I para tensiones hasta 245 kV el nivel de aislamiento es normalmente definido por la tensión soportada a la frecuencia industrial y la tensión soportada al impulso tipo rayo, para ello se utiliza los factores de conversión obtenidos de la Tabla N° 4.4.

Conversión a tensión de soportabilidad de corta duración a impulso tipo rayo (LIW) e frecuencia industrial (SDW)**A Frecuencia Industrial**

De la Tabla N° 4.4 se obtiene los factores de conversión para aplicar a las tensiones soportadas a impulso tipo maniobra fase-fase y fase-tierra.

Equipo instalado a la entrada de la línea:

Para el aislamiento externo:

- Fase a tierra: $SDW = U_{rw} * (0,6 + \frac{U_{rw}}{8500}) = 100,19 \text{ kV}$
- Fase a fase: $SDW = U_{rw} * (0,6 + \frac{U_{rw}}{12700}) = 157,54 \text{ kV}$

Para todos los otros equipos:

Para el aislamiento externo:

- Fase a tierra: $SDW = U_{rw} * (0,6 + \frac{U_{rw}}{8500}) = 77,84 \text{ kV}$
- Fase a fase: $SDW = U_{rw} * (0,6 + \frac{U_{rw}}{12700}) = 119,74 \text{ kV}$

Para el aislamiento interno:

- Fase a tierra: $SDW = U_{rw} * 0,5 = 61,35 \text{ kV}$
- Fase a fase: $SDW = U_{rw} * 0,5 = 94,28 \text{ kV}$

A Impulso Tipo Rayo

De acuerdo a la norma IEC 60071-2 tenemos los factores de conversión de ensayo a aplicar a las tensiones aplicadas que soportadas a impulso tipo maniobra fase-fase y fase-tierra.

Equipo instalado a la entrada de la línea:

Para el aislamiento externo:

- Fase a tierra: $LIWL = U_{rw} * (1,05 + \frac{U_{rw}}{6000}) = 174,29 \text{ kV}$
- Fase a fase: $LIWL = U_{rw} * (1,05 + \frac{U_{rw}}{9000}) = 273,97 \text{ kV}$

Para todos los otros equipos:

Para el aislamiento externo:

- Fase a tierra: $LIWL = U_{rw} * (1,05 + \frac{U_{rw}}{6000}) = 135,59 \text{ kV}$
- Fase a fase: $LIWL = U_{rw} * (1,05 + \frac{U_{rw}}{9000}) = 208,53 \text{ kV}$

Para el aislamiento interno:

- Fase a tierra: $LIWL = U_{rw} * 1,1 = 134,95 \text{ kV}$
- Fase a fase: $LIWL = U_{rw} * 1,1 = 207,41 \text{ kV}$

4.4.4 Resumen de Aislamiento calculado

A continuación, se presentan los resultados de las sobretensiones calculadas para los equipos que conforman la nueva subestación de 20/15 MVA en el nivel 60 kV.

Tabla N° 4.6 - Cuadro de tensiones soportadas normalizadas para el nivel de tensión 60 kV.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

Valores de Urw: - Valores de tensión para corta duración a frecuencia industrial (valor eficaz kV). - Valores de tensión para impulso tipo rayo y tipo maniobra (valor de cresta kV).		Aislamiento Externo				Aislamiento Interno	
		Equipos en entrada de línea		Otros equipos			
		Urw(s)	Urw(c)	Urw(s)	Urw(c)	Urw(s)	Urw(c)
Corta duración a frecuencia industrial	fase-tierra	69,53	100,19	69,53	77,84	67,39	61,35
	fase-fase	120,43	157,54	120,43	119,74	116,72	94,28
Impulso tipo maniobra	fase-tierra	161,84	-	126,59	-	122,69	-
	fase-fase	254,1	-	194,6	-	188,56	-
Impulso tipo rayo	fase-tierra	223,99	174,29	223,99	135,59	194,92	134,95
	fase-fase	223,99	273,97	223,99	208,53	194,92	207,41

4.4.5 Conclusiones

Para el aislamiento Interno

Para sobretensiones a frecuencia industrial se tiene un valor de 67,39 kV entre fase-tierra; así mismo, para sobretensiones tipo rayo se tiene un valor fase-tierra de 194,92 kVp; por lo tanto, se considera aislamiento normalizado de 325 kVp con un valor de sobretensión a frecuencia industrial de 140 kV, que son valores normalizados para una tensión nominal de 72,5 kV.

El aislamiento fase-fase queda cubierto por el aislamiento normalizado de 72,5 kV.

Para el aislamiento Externo

Para sobretensiones a frecuencia industrial se tiene un valor de 100,19 kV entre fase-tierra; así mismo, para sobretensiones tipo rayo se tiene un valor fase-tierra de 224 kVp; por lo tanto, se considera aislamiento normalizado de 325 kVp con un valor de sobretensión a frecuencia industrial de 140 kV, que son valores normalizados para una tensión nominal de 72,5 kV.

El aislamiento fase-fase queda cubierto por la separación entre polos y fases de equipos, la que deberá ser equivalente a 325 kVp.

4.5 Cálculos de Distancia de Seguridad

4.5.1 Generalidades

El presente cálculo tiene como objetivo seleccionar adecuadamente las distancias de mínimas y de seguridad que se emplearán en el diseño de las subestaciones del proyecto.

4.5.2 Selección de distancias mínimas

El valor básico está determinado con base en la distancia mínima de aislamiento en aire fase-tierra y correspondiente al nivel de aislamiento determinado para la instalación. El criterio utilizado para determinar las distancias mínimas se basa en las recomendaciones de la norma IEC 60071-2.

Tabla N° 4.7 - Distancias mínimas en el aire - Tabla A.1.

(Fuente: Norma IEC 60071-2)

BIL Fase - Tierra y Fase a Fase (kV pico)	Distancia mínima Fase - Fase (m)	Distancia mínima Fase - Tierra (m)
250	0,48	-
325	0,63	-

450	0,90	-
550	1,10	-
650	1,30	-
750	1,50	-
850	1,70	1600
950	1,90	1700
1 050	2,10	1900

Tabla N° 4.8 - Distancias mínimas en el aire – Tabla A.2.

(Fuente: Norma IEC 60071-2)

Tensión nominal Soportada Fase - Tierra		Distancia mínima Fase – Tierra para posiciones electrodos	
Al Impulso de Maniobra	Al Impulso Atmosférico	Cable Estructura	Punta Estructura
[kVp]	[kVp]	[m]	[m]
650	750	1,4	1,5
650	850	1,5	1,7
750	850	1,6	1,9
750	950	1,7	1,9
850	1050	1,9	2,4
950	1050 - 1175	2,2	2,9
1050	1175 - 1300 - 1425	2,6	3,4
1175	1300 - 1425 - 1550	3,1	4,1
1300	1425 - 1550 - 1800	3,6	4,8
1425	1550 - 1800 - 2100	4,2	5,6
1550	1800 - 2100 - 2400	4,9	6,4

4.5.3 Calculo de distancia de seguridad

a) Determinación de zona de seguridad

La distancia de seguridad es la adición de los siguientes valores:

- Un valor mínimo o básico el cual está relacionado con el nivel de aislamiento, mediante el cual se determina una “zona de guarda” alrededor de las partes con tensión activa.
- Un valor que está relacionado con los movimientos del personal de mantenimiento, así como del tipo de trabajo y la maquinaria usada. Mediante el cual se determina una “zona de seguridad” dentro del cual queda minimizado cualquier peligro relacionado con acercamientos a partes con tensión activa.

b) Trabajo sobre equipos de patio

La distancia de seguridad durante el trabajo en subestaciones eléctricas se entiende entre la posición extrema que puede ocupar la conexión del equipo energizado y el borde del equipo sobre el cual se está llevando a cabo el trabajo. Se debe establecer que bajo ninguna circunstancia habrá penetración en la zona del valor mínimo.

En el caso de mantenimiento de rutina que requiera solamente el uso de herramientas livianas, para las subestaciones se recomienda considerar las siguientes dimensiones:

- Altura del operador: 1750 mm.
- Verticalmente 2500 mm que corresponde a las dimensiones promedio de un operador con los brazos estirados hacia arriba.
- Horizontalmente 1750 mm que corresponde a las dimensiones promedio de un operador con los brazos estirados a ambos lados.
- Altura de trabajo verticalmente 1250 mm por encima del plano de trabajo como mínimo.

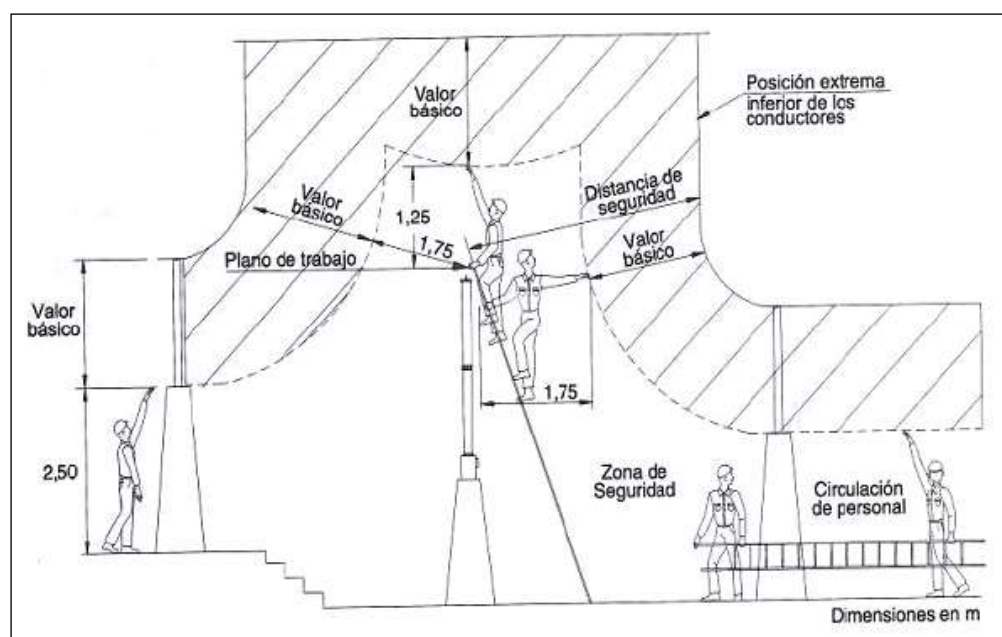


Fig. 4.6 - Distancia de seguridad para trabajos en equipos de patio.

(Fuente: Código nacional de electricidad)

Las distancias de seguridad vertical y horizontal se pueden resumir en los siguientes cuadros:

Tabla N° 4.9 - Resumen de distancias de seguridad vertical y horizontal.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

Tensión Asignada	Distancia mínima de aislamiento	Altura de trabajo vertical	Distancia de seguridad
	(A)	(B)	(A + B)
24 kV	270 mm	1250 mm	1520 mm
72,5 kV	630 mm	1250 mm	1880 mm
Tensión Asignada	Distancia mínima de aislamiento	Altura de trabajo horizontal	Distancia de seguridad
	(A)	(B)	(A + B)
24 kV	270 mm	1750 mm	2020 mm
72,5 kV	630 mm	1750 mm	2380 mm

c) Distancias de Seguridad al Cerco Perimetral

Los cercos perimetrales o barreras para evitar el acceso a la subestación de personal no autorizado deben instalarse de tal forma que las partes con tensión queden por fuera de las distancias de seguridad. Para establecer las distancias de seguridad al cerco perimetral se tomará en consideración las recomendaciones indicadas en el Código Nacional de Electricidad – Suministro 2011.

En la Tabla 110-1 del Código Nacional de Electricidad - Suministro 2011 muestra las distancias estándares de cercos perimetrales de acuerdo a la tensión nominal y al nivel de aislamiento típico. La dimensión “R” mostrada en el gráfico indica la distancia horizontal mínima del cerco perimetral a los equipos de la subestación. La distancia vertical estará dada por $R + 1,5$ m.

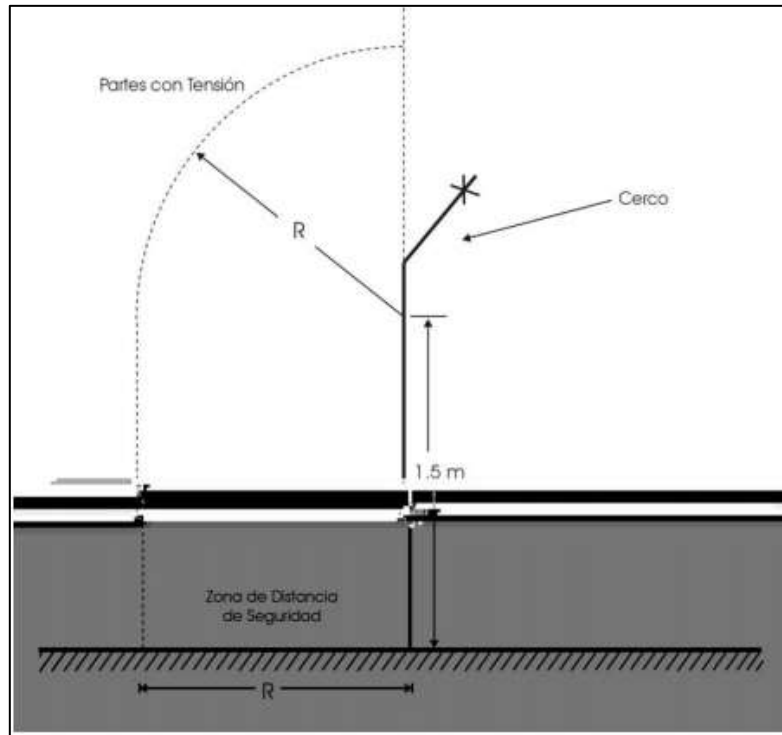


Fig. 4.7 - Distancia de seguridad de cerco perimetral.

(Fuente: Código nacional de electricidad)

Tabla N° 4.10 - Distancia de seguridad para los cercos perimétricos.

(Fuente: Código nacional de electricidad)

Tensión nominal entre fases (V)	BIL Típico (kV)	Dimensión "R" (m)
151 – 7 200	95	3,0
13 800	110	3,1
23 000	150	3,1
34 500	200	3,2
46 000	250	3,3
69 000	350	3,5
115 000	550	4,0
138 000	650	4,2
161 000	750	4,4
230 000	825	4,5
230 000	900	4,7
345 000	1 050	5,0
345 000	1 175	5,3
345 000	1 300	5,5
500 000	1 550	6,0
500 000	1 800	6,6

4.5.4 Resumen de las distancias

Las distancias de seguridad se pueden resumir tal como se muestra a continuación:

Tabla N° 4.11 - Resumen de distancia de seguridad.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

Distancias Mínimas	Unid.	24 kV	72,5 kV
(1) Distancia mínima fase-tierra	mm	270	630
(2) Distancia mínima fase-fase	mm	270	630
(3) Zona de seguridad del personal	mm	2500	2500
(4) Distancia de seguridad de trabajo horizontal	mm	2020	2380
(5) Distancia de seguridad de trabajo vertical	mm	1520	1880
(6) Distancia mínima entre partes con tensión y tierra (1) + (3)	mm	2770	3130
(7) Distancia de seguridad al cerco perimétrico	mm	3100	3500

4.5.5 Conclusiones

Las distancias calculadas cumplen con las recomendaciones establecidas por la norma IEC 60071 y el Código Nacional de Electricidad – Suministro 2011.

De acuerdo a lo anteriormente señalado y a los cálculos respectivos, las distancias mínimas necesarias son las indicadas en el cuadro resumen.

4.6 Dimensionamiento del transformador de corriente

4.6.1 Relación de transformación

El desarrollo del procedimiento de cálculo de transformador de corriente se realizará para el nivel de tensión 60 kV a partir de la capacidad de la línea de transmisión. La relación de transformación en los transformadores de corriente (RTC) se calcula con la siguiente expresión:

$$RTC = \frac{I_p}{I_s} \quad (4.33)$$

Donde:

I_p = Intensidad nominal de corriente en el devanado primario.

I_s = Intensidad nominal de corriente en el devanado secundario.

Intensidad de corriente en el primario

$$I_p = I_n * F.S. \quad (4.34)$$

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} * V} \quad (4.35)$$

Donde:

- S = Potencia de la línea de transmisión.
 V = Tensión de operación en el sistema en kV.

Intensidad de corriente en el secundario

La intensidad de corriente en el devanado secundario tendrá un valor igual a 1A, valor calculado considerando las longitudes de cables y la utilización de equipos de control y protección basados en la microelectrónica.

La corriente nominal se determina a partir de la capacidad de transmisión de la línea de transmisión (40 MVA), obtenemos lo siguiente:

- Intensidad nominal: $I_n = \frac{40MVA}{\sqrt{3} \cdot 60KV} = 384,9 A$
- Intensidad nominal: $I_p = 384,9 \cdot 1,5 = 577,35 A$

Valor normalizado de I_p será de 600 A.

Considerando que la línea de transmisión solo transmita la potencia máxima del transformador de potencia (20 MVA), obtenemos lo siguiente:

- Intensidad nominal: $I_n = \frac{20MVA}{\sqrt{3} \cdot 60KV} = 192,45 A$
- Intensidad nominal: $I_p = 192,45 \cdot 1,5 = 288,67 A$

Valor normalizado de I_p será de 300 A.

De los valores calculados en el paso anterior, tenemos que la relación de transformación (RTC) del transformador de corriente será:

- Intensidad nominal de corriente primaria: 300 – 600 A.
- Intensidad nominal de corriente secundario: 1 A.

4.6.2 Determinación de la capacidad de los transformadores de corriente

Para el cálculo de la Potencia de los Transformadores de corriente a ser instalados se debe considerar los equipos que alimentará ubicados en la sala de control.

Datos:

- Distancia entre el TC y los relés = 75 metros.
- Consumo del relé diferencial de transformador = 0,8 VA.
- Consumo del medidor multifunción = 0,5 VA.

- Asumimos que el conductor que une el transformador de corriente con los relés y el medidor multifunción tiene una sección de 4x4 mm² y una resistencia de 5,5 Ω/km (cable de control apantallado, catalogo CEPER-CABLES).
- Corriente en el secundario del transformador 1 A.

Los equipos de control y de protección basados en la microelectrónica presentan potencia de consumo en VA por lo que son casi despreciables, por tanto el consumo aplicable a los transformadores de corriente es prácticamente el consumo de los cables de control.

Por lo tanto, se tiene:

Consumo del conductor de control:

$$VA_{conductor} = R_{conductor} * I^2 \quad (4.36)$$

$$VA_{conductor} = r * (2 * l) * I^2 \quad (4.37)$$

$$VA_{conductor} = 0,825 \quad (4.38)$$

La potencia del TC deberá ser:

$$VA_{TC} = (0,8 + 0,5) + 0,825 = 2,125 \text{ VA.}$$

Por lo tanto, seleccionamos un transformador de corriente de 15 VA de capacidad.

4.6.3 Comportamiento de los transformadores de corriente ante los cortocircuitos

Ante la presencia de corriente de corto circuito en los transformadores de corriente se generan problemas térmicos y dinámicos.

Corriente térmica (I_{th})

Es el valor eficaz de la corriente en el devanado primario que el transformador de corriente soportará durante un tiempo de un segundo (1 seg.) sin sufrir efectos dañinos, estando el arrollamiento del devanado secundario en cortocircuito, la corriente térmica se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_{th} = I_{cc} = \frac{S}{U_{cc}} \quad (4.39)$$

Corriente dinámica (I_{dyn})

Es el valor pico de la intensidad en el devanado primaria que un transformador de corriente soportará sin ser dañado eléctrica o mecánicamente por las fuerzas

electromagnéticas resultantes, estando el arrollamiento del devanado secundario en cortocircuito.

$$I_{dyn} = 2,5 * I_{th} \quad (4.40)$$

De los valores del proyecto obtenemos lo siguiente:

- Corriente térmica: $I_{th} = 25 \text{ kA}$
- Intensidad dinámica: $I_p = 25 * 2,5 = 62,5 \text{ kA}$

4.6.4 Clase de precisión

Núcleo de medición

La clase de precisión para el devanado de medición será de 0,2.

Núcleo de protección

La clase de precisión para el devanado de protección será de 5P20 que indica que a 20 veces la corriente primaria se mantiene el error dentro del 5 %.

4.6.5 Conclusión

Los transformadores de corriente a ser instalados para el nivel de tensión 60 kV deberán tener las siguientes características eléctricas:

- Relación de transformación : 300-600/1.
- Capacidad : 15 VA.
- Clase de precisión medición : 0,2.
- Clase de precisión protección : 5P20.
- Tensión máxima de operación : 72,5 kV.
- Nivel de aislamiento interno : 140 kV.
- Nivel de aislamiento externo : 325 kV.

4.7 Selección de interruptor de potencia

4.7.1 Condiciones normales de operación

Las normas ANSI (American National Standard Institute) consideran como condiciones normales o usuales de operación cuando la temperatura ambiente no excede los 40°C y que no esté por debajo de los -30°C, la altitud nominal de operación es aquella que no excede los 1000 m.s.n.m., sin marcar diferencia a las condiciones de operación para aplicaciones en interior o intemperie.

Para la IEC (International Electrotechnical Commission) sí hace diferencia entre aplicaciones para interior o intemperie, se establece que el límite de altitud es de 1000 m.s.n.m. a una temperatura ambiente máxima de 40°C para ambas aplicaciones, sin embargo, se especifica que el promedio de temperatura máxima en un promedio de 24 horas no debe de exceder los 35°C.

En cuanto a los límites inferiores de temperatura existen dos opciones para cada aplicación, para interiores son -5°C y -25°C. Para aplicaciones tipo intemperie los límites son -25°C y -40°C adicionalmente.

4.7.2 Consideraciones de diseño

Para el presente cálculo se consideraron los siguientes aspectos.

- El transformador de potencia utilizado en el patio de llaves de la nueva subestación eléctrica a diseñar es del tipo trifásico con una potencia de 20/15 MVA (ONAF/ONAN) en 60/22,9 kV.
- Para el cálculo de los interruptores se analizarán con la potencia de trabajo.
- Se utiliza como guía para los cálculos las referencias [15], [16] y [17].

4.7.3 Máxima tensión de diseño

La tensión máxima de diseño de un interruptor es el valor eficaz (rms) de la tensión entre fases para la que el interruptor ésta diseñado y representa el límite superior del voltaje del sistema al cual el interruptor puede operar en forma continua.

4.7.4 Determinación de la corriente máxima permanente del interruptor

Para el cálculo de la máxima corriente permanente al que puede estar sometido el interruptor, se considera la siguiente relación [7]:

$$I_a = I_r * \left(\frac{\theta_{max} - \theta_a}{\theta_r} \right)^{\frac{1}{1,8}} \quad (4.41)$$

$$I_r = I_n * f_a * f_c \quad (4.42)$$

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} * V} \quad (4.43)$$

Donde considerando la norma IEEE Std C37.010-1999, consideramos:

- I_a Corriente de la carga admisible a la temperatura ambiente.
- I_r Corriente nominal máxima del circuito a interrumpir.
- I_n Corriente nominal del circuito a interrumpir.

- f_a Factor de corrección por etapa de refrigeración ONAF ($f_a = 1,25$).
- f_c Factor de corrección por sobrecarga en el interruptor ($f_c = 1,2$).
- θ_{max} Temperatura admisible en hottest-spot ($\theta_{max} = \theta_r + 40^\circ\text{C}$).
- θ_a Temperatura ambiente actual.
- θ_r Temperatura rise admisible en hottest-spot a corriente nominal (la norma señala 65°C).

Con las ecuaciones descritas anteriormente y considerando los valores máximos de operación se realiza el cálculo correspondiente de los parámetros eléctricos para la subestación eléctrica, el mismo que se adjunta en la siguiente tabla:

Tabla N° 4.12 - Valor de corriente asignada de servicio continuo.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

Datos de calculo	Magnitud	unidad
Corriente Nominal del sistema (I_n)	192,45	A
Corriente Máxima a Interrumpir (I_r)	288,67	A
Temperatura Ambiente Esperada (θ_a)	20	$^\circ\text{C}$
Temperatura permisible en el punto más caliente (θ_{max})	105	$^\circ\text{C}$
Temperatura rise admisible en el punto más caliente a corriente nominal (θ_r)	65	$^\circ\text{C}$
Corriente Máxima Permanente del Interruptor (I_a)	335,06	A

4.7.5 Selección de las características eléctricas del interruptor de potencia

Con los valores obtenidos de la máxima corriente permanente (I_a), se podrá hacer la selección de las características del interruptor de potencia, por lo que sus parámetros eléctricos elegidos son:

Tabla N° 4.13 - Parámetros eléctricos del interruptor de potencia seleccionado.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

Datos de calculo	Magnitud	Unidad
Máxima tensión de diseño	72,5	kV
Corriente nominal	2000	A
Tensión de ensayo a impulso (1,2/50 μseg)	325	kV
Tensión de ensayo a frecuencia industrial	140	kV
Corriente de corta duración (3s)	25	kA
Poder de cierre	65	kA

4.8 Selección de conductor de barras

4.8.1 Consideraciones para la selección de conductor de barra

El sistema de barras de la nueva subestación eléctrica a diseñar será ejecutado con cables rígidos de aleación de aluminio desnudos para 60 kV.

Evaluaciones a realizar al conductor para la verificación de una adecuada operación:

- Operación por Régimen permanente.
- Operación por Régimen de Corto Circuito.
- Verificación de efecto corona.

4.8.2 Características generales

Características Físicas de las Barras

Instalación	:	Exterior.
Material	:	Cable de Cobre flexible.
Numero de conductor por fase	:	1.
Disposición de conductores	:	Horizontal.

Características del Sistema Eléctrico

Corriente de CC trifásico	:	2,69 kA.
Corriente de CC monofásico	:	2,20 kA.
Tiempo de Corto circuito	:	0,50 seg.
Tensión entre fases	:	60 kV.
Potencia a Transmitir	:	20 MVA.
Factor de Potencia	:	0,80 en atraso.
Temperatura Ambiente	:	12°C.
Máxima temperatura de operación	:	65 °C.

4.8.3 Análisis por régimen permanente

El conductor de barra debe tener la capacidad de operar a régimen permanente, por lo que se realizara el cálculo de la densidad de corriente máxima admisible en el conductor. Para el cálculo del valor de la corriente nominal, se utiliza la siguiente expresión:

$$I_n = \frac{M * F_{sc} * F_{ONAF}}{\sqrt{3} * V_n} \quad (4.44)$$

Donde:

M Potencia nominal del transformador para la etapa ONAN (MVA).

F_{sc} Factor de corrección por sobrecarga ($F_{sc} = 1,2$).

F_{ONAF} Factor de corrección para la etapa de refrigeración ONAF ($F_{ONAF} = 1,25$).

V_n Tensión nominal del sistema (kV).

Reemplazando valores tenemos:

$$I_n = 216,506 \text{ A}$$

Para la verificación de la capacidad del conductor para una operación por régimen permanente se debe cumplir que:

$$\rho = \frac{I_n}{\text{Sección de conductor de barra}} \leq 2 \text{ A/mm}^2 \quad (4.45)$$

Entonces tenemos:

$$\text{Sección de conductor de barra} \geq 108,25 \text{ mm}^2 \quad (4.46)$$

El conductor seleccionado es de 240 mm^2 , cumpliendo con el análisis en operación por régimen permanente.

4.8.4 Análisis por régimen de cortocircuito

El conductor de barra, los circuitos de derivación, así como los equipos primarios instalados en la subestación eléctrica están expuestos a esfuerzos térmicos en caso de un cortocircuito en el sistema. Por lo que se requiere corroborar que los conductores de barra estén preparados térmicamente para las corrientes de cortocircuito.

Para una adecuada selección del conductor de barra, se debe corroborar que la máxima corriente de cortocircuito sea menor a la densidad de corriente soportada (S_{thr}) el cual es calculado con la siguiente expresión:

$$S_{th} \leq S_{thr} * \sqrt{\frac{T_{kt}}{T_k}} \quad (4.47)$$

$$S_{thr} = \frac{1}{\sqrt{T_{kr}}} * \sqrt{\frac{k_{20} * c * \rho}{\alpha_o} * \text{Ln}\left[\frac{1 + \alpha_o * (\theta_{12} - 20)}{1 + \alpha_o * (\theta_{11} - 20)}\right]} \quad (4.48)$$

$$\text{Sección de conductor} = \frac{I_{cc}}{S_{th}} \quad (4.49)$$

Donde:

I_{cc} Corriente de cortocircuito de diseño (A).

K_{20} Conductividad especificada del material a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ($1/\Omega\text{m}$).

S_{th} Densidad de corriente (A/mm^2).

S_{thr} Densidad de corriente considerando tiempo de falla 1,0 segundo (A/mm^2).

c	Capacidad térmica específica del metal (Joule/kg-°K).
ρ	Densidad del material (kg/m ³).
α_o	Coefficiente de incremento de la resistencia a la temperatura °K ⁻¹ .
θ_{11}	Temperatura en el instante t_1 al inicio del cortocircuito en °C.
θ_{12}	Temperatura en el instante t_2 a la finalización del cortocircuito en °C.
T_{kt}	Tiempo de duración del cortocircuito 1,0 segundos.
T_k	Tiempo de duración del cortocircuito en el sistema 0,5 segundos.

A continuación, tenemos las características eléctricas de los siguientes materiales:

Tabla N° 4.14 - Parámetros eléctricos de materiales componentes de los conductores.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

Símbolo	Unidad S.I.	Cobre	Aleación de Aluminio Conductor de Aluminio reforzado de acero (Al-Ac)	Acero
c	J/(Kg°K)	390	910	480
ρ	Kg/m ³	8900	2700	7850
K_{20}	1/(Ωm)	56x10 ⁶	34,8x10 ⁶	7,25x10 ⁶
α_{20}	1/°K	0,0039	0,004	0,0045

Considerando los siguientes datos para el cálculo:

Material	:	Aleación de aluminio (AAAC).
Sección	:	240 mm ² .
θ_1	:	75°C.
θ_2	:	200°C.
T_k	:	0,5 segundos.

Reemplazando los valores en las ecuaciones (4.47), (4.48) y (4.49) tenemos los siguientes valores:

Tabla N° 4.15 - Sección mínima del conductor por cortocircuito.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

Parámetro	Unidad	Magnitud
Densidad de Corriente (S_{thr})	A/mm ²	85685,78
Sección del conductor mínima para T_{kr}	mm ²	291,76
Sección del conductor mínima para T_k	mm ²	206,30

El conductor seleccionado cumple con la sección mínima requerida en condiciones de cortocircuito ($240 \text{ mm}^2 > 206,30 \text{ mm}^2$) para un cortocircuito con duración de 0,5 segundos.

4.8.5 Verificación de efecto corona

Se realizó la verificación del efecto corona para los diferentes niveles de conexión bajo las condiciones atmosféricas del sitio, se realiza los procedimientos indicados en la referencia [18].

En el conductor seleccionado debe cumplirse el criterio $E_{\max} < E_o$ para que el efecto corona no se presente y que además la tensión crítica disruptiva fase-tierra sea mayor que la tensión del conductor fase-tierra $U_o > U_r$.

Considerando la ecuación de Peek [8], podemos calcular la tensión crítica disruptiva, mediante la siguiente expresión:

$$U_o = 21,1 * \delta * m_c * m_t * RMG * n * \ln\left(\frac{DMG}{RMG}\right) \text{ kV} \quad (4.50)$$

Donde:

- U_D Tensión eficaz simple (fase-neutro) de la tensión crítica disruptiva (kV).
- $21,1$ Valor eficaz de la rigidez dieléctrica del aire (kV/cm).
- n Número de conductores del haz de cada fase.
- r Radio del conductor (cm).
- δ Densidad relativa del aire.

$$\delta = \frac{3,926 * b}{273 + T} \quad (4.51)$$

$$\log(b) = \log(76) - \frac{y}{18336} \quad (4.52)$$

- b Presión barométrica (cm de Hg).
- y Altura sobre el nivel del mar (m).
- T Temperatura del lugar ($^{\circ}\text{C}$).
- m_c Coeficiente de irregularidad (de rugosidad) de la superficie del conductor, los cuales tienen los siguientes valores:
 - 1 : Hilos de superficie lisa.
 - 0,93 - 0,98 : Hilos oxidados y rugosos.
 - 0,83 - 0,87 : Para cables.
- m_t Coeficiente relativo al tiempo, los cuales tienen los siguientes valores:
 - 1 : Con tiempo seco.

0,93 - 0,98 : Con tiempo lluvioso.

DMG Distancia media geométrica (cm).

RMG Radio ficticio (cm).

$$RMG = \sqrt[3]{r * \Delta^2} \quad (4.53)$$

Para la nueva subestación, tenemos la siguiente disposición de los conductores de barra:

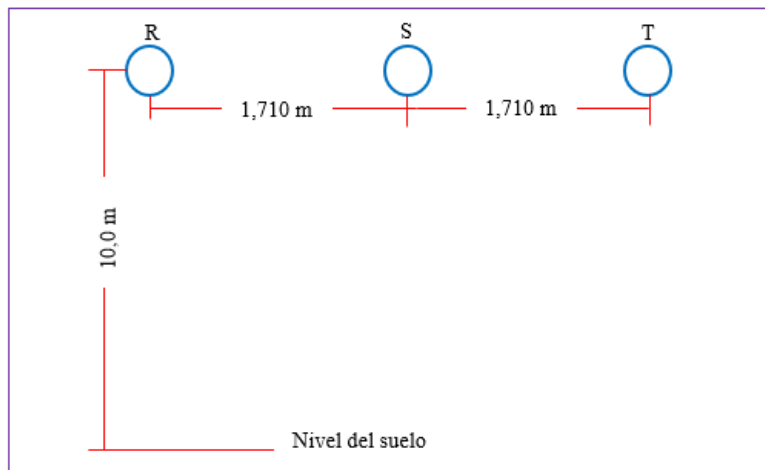


Fig. 4.8 - Disposición física de los conductores de Barra en la nueva subestación.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

Reemplazando los valores, tenemos el siguiente cálculo:

$$b = \text{antilog} \left[\log(76) - \frac{445}{18336} \right] = 71,87 \text{ cm Hg}$$

$$\delta = \frac{3,926 * 71,87}{273 + 12} = 0,99 \text{ kg/m}^3$$

$$DMG = \sqrt[3]{1,71 * 1,71 * 3,42} = 2,15 \text{ m} = 2150 \text{ mm}$$

Para el proyecto, consideramos:

$m_c = 0,85$ para cables.

$m_t = 1$ por ser clima seco.

$r = 11,382 \text{ mm}$.

Reemplazando en la ecuación (4.50):

$$U_o = 21,1 * 0,99 * 0,85 * 1 * 1,1382 * 1 * \ln \left(\frac{2150}{11,382} \right) \text{ kV}$$

$U_o = 105,922 \text{ kV}$; Tensión crítica disruptiva.

Calculamos la tensión de fase:

$$U_r = \frac{60}{\sqrt{3}} = 34,64 \text{ kV}$$

De los valores calculados se puede verificar que el conductor seleccionado de 240 mm² cumple con $U_o > U_r$, por lo que en dichos conductores no se presentara perdidas por efecto corona.

4.9 Diseño del sistema de malla a tierra

4.9.1 Objetivo

Desarrollar los cálculos justificativos para el diseño de la malla de puesta a tierra de la nueva subestación eléctrica de 20/15 MVA materia del presente estudio.

4.9.2 Generalidades

El diseño de la malla de puesta a tierra se realizó de acuerdo a la metodología establecida en la norma IEEE Std. 80-2000 “IEEE Guide for Safety in A.C. Substation Grounding”. Se toma como base el procesamiento de las mediciones de la resistividad del terreno donde se ubicará la nueva subestación de 20/15 MVA y para los cálculos se toma en cuenta las corrientes máximas de cortocircuito calculadas en el apartado referido a los cálculos eléctricos.

4.9.3 Selección del conductor

La mínima sección requerida del conductor [9] como una función de la corriente de falla que pasa por el conductor se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$A_{mm^2} = \frac{I}{\sqrt{\left(\frac{TCAP * 10^{-4}}{t_c * \alpha_r * \rho_r}\right) \ln\left(\frac{K_o + T_m}{K_o + T_a}\right)}} \quad (4.54)$$

Donde:

A_{mm^2} Es la sección del conductor requerido en mm².

$TCAP$ Capacidad Térmica por unidad de volumen en J/(cm³-°C).

α_r Coeficiente térmico de resistividad a la temperatura de referencia a 20°C en 1/°C.

ρ_r Resistividad del conductor de tierra a la temperatura de referencia a 20°C en $\mu\Omega$ -cm.

K_o $1/\alpha_o$ ó $[(1/\alpha_r)-T_r]$.

T_m Máxima temperatura disponible o temperatura de fusión en °C.

- T_a Temperatura ambiente en °C.
 t_c Tiempo de duración de la corriente ($t_c = 0,5$ seg).
 I Corriente de falla monofásica a tierra $3I_o = 2,69$ kA.

Para los cálculos se considera los parámetros del conductor de cobre puro de acuerdo a la Tabla 1 de la norma IEEE Std 80-2000.

Tabla N° 4.16 - Parámetros del Cobre.

(Fuente: IEEE Std 80-2000)

Description	Material conductivity (%)	α_r factor at 20 °C (1/°C)	K_o at 0 °C (0 °C)	Fusing ^a temperature T_m (°C)	ρ_r 20 °C ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)	TCAP thermal capacity [J/(cm ³ ·°C)]
Copper, annealed soft-drawn	100.0	0.003 93	234	1083	1.72	3.42
Copper, commercial hard-drawn	97.0	0.003 81	242	1084	1.78	3.42
Copper-clad steel wire	40.0	0.003 78	245	1084	4.40	3.85
Copper-clad steel wire	30.0	0.003 78	245	1084	5.86	3.85
Copper-clad steel rod ^b	20.0	0.003 78	245	1084	8.62	3.85

Reemplazando los valores, el valor de la mínima sección requerida del conductor es:

$$A_{mm^2} = 12,35 \text{ mm}^2$$

El conductor seleccionado es de cobre puro con 100% de conductividad que tiene una sección de 70 mm² superior a la sección mínima requerida.

4.9.4 Diseño de la malla a tierra

De acuerdo a la disposición del equipamiento de la nueva subestación eléctrica se requiere una configuración geométrica rectangular con las siguientes dimensiones:

- A lo largo (X) = 45 m.
- A lo ancho (Y) = 45 m.
- A: Área ocupada por la malla de puesta a tierra = 2025 m².

Luego, las dimensiones de las cuadrículas se determinan de manera que se cumpla con los valores permisibles de tensión de toque y de paso, por lo que se tiene la siguiente configuración:

- Dimensiones de la cuadrícula = 5*5 m.
- Número de conductores a lo largo = 10 unidades.
- Número de conductor a lo ancho = 10 unidades.
- LT: Longitud total de la malla = 900 m.
- LP: Longitud del perímetro de la malla = 180 m.

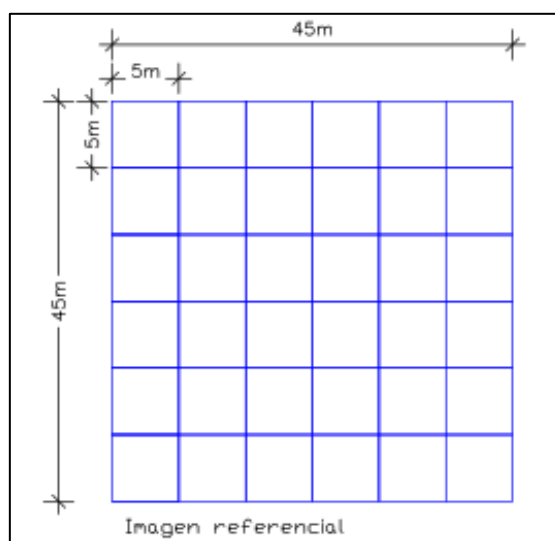


Fig. 4.9 - Geometría de la malla a tierra.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

4.9.5 Malla a tierra profunda

Para el sistema de la red de tierra profunda, se ha considerado implementar una malla cuadrangular, con conductor un conductor de cobre desnudo trenzado de 120 mm² de sección, enterrada a 0,80 m de profundidad y unida entre sí con uniones exotérmicas, que cubrirán toda el área de la subestación.

Asimismo, se instalarán pozos a tierra sin registro con varillas de cobre en la periferia de la malla a tierra, en cada uno de los pararrayos, en el transformador de potencia, y se instalara pozos con registro para realizar mediciones de resistividad en la malla.

Las varillas deberán ser de cobre puro de 2,4 m (8') de longitud x 16 mm (5/8") de diámetro. Se instalarán 11 electrodos o varillas en la ubicación de los 3 pararrayos en 60 kV,

en el neutro del transformador de potencia en 60/22,9 kV, 04 en la periferia de la malla y dos en el edificio de control.

Se presenta el siguiente diseño para la malla a tierra profunda:

- ρ Resistividad del terreno = 150 Ohm-m.
- ρ_s Resistividad de la capa superficial = 3000 Ohm – m.
- h_s Profundidad de la capa superficial = 0,8 m.
- w Peso de una Persona Adulta = 70 kg.
- t_c Duración de falla = 0,5 seg.
- I Corriente de falla monofásica a tierra $3I_o$ en la barra de 22,9 kV = 4,92 kA.

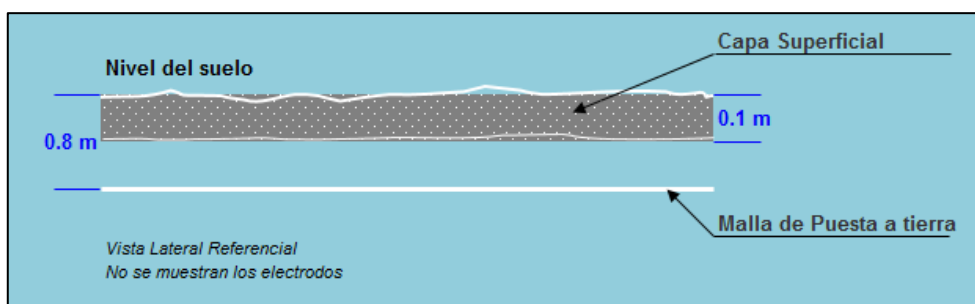


Fig. 4.10 - Esquema de la malla de tierra profunda.

(Fuente: Elaboración propia del autor)

4.9.6 Calculo de la resistencia de la malla a tierra (R_g)

Para la obtención del valor de la resistencia de la malla de puesta a tierra se utilizará la expresión formulada por Sverak [9], el cual es el siguiente:

$$R_g = \rho * \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20 * A}} * \left(1 + \frac{1}{1 + h * \sqrt{20/A}} \right) \right] \quad (4.55)$$

Donde:

- L_T Longitud total enterrada del conductor ($L_T = 900$ metros).
- h Profundidad de enterramiento de la malla ($h = 0,80$ metros).
- A Área ocupada por la malla de puesta a tierra ($A = 2025 \text{ m}^2$).
- ρ Resistividad del terreno en Ω -m.

Reemplazando los valores, la resistencia calculada es:

$$R_g = 1,60 \Omega$$

El valor calculado de R_g cumple con los valores recomendados en la tabla 9 de la IEEE Std 80-2000.

Tabla N° 4.17 - Valores típicos de resistencia de tierra.

(Fuente: IEEE Std 80-2000)

Parameter soil texture	Sub 1 sand and gravel	Sub 2 sandy loam	Sub 3 sand and clay	Sub 4 sand and gravel	Sub 5 soil and clay
Resistivity ($\Omega \cdot m$)	2000	800	200	1300	28.0
Grid area (ft^2)	15 159	60 939	18 849	15 759	61 479
Buried length (ft)	3120	9500	1775	3820	3000
R_g (calculated Ω)	25.7	4.97	2.55	16.15	0.19
R_g (measured Ω)	39.0	4.10	3.65	18.20	0.21

4.9.7 Corriente de la malla a tierra (I_g)

Para la máxima corriente que disipa la malla de puesta a tierra se han considerado los factores de corrección de acuerdo a la norma IEEE Std. 80-2000 y considerando la máxima corriente de falla $3I_0 = 4,92$ kA.

Según el procedimiento recomendado por la norma IEEE Std. 80-2000, el cálculo de la corriente de malla se realiza mediante la siguiente expresión:

$$I_g = I * D_f * S_f \quad (4.56)$$

Donde:

D_f Factor de decremento ($D_f = 1,052$).

S_f Factor de división ($S_f = 0,5$).

Reemplazando valores, la corriente de la malla (I_g) es:

$$I_g = 2,59 \text{ kA}$$

4.9.8 Calculo de las tensiones de toque y paso tolerables

La seguridad de una persona depende de la prevención de cantidades críticas de energía de choque absorbidas por el cuerpo humano, antes de que la falla sea despejada y el sistema desenergizado.

Tensión de paso límite tolerable [9] por un cuerpo de 70 kg de peso corporal, es calculada mediante la siguiente expresión:

$$E_{paso(70)} = (1000 + 6 * C_s * \rho_s) * \frac{0,157}{\sqrt{tc}} \quad (4.57)$$

Tensión de toque límite tolerable [9] por un cuerpo de 70 kg. de peso corporal, es calculado mediante la siguiente expresión:

$$E_{toque(70)} = (1000 + 1,5 * C_s * \rho_s) * \frac{0,157}{\sqrt{t_c}} \quad (4.58)$$

Donde:

- R_b Resistencia promedio del cuerpo humano ($R_b = 1000 \Omega$).
- t_c Tiempo de duración de la corriente de choque ($t_c = 0,5$ segundos).
- ρ_s Resistividad de la capa superficial ($\rho_s = 3000 \Omega\text{-m}$).
- C_s Factor de reducción de la capa superficial.

$$C_s = 1 - \frac{0,09 * (1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2 * h_s + 0,09} \quad (4.59)$$

- h_s Es el grosor de la capa superficial ($h_s = 0,1$ metros).
- K Factor de reflexión entre diferentes resistividades de materiales.

$$K = \frac{\rho - \rho_s}{\rho + \rho_s} \quad (4.60)$$

Reemplazando datos en las ecuaciones (4.57), (4.58), (4.59) y (4.60), se tiene los siguientes valores:

- Factor de reflexión:

$$K = \frac{150 - 3000}{150 + 3000} = -0,9$$

- Factor de Reducción de la Capa Superficial (C_s):

$$C_s = 1 - \frac{0,09 * (1 - \frac{150}{3000})}{2 * 0,1 + 0,09} = 0,71$$

- Tensión de paso tolerable

$$E_{paso(70)} = (1000 + 6 * 0,71 * 3000) * \frac{0,157}{\sqrt{0,5}} = 3059,59 V$$

- Tensión de toque tolerable

$$E_{toque(70)} = (1000 + 1,5 * 0,71 * 3000) * \frac{0,157}{\sqrt{0,5}} = 931,42 V$$

4.9.9 Calculo de la tensión real de paso (E_p)

El valor de tensión real de paso [9] se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_p = \frac{\rho * I_g * K_s * K_i}{L_s} \quad (4.61)$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 * n \quad (4.62)$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} * [\frac{1}{2 * h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} * (1 - 0,5^{n-2})] \quad (4.63)$$

$$L_s = 0,75 * L_c + 0,85 * L_R \quad (4.64)$$

$$n = n_a * n_b * n_c * n_d \quad (4.65)$$

$$n_a = \frac{2 * L_C}{L_p} \quad (4.66)$$

Donde:

- ρ Resistividad del terreno ($\rho = 150 \Omega\text{-m}$).
- I_g Corriente de la malla de puesta a tierra ($I_g = 2,59 \text{ kA}$).
- K_i Factor de irregularidad ($K_i = 3,013$).
- K_S Factor geométrico ($K_S = 0,471$).
- L_S Longitud efectiva enterrada del conductor ($L_S = 697,44 \text{ metros}$).
- L_C Longitud total del conductor en la rejilla horizontal ($L_C = 900 \text{ metros}$).
- L_R Longitud total de las varillas ($L_R = 26,4 \text{ metros}$).
- n Número de conductores paralelos de una malla rectangular equivalente.
($n = 15,871$).
- $n = n_a$ y $n_b = n_c = n_d = 1$, cuando la malla es rectangular.

Reemplazando valores:

$$E_p = 790,5 \text{ V}$$

Con los cálculos realizados se corrobora que la tensión de paso real (E_p) es menor a la tensión de paso tolerable.

$$E_p \text{ es menor que } E_{paso(70kg)} \text{ (} 790,5 \text{ V} < 3059,59 \text{ V)}$$

4.9.10 Calculo de la tensión real de toque (E_m)

El valor de tensión real de toque [9] se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_m = \frac{\rho * I_g * K_m * K_i}{L_M} \quad (4.67)$$

$$K_m = \frac{1}{2 * \pi} * \left[\ln \left(\frac{D^2}{16 * h * d} \right) + \frac{(D + 2 * h)^2}{8 * D * d} - \frac{h}{4 * d} \right] + \frac{K_{ii}}{K_h} \quad (4.68)$$

$$* \ln \left[\frac{8}{\pi * (2 * n - 1)} \right]$$

$$K_{ii} = \frac{1}{(2 * n)^{\frac{2}{n}}} \quad (4.69)$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_o}} \quad (4.70)$$

$$n = n_a * n_b * n_c * n_d \quad (4.71)$$

$$n_a = \frac{2 * L_C}{L_p} \quad (4.72)$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 * n \quad (4.73)$$

$$L_M = L_C + L_R \quad (4.74)$$

Donde:

- ρ Resistividad del terreno ($\rho = 150 \Omega\text{-m}$).
 - I_g Corriente de la malla de puesta a tierra ($I_g = 2,59 \text{ kA}$).
 - K_i Factor de irregularidad ($K_i = 3,013$).
 - K_m Factor geométrico ($K_m = 0,436$).
 - K_{ii} Factor de corrección ($K_{ii} = 1$).
 - h_0 profundidad de enterramiento de la malla de referencia ($h_0 = 1 \text{ m}$).
 - K_h Factor de corrección de enterramiento ($K_h = 1,342$).
 - L_M Longitud efectiva enterrada del conductor ($L_M = 926,4 \text{ m}$).
 - L_C Longitud total del conductor en la rejilla horizontal ($L_C = 900 \text{ m}$).
 - L_R Longitud total de las varillas ($L_R = 26,4 \text{ m}$).
 - L_p Longitud del perímetro de la malla ($L_p = 180 \text{ m}$).
 - n Número de conductores paralelos de una malla rectangular equivalente ($n = 15,871$).
- $n = n_a$ y $n_b = n_c = n_d = 1$, cuando la malla es rectangular.

Reemplazando valores:

$$E_m = 550,9 \text{ V}$$

Con los cálculos realizados se corrobora que la tensión de toque real (E_m) es menor a la tensión de toque tolerable.

$$E_m \text{ es menor que } E_{\text{toque}(70\text{kg})} \text{ (} 550,9 \text{ V} < 931,42 \text{ V)}.$$

Podemos concluir que estamos por debajo de los límites de tensiones de paso y de toque tolerables por el cuerpo humano durante la ocurrencia de una falla a tierra en la subestación.

CAPITULO V

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MONTAJE

5.1 Objetivo

En este capítulo se describen los requisitos mínimos para la realización de las actividades necesarias para el montaje, pruebas y puesta en servicio de la nueva subestación eléctrica de 20/15 MVA en 60/22,9 kV.

5.2 Alcances

Es responsabilidad de la empresa Contratista la ejecución de todas las actividades que sean necesarias para cumplir con el objeto de la presente especificación técnica: Montaje electromecánico de estructuras metálica (pórticos y soporte de equipos), equipos de alta tensión, sistemas secundarios (control, protección, servicios auxiliares y telecomunicaciones), así como acompañamiento durante las pruebas y puesta en servicio de la nueva subestación de 20/15 MVA, esto siguiendo procedimientos y buenas prácticas que garanticen la correcta ejecución de los trabajos de acuerdo con los planos y con las especificaciones técnicas, a satisfacción de la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones.

La empresa Contratista considerará el listado de cantidades de obra, los planos de ingeniería, matriz de responsabilidades, experiencia en obras similares y lo indicado en el presente documento para elaborar su propuesta económica. Los costos considerados contemplarán todas las actividades correspondientes con seguridad industrial, salud ocupacional y medio ambiente, de acuerdo con el “Plan de manejo ambiental”, “Reglamento interno de seguridad” de la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones, y las leyes peruanas aplicables.

No se reconocerá pago adicional por actividades y/o materiales para los que, estando dentro del alcance de la empresa Contratista, éste aduzca no haber contemplado en sus

costos. Toda la documentación relacionada con el proyecto utilizará el “Sistema Internacional de Unidades (SI)”.

5.3 Actividades a desarrollar

Dentro de las labores para el montaje se deben desarrollar las siguientes actividades:

- Recibo de equipos y materiales, provistos o desmontados y trasladados.
- Elaborar las actas de arribo de suministro, las cuales servirán de sustentación para el pago de estos.
- Elaborar actas e informes de avance de obra.
- Almacenar los equipos, materiales en sitios seguros y de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Montar y realizar pruebas a los equipos de acuerdo con los manuales de montaje del fabricante y las instrucciones de la interventoría.
- Ejecutar las pruebas de campo, de puesta en servicio y de integración de los equipos al sistema eléctrico de la empresa concesionaria.
- Entregar repuestos debidamente empaquetados e inventariados.

5.4 Normativa aplicable

5.4.1 Normas de referencia

En caso de que se presente ambigüedad en la terminología técnica relacionada con el proyecto, prevalecerá la definición que se estipule en el actual Código Nacional de Electricidad del Perú (Suministro y Utilización).

Las especificaciones o normas bajo las cuales se ejecutarán los trabajos se presentan en este documento, en los planos y documentos aprobados para construcción y en el actual Código Nacional de Electricidad del Perú (Suministro y Utilización). En los casos en que la empresa Contratista detecte la necesidad de ejecutar una actividad sin especificación, la solicitará al Supervisor para su aprobación y ejecución.

En cuanto a higiene y seguridad industrial, se aplicará como normativo el Reglamento interno de seguridad y salud en el trabajo y las Especificaciones técnicas de HSQE de la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones.

Todas las actividades relacionadas con la gestión ambiental cumplirán con los requisitos establecidos en el “Plan de manejo ambiental” y en el documento “Manejo de residuos del proyecto”.

Adicional a lo anterior, se tendrá en cuenta para el montaje, pruebas y puesta en servicio, la última versión de las siguientes normas, según aplique:

- IEC 60076: “Power transformers”.
- IEC 62271-200: “High-voltage switchgear and controlgear Part. 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltage above 1 kV and up to and including 52 kV”.
- IEC 60353: “Line traps for a.c. power systems”.
- IEC 61869: “Instrument transformer”.
- IEC 60099: “Surge arresters”.
- IEC 61936: “Power installations exceeding 1 kV”.
- ANSI/NETA ATS: “Standard for Acceptance Testing Specifications for Electrical Power Equipment and Systems”.
- IEC 62271-1: “High-voltage switchgear and controlgear Part. 1: Common specifications”.

5.4.2 Aplicación y control del plan de manejo ambiental

La empresa Contratista desarrollará las obras objeto del contrato, previniendo, controlando y limitando al máximo los efectos adversos que se presenten sobre el medio ambiente.

Durante la ejecución de los trabajos, la empresa Contratista ordenará todas las operaciones y suministrará todos los recursos que sean necesarios para el control y protección al medio ambiente.

La empresa Contratista exigirá a sus empleados, subcontractistas, proveedores y asociados, el cumplimiento de todas las normas establecidas en los documentos del contrato y en el Plan de Manejo Ambiental.

La empresa Contratista designará la responsabilidad del cumplimiento de las normas y disposiciones ambientales del contrato al ingeniero residente; sin embargo, el seguimiento y control a la ejecución de las obras definidas en el “Plan de Manejo Ambiental” estará a cargo de un ingeniero en el área ambiental quien coordinará dichas labores y mantendrá informado al ingeniero residente de la labor desarrollada y de las necesidades que surjan para la correcta ejecución de las obras.

5.4.3 Precauciones, prevención de accidentes y medidas de seguridad

La empresa Contratista tomará, en todo momento, las precauciones necesarias para la seguridad del personal empleado en la ejecución de los trabajos, considerando todas las normas que a este respecto se consignan en el "Reglamento de Salud Ocupacional para Contratos de Obra Pública" de la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones y la normativa peruana vigente.

La empresa Contratista impartirá la inducción correspondiente a higiene y medidas de seguridad a cada uno de los trabajadores o personas que tengan que transitar por áreas del proyecto en construcción. El Supervisor podrá ordenar en cualquier momento la suspensión de los trabajos, si por parte de la empresa Contratista existe incumplimiento de los requisitos generales de seguridad o de las instrucciones del Supervisor a este respecto, sin que la empresa Contratista tenga derecho a reclamo o ampliación en los plazos de ejecución de los trabajos.

La empresa Contratista es responsable por todos los accidentes que pueda sufrir su personal, el personal de la Supervisión o el de la empresa concesionaria, visitantes autorizados o terceros, como resultado de negligencia o descuido en la toma de precauciones y medidas de seguridad necesarias. Por consiguiente, todas las indemnizaciones correspondientes serán por cuenta de la empresa Contratista.

Todos los costos imputables a medidas de seguridad se incluirán dentro de los costos del contrato, y los daños que se causen a las instalaciones serán reparados a su costo por la empresa Contratista.

La empresa Contratista implementará todos los elementos y recursos que sean necesarios para prevenir situaciones de peligro en los sitios en que se efectúen los trabajos y donde el Supervisor lo considere necesario.

5.5 Oficinas, talleres y otras instalaciones provisionales

La empresa Contratista conservará a su costo las instalaciones provisionales tales como campamentos, cercas, oficinas, bodegas, almacenes, talleres, instalaciones sanitarias, botaderos de basura, pozos sépticos y otros requeridos para la adecuada ejecución de los trabajos de acuerdo con estas especificaciones, así como las obras necesarias para la protección del medio ambiente, de propiedades y bienes de la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones o de terceros, que puedan ser afectados por razón de los trabajos durante la ejecución de los mismos o la permanencia de la empresa Contratista en la obra.

La empresa Contratista también proporcionará las facilidades para las instalaciones requeridas por los subcontratistas que emplee. Los costos de las instalaciones, se incluirán dentro de los costos unitarios del contrato, puesto que no habrá ningún pago por ese concepto.

5.5.1 Instalaciones provisionales

Los diseños de las instalaciones provisionales y servicios se someterán a la aprobación del Supervisor. La empresa Contratista podrá utilizar para su instalación cualquier terreno dado por la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones a disposición del proyecto, en las vecindades de la obra, que sea de propiedad de empresa concesionaria, exceptuando las áreas que se hayan reservado para objetivos específicos de empresa concesionaria, y siempre que dicha utilización no interfiera con la obra.

Si la empresa Contratista utiliza terrenos de propiedad privada para campamentos u otras construcciones, serán de cuenta de éste, todas las negociaciones necesarias y todos los otros costos que ello implique. Las negociaciones que efectúe la empresa Contratista en este sentido serán de su total responsabilidad y serán oportunamente informadas a la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones.

Con suficiente anticipación a la fecha en la cual la empresa Contratista programe iniciar los trabajos de las instalaciones provisionales y servicios, presentará planos y especificaciones suficientes para que sea posible determinar la funcionalidad y calidad de las construcciones. Dentro del período previsto estipulado para la verificación e instalación, la empresa Contratista construirá sus propias instalaciones para oficinas, almacén y demás necesidades para construcción de las obras. La empresa Contratista no podrá iniciar la construcción de sus instalaciones mientras no exista aprobación expresa del Supervisor.

5.5.2 Otras instalaciones

La empresa Contratista suministrará y mantendrá a su costo durante todo el desarrollo del proyecto, un taller con el equipamiento necesario para solucionar cualquier problema menor de montaje que se presentase durante la ejecución de los trabajos. El equipamiento mínimo requerido se lista a continuación:

- Un (01) taladro de banco.
- Taladros portátiles.
- Dobladora de tuberías metálicas conduit.

- Juegos completos de llaves.
- Cortadora de disco.
- Pulidora.
- Equipo de soldadura.
- Equipo para trabajos de pintura.
- Almacén.
- Otros.

5.5.3 Campamentos

La empresa Contratista administrará, por medio de una dirección competente, los campamentos y servicios que sean necesarios para su personal y es responsable de la sanidad y del orden en todas sus instalaciones y en la obra. No se admitirá en los campamentos ni en las obras, personas ajenas al desarrollo de los trabajos. Las normas de control se someterán a la aprobación del Supervisor, de acuerdo con lo prescrito en el Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo y las Especificaciones Técnicas de HSQE de la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones.

5.6 Servicios en general

Es responsabilidad de la empresa Contratista el proveer de los siguientes servicios durante la ejecución de los trabajos objeto del presente contrato.

5.6.1 Protección contra incendios

La empresa Contratista proveerá un número suficiente de extintores localizados estratégicamente sobre toda el área y especialmente en los sitios de mayor riesgo. El número, tipo y localización de los mismos se someterá a la aprobación del Supervisor.

5.6.2 Energía eléctrica, telecomunicaciones, agua y alcantarillado

Para la ejecución de los todos los trabajos objeto de estas especificaciones, será responsabilidad de la empresa Contratista, construir a su costo, las redes primarias y secundarias de energía, instalar el tablero de distribución, instalar los equipos de transformación, protección y medida, que las respectivas empresas administradoras de servicios públicos exijan; tramitar ante ellas la conexión de los servicios, solicitar ampliación de acometidas en caso de requerirse y en general todo trámite y costo que exija la conexión

de sus instalaciones provisionales a las redes de servicio público. En caso de no encontrar una red de distribución de energía existente, la empresa Contratista se proveerá de un grupo electrógeno con las características necesarias para suministrar la energía eléctrica requerida para la ejecución de todas y cada una de sus labores. En este caso corre por cuenta de la empresa Contratista, el suministro del combustible y la correcta operación y mantenimiento del grupo electrógeno.

La empresa Contratista se proveerá de las telecomunicaciones que necesite para la ejecución de las obras y serán por su cuenta todos los permisos, aparatos, redes, etc. Incluirá un teléfono fijo (extensión, si existe línea fija) y/o teléfono móvil para uso de la Supervisión. Este aspecto aplica a todas las actividades de montaje, pruebas y puesta en servicio dentro del alcance de la empresa Contratista.

La empresa Contratista asumirá por su cuenta el suministro de agua para la ejecución de los trabajos, para sus instalaciones provisionales y demás necesidades de la obra, así como un sistema de almacenamiento de la misma.

En caso de no encontrar una red de distribución de agua existente, la empresa Contratista proveerá de agua a las instalaciones provisionales mediante carros cisterna y mantendrá un almacenamiento en tanques prefabricados. La empresa Contratista está obligado a proveer agua potable a su personal y al personal de la Supervisión en las instalaciones provisionales y en los sitios de trabajo, de acuerdo con los requisitos que se estipulan en el Plan de Manejo Ambiental. La empresa Contratista diseñará y construirá a su costo, un sistema de disposición de residuos líquidos y sólidos que cumpla los requerimientos de la autoridad ambiental competente. Los planos del sistema y los permisos requeridos, serán sometidos a la aprobación de la autoridad ambiental. La empresa Contratista mantendrá durante el período de ejecución de los trabajos, una batería de servicios sanitarios que corresponde a uno por cada quince (15) trabajadores; y también dotará de servicios higiénicos a la Supervisión: uno (1) para hombres y (1) para mujeres.

5.6.3 Depósito de combustibles

El almacenamiento de gasolina y de otros combustibles necesarios para la ejecución de los trabajos se someterá a las normas comunes de seguridad para estos elementos. En ningún caso se permitirán tanques superficiales de capacidad mayor a 550 galones, a menos que éstos estén provistos de dispositivos especiales de protección contra incendios o

explosión y que la alimentación de los vehículos que los utilizan no se haga en el área del tanque mismo.

Los depósitos de combustibles se situarán por fuera del área de los campamentos a no menos de 100 metros de cualquier instalación.

El diseño y la localización de los depósitos para combustibles se someterán al estudio y aprobación por parte del Supervisor antes de iniciar la construcción. Cada depósito contará con bandejas para derrame de combustibles y extintores.

5.6.4 Orden, limpieza y vigilancia durante la obra

La empresa Contratista velará por mantener, durante toda la obra, orden y limpieza en toda la zona de los trabajos incluyendo las ocupadas por las instalaciones provisionales. Con este objeto, la empresa Contratista dispondrá del personal requerido para ello. El período comprendido para la custodia de la zona de trabajo comprende desde la entrega del terreno hasta el inicio del periodo de operación experimental del proyecto.

La empresa Contratista mantendrá por su cuenta, guardias permanentes para la vigilancia de las instalaciones y equipos en toda el área de trabajo bajo su responsabilidad hasta la culminación de los trabajos objeto del contrato. Durante este período, la pérdida o daños de equipos será responsabilidad de la empresa Contratista.

5.7 Control de calidad

La empresa concesionaria dueña de las instalaciones podrá hacer uso de toda la documentación técnica que se genere, sin ninguna restricción y cuando lo considere conveniente.

5.7.1 Planos y documentos del proyecto

Los planos, documentos y las especificaciones técnicas entregadas para la elaboración de la oferta se complementan; en caso de discrepancias entre éstos, prevalecerá el de mayor exigencia.

La empresa Contratista ejecutará todos los trabajos, objeto del contrato, con los planos “Válidos para construcción” aprobados por la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones y con lo estipulado en las presentes especificaciones técnicas.

Es responsabilidad de la empresa Contratista, mantener los planos actualizados en obra, con base en las modificaciones y/o replanteos ejecutados en obra. Estas modificaciones

serán plasmadas sobre el plano “Válido para Construcción” en colores “rojo-verde” de acuerdo con las instrucciones de la Supervisión. Al finalizar la obra, la empresa Contratista entregará dentro de un plazo no mayor a cinco (5) días calendario, los planos actualizados en “rojo-verde” al Supervisor con el objeto de elaborar los planos “Como Construido” del proyecto. La presentación de los planos “rojo-verde”, es uno de los requisitos para la expedición del Acta de Recepción de los trabajos y la liquidación económica del contrato.

5.7.2 Informes de avance de obra

La empresa Contratista presentará dentro de los cinco (5) primeros días calendario de cada mes, el informe mensual de las actividades objeto del contrato, que contemplará, como mínimo, los siguientes aspectos:

- Aspectos de control de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, incluyendo índices de accidentabilidad.
- Programación de actividades del mes.
- Cronograma actualizado y curva “S”.
- Costos de inversión mensuales y acumulados.
- Actividades realizadas, personal y maquinaria en la obra.
- Porcentajes de avance programado y ejecutado, mensuales y acumulados para cada actividad.
- Dificultades identificadas en el desarrollo de las actividades con las soluciones implementadas o planteamiento de solución.
- Panel fotográfico de las actividades realizadas durante el mes.

De la misma manera, la empresa Contratista presentará informes semanales u otro indicado por la Supervisión o la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones, con la frecuencia que le sea solicitado.

5.7.3 Procedimientos para ejecución de los trabajos

Para asegurar la calidad de los trabajos y la seguridad del personal e instalaciones, la empresa contratista formulará procedimientos de trabajo para todas las actividades a realizar objeto del contrato. Los procedimientos de trabajo serán sometidos a aprobación del Supervisor antes de su implementación. Cada procedimiento contendrá, como mínimo, los siguientes aspectos:

- Normas y/o documentos de referencia.
- Protocolo de control de calidad.
- Control de calidad.
- Tipo de labor a realizar.
- Análisis de riesgos de la actividad y controles a aplicar.
- Descripción detallada de las labores a realizar.
- Descripción de los recursos y la organización a implementar.
- Responsabilidades y funciones del personal involucrado.

La aplicación y seguimiento de los procedimientos serán controlados por el grupo de control de calidad de la empresa Contratista y el Supervisor.

La empresa concesionaria y dueña de las instalaciones tiene la potestad de paralizar actividades que no cuenten con el procedimiento aprobado por el Supervisor, sin que esto represente una causal de ampliación de plazo o cobro de adicionales por parte de la empresa Contratista.

La aprobación de los procedimientos de trabajo no exime a la empresa Contratista de la responsabilidad por la correcta ejecución de los trabajos y la salvaguarda del personal a su cargo.

5.7.4 Dossier de calidad

Dentro de los quince (15) días siguientes a la fecha de finalización de los trabajos, la empresa Contratista presentará tres (3) copias en medios magnéticos conteniendo la siguiente información, como mínimo:

- Certificados de calidad de productos incluidos en el proyecto por la empresa Contratista.
- Certificados de calibración de equipos utilizados, en el que figurará como mínimo: el equipo patrón, trazabilidad y acreditación de la empresa que lo expide.
- Acta de entrega del terreno firmada entre las partes involucradas (la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones, la Supervisión y la empresa Contratista).
- Protocolos de pruebas y control de calidad.
- Procedimientos de trabajo aprobados por la supervisión.
- Planos “rojo-verde”.

- Informe de cierre de proyecto.
- Otros indicados por la Supervisión y la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones.

Adicionalmente a la información solicitada anteriormente, la empresa Contratista presentará tres (3) copias impresas de los protocolos de pruebas completos.

La información será presentada de acuerdo con los lineamientos que la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones dará a la empresa Contratista oportunamente o por intermedio de la Supervisión.

La presentación del Dossier de calidad, es uno de los requisitos para la expedición del Acta de recepción de los trabajos y la liquidación económica del contrato.

5.7.5 Desviaciones de las especificaciones

Si la empresa Contratista necesita desviarse de alguna o varias de las especificaciones o normas mencionadas, se someterá a la aprobación del Supervisor, realizando la solicitud por escrito, en donde se indique la naturaleza de los cambios y las nuevas especificaciones o normas que desea utilizar. Si el Supervisor no considera pertinente aprobar tal solicitud, la empresa Contratista se ajustará a los requisitos estipulados en estas especificaciones.

5.8 Requerimientos generales

5.8.1 Personal de la empresa contratista

La empresa Contratista se obliga a mantener durante toda la ejecución de los trabajos objeto del Contrato y hasta la entrega final de los mismos, el personal directivo y técnico necesario para el desarrollo y ejecución de los trabajos. La empresa Contratista deberá disponer de una organización dotada con personal profesional para el manejo de prevención de riesgos e implementos de seguridad que garanticen la debida ejecución de las obras. El personal estará compuesto por profesionales y técnicos con amplia experiencia en la ejecución de obras similares a las especificadas en el Contrato, capacitado y autorizado para tomar las decisiones necesarias para la correcta ejecución de los trabajos y para el correcto control del manejo ambiental, de seguridad industrial y de salud ocupacional del proyecto.

La empresa Contratista deberá mantener los frentes de trabajo mínimos necesarios para cubrir el esquema de trabajo propuesto en la secuencia de montaje presentada en su propuesta técnica para alcanzar el objetivo del proyecto. En la eventualidad de la extensión

en el alcance del trabajo o de requerir adaptar el esquema y secuencia general indicados para lograr la puesta en servicio en la fecha requerida por la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones, la empresa Contratista deberá contar con la capacidad suficiente para suplir los frentes de trabajo adicionales sin que se vea afectado el desempeño de las actividades en ejecución.

La ejecución de los trabajos requeridos para la subestación del presente proyecto se debe realizar dentro de los plazos de ejecución establecidos para el Contrato. Por tal motivo la programación de los diferentes frentes de trabajo que deberá establecer la empresa Contratista en su plan de trabajo, tendrá en cuenta la disponibilidad en obra de los recursos de personal, materiales, insumos, equipos, dispositivos y herramientas, con el fin de reducir al máximo los tiempos de ejecución.

La empresa Contratista deberá presentar para aprobación de la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones un organigrama donde exponga el personal que considera necesario para la ejecución del proyecto, complementado con sus hojas de vida que certifiquen su capacidad y experiencia técnica aplicable para la ejecución de los trabajos; este organigrama será revisado y ajustado según consideración de la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones y del Control de obra. Adjunto con el organigrama, la empresa Contratista deberá presentar el listado de la maquinaria que considera necesaria para la ejecución de todas sus actividades.

La empresa Contratista deberá suministrar y mantener al frente de la obra el equipo necesario y suficiente, adecuado en capacidad, características y tecnología, para cumplir con los programas, plazos y especificaciones técnicas y ambientales de la obra, en el caso de presentarse daños en los equipos y que requieran el desplazamiento para su reparación o en caso de ser necesario, la empresa Contratista deberá garantizar la consecución y remplazo oportuno de dichos equipos de tal manera que no se vea afectada la programación y ejecución de las actividades.

El personal de la empresa Contratista será de su libre nombramiento y remoción, pero el Control de obra tendrá derecho a exigir el cambio de aquellos empleados que por causa justa considere no aptos para el desarrollo de los trabajos.

En caso de cambios de personal, la empresa Contratista se compromete a mantener en la obra personal con las calificaciones iguales o superiores al personal inicialmente propuesto y aprobado por la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones.

5.8.2 Personal de fabricantes en sitio

Cuando las labores de montaje sean alcance de una empresa contratista diferente al suministrador de equipos y/o sistemas, la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones dispondrá en obra, para interruptores, seccionadores, transformadores, pararrayos y sistemas secundarios (control, protección, telecomunicaciones y servicios auxiliares), supervisores especialistas del fabricante de los equipos. Cuando exista un contrato donde se tenga como alcance el suministro de equipos y el montaje de los mismos, será la empresa Contratista quien deberá disponer en obra para los equipos que suministre los respectivos supervisores especialistas.

La función del personal del fabricante en campo, será supervisar las labores de montaje y pruebas de los equipos correspondientes, corroborando que sean efectuadas satisfactoriamente. Esta supervisión puede ser parcial, y no limitaría a la empresa Contratista realizar el desarrollo de sus trabajos, es decir, estos pueden ser realizados sin la presencia del supervisor especialista del fabricante, a menos que la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones decida que deben adelantarse los trabajos en su presencia. La participación de los supervisores de fabricantes en campo, no exime a la empresa Contratista del cumplimiento de ninguna de las responsabilidades indicadas en estas especificaciones.

Es responsabilidad de la empresa Contratista, reportar al Supervisor, la ejecución próxima de actividades que tendrá la supervisión de fabricantes, para que la asistencia de estos en sitio pueda ser programada por la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones con antelación. La empresa Contratista deberá incorporar a sus informes las labores que realicen los supervisores de fabricantes en campo, así como la documentación producida por ellos.

5.8.3 Equipos y herramientas

La empresa Contratista suministrará e instalará todos los soportes, elementos de fijación, andamios, grúas, tractores, equipos de topografía, vehículos de transporte, poleas, equipos de aire comprimido, equipo de soldadura, disolventes, lubricantes, herramientas, grúas, equipos para conexión, así como todos los demás elementos y materiales fungibles requeridos para el correcto montaje de los equipos de alta tensión y sistemas secundarios, de acuerdo con lo indicado en los planos, documentos, especificaciones técnicas y manuales de operación y mantenimiento objeto del proyecto.

5.8.4 Materiales y accesorios

Todos los materiales y accesorios requeridos para realizar las actividades deberán ser considerados y suministrados por la empresa Contratista, los materiales y accesorios serán nuevos, libres de imperfecciones y/o defectos y con certificados de clasificación y grado, cumpliendo lo indicado al respecto en el actual Código Nacional de Electricidad del Perú (suministro y utilización). Los materiales y accesorios que no hayan sido especificados en particular, serán sometidos previamente a aprobación y satisfarán las exigencias de las normas aplicables indicadas en estas especificaciones.

La información técnica de los materiales, accesorios y equipos incluidos en las obras, deberán ser aprobados por del Supervisor del cliente. Si en campo se encuentra un equipo, material, accesorio utilizado o instalado sin tal aprobación, podrá ser rechazado bajo responsabilidad de la empresa Contratista.

La empresa Contratista estudiará y planeará el pedido y entrega de los suministros para que los materiales y elementos se encuentren disponibles en el sitio de obras en el momento necesario para cumplir el programa de obra. Cualquier retraso en el suministro de los materiales de responsabilidad de la empresa Contratista que afecte el cronograma del proyecto no será causal de ampliación de plazo o cobro de adicionales de ningún tipo.

Es responsabilidad de la empresa Contratista el suministro de los materiales que, aun no estando dentro de su alcance, sean requeridos por la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

5.8.5 Tuberías conduit y flexible

La empresa Contratista suministrará e instalará toda la tubería conduit, PVC y flexible, uniones fijas y universales, cajas, boquillas, tuercas, contratueras, curvas, prensaestopas, abrazaderas, grapas, etc., de acuerdo con el Código Nacional de Electricidad del Perú o normas de la referencia requeridas para la ejecución de los trabajos.

Se realizarán las perforaciones en muros, estructuras, bases, pisos, tableros y otros para pasar, empotrar, fijar o anclar las tuberías y su posterior resane o relleno si es aplicable. Estas labores serán autorizadas y aprobadas por el Supervisor.

Si es necesario hacer dobladuras, éstas se harán en frío y se rechazarán las que queden aplanadas. Se procurará en términos generales instalar las tuberías conduit con el mínimo de cruces y curvas, para tuberías con diámetro mayor de 12 mm se usarán curvas prefabricadas o conduletas.

Las huellas dejadas en tubos por las llaves de tubo, por las prensas y otras herramientas serán reparadas con tratamiento apropiado para cada tipo de tubería. Igual tratamiento se dará a los cortes, dobladuras y extremos roscados cuando la pintura o galvanizado se ha deteriorado o perdido.

Las tuberías conduit metálicas serán puestas a tierra por medio de abrazaderas o boquillas cuando no tengan continuidad a tierra en cajas, gabinetes o tableros.

Los tubos conduit PVC serán fijados cada metro y los metálicos cada dos metros. Serán fijados a cajas y tableros con boquilla y contratuerca, a muros y estructuras con abrazaderas y grapas. Los soportes para grapas y abrazaderas, cajas y otros accesorios serán fijados con pernos de expansión. Se permitirán chazos plásticos sólo para soporte de tuberías de 12 mm de diámetro. La tubería PVC enterrada se anclará y protegerá con concreto, con una capa no inferior a cinco centímetros.

Cuando queden extremos de conduit expuestos, serán sellados con un material apropiado a prueba de roedores e ignífugos. Se evitarán tramos sin drenaje natural y si por alguna razón se presentan, se hará una pequeña perforación en la parte más baja del tubo para permitir el drenaje de la condensación.

5.8.6 Accesorios para montaje

La empresa Contratista suministrará todos los elementos necesarios para la fijación, marcación, identificación y conexión adecuada de los cables multiconductores, así como los accesorios de éstos, tales como bandas y accesorios de nylon, prensaestopas, placas de PVC, marquillas termocontraíbles, terminales, tuberías flexibles, tuberías de PVC, uniones universales, boquillas, tuberías metálicas, soportes para tuberías, conectores para puesta a tierra y demás materiales que se requieran para asegurar la correcta ejecución de los trabajos.

La empresa Contratista suministrará todos los elementos necesarios para la fijación, marcación, e identificación adecuada de los cables de fibra óptica, tales como prensaestopas, placas de PVC, tuberías flexibles, tuberías de PVC, uniones universales, boquillas, tuberías metálicas, soportes para tuberías, conectores para puesta a tierra y demás materiales que se requieran para asegurar el correcto montaje de los equipos.

Las bandas y accesorios de nylon para amarre y fijación de conductores y cables, serán fuertes, livianos, flexibles, de fácil manejo, que permitan su instalación manual y que sólo requieran herramientas para su ajuste final.

Los prensaestopas serán metálicos para el exterior y pueden ser plásticos para el interior, tendrán contratuerca y anillo de caucho o material similar que permita un buen ajuste entre éste y el cable. Los cables multiconductores y cables de fibra óptica, serán identificados con placas tipo “flecha” de PVC, con letras indelebles y fijados a los multiconductores, con cintillos de nylon. Los terminales para los conductores, serán de cobre o bimetálicos del tipo compresión, de fácil instalación, ajuste perfecto con el conductor, alta resistencia a las variaciones de temperatura, a la corrosión, a las vibraciones y a los esfuerzos mecánicos.

5.8.7 Sistema de puesta a tierra

El montaje del sistema de puesta a tierra mediante una malla en la nueva subestación tiene como objetivos:

- Garantizar la seguridad al personal durante fallas eléctricas o descargas. Control de potenciales de toque y de paso durante la operación del personal dentro de la subestación eléctrica.
- En estado estacionario, las puestas a tierra disminuyen los potenciales peligrosos que se encuentran influenciados por inducciones de objetos energizados o por estática.
- Cuando se presentan las sobretensiones, proporcionar un camino seguro para la corriente eléctrica de esta, manteniendo la equipotencialidad de toda la instalación.

Para el tendido del conductor desnudo se trazará una cuadrícula efectuando una excavación a una profundidad definido en los planos del proyecto, se debe verificar que el ancho de la excavación permita colocar el cable y ejecutar los empalmes con soldaduras exotérmicas. Finalmente, se iniciará el tendido del conductor, instalación de los conectores y de electrodos de cobre.

La construcción de la malla se realizará en paralelo con la excavación y construcción de la cimentación para los equipos primarios de manera que los conductores a instalar que lo atraviesan pasen por debajo de ellas, los rodeen o se instalen mediante tubos de PVC. Se deberá tener mucho cuidado al momento de colocar los conductores de conexionado a las estructuras y equipos de manera que no queden atravesados por medio de las zapatas de concreto.

Las uniones entre los conductores y entre estos y las varillas serán ejecutadas con soldadura del tipo exotérmica, con un cordón mínimo de soldadura de 10 cm para garantizar la firmeza en su contacto.

La malla del sistema de puesta a tierra deberá ir instalada a una profundidad mínima de 0,80 m, indicada en los planos del proyecto, en los casos que los cálculos recomienden otro valor, se realizará la instalación de los conductores, pero antes deberá tener la aprobación del supervisor de obra. Los empalmes a realizar en la malla del tipo cruz o en “T”, así como las salidas de la malla al exterior y en general todas las conexiones internas o externas de la malla, deberán ser realizados mediante un tipo de soldadura exotérmica o similar. Durante la instalación se deberá verificar que los puntos de conexión del conductor de cobre no deberán presentar puntos calientes superiores al mismo conductor instalado durante el paso de la corriente eléctrica.

Para el suministro de las estructuras de los pozos y sus respectivas tapas se deberán seguir lo indicado en los planos del proyecto.

Será responsabilidad de la empresa Contratista la puesta a tierra de todos los equipos, estructuras, pantallas de cable, tuberías metálicas, gabinetes y en general cualquier elemento metálico instalado como objeto de su alcance, de acuerdo con lo indicado al respecto en estas especificaciones y en los diseños correspondientes. De igual manera, es responsabilidad de la empresa Contratista el suministro de todos los elementos requeridos para este fin.

Los conductores para la conexión a tierra de los equipos, y en especial de los pararrayos, serán instalados con el mínimo número de curvas y por el camino más corto hacia la malla de puesta a tierra.

Al realizar la conexión de tierra se removerá la pintura o esmalte (no es aplicable para galvanizado) de la superficie donde se instale el terminal de puesta a tierra. Después de instalado se retocarán los espacios adyacentes y se sellarán las uniones para que no penetre humedad en el punto de conexión.

El bajante de conexión de los equipos a la malla de puesta a tierra, debe ser lo más corto posible, evitando el uso de empalmes.

Todos los elementos necesarios para la puesta a tierra de equipos y otros indicados al inicio de este ítem deberán ser suministrados por la empresa Contratista, sujetos a la aprobación del supervisor de obra. Para la aprobación de los suministros, la empresa Contratista deberá presentar al Control de obra todos los documentos técnicos aplicables que permitan garantizar la calidad de los productos.

5.9 Montaje de equipos de alta tensión

5.9.1 Recepción de equipos en obra

La empresa Contratista será responsable de implementar un equipo para recepción de todos y cada uno de los equipos, accesorios y sistemas asociados dentro de su alcance. El equipo de recepción abrirá los embalajes de equipos en presencia de la Supervisión a fin de constatar el estado de recepción. Todas las observaciones encontradas durante el proceso de recepción de equipos serán registradas en el acta correspondiente. Toda observación a los equipos no registrada en el acta de recepción será responsabilidad de la empresa Contratista quien asumirá todos los gastos de reparación o sustitución del material observado.

5.9.2 Almacenamiento de equipos en obra

La empresa Contratista, en el terreno de la nueva subestación de 20/15 MVA (ONAF/ONAN), preparará un sitio adecuado y aprobado por el Supervisor, para el correcto almacenamiento de los equipos, el cual contará con la vigilancia adecuada, con el fin de preservar los equipos almacenados en él.

En caso de requerirse, se construirá una bodega provisional, durante la ejecución del proyecto, del tamaño adecuado para garantizar el correcto almacenamiento de los materiales y equipos delicados. Los daños y defectos ocasionados durante el periodo de almacenamiento de los equipos serán reparados o reemplazados por la empresa Contratista, cuando a juicio del Supervisor se atribuya daños al equipo por condiciones de mal almacenamiento. Si la empresa Contratista no hiciera prontamente las reparaciones o cambios, la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones procederá a ejecutar tales acciones y a cargar los costos en la cuenta de la empresa Contratista.

Se deberá tener especial cuidado para el almacenamiento del equipamiento de alta tensión y celdas de media tensión, el cual deberá tener las mínimas condiciones posibles de humedad y temperatura ambiente, según requerimientos de El fabricante.

5.9.3 Movilización de equipos en obra

Previo al inicio de los trabajos, la empresa Contratista presentará un programa detallado de movilización e instalación de los equipos, los cuales serán sometidos a aprobación del Supervisor.

Será responsabilidad de la empresa Contratista la movilización de los equipos dentro de los patios, desde el sitio de almacenamiento dispuesto en la obra, hasta el sitio específico de montaje.

Los equipos, materiales y herramientas requeridas para la labor indicada anteriormente, serán suministrados por la empresa Contratista. Se tendrá cuidado al desempacar los equipos para evitar daños y para que la madera sufra el menor deterioro posible. Ésta se almacenará en el lugar que indique el Supervisor.

Los daños y defectos ocasionados durante las labores de desempaque, movilización desde el sitio de almacenamiento hasta el sitio de montaje serán reparados o reemplazados por la empresa Contratista, a juicio del Supervisor. Si la empresa Contratista no hiciera prontamente las reparaciones o cambios, la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones procederá a ejecutar tales acciones y a cargar los costos en la cuenta de la empresa Contratista.

5.9.4 Montaje de estructuras metálicas de pórticos y equipos

Las estructuras para pórticos y soporte de equipos, serán montados por la empresa Contratista, de tal forma que sus miembros no sufran esfuerzos superiores a los considerados en el diseño, los cuales puedan causar deformaciones o daños en el galvanizado. Las piezas que por este motivo sufran daño, serán rechazadas y serán reemplazadas a juicio del Supervisor y según la gravedad del daño.

Es responsabilidad de la empresa Contratista el montaje de todas las estructuras metálicas de acuerdo con los planos de taller aprobados por la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones, la empresa Contratista preverá el personal, materiales, equipos y herramientas necesarias para la solución de problemas presentados durante el montaje tales como perforaciones, cortes, desbaste, adecuación, regalvanizado y otros sin que esto represente costos adicionales para el Contratante.

Todas las estructuras, una vez montadas, permanecerán verticales bajo los esfuerzos impuestos por los conductores y los accesorios instalados sobre ella. La máxima tolerancia de desviación del eje transversal o longitudinal para columnas autosoportadas será del 0,2 % de la altura total. La verticalidad de las estructuras será verificada mediante equipos topográficos suministrados por la empresa Contratista.

Una vez finalizada la verificación de nivelación y verticalidad de las estructuras, los pernos se apretarán definitivamente de acuerdo con las recomendaciones AISC para pernos

de alta resistencia o de acuerdo con las instrucciones del fabricante de las estructuras. Se verificará el torque de todas las uniones pernadas con ayuda de un torquímetro calibrado.

Sólo se permitirán cortes, perforaciones y limados para correcciones y ajustes menores con autorización del Supervisor, estos ajustes se evitarán al máximo en estructuras ya montadas y sus bordes serán debidamente tratados para reparar la pintura o galvanizado.

Las estructuras de soporte se montarán en tal forma que queden firmemente ajustadas y niveladas en su lugar antes de proceder con el montaje de equipos, finalmente se instalarán y conectarán en todas las estructuras los elementos para puesta a tierra.

Será responsabilidad de la empresa Contratista el suministro de todos los pernos de fijación de equipos y cajas de mando a la estructura de soporte. La empresa Contratista será responsable de verificar las dimensiones de los pernos y accesorios antes a su adquisición, de acuerdo con el equipo a montar y la aplicación específica.

La empresa Contratista será responsable de elaborar, ejecutar y diligenciar, en presencia del Supervisor, los siguientes documentos con el fin de garantizar que el proceso de montaje se realizó adecuadamente:

- Protocolo de verificación del montaje de acuerdo con los planos de taller de estructuras.
- Protocolo de nivelación y verticalidad de la estructura.
- Protocolo de verificación del torque de pernos.

Será responsabilidad de la empresa Contratista, la conexión a la malla a tierra de todos y cada una de las estructuras metálicas montadas como parte de su alcance. Para esta aplicación particular la empresa Contratista suministrará todos elementos requeridos.

Como actividad final de montaje, las estructuras metálicas serán pintadas con dos capas de pintura alquídica en todas sus caras, incluyendo pernos y otros elementos que la componen. El suministro de la pintura, disolventes, herramientas y otros necesarios para el proceso de pintado es responsabilidad de la empresa Contratista previa aprobación de las características técnicas por la Supervisión.

5.9.5 Montaje de equipos de alta tensión

Todas las partes móviles de los equipos de maniobra se instalarán en forma exacta, ensayando el funcionamiento de las mismas y haciendo los ajustes necesarios que determine el Supervisor en la obra, hasta obtener una correcta operación.

Será responsabilidad de la empresa Contratista la nivelación y verticalidad de los equipos, así como las pruebas requeridas para validar el montaje. Los resultados de las pruebas serán diligenciados en el protocolo correspondiente y firmados por el Supervisor.

Se tendrán todas las precauciones necesarias para que todos los equipos de alta tensión montados e instalados queden con el alineamiento correcto, verticalidad y dentro de las tolerancias especificadas.

En el caso de los equipos accionados por motores eléctricos, se comprobará antes de conectar el motor, que las partes móviles giren en sentido correcto y libremente y además se efectuará una verificación general del alineamiento.

La empresa Contratista, con presencia del Supervisor efectuará un control del montaje de todos los equipos. Para esto, cada equipo contará con los siguientes protocolos debidamente aprobados:

- Protocolo de verificación de montaje de acuerdo con manual del fabricante.
- Protocolo de nivelación y verticalidad del equipo y de la estructura soporte.
- Protocolo de calibración (Válido para seccionadores e interruptores).
- Protocolo de llenado y ausencia de fuga de SF₆ (válido para interruptores).
- Protocolo de torque de uniones pernadas de la estructura de soporte y equipo.

5.9.6 Montaje de Transformador de potencia

El transformador de potencia a instalar es aislado en aceite y va sobre fundación, contará con gabinete terminal, gabinete del OLTC, gabinete de control remoto de OLTC.

Será responsabilidad de la empresa Contratista ejecutar las labores de descarga, colocarlos en su sitio exacto, alinearlos, ensamblarlos y tratar el aceite. Si posterior a los trabajos realizados por la empresa Contratista, resultan trabajos adicionales para corregir alineamientos y otros producidos por anomalías durante la descarga, estos serán asumidos por la empresa Contratista.

La empresa Contratista también instalará las bombas, ventiladores, radiadores, válvulas y demás accesorios según aplique y montará los gabinetes correspondientes, lo mismo que realizará la conexión a tierra de los equipos.

Será obligación de la empresa Contratista el llenado y tratamiento de aceite, incluyendo el suministro de herramientas, equipo de montaje y demás accesorios. Las plantas de tratamiento de aceite serán suministradas por la empresa Contratista, al igual que las plantas de energía que se requieran para alimentar a las plantas de tratamiento de aceite.

El tratamiento del aceite se hará hasta que a juicio del Supervisor de obra y mediante las pruebas adecuadas, se demuestre el cumplimiento de los parámetros exigidos.

Para la aprobación de las máquinas de vacío, de tratamiento de aceite y la máquina de llenado de aceite, la empresa Contratista deberá presentar al Supervisor de obra todos los documentos de calidad y mantenimiento de las máquinas que demuestren el perfecto estado de sus equipos

En cuanto al equipo, la empresa Contratista mantendrá control cuidadoso y permanente de la presión del aire seco hasta el momento de su reemplazo por aceite. Si por alguna circunstancia, el período de almacenamiento se prolonga por encima del tiempo recomendado por el fabricante, la empresa Contratista será el encargado de hacer el reemplazo del aire seco por aceite de inmediato, así tenga que alterar su programación de montaje.

La empresa Contratista montará carpas que cubran todo el equipo en el proceso de montaje para protegerlo de las lluvias. Igual protección se tendrá para la planta de tratamiento.

Además de las precauciones normales de seguridad para evitar incendios, la empresa Contratista mantendrá en el área de montaje, extinguidores de tipo y capacidad apropiadas y aprobados por el Supervisor.

Para el montaje, la empresa Contratista tendrá muy en cuenta las diferencias de temperatura y la presencia de humedad para proteger, aislar, hermetizar y ajustar niveles de aceite, pernos y tornillería, empaques, sellos, prensaestopas, conectores y demás elementos. Será obligación de la empresa Contratista verificar que cada uno de los elementos esté en buenas condiciones, probar que cada uno de los elementos de protección e indicación (indicadores de temperatura, relés de presión, de nivel, Buchholz, etc.) se encuentre en perfecto estado y su operación sea la correcta antes de proceder a ensamblarlos en el equipo.

Se deben montar los gabinetes y conectarlos a tierra, efectuar el cableado desde cada uno de los elementos del equipo hasta estos gabinetes. Cada una de estas señales debe quedar marcada, probada y puesta a tierra la pantalla de los cables utilizados, “timbrada” y conectada a su respectivo terminal o borne, con los accesorios que se requieren, perforaciones y colocación de prensaestopas. De igual manera, a cada uno de los cables utilizados se deberá realizar prueba de aislamiento. Todos y cada uno de los cables entre la caja terminal y los accesorios, deberán ser instalados en tubería metálica flexible.

Una vez terminadas las labores de montaje de los equipos se procederá con la limpieza, retoques de acabados y pintura en general.

Los accesorios y aceite para transformadores, estarán dispuestos en contenedores en cada sitio de obra, siendo responsabilidad de la empresa Contratista, el retiro de los contenedores, y movilización al sitio de montaje. La empresa Contratista deberá realizar entrega a la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones de todo el aceite sobrante perteneciente a los equipos inductivos.

Es responsabilidad de la empresa Contratista, el suministro e instalación de todos y cada uno de los materiales requeridos para instalación de pernos de anclaje del transformador, en los bolsillos dispuestos en las cimentaciones correspondientes (concreto terciario) de acuerdo con las especificaciones y detalles indicados en los diseños correspondientes.

5.9.7 Montaje de interruptor de potencia

La empresa Contratista será responsable de todas las actividades necesarias y suministros para el montaje de los interruptores de potencia de acuerdo con lo indicado en los manuales del fabricante y los planos y documentos de ingeniería del proyecto aprobados.

Los interruptores serán montados sobre sus estructuras, con todos sus accesorios incluyendo conectores, conexiones en alta tensión, mecanismos de operación, gabinetes de mando, gabinete centralizador, sistemas de amortiguación, entre otros.

La empresa Contratista suministrará e instalará tuberías rígidas y flexibles, acoples, conectores, bujes, soportes y otros para las canalizaciones expuestas y enterradas para el cableado de fuerza y control de acuerdo con planos de ingeniería del proyecto y las necesidades particulares del equipo. La instalación de canalizaciones enterradas incluye las labores de retiro y reposición de grava, excavación, apertura de pases en canaletas, relleno y otros requeridos para este fin.

Una vez concluido el montaje del interruptor y todos sus componentes la empresa Contratista aplicará vacío al equipo y realizará el llenado del gas SF₆ de acuerdo con las indicaciones del manual del equipo. Finalmente, realizará las pruebas de punto de rocío, estanqueidad y calidad del gas SF₆. Los equipos necesarios para las labores de llenado de gas y pruebas serán provistos por la empresa Contratista.

La empresa Contratista solucionará problemas de montaje tales como perforaciones, ajustes, adecuaciones y otros de acuerdo con instrucciones del Supervisor

de fábrica y de la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones sin que esto represente mayores costos para el Contratante.

La empresa Contratista será responsable de la puesta a tierra de todos los componentes del equipo tales como estructura de soporte, gabinete de mando, gabinete centralizador, cuerpo del equipo, de acuerdo con los diseños correspondientes y lo indicado en estas especificaciones al respecto.

La empresa Contratista realizará todas las pruebas requeridas por el supervisor de fábrica con el objeto de validar el montaje de los interruptores. Los resultados de las pruebas serán diligenciados en el protocolo correspondiente y firmados por el Supervisor de obra.

Una vez culminado el montaje, las cámaras de los interruptores serán protegidas con un plástico para evitar daños y que se cubran de polvo; permaneciendo con este plástico hasta la ejecución de las pruebas.

Será responsabilidad de la empresa Contratista la nivelación y verticalidad del equipo, así como las pruebas requeridas para validar el montaje del equipo. Los resultados de las pruebas serán diligenciados en el protocolo previamente aprobado y firmado por el Supervisor de obra.

5.9.8 Montaje de seccionadores de potencia

La empresa Contratista será responsable de todas las actividades necesarias y suministros para la puesta en operación de seccionadores de potencia de acuerdo con lo indicado en los manuales del fabricante, planos y documentos de ingeniería del proyecto.

Los seccionadores serán montados sobre sus estructuras, con todos sus accesorios incluyendo conectores, conexiones en alta tensión, mecanismos de operación, gabinetes de mando, gabinete centralizador, sistemas de amortiguación y otros.

La empresa Contratista suministrará e instalará tuberías rígidas y flexibles, acoples, conectores, soportes y otros para las canalizaciones expuestas y enterradas para el cableado de fuerza y control de acuerdo con planos de ingeniería del proyecto y las necesidades particulares del equipo. La instalación de canalizaciones enterradas incluye las labores de retiro y reposición de grava, excavación, apertura de pases en canaletas, relleno y otros requeridos para este fin.

La empresa Contratista realizará el reglaje de estos equipos teniendo un especial cuidado, es decir, realizará la calibración de penetración de los contactos, el adecuado ajuste mecánico de estos y de su mecanismo de operación. La empresa Contratista realizará el

número de calibraciones y verificaciones necesarias hasta obtener una correcta operación del equipo. La calibración del equipo se realizará tanto con mando manual, como eléctrico. Para la calibración con mando eléctrico, la empresa Contratista garantizará el correcto cableado, tanto interno de los gabinetes de mando de los equipos, como el externo, realizado por él. De igual manera, suministrará la fuente de energía requeridos para este fin, de acuerdo con lo indicado en estas especificaciones al respecto.

La empresa Contratista solucionará problemas de montaje tales como perforaciones, ajustes, adecuaciones y otros de acuerdo con instrucciones del Supervisor de fábrica y de la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones sin que esto represente mayores costos para el proyecto.

La empresa Contratista será responsable del cableado y conexionado interno y externo del equipo que incluye conexiones entre equipos, conexiones entre gabinetes, suministro e instalación de marquillas, terminales y otros para este fin de acuerdo con la lista de conexionado.

La empresa Contratista será responsable de la puesta a tierra de todos los componentes del equipo tales como estructura soporte, gabinete de mando, gabinete centralizador, cuerpo del equipo y otros. Asimismo, es responsable del suministro de todos los materiales para este fin. Será responsabilidad de la empresa Contratista la nivelación y verticalidad del equipo, así como las pruebas requeridas para validar el montaje del equipo. Los resultados de las pruebas serán diligenciados en el protocolo previamente aprobado y firmado por el Supervisor de obra.

5.9.9 Montaje de transformadores de corriente

La empresa Contratista será responsable de todas las actividades necesarias y suministros para la puesta en operación de los transformadores de corriente de acuerdo con lo indicado en los manuales del fabricante, planos y documentos de ingeniería del proyecto.

Los transformadores de corriente serán montados sobre sus estructuras, con todos sus accesorios incluyendo conectores, conexiones en alta tensión y otros.

La empresa Contratista suministrará e instalará tuberías rígidas y flexibles, acoples, conectores, soportes y otros para las canalizaciones expuestas y enterradas para el cableado de fuerza y control de acuerdo con planos de ingeniería del proyecto y las necesidades particulares del equipo. La instalación de canalizaciones enterradas incluye las labores de retiro y reposición de grava, excavación, apertura de pases en canaletas, relleno y otros

requeridos para este fin. La empresa Contratista solucionará problemas de montaje tales como reperforaciones, ajustes, adecuaciones y otros de acuerdo con instrucciones del Supervisor de obra sin que esto represente mayores costos para el proyecto.

La empresa Contratista será responsable del cableado y conexionado externo del equipo que incluye conexiones entre equipos, conexiones entre gabinetes, suministro e instalación de marquillas, terminales y otros para este fin de acuerdo con la lista de conexionado. Será responsabilidad de la empresa Contratista la nivelación y verticalidad del equipo, así como las pruebas requeridas para validar el montaje del equipo. Los resultados de las pruebas serán diligenciados en el protocolo previamente aprobado y firmado por el Supervisor de obra.

La empresa Contratista será responsable de la puesta a tierra de todos los componentes del equipo tales como estructura soporte, cuerpo del equipo y otros. Asimismo, es responsable del suministro de todos los materiales para este fin.

La empresa Contratista, verificará la correcta conexión de los puentes necesarios para ajustar la relación de transformación de acuerdo con lo requerido particularmente en el proyecto. Se tendrá que tener especial cuidado en la orientación de los polos del equipo (P1, P2) en el momento de la instalación. Adicionalmente, se verificará para estos equipos, el correcto funcionamiento de los indicadores de nivel de aceite.

5.9.10 Montaje de transformadores de tensión

La empresa Contratista será responsable de todas las actividades necesarias y suministros para la puesta en operación de los transformadores de tensión de acuerdo con lo indicado en los manuales del fabricante, planos y documentos de ingeniería del proyecto.

Los transformadores de tensión serán montados sobre sus estructuras, con todos sus accesorios incluyendo conectores, anillos equipotenciales, conexiones en alta tensión y otros. La empresa Contratista verificará la orientación de la caja de bornes secundarios con los planos de ingeniería y las instrucciones del Supervisor de obra.

La empresa Contratista suministrará e instalará tuberías rígidas y flexibles, acoples, conectores, soportes y otros para las canalizaciones expuestas y enterradas para el cableado de fuerza y control de acuerdo con planos de ingeniería del proyecto y las necesidades particulares del equipo. La instalación de canalizaciones enterradas incluye las labores de retiro y reposición de grava, excavación, apertura de pases en canaletas, relleno y otros requeridos para este fin. La empresa Contratista solucionará problemas de montaje tales

como reperforaciones, ajustes, adecuaciones y otros de acuerdo con instrucciones del Supervisor sin que esto represente mayores costos para el proyecto.

La empresa Contratista será responsable del cableado y conexionado del equipo que incluye conexiones entre equipos, conexiones entre gabinetes, suministro e instalación de marquillas, terminales y otros para este fin de acuerdo con la lista de conexionado. La empresa Contratista será responsable de la puesta a tierra de todos los componentes del equipo tales como estructura soporte, cuerpo del equipo y otros. Asimismo, es responsable del suministro de todos los materiales para este fin.

Será responsabilidad de la empresa Contratista la nivelación y verticalidad del equipo, así como las pruebas requeridas para validar el montaje del equipo. Los resultados de las pruebas serán diligenciados en el protocolo previamente aprobado y firmado por el Supervisor de obra.

5.9.11 Montaje de pararrayos

La empresa Contratista será responsable de todas las actividades necesarias y suministros para la puesta en operación de los pararrayos de acuerdo con lo indicado en los manuales del fabricante y los planos y documentos de ingeniería del proyecto.

Los pararrayos serán montados sobre sus estructuras, con todos sus accesorios incluyendo contador de descargas, anillos equipotenciales, conectores, conexiones en alta tensión y otros. La empresa Contratista solucionará problemas de montaje tales como reperforaciones, ajustes, adecuaciones y otros de acuerdo con instrucciones del Supervisor sin que esto represente mayores costos para el proyecto.

La empresa Contratista será responsable de la puesta a tierra de todos los componentes del equipo tales como contador de descarga, estructura soporte, cuerpo del equipo y otros. Asimismo, será responsable del suministro de todos los materiales para este fin.

La empresa Contratista verificará la orientación de las válvulas de alivio de presión y contador de descarga de acuerdo con los planos de ingeniería y las instrucciones del Supervisor de obra. Será responsabilidad de la empresa Contratista la nivelación y verticalidad del equipo, así como las pruebas requeridas para validar el montaje del equipo, los resultados de las pruebas serán diligenciados en el protocolo previamente aprobado y firmado por el Supervisor de obra.

5.9.12 Cables de alta tensión, conectores, cadenas de aisladores

La empresa Contratista realizará el tendido de todos los cables de alta tensión requeridos para formar barrajes, templas, conexiones entre equipos de alta tensión, bajantes, cuellos y cualquier otra conexión en alta tensión requerida según los diseños, según diseños correspondientes. Será su responsabilidad la instalación de conectores y en general todos los elementos y accesorios requeridos en los diseños.

Para las conexiones en alta tensión, entre equipos y bajantes desde los barrajes del nivel superior, se utilizarán los conectores y las longitudes de cables apropiados, de manera que las conexiones queden firmes y no presenten esfuerzos indebidos, aún en condiciones extremas de temperatura. Asimismo, el extremo de conductor que queda al interior de los conectores, no sobrepasará el cuerpo del mismo, con el fin de evitar que se presente el fenómeno de efecto corona.

Es responsabilidad de la empresa Contratista, el desmontaje y montaje de conductores de alta tensión, cadenas de aisladores, conectores y separadores, según se indican en los planos correspondientes.

Durante todo el proceso de conexión en alta tensión, el conductor será protegido para evitar ralladuras en su superficie y asegurado para evitar que los alambres que lo componen deformen el diámetro externo del conductor.

Finalmente, luego del conexionado en alta tensión, la empresa Contratista limpiará la superficie de los conductores con ayuda de un solvente aprobado por el Supervisor, para retirar la grasa que hubiese brotado desde el interior, como consecuencia de su manipulación.

Los carretes de cable no se destaparán hasta tanto se inicie el tendido de los vanos. Se preverán medios para evitar que se rallen o dañen los conductores durante el tendido, colocando soportes temporales o protecciones sobre el suelo. Se tomarán especiales precauciones para evitar daños en la estructura ocasionados por las poleas y aparejos utilizados durante el tendido de conductores. No se colocarán aparejos sostenidos en puntos medios de elementos de las estructuras. En caso necesario, se colocarán vientos sobre la estructura para protegerla durante el tensionado de los conductores.

Para el tendido, flechado y regulación de los vanos se tendrán en cuenta los datos de tendido indicados en la ingeniería y se someterá a aprobación del Supervisor, el método de tensionado de los cables. El cable se tenderá y llevará a una tensión cercana a la especificada con la ayuda de dinamómetro y posteriormente, después de un tiempo prudencial,

determinado por el Supervisor, se procederá al tensionado y ajuste final con verificación topográfica.

La temperatura para el flechado se tomará por medio de un termómetro instalado dentro de una canasta fabricada con un trozo de conductor y suspendida de la estructura, por lo menos 15 minutos antes de tomar la lectura. Las flechas finales medidas no diferirán en más del 1 % de las calculadas, indicadas en la ingeniería.

Se llevará un registro en el cual se muestre para cada vano, la flecha de diseño y la flecha medida el día de tendido inicial y el día de verificación final, incluyendo las correspondientes temperaturas. Este registro se entregará al Supervisor al finalizar el montaje.

Se verificará el flechado y regulación de las templas, cables, barras y demás conexiones, además que las bajantes no tengan acercamientos indeseables, ni queden flojas ni demasiado tensionadas. Para evitar esfuerzos en las cabezas de los equipos, se dejarán las bajantes haciendo coincidir el vértice de la parábola que ellas formarán con el eje del conector respectivo en la cabeza del equipo.

Para cortar el cable se tomarán las medidas de los planos, siguiendo la forma respectiva de cada bajante y corroborando estas medidas en el sitio. Antes de proceder a cortar, se contará con el consentimiento del Supervisor. Las conexiones entre equipos, barrajes, templas y bajantes se realizarán, según el instructivo aprobado por la Supervisión.

Se ensamblarán las cadenas de aisladores que van con los vanos, estas cadenas básicamente están constituidas por herrajes, conectores, aisladores, anillos equipotenciales, grilletes, estribos, y otros. Durante el izaje de las cadenas se evitará que estas se doblen produciendo esfuerzos indebidos sobre los aisladores de suspensión.

Para el prensado del conductor y el conector, la empresa Contratista suministrará la prensa adecuada, los elementos y herramientas que se requieran para cumplir esta labor. Para apretar los pernos de los conectores se usará un torquímetro calibrado de acuerdo con los valores de torque indicados por los fabricantes.

La empresa Contratista realizará ajustes de montaje tales como reperfectorias, adecuaciones, etc. que se requieran para el correcto montaje de todas las conexiones de cables, conectores, cadenas de aisladores y demás conexiones sin que represente gastos adicionales para el proyecto.

5.10 Celdas y equipos de media tensión

Se entiende por "Celda", al conjunto de equipos de media tensión instalados al interior de un gabinete metálico a prueba de arco y todos los equipos que lo componen.

Se deben estudiar previamente los manuales de montaje y seguir paso a paso las instrucciones correspondientes bajo la dirección de los ingenieros o técnicos de montaje de los equipos de media tensión. Para el caso de las celdas de media tensión, estas deben quedar completamente ensambladas, ancladas, con puesta a tierra, con todos sus elementos y accesorios, cableadas y conexas individualmente y entre sí en media y baja tensión, de acuerdo con los planos definitivos debidamente aprobados y bajo la supervisión del Ingeniero o técnico de montaje de las celdas.

Dentro de las consideraciones que debe contemplar la empresa Contratista, deberá comprender los siguientes cargos y operaciones:

- Almacenaje y verificación de la cantidad de piezas incluyendo su transporte.
- Retiro y limpieza del material sobrante durante la instalación.
- Maniobras necesarias para su instalación, nivelación y fijación en el lugar definido en la sala de control de la subestación.
- Pruebas de operación y funcionamiento en fábrica.
- Pintura de acabado si se trata de aplicación o retoques.
- Planos funcionales de todas las celdas emitidas por el fabricante.

5.11 Cables de media tensión

Se deben prever medios para evitar que se rayen o dañen los cables durante el tendido colocando soportes temporales o protecciones sobre el suelo. Los conductores deben manipularse de tal forma que durante la instalación no se dañe el aislamiento exterior del cable. Los cables de potencia deben ser instalados de tal forma que se respete el radio mínimo de curvatura especificado por el fabricante.

La instalación de los cables de potencia, construcción e instalación de mufas y/o terminales deberá realizarse por personal especializado y se deberá suministrar el respectivo certificado de calidad y garantía de la instalación realizada.

5.12 Montaje de equipos de sistemas de control, protección y telecomunicaciones

Será responsabilidad de la empresa Contratista, el montaje y fijación de todos los gabinetes y equipos que componen los sistemas de control, protección y telecomunicaciones,

completos, con sus elementos ensamblados y accesorios en sus fundaciones, nivelarlos, alinearlos, anclarlos y conectarlos al sistema de puesta a tierra.

Una vez finalizado el montaje, alineamiento y nivelación de los gabinetes, la empresa Contratista adecuará las tapas metálicas en las edificaciones de manera que no queden espacios descubiertos en las canaletas. Las tapas metálicas son suministradas por otros.

La empresa Contratista realizará el cableado y conexión de todos los gabinetes, desde los equipos de patio, entre gabinetes y entre equipos de acuerdo con las especificaciones de cableado y conexión. Se instalarán los prensaestopas necesarios, de tal manera que, en la llegada de tuberías conduit o multiconductores a gabinetes interiores o exteriores, se impida la entrada de pequeños insectos o roedores.

Será responsabilidad de la empresa Contratista, el suministro e instalación de todos y cada uno de los materiales y equipos requeridos para la correcta fijación, tales como pernos de anclaje, terminales, marquillas, prensaestopas, cable de cobre y otros. Para la colocación del tablero y bastidores deberá observarse lo siguiente:

- El tablero será provisto de un marco retraíble mediante el sistema de bisagras y que permita al conjunto abrir hacia adelante, podrá ser anclada al piso directamente. No se aconseja fijarlos contra la pared, salvo casos de extrema necesidad y con la aprobación del Supervisor.
- Se deberá dejar una luz de por lo menos 2 mm entre armarios o bastidores, de manera que se permita su reemplazo posteriormente.
- La puerta del tablero o sus marcos retraíbles, deberán poder abrirse hasta un ángulo de 90° como mínimo.
- El tablero deberá fijarse firmemente al piso de la instalación, de preferencia con pernos de anclaje, tomando en cuenta las prescripciones del fabricante y a entera satisfacción del Supervisor.
- Se deberá verificar el espacio libre en lado posterior de los tableros, para que la apertura o retiro de las tapas cuenten con una apropiada distancia de trabajo, entre este y la pared.

5.13 Montaje de equipos de sistema de servicios auxiliares

El montaje de sistemas de servicios auxiliares de la subestación, comprende:

- a) Gabinetes de distribución 380/220 Vac – 220 Vcc.
- b) Cargador de baterías.

- c) Banco de baterías en casetas de control.
- d) Montaje y conexionado de todos los sistemas de SS.AA.

5.13.1 Montaje de gabinetes de distribución 380/220 Vac – 220 Vcc

Será responsabilidad de la empresa Contratista el montaje de los gabinetes de distribución de corriente alterna y corriente continua que constituyen el sistema de servicios auxiliares. Los gabinetes quedarán completamente ensamblados, anclados, conectados a tierra, con todos sus elementos y accesorios, cableados y conexionados individualmente y entre sí. Será responsabilidad de la empresa Contratista el suministro e instalación de todos los elementos como terminales, marquillas, y otros accesorios que se requieran.

5.13.2 Montaje de cargador de baterías

El Cargador rectificador de batería debe ser de tecnología tiristorizada, equipo especialmente diseñado para el suministro de energía a bancos de baterías y sistemas de comunicaciones de subestaciones eléctricas ubicadas en alturas de operación de 0 a 1000 m.s.n.m., con temperaturas entre -5 y 40 °C sin degradación o pérdida de potencia.

El voltaje de rizado debe ser menor de 1% pico a pico y presentar características de voltaje constante y corriente constante dependiendo del nivel de corriente de salida.

Los equipos deben entregar 220 Vcd (positivo a tierra), con alimentación trifásica a 380/220 Vac (+-10%) y emplear regulación de voltaje y corriente mediante control de fase en un puente de tiristores.

La tensión de salida de corriente continua se aplicará a través de interruptores termomagnéticos al banco de baterías y a los equipos de comunicaciones. Se debe incluir interruptor de corriente continua con la capacidad apropiada para desconexión de los equipos por bajo nivel de baterías.

El rango de voltaje de salida del rectificador debe permitir la carga de baterías en los modos de flotación e igualación. Los niveles de voltaje deben poder ajustarse mediante potenciómetros ubicados en la unidad de tarjetas de control dentro del gabinete. La regulación de voltaje debe ser del 1% y corriente del 1% para cualquier combinación de voltaje de línea, carga, frecuencia y temperatura.

Después de un corte de energía el rectificador debe entrar a operar automáticamente en modo de igualación si la corriente en el banco de baterías es superior al límite pre ajustado para pasar a este estado, sin exceder la corriente máxima de recarga de batería, retornando

automáticamente al modo de flotación, cuando dicha corriente sea inferior al umbral pre ajustado para este otro estado.

Los modos de operación flotación e igualación deben poder seleccionarse manualmente desde el selector ubicado en la puerta frontal. Con el fin de eliminar los picos de corriente y sobrecarga instantánea a la red, los equipos deben disponer de arranque suave; para que de esta forma la corriente aumente gradualmente hasta el nivel permitido.

5.13.3 Montaje de banco de baterías

El soporte de banco de baterías será ensamblado, nivelado y anclado al piso tomando en consideración la previsión de los espacios suficientes para la manipulación de las baterías. Los elementos para la fijación del soporte son suministro de la empresa Contratista.

Será responsabilidad de la empresa Contratista el montaje del banco de baterías en el soporte respectivo con todos sus accesorios, canalizaciones, gabinete portafusibles, puesta a tierra y otros requeridos para su correcto funcionamiento de acuerdo con el manual del fabricante y los planos y documentos de ingeniería del proyecto.

La empresa Contratista suministrará e instalará tuberías rígidas y flexibles, acoples, conectores, soportes y otros para las canalizaciones expuestas para el cableado de fuerza y control, de acuerdo con planos de ingeniería del proyecto y las necesidades particulares del banco de baterías.

La empresa Contratista realizará adecuadamente el cableado y conexionado de las baterías, conexiones entre celdas, cableado externo, instalación, cableado y conexionado del gabinete porta fusibles, incluyendo las canalizaciones, instalación de conductores y elementos de fijación para la puesta a tierra de todos los elementos.

5.13.4 Cableado y conexionado de fuerza y control

Será responsabilidad de la empresa Contratista el probar, instalar, amarrar, fijar, identificar y conectar todos los cables de fuerza y control, utilizando todos los elementos y accesorios para tal fin, así como las tablas de cableado, conexionado e interfaz.

Todos los cables en todos los gabinetes de control, protección, registro de fallas, agrupamiento, telecomunicaciones, servicios auxiliares, mando y control de equipos, quedarán bien organizados, con su respectiva marca por núcleo y cable, la empresa Contratista los probará y conectará a tierra la pantalla de los multiconductores.

Será responsabilidad de la empresa Contratista realizar las pruebas de resistencia de aislamiento y continuidad de los cables de fuerza y control, antes y después de las labores de cableado.

Los resultados quedarán registrados en protocolos elaborados y diligenciados por la empresa Contratista con la firma del Supervisor de obra en señal de conformidad.

El cableado se ejecutará con el máximo cuidado, protegiéndolos para que no sufra el aislamiento, con curvas de radios no inferiores a lo especificado por el fabricante, sin entrelazarlos y buscando que los cruces entre cables de alta tensión y control sean a 90 grados, y tomando otras medidas que permitan su mantenimiento, su identificación y que reduzcan la inducción. Los cables que se dañen durante el cableado y pruebas serán cambiados por cuenta y riesgo de la empresa Contratista.

Los empalmes sólo serán permitidos en casos especiales y solos para cables de fuerza, los cuales se harán únicamente en gabinetes o cajas, previa aprobación del Supervisor y nunca en tuberías o ductos ni para cables de control, el empalme a usar será de presión. Para la fijación de los cables se debe tener las siguientes consideraciones:

- En gabinetes, en edificios cuando estén a la vista y en el interior de cajas terminales: con bandas y demás accesorios de nylon.
- En las canaletas quedarán cableados en rutas claramente definidas, los cables de fuerza, se dispondrán de manera separada a los de control, es decir, los de fuerza a un lado de la canaleta y los de control, en el opuesto. En ningún caso, los cables en canaletas podrán disponerse de manera tal que obstruyan las rejillas de drenaje de los mismos, para lo cual, en caso de ser necesario, se instalarán por parte de la empresa Contratista, los elementos requeridos para evitar este hecho.

La pantalla de cobre de los conductores instalados entre el patio y el edificio de control y entre las casetas, será conectada a tierra en ambos extremos y la de los conductores instalados dentro del edificio de control y dentro de las casetas en un solo extremo, así:

- Preferiblemente a través de prensaestopas, si éste es adecuado para la puesta a tierra de las pantallas.
- Si la pantalla es de trenza de cobre, ésta se conectará directamente a la barra de puesta a tierra del gabinete, para lo cual se dejará un trozo de pantalla sin cortar, después de haber retirado la chaqueta del conductor a la entrada de los gabinetes.
- Si la pantalla es de cinta de cobre, a la entrada de los gabinetes se quitará un anillo

de la chaqueta exterior dejando a la vista la cinta y en este punto se unirá, con un conector apropiado o soldadura, una trenza de cobre o un cable de 6 mm² el cual se conectará posteriormente a la barra de puesta a tierra del gabinete.

Los cables multiconductores se marcarán apropiadamente con marquillas plásticas sobre las cuales se grabará la designación correspondiente del cable en la lista de cableado. Todos los conductores de los cables multiconductores se identificarán por medio de marquillas termo contraíbles y se les colocará en cada extremo los terminales apropiados para la conexión a las borneras. Se utilizará método de marcación, indicando tablero-bornera y borne, tanto de origen como de destino.

Cuando se hayan culminado las labores de cableado y conexión y pruebas de validación, se procederá a taponar con espuma antioedor Hilti o similar (retardante de la llama), la entrada libre de los ductos, a cajas o gabinetes, para evitar la entrada de polvo, insectos u otros elementos que puedan deteriorar los equipos. La actividad de sellado incluye el suministro del material sellante.

La empresa Contratista llevará el inventario de los cables, hoja de vida del carrete y la forma como fue utilizado.

5.14 Obras complementarias

5.14.1 Sistemas contra incendio en patio y edificaciones

a) Prevenciones contra el fuego en gabinetes

Los gabinetes quedarán instalados como unidades independientes, de manera que se evite la propagación del fuego entre un gabinete y otro.

Las aberturas previstas para la entrada y paso de conductores entre gabinetes, se sellarán con un material no inflamable, a prueba de roedores, adecuado para evitar que el fuego se propague de un gabinete a otro.

5.14.2 Placas de nomenclatura operativa

La empresa Contratista suministrará e instalará las placas de nomenclatura operativa de equipos y pórticos de acuerdo a los diseños aprobados por la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones.

Las estructuras para límite de circulación vehicular en el patio de las subestaciones o cualquier otro elemento de señalización que pueda verse afectado durante las labores de

montaje, deberán ser desmontados y almacenados por la empresa Contratista, antes de iniciar todas sus labores de montaje, una vez estas labores hayan sido completadas, dichos límites deberán ser instalados nuevamente por la empresa Contratista. Cualquier elemento que sufra pérdida o deterioro por parte del desmontaje o el almacenamiento dado por la empresa Contratista, deberá ser repuesto por este manteniendo las especificaciones del elemento original, sin que esto genere un costo adicional para la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones.

5.15 Pruebas, energización y puesta en servicio

5.15.1 Generalidades

Es responsabilidad de la empresa Contratista la ejecución de todas las labores objeto de la presente especificación técnica, siguiendo procedimientos y buenas prácticas que garanticen la correcta ejecución de los trabajos de acuerdo con los planos aprobados, protocolos y con las especificaciones técnicas, a satisfacción del Supervisor de obra.

La empresa Contratista considerará el listado de cantidades de obra, los planos de ingeniería, matriz de responsabilidades, experiencia en obras similares y lo indicado en el presente documento para diligenciar el formulario de costos unitarios. Los costos unitarios contemplarán todas las actividades correspondientes a seguridad industrial, salud ocupacional y medio ambiente, de acuerdo con lo especificado en este documento en los numerales correspondientes.

No se reconocerá pago adicional por actividades y/o materiales para los que, estando dentro del alcance de la empresa Contratista, éste aduzca no haber contemplado en sus costos unitarios.

Toda la documentación relacionada con el proyecto utilizará el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Todos los equipos montados serán sometidos a pruebas de campo: individuales, funcionales y de puesta en servicio, de acuerdo con lo especificado en este documento. Las pruebas serán realizadas bajo la dirección y responsabilidad del personal de pruebas de campo y puesta en servicio de la empresa Contratista y con la participación de personal de la Supervisión de la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones.

La empresa Contratista entregará a la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones para su aprobación, los formatos de los protocolos de pruebas individuales, funcionales y de puesta en servicio y energización, siendo responsabilidad de la empresa

Contratista, la ejecución de todas y cada una de las actividades indicadas en los respectivos documentos.

Los protocolos de pruebas serán diligenciados y firmados en campo por el ingeniero de pruebas responsable de la empresa Contratista, en presencia del Supervisor, y entregados a él para su firma y validación. Una vez validados los protocolos, la empresa Contratista entregará al Supervisor, los protocolos en forma digital, incluyendo como anexos, los reportes de los equipos de prueba correspondientes, donde aplique, así como el certificado de calibración de los equipos de medición y pruebas utilizados. Este certificado debe incluir el patrón, trazabilidad y acreditación de la empresa que lo expide.

Con quince (15) días de anticipación al inicio de las pruebas, la empresa Contratista presentará para aprobación de la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones y del Supervisor, el plan detallado de pruebas, en el cual indique las actividades a realizar, la fecha estimada de realización, los recursos, materiales y equipos a utilizar.

Con quince (15) días de anticipación a la puesta en servicio de las instalaciones, la empresa Contratista presentará para aprobación del Supervisor de la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones, el informe final de pruebas.

La empresa Contratista debe entregar el "Informe de Pruebas" el cual debe recopilar todos los reportes de prueba tipo de rutina, de aceptación, de disponibilidad y de campo y puesta en servicio. El informe de pruebas se debe empastar debidamente, con separadores, agrupados por equipos y tipo de prueba (pruebas tipo, pruebas de rutina, de aceptación, pruebas de disponibilidad, pruebas de campo y pruebas de puesta en servicio). Este informe de pruebas forma parte del Manual de operación y mantenimiento de la subestación eléctrica.

5.15.2 Pruebas individuales equipos de alta tensión

Una vez instalados los equipos de alta tensión, se les realizarán las pruebas de campo individualmente con el fin de evaluar el buen estado de todos sus componentes.

La empresa Contratista contará con una cuadrilla de trabajadores equipados con herramientas y todos los equipos requeridos para realizar las actividades de desconexión y conexión de los equipos en alta y baja tensión, conexión de equipos de prueba en terminales del equipo, limpieza de las porcelanas y otros trabajos previos a la ejecución de pruebas. Para la ejecución de estas actividades la empresa Contratista deberá proveerse de grúa con canastilla por razones de seguridad del personal y de los equipos instalados.

Las pruebas se llevarán a cabo siguiendo las recomendaciones de los estándares de referencia indicada en las especificaciones técnicas de los equipos; y al final de cada prueba, la empresa Contratista emitirá el diagnóstico del equipo indicando si el equipo se encuentra apto o no para su energización.

Los gabinetes de control y mando de los equipos, serán probados individualmente, de acuerdo con lo indicado al respecto en estas especificaciones.

5.15.3 Pruebas individuales del Transformador de potencia

Una vez instalado el transformador de potencia, se le debe realizar las pruebas de campo individualmente con el fin de evaluar su correcto funcionamiento y el buen estado de todos sus componentes. También se debe verificar que todos los equipos posean las placas de características y de identificación respectivas.

En el transformador se debe realizar las siguientes pruebas:

- Prueba de resistencia de aislamiento en cableado realizados en sitio (entre dispositivos y gabinetes del equipo).
- Pruebas de aislamiento en todas las bombas de aceite, ventiladores y motores de los cambiadores de derivación, incluyendo los arrancadores de motores con dispositivos de sobrecarga y fugas a tierra.
- Prueba de aislamiento entre los devanados y entre éstos y tierra.
- Pruebas de aislamiento de los núcleos magnéticos, antes de completarse el eslabón de tierra del núcleo.
- Medición de la relación de transformación y polaridad.
- Medición de la resistencia de los devanados.
- Medición de factor de potencia y de capacitancia de los devanados y de los bujes.
- Prueba de vacío de los tanques.
- Pruebas de operación de todos y cada uno de los dispositivos componentes del equipo.
- Pruebas de operación del OLTC, incluyendo control local y remoto.
- Pruebas de los transformadores de corriente tipo buje (relación de transformación, polaridad y curvas de excitación).
- Verificación del dispositivo de filtrado del OLTC.
- Prueba de barrido de frecuencia (SFRA).
- Medida de la corriente de excitación.

En general se requerirán pruebas especiales de las muestras de aceite para determinar el aislamiento adecuado y el contenido de humedad y para llevar a cabo análisis de gas. Es responsabilidad de la empresa Contratista, la calibración y parametrización de todos y cada uno de los dispositivos que componen el equipo, así como el gabinete de control remoto del OLTC, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante correspondiente.

5.15.4 Pruebas individuales a Interruptores de potencia

En los interruptores se realizarán las siguientes pruebas:

- Medición del tiempo desde la energización de la bobina de disparo hasta la apertura de los contactos principales.
- Medición del tiempo desde la energización de la bobina de cierre hasta el cierre de los contactos principales.
- Medición del tiempo desde la energización de la bobina de disparo hasta el cierre de los contactos principales durante una operación automática de recierre.
- Verificar ausencia de fugas de SF₆.
- Verificar funcionamiento de indicadores de presión de SF₆.
- Verificar funcionamiento de interruptores de presión de SF₆.
- Verificar que contengan la cantidad y presión de SF₆ adecuadas para su funcionamiento.
- Prueba de resistencia de los contactos principales.
- Prueba de resistencia de aislamiento.
- Prueba de factor de potencia.

5.15.5 Pruebas individuales a Seccionadores de potencia

A los seccionadores y seccionadores de puesta a tierra, se les efectuarán las siguientes pruebas:

- Prueba de resistencia de aislamiento.
- Medición del tiempo de operación y simultaneidad.
- Prueba de resistencia de los contactos principales.
- Verificación de corriente en unidad motriz durante cierre y apertura.

5.15.6 Pruebas individuales a Transformadores de corriente

Los transformadores de corriente serán sometidos a las siguientes pruebas:

- Prueba de resistencia de los devanados secundarios.
- Prueba de resistencia de aislamiento.
- Prueba de factor de potencia.
- Prueba de verificación de curvas de excitación.
- Prueba de relación de transformación y verificación de polaridad.

5.15.7 Pruebas individuales a Transformadores de tensión

A los transformadores de tensión se les realizarán las siguientes pruebas:

- Prueba de resistencia de aislamiento.
- Prueba de factor de potencia.
- Prueba de la relación de transformación y verificación de polaridad.

5.15.8 Pruebas individuales a Pararrayos

A los pararrayos se les efectuarán las siguientes pruebas:

- Prueba de la resistencia de aislamiento.
- Prueba de factor de potencia.
- Prueba de corriente de fuga después de su energización.

5.15.9 Pruebas a equipos de media tensión

Posterior a la instalación de los equipos de media tensión, se les debe realizar las pruebas de campo individualmente con el fin de evaluar el buen estado de todos sus componentes y su adecuado funcionamiento. También se debe verificar que todos los equipos posean sus placas de características e identificación respectivas.

En los equipos que posean partes móviles se debe verificar que estas tengan un movimiento libre y sin obstáculos. Si son movidos por motores, deben responder al mando local.

En los interruptores se deben realizar adicionalmente a las indicadas en la norma IEC 62271-100, las siguientes pruebas:

- Medición del tiempo desde la energización de la bobina de disparo hasta la apertura de los contactos principales.
- Medición del tiempo desde la energización de la bobina de cierre hasta el cierre de los contactos principales.

- Determinación de las tensiones mínimas de cierre y apertura.
- Obtención, mediante el equipo apropiado, del gráfico que muestre el recorrido de los contactos vs tiempo.
- Medición de la resistencia de los contactos principales.

En los seccionadores y seccionadores de puesta a tierra, se les debe verificar la lógica de enclavamientos, medir el tiempo de operación y la resistencia de los contactos principales.

Los transformadores de corriente deben ser sometidos a las siguientes pruebas:

- Medida de la resistencia de los devanados secundarios.
- Prueba de polaridad.
- Medida de las condiciones de aislamiento.
- Verificación de las curvas de excitación.
- Inyección de corriente por el primario.
- Medida de la relación de transformación.

A los transformadores de tensión se les debe realizar la prueba de polaridad y medir las condiciones de aislamiento y la relación de transformación.

A los descargadores de sobretensión se les debe medir la corriente de fuga después de su energización.

5.15.10 Pruebas individuales a cables de media tensión

Posterior a la instalación de los cables de media tensión, se les debe realizar las pruebas de campo individualmente con el fin de evaluar su correcto funcionamiento y el buen estado, adicionalmente se deben desarrollar las siguientes pruebas según los lineamientos estipulados en las normas IEEE std 400/ IEEE std 400.2/ IEEE std 400.3 e IEC 60270:

- Prueba de resistencia de aislamiento.
- Pruebas de rigidez dieléctrica (HIPOT) con tensión aplicada a baja frecuencia (VLF).
- Diagnóstico y medida de Tangente delta con equipos de VLF.
- Diagnóstico de Descargas parciales con equipos de VLF.
- Mediciones sobre el sistema de tierras/Pantalla de la terna.

5.15.11 Pruebas individuales sistemas de protección, control y telecomunicaciones

Todos los gabinetes, celdas y cajas terminales, que componen los sistemas de control, protección y telecomunicaciones, una vez montados, serán sometidos a pruebas individuales, con el fin de verificar que estén en condiciones óptimas, para posterior ejecución de las pruebas funcionales del sistema o equipo, al cual pertenecen. Estas pruebas, en términos generales, consisten en verificar que los gabinetes estén completos, sus componentes debidamente instalados y cableados, y funcionando correctamente, de acuerdo con los diseños correspondientes y con las condiciones particulares requeridas por el proyecto. Para lo anterior, será responsabilidad de la empresa Contratista, realizar lo indicado a continuación, para todos y cada uno de los gabinetes, celdas o caja terminal, objeto de su alcance:

- Se verificará que contenga todos y cada uno de los elementos requeridos, de acuerdo con los diseños correspondientes.
- Se verificará que todos y cada uno de los componentes, estén debidamente instalados.
- Se verificará que el alambrado interno esté de acuerdo con los diseños correspondientes.
- Para los componentes que aplique, se ajustarán y/o parametrizarán de acuerdo con las planillas elaboradas por la empresa Contratista, para este fin.
- Se verificará que todos y cada uno de los componentes, funcionen adecuadamente, de acuerdo con los diseños correspondientes, proveyendo la alimentación de energía requerida, efectuando las inyecciones de corriente y/o tensión, cuando aplique, verificando indicaciones de variables analógicas (corriente, tensión, potencia, etc.), simulando entradas requeridas y verificando todas y cada una de las salidas correspondientes.

Una vez que todos los equipos de la subestación hayan sido probados individualmente y realizadas las pruebas funcionales al sistema de servicios auxiliares, el sistema completo será sometido a las pruebas funcionales de control, protección y telecomunicaciones de acuerdo a los documentos de origen.

Para el sistema de control, la empresa Contratista verificará la adecuada adquisición de señales desde todos los equipos y sistemas, de igual manera verificará que se cumplan los

enclavamientos y secuencias para la operación de los equipos y sistemas, desde todos los niveles de control (0, 1, 2 y 3).

Para el sistema de protecciones, la empresa Contratista verificará que se cumpla con la filosofía y acción de protecciones, incluyendo señales de teleprotección (donde aplique teleprotección), hasta el equipo correspondiente, instalado en el gabinete de telecomunicaciones, de acuerdo con los diagramas correspondientes, aprobados para el proyecto en particular.

En cuanto al sistema de telecomunicaciones, una vez culminado el montaje y pruebas del enlace de telecomunicaciones, se procederá a verificar los canales de teleprotección (donde aplique). Esta prueba se realizará enviando las señales de teleprotección desde uno de los extremos de la línea, y verificando la adecuada recepción en el otro extremo.

En estas pruebas, se incluye la inyección primaria de corriente y tensión, en la cual, la empresa Contratista, inyectará señales de corriente y/o tensión en los terminales de alta tensión, de transformadores de corriente o tensión, y verificará la adecuada lectura de los parámetros inyectados (corriente, tensión, potencia, etc.), en los diferentes elementos que componen el sistema de control, medición, protecciones y registro de fallas, incluyendo todos los niveles de control (0,1, 2 y 3).

5.16 Pruebas de puesta en servicio

Luego de realizar en la subestación las pruebas funcionales, se deben efectuar las siguientes pruebas de puesta en servicio:

- Para la malla de puesta a tierra, se realizará la medida de tensiones de toque y de paso para las áreas instaladas.
- Para la protección 87 (diferenciales), se efectuará la prueba de estabilidad, mediante inyección de corriente en el primario de los transformadores de corriente. Será responsabilidad de la empresa Contratista, seleccionar las características de los equipos y cables requeridos para realizar estas pruebas, así como el suministro de los mismos.
- Para las protecciones de circuito de línea se realizará la verificación de direccionalidad de la protección. Será responsabilidad de la empresa Contratista, el suministro de equipos especiales, así como de los cables requeridos para la ejecución de las pruebas indicadas.
- Medición y obtención de los parámetros y las impedancias de secuencia de las

líneas de transmisión asociadas al proyecto.

- En la subestación se someterán las protecciones de línea, a fallas simuladas monofásicas, trifásicas, cierre en falla, etc., con el fin de verificar el correcto funcionamiento tanto de los sistemas de protección, registro de fallas, telecomunicaciones, gestión de protecciones, como del sistema de control, bajo estas condiciones. Será responsabilidad de la empresa Contratista la elaboración y presentación para aprobación de la empresa Concesionaria y dueña de las instalaciones, de los archivos COMTRADE con los cuales se realizarán estas pruebas, para cada una de las protecciones correspondientes.
- Pruebas de conexión punto a punto con los centros de control correspondiente en el caso aplique. En estas pruebas se realizará la verificación de la señalización remota del sistema de protecciones, señalización remota de la posición de equipos y alarmas, verificación del mando remoto de equipos de maniobra, verificación de medidas, etc. Será responsabilidad de la empresa Contratista, proveer al personal del centro de control, toda la información requerida para la actualización de su sistema y la ejecución de esta prueba, así como de efectuar con él, todas las programaciones y coordinaciones requeridas para este fin.
- De igual forma se deben verificar que las conexiones de los transformadores de corriente y de los IED's como relés de protecciones, controladores, medidores, hayan quedado correctamente implementadas mediante inyecciones de corriente desde bornes de los transformadores de corriente y mediante inyección primaria.
- Medición de los desbalances de tensión y de corriente en cada una de las líneas de transmisión en los respectivos IED's tanto locales como remotos.

5.17 Energización

Luego de realizar en la subestación las pruebas de puesta en servicio, se efectuará la energización de cada una de líneas, transformador de potencia y demás sistemas del proyecto. La empresa Contratista será responsable de coordinar y ejecutar todo el proceso de energización, de acuerdo con los protocolos aprobados por la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones.

Durante la energización de las equipos primarios y sistemas de protección de la nueva subestación, la empresa Contratista dispondrá en sitio, de todo el personal requerido para las labores de energización, así como de personal, herramientas, equipos, maquinaria, etc., para

atender cualquier anomalía que se pueda presentar en los sistemas de protección, control, telecomunicaciones, equipos de patio, bajo su responsabilidad.

5.18 Certificado de recepción

La subestación se considerará terminada una vez se hayan realizado satisfactoriamente las siguientes pruebas y se hayan entregado a la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones, los respectivos informes de las mismas, las cuales serán requisito para la expedición del Certificado de Recepción:

- a) Pruebas estipuladas en este documento, así como la aprobación por parte de la empresa concesionaria y dueña de las instalaciones del informe de pruebas correspondiente.
- b) Inspección general de las instalaciones de la subestación, la cual incluye, pero no se limitará a:
 - Correcto funcionamiento de todos los suministros, materiales, componentes, etc.
 - Correcta puesta a tierra de todos los equipos y componentes metálicos.
 - Adecuados acabados y limpieza.
 - Absolución de observaciones realizadas por parte del Supervisor de obra y del Interventor en su visita a la subestación objeto del proyecto.
 - Dossier de calidad debidamente aprobado por el Supervisor.
 - Plano rojo-verde de todos los sistemas.
 - Inventario de equipos (archivo Batch Input diligenciado) completo.
 - Certificado de conformidad de las instalaciones eléctricas del proyecto según la respectiva reglamentación técnica de estipulados en el Código nacional de electricidad.
- c) Informe final de pruebas aprobado por el Supervisor.

Para los documentos entregables que conforman los requisitos para la expedición del certificado de recepción de obra, la empresa Contratista entregará todos los documentos en medio magnéticos a excepción de los protocolos de pruebas que serán entregados en medio magnéticos y tres (3) copias impresas.

Una vez culminadas las labores de montaje, será responsabilidad de la empresa Contratista, la entrega mediante acta, de todos los equipos y sistemas objeto de su alcance.

Durante la ejecución de las pruebas, energización y puesta en servicio de los equipos y sistemas, la empresa Contratista dispondrá de recursos tales como personal, maquinaria, herramientas y otros necesarios, para solucionar cualquier problema que se suscite como consecuencia de labores defectuosas de montaje.

5.19 Consideraciones finales

La empresa Contratista deberá considerar que luego de la puesta en servicio, las instalaciones tendrán un periodo de operación provisional durante un (1) mes, para lo cual deberán disponer de los recursos necesarios para atender cualquier eventualidad que se presente en la subestación, el tiempo de respuesta que se requiere por parte de la empresa Contratista para localizar los recursos en el sitio de la eventualidad es de máximo tres (3) horas.

CAPITULO VI

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SUMINISTRO

6.1 Introducción

6.1.1 Objetivo

Las presentes especificaciones técnicas tienen la finalidad de establecer el alcance y las condiciones para el suministro del equipamiento dentro de la nueva subestación de 20/15 MVA a diseñar.

El suministro de todos los equipos, materiales y accesorios deberán ser revisados y corroborados antes del envío a campo, de manera que durante el montaje en la Nueva subestación eléctrica no exista piezas faltantes. Los equipamientos a suministrar comprenden:

- Construir un pórtico de llegada y salida en 60 kV.
- Construir un sistema de barras simple en 60 kV.
- Construir una celda completa de llegada en 60 kV para la línea S.E. Villacurí – Nueva subestación 20/15 MVA.
- Construir una celda completa de salida en 60 kV para la línea Nueva subestación 20/15 MVA – S.E. Tacama en 60 kV.
- Construir una celda completa en 60 kV, para el transformador de potencia de 20/15 MVA (ONAF/ONAN).
- Construir una celda de llegada en 22,9 kV, tres celdas de salida y una de servicios auxiliares en 22,9 kV.

6.1.2 Nueva subestación eléctrica de 20/15 MVA

El equipamiento electromecánico de esta nueva subestación está constituido por:

a) Pórticos 60 kV

Están constituidos por:

- Dos (2), pórticos de línea (Tres Columnas y dos vigas).
- Dos (2), pórticos de barras simple (Cuatro Columnas y dos vigas).

Las características de diseño son las siguientes:

- Los pórticos serán reticulados, de perfiles de acero, galvanizados en caliente, empernados.
- Para las barras se proyecta conductor simple AAAC de 240 mm² de sección. Las bajadas a los equipos serán con el mismo conductor AAAC de 240 mm² de sección.
- Las cadenas de aisladores de anclaje estarán compuestas con aisladores de porcelana, según la norma IEC.
- Las cadenas de aisladores de suspensión estarán compuestas con aisladores de porcelana.

b) Equipos de patio 60 kV

El equipamiento requerido en esta instalación es el siguiente:

Dos (2) celdas de línea compuestas por:

- 01 interruptor de potencia de accionamiento tripolar.
- 01 seccionador de barras de accionamiento tripolar.
- 01 seccionador de línea, con cuchillas de puesta a tierra de accionamiento tripolar.
- 03 transformadores de tensión tipo capacitivo monofásico.
- 03 transformadores de corriente monofásico.
- 01 pórtico de línea, compuesto por dos columnas y una viga.

Una (1) celda de transformador de potencia compuesta por:

- 01 interruptor de potencia tripolar.
- 01 seccionador de barras tripolar.
- 03 pararrayos.
- 01 transformador de potencia de 20/15MVA (ONAF/ONAN) en 60/22,9 kV.

Una (1) celda de barras en 60 kV compuesta por:

- Tres (3), transformador de tensión capacitivo monofásico.
- Dos (2) pórticos, compuesto por dos columnas y una viga.
- Sistema de barras, conectores y ferretería asociados.

c) Equipos de patio 22,9 kV

Los equipos 22,9 kV a ser instalados al exterior son:

- Tres (3) pararrayos monofásicos.
- Barra de acometida 22,9 kV a transformador de potencia.

d) Celdas 22,9 kV

En la sala de celdas en 22,9 kV se ha previsto los siguientes equipamientos:

Una (1), celda de llegada de transformador de potencia, tipo UniGear ZS1, resistente al arco, conteniendo:

- Un (1) interruptor de accionamiento tripolar, extraíble.
- Tres (3), transformador de corriente monofásico.
- Tres (3), transformador de tensión monofásico.
- Un (1), medidor de potencia multifunción.

Tres (3), celdas de salida en 22,9 kV, tipo UniGear ZS1, resistente al arco, conteniendo:

- Un (1) interruptor de accionamiento tripolar, extraíble
- Tres (3), transformador de corriente monofásico.
- Un (1), transformador de corriente toroidal.
- Un (1), medidor de potencia multifunción.

Una celda de servicios auxiliares, conteniendo:

- Un (1), seccionador tipo fusible.

e) Cables de energía de potencia

En esta instalación están previstos:

- Tres (3) cables de energía, unipolar tipo N2XSY, 18/30 kV, entre el transformador de potencia y la celda de llegada en 22,9 kV.

f) Equipos en la sala de control

El equipamiento requerido en la sala de control es el siguiente:

Un (1), tablero de protección, control y medición de las líneas de 60 kV (llegada de la subestación eléctrica Villacurí y salida a subestación eléctrica Tacama), conteniendo:

- Un (1), panel de alarmas con 52 ventanas, tipo ME 3011.
- Dos (2), relé, multifunción, con funciones 50/51, 50N/51N, 67, 67N y 46, con pulsadores de mando a distancia del interruptor de potencia,
- Un (1), relé de distancia, multifunción, con funciones 21, 50/51, 50N/51N, 67, 67N.
- Bornera de pruebas para relé, tipo 4M300-AA o similar.
- Dos (2), medidores multifunción, tipo ION-7650.
- Dos (2), borneras de prueba de corriente, marca ABB.
- Dos (2), borneras de prueba de tensión, marca ABB.

Un (1), tablero de control y protección del transformador de potencia de 60/22,9 kV, conteniendo:

- Un (1), relé diferencial, con función 87T.
- Un (1), relé de bloqueo 86.
- Dos (2), relé de sobrecorriente, con funciones 50/51, 50N/51N, 67, 67N y 46, con pulsadores de mando a distancia del interruptor de potencia.
- Dos (2), bornera de pruebas para relé, tipo 4M300-AA o similar.
- Un (1), medidor multifunción, tipo ION-7650.
- Un (1), bornera de prueba de corriente, marca ABB.
- Un (1), bornera de prueba de tensión, marca ABB.

g) Cables de control

Todos los cables de control serán del tipo apantallado.

6.2 Alcances

El presente expediente técnico está conformado por:

- Las especificaciones técnicas generales.
- Las especificaciones técnicas particulares por equipo o elemento.

- Las tablas de datos técnicos garantizados.

Las especificaciones técnicas por equipo o elemento principal se toman de [10] las mismas que son completadas con detalles aclaratorios o específicos, por cada equipo, donde corresponda.

6.3 Especificaciones técnicas generales

6.3.1 Extensión de las prestaciones

Las prestaciones técnicas de la empresa Contratista, sin ser limitativas, son las siguientes:

- La elaboración de planos y esquemas para fabricación, montaje, esquemas de principio y esquemas funcionales.
- La fabricación y suministro de materiales.
- El montaje de elementos en los talleres.
- Entrega de protocolos de pruebas tipo y pruebas individuales de cada equipo.
- El embalaje, trámites para embarque, transporte, desembarque y descarga en campo.
- Movilidad y estadía del personal técnico que realizara el montaje en campo.
- Entrega de planos de construcción y esquemas revisados “Conforme a obra – AS BUILT”.
- Carta de garantía, que comprenderá equipos, materiales y/o accesorios de reemplazo, ejecución de instalación en campo.

Toda la documentación referida a catálogos de fabricación, montaje, operación, mantenimiento y notas en los dibujos deberán escribirse en idioma español.

6.3.2 Presentación de ofertas

La propuesta técnica del(los) postor(es) deberá incluir la siguiente información:

a) Información técnica

El postor deberá adjuntar las tablas de datos técnicos garantizados de los materiales y equipos, los mismos que deberán ser debidamente completadas y llenadas. La falta de alguno de los datos en las tablas no exime al fabricante de indicarlo y considerarlo.

El fabricante deberá adjuntar planos, manuales de operación y mantenimiento, adicional a ello debe adjuntar cualquier otro documento adicional que ilustre y exprese ampliamente el diseño y apariencia del equipo que ofrece.

En todos los documentos referidos al suministro, incluyendo los documentos contractuales, se deberá utilizar el sistema métrico internacional de medidas.

b) Lista de referencias

Los postores deben entregar una lista de referencia, donde se evidencie la instalación de equipos similares a suministrar en empresas de gran prestigio, con documentación certificada que indique la fecha de instalación y su buen funcionamiento.

6.3.3 Planos y manuales de fabricación, operación y mantenimiento

El fabricante de los equipos y/o materiales entregará al supervisor de la obra, todos los manuales detallados de operación, mantenimiento y planos detallados a escala (no menos de 1/25) de cada uno de los equipos y/o materiales suministrados, los que serán utilizados durante el montaje y operación, de la misma manera los tipos y cantidades de repuestos y accesorios necesarios en equipos primarios y tableros electromecánicos.

El número de copias y juegos de los planos, esquemas y manuales deberán estar indicados en la oferta y como mínimo deberán ser cinco (5) juegos completos.

Si alguno de los planos, esquemas o cálculos realizados es observado o rechazado por el supervisor de obra, el fabricante deberá:

- Realizar las correcciones en los planos, esquemas y cálculos observados.
- En caso de ser rechazado, rehacer el dibujo, esquemas y cálculos, y posterior a ello nuevamente someterlo a la revisión del supervisor de obra.

6.3.4 Características generales de los equipos

Los equipos para suministrar en el proyecto deberán contemplar lo siguiente:

- Los equipos y materiales deberán tener protección adecuada para instalación a la intemperie.
- Todo equipo deberá contemplar partes intercambiables por desgaste.
- Deberán suministrarse los accesorios adecuados para a lubricación de las partes en piezas que lo requieran.
- Los líquidos para la refrigeración de todas aquellas partes que conducen

corrientes serán los adecuados para evitar que la temperatura se eleve por encima de los límites establecidos en las normas.

- Debe evitarse el uso de fierro fundido para todos los equipos que pudieran estar sometidos a esfuerzos de alto impacto.
- Todos los motores eléctricos que se suministren en el presente proyecto deberán tener la capacidad de operación a plena carga y en forma continua con tensiones entre el 90 % y el 110 % de su valor nominal.

6.3.5 Galvanizado, pintura y oxidación

Los materiales y equipos galvanizados deberán:

- Ser galvanizados en caliente, de acuerdo a normas ASTM o VDE.
- Ser trabajados o maquinados completamente antes del galvanizado.
- Tener la capa de zinc depositado en forma uniforme, libre de excoiraciones, cangrejas o cualquier otra deformación que dañe el equipo.
- La capa de zinc depositado deberá tener un espesor mínimo equivalente a 610 gramos de zinc por m² de superficie; se debe evitar que sea inferior a 80 micrones de espesor.

Debido al ambiente altamente contaminado, todo componente o parte metálica de un equipo que esté expuesto a la acción del medio ambiente, de preferencia deberá ser de acero inoxidable, bronce o metal blanco, según corresponda, y deberán estar pintados para evitar adherencias debidas a la oxidación o corrosión.

6.3.6 Vibraciones en equipos

Todos los equipos que se suministren para el proyecto deberán estar fabricados para operar con el mínimo ruido permitido y sobre todo sin vibraciones indebidas.

Todas las estructuras suministradas (pórticos y soportes de los equipos, etc.), incluyendo los anclajes para el transformador de potencia, deberán operar con una aceleración horizontal de 1 grado y vertical de 0,3 grados, actuando separadamente como máximo.

Los relés de protección instalados en la sala de control deberán operar de manera satisfactoria con oscilaciones de 1 a 10 Hz, con amplitudes menores o iguales a 10 mm, considerando aceleraciones de trabajo hasta 0,6 grados.

6.3.7 Ventilaciones

Los armarios, cajas y otros compartimentos cerrados, que formen parte del presente suministro, deberán tener una adecuada ventilación, de manera que se garantice una mínima condensación. De ser necesario el fabricante deberá suministrar calefactores y/o equipos similares para regular la temperatura y humedad si el caso lo amerita.

Todas las aberturas de ventilación deberán estar equipados con mallas para evitar el ingreso de roedores y/o otras especies no deseadas.

6.3.8 Materiales utilizados en los equipos

Todos los materiales y accesorios usados en la fabricación de los equipos y materiales a suministrar deberán ser nuevos, de preferencia sea la de mejor calidad dentro de su clase y libres de defectos e imperfecciones.

6.3.9 Tableros y celdas

Todos los tableros y celdas eléctricos suministrados serán de una construcción robusta, por lo que la plancha de acero para su fabricación deberá tener como mínimo 2 mm de espesor, adicional a ello todas los tableros y celdas deberán estar preparados para fijarlos al piso, canaletas o a un equipo o estructura soporte.

6.3.10 Cableado eléctrico

El cableado que se instale en y entre los equipos y tableros será ejecutado con cables de control de cobre electrolítico recocido, cableados, apantallados, multifilares, del tipo N2XSY, para una tensión de servicio de 1000 V y una temperatura de operación de 80° C.

Para los circuitos de tensión y corriente se utilizará conductores con sección mínima de 4 mm², para el circuito de control y mando se utilizará conductores con sección mínima de 2,5 mm² y de 1,5 mm² para los circuitos de alarmas, en haces de 2, 4, 7 o 12 conductores.

Todos los conductores deberán llevar etiquetas, cintas o cualquier otra marca de señalización aceptada por las normas vigentes y aprobados por el supervisor de obra, deberán estar rotulados mediante código los mismos que deberán aparecer en los planos y esquemas, en todos los casos, se deberá dejar una porción de cables como reserva en cantidad suficiente, el cual permita realizar una rápida reparación en caso de falla y o avería del conductor.

6.3.11 Acceso a talleres y laboratorios

Los fabricantes que suministren los equipos permitirán a los supervisores y personal autorizado por el propietario el acceso a sus talleres y/o laboratorios, durante las horas normales de trabajo para efectuar inspecciones y verificaciones, los mismos que deberán ser programadas con anticipación.

6.3.12 Invocatoria y presencia de los supervisores

El supervisor de obra o personal autorizado por el propietario será informado continuamente y de manera clara sobre los avances de producción y programación de pruebas, de manera que pueda asistir.

El fabricante comunicará por escrito al supervisor con quince (15) días calendarios de anticipación, donde indicará el lugar y la hora para el desarrollo de las inspecciones, verificaciones o pruebas programadas, el supervisor comunicará al fabricante con un tiempo no menor a cinco (5) días su disponibilidad para asistir a las inspecciones o pruebas a realizar.

6.3.13 Planificación de fabricación de los materiales y equipos

El fabricante preparará en forma detallada al supervisor de obra, su programa de fabricación. En donde deberá especificarse claramente el inicio y fin de cada una de las actividades a desarrollar durante el proceso de fabricación.

6.3.14 Pruebas tipo y de rutina de materiales a suministrar

Se realizará pruebas tipo a los materiales a suministrar en el proyecto, donde se deberá demostrar que el material a ser cumple con las normas y especificaciones aprobados.

Los protocolos de pruebas realizadas deberán estar firmados y sellados por un laboratorio nacional o internacional aceptado por el supervisor de obra.

Las pruebas de rutina de los materiales y accesorios que sean parte de la fabricación de los equipos se llevarán a cabo sobre dos muestras de un lote global y según especificaciones de las normas vigentes. Los componentes que no superen las pruebas de rutina serán excluidos de todo el grupo, y por ningún motivo deberán ser utilizados durante la fabricación de los equipos.

El costo de todas las inspecciones o pruebas a realizar deberán ser incluidos en los precios cotizados, con excepción de las inspecciones o pruebas fuera de la lista aprobada inicialmente por el supervisor según las especificaciones técnicas de los equipos, los mismos que podrán ser facturados al propietario siempre y cuando los resultados de las pruebas tengan valores satisfactorios.

6.3.15 Constancia de supervisión de pruebas

Todas las inspecciones, verificaciones o pruebas a los equipos suministrados por el fabricante, serán redactados y plasmados en un documento que será anotada y firmada en duplicado por ambas partes, quedando una copia para el supervisor de obra y el otro para el fabricante.

El documento deberá detallar los resultados de las pruebas efectuadas o las observaciones encontradas durante la inspección o verificación.

En el caso de que el supervisor de obra no pueda asistir a la inspección y/o pruebas programadas, podrá pedir la aceptación y/o aprobación del equipo y/o material por escrito. El supervisor deberá responder dentro de los diez (10) días siguientes, dando su aprobación o expresando sus reservas. Si el supervisor no responde durante el plazo establecido el fabricante dará por aceptado el equipo y/o material.

6.3.16 Embalaje de equipos y materiales

Todos los equipos y materiales deberán ser embalados en forma muy cuidadosa y por separado, formando unidades bien definidas que permitan su fácil identificación y transporte, los embalajes deberán asegurar una adecuada protección contra un posible deterioro mecánico o debido a las condiciones climatológicas que exista en el lugar durante el traslado hasta el sitio donde se realizara el montaje o durante el tiempo de almacenamiento en campo.

Las piezas sueltas deberán estar marcadas para su correcta identificación, indicando explícitamente a qué parte del equipo pertenecen.

Si el material de embalaje es de madera, deberán estar sólidamente construidas y por ningún caso, deberán utilizar madera con espesor menores a 25 mm.

Cada caja que contenga materiales o accesorios deberá incluir necesariamente una lista de embarque (Parking List), en el cual se debe detallar el contenido de cada paquete o cajón, indicando claramente el número de orden de compra, pesos netos y brutos, dimensiones de los cajones y equipos (incluyendo piezas de repuesto) en sobre

impermeabilizado, el cual deberá ser remitido al supervisor de obra con un tiempo de anticipación de quince (15) días antes de la fecha de arribo del embarque.

Cada caja o paquete deberá llevar impresa una leyenda, donde deberá estar identificado el propietario, lugar de destino, medio de transporte, dimensiones y pesos, así como recomendaciones para un adecuado transporte y almacenamiento.

6.3.17 Repuestos

El fabricante deberá suministrar materiales, accesorios de equipo como repuesto, el cual deberá garantizar una operación de estos por diez (10) años, el costo que involucre el suministro de ellos materiales deberá ser indicado en la cotización inicial.

Los repuestos deberán estar embalados en forma separada y entregado en paquetes o cajas adecuados para su almacenamiento por períodos prolongados.

6.3.18 Embarque, transporte y montaje

El fabricante será responsable del traslado de los equipos y materiales hasta el sitio indicado de instalación en campo o el lugar indicado por el propietario, por lo que es responsabilidad del fabricante lo siguiente:

- Embalaje, carga y transporte desde el lugar de fabricación hasta el puerto de embarque.
- Descarga y tramites a realizar en aduana para el retiro de equipos y materiales.
- Transporte desde puerto de embarque hasta lugar de instalación en campo.
- Instalación de campamento y oficinas en lugar de obra.
- Supervisión durante el montaje y puesta en servicio de equipos y tableros.
- Suministro de herramientas especiales y necesarios para el montaje y mantenimiento de los equipos.

6.4 Especificaciones técnicas particulares

Los equipos y materiales deberán cumplir las especificaciones técnicas particulares indicados en [10].

A continuación, se especifican las características particulares, divergencias, aclaraciones, etc., respecto de las especificaciones técnicas particulares, de cada equipo o elemento principal.

6.4.1 Transformador de potencia

Respecto de la “Especificación técnica ETS – SE – 01” de la norma [10], se tiene las siguientes características:

a) Tipo

El transformador de potencia será para servicio en el exterior, los arrollamientos estarán sumergidos en aceite y deberán ser diseñados para trabajar con dos (02) etapas de enfriamiento:

- ONAN, Circulación natural en aceite y aire.
- ONAF, Circulación forzada de aire mediante ventiladores.

Toda la estructura deberá tener un sellado hermético y deberán estar previstos de todos los materiales y accesorios para su instalación.

b) Condiciones de operación

- El transformador será diseñado para que suministre toda la potencia en forma continua y garantizada, los que se deberán cumplir en todas las tomas de regulación y en las etapas de enfriamiento ONAN y ONAF.
- Todas las piezas serán fabricadas con dimensiones exactas y precisas de manera que permita su intercambiabilidad.
- El transformador y su equipo de refrigeración deberán funcionar con un nivel de ruido en condiciones de plena carga que no exceda lo establecido por la norma internacional “IEC 60076 Power Transformers”.

c) Requerimientos de diseño y construcción

c.1) Núcleo

- El armazón que soporta el núcleo deberá estar preparado con una estructura reforzada que permita una resistencia mecánica adecuada y no presente deformaciones permanentes en ninguna de sus partes, deberá estar diseñado y construido de tal manera que quede sujeto al tanque de manera efectiva mediante ocho (08) puntos como mínimo, tanto en la parte superior como en la inferior del transformador de potencia.
- El núcleo debe tener una construcción que garantice una reducción al mínimo de

las corrientes parásitas. Estará fabricado con láminas de acero recubiertos con una capa de silicio de alto grado de magnetización, de manera que garantice bajas pérdidas por histéresis y presente alta permeabilidad. Cada lámina deberá estar cubierto con material aislante resistente al aceite caliente.

- El circuito magnético deberá tener una conexión efectiva a tierra con el tanque y las estructuras de ajuste del núcleo, de tal forma que permita un fácil retiro del núcleo, la conexión deberá estar efectuado mediante cable de cobre y conectores adecuados, dicha conexión deberá ser desde la parte superior del núcleo a la cubierta interior del tanque, a una distancia de 60 cm. o menos de la escotilla de inspección.
- Las columnas y mordazas deberán formar una sola pieza estructural, reuniendo la suficiente resistencia mecánica para conservar su forma y de esta manera proteger los arrollamientos contra daños originados por el transporte o en operación durante un cortocircuito.
- El Postor deberá presentar con su oferta una descripción detallada de las características técnicas del núcleo, de los arrollamientos del transformador y de la fijación del núcleo al tanque.
- Se proveerán de asas de izado u otros medios para levantar convenientemente el núcleo con los arrollamientos sin que estos sufran daños, evitando que durante estas operaciones se generen esfuerzos inadmisibles al núcleo o a su aislamiento.

c.2) Aisladores pasatapas y Cajas terminales para cables

- Los aisladores pasatapas deberán ser fabricados siguiendo los procedimientos establecidos en la norma “IEC 60076 Power Transformers”.
- Todos los aisladores pasatapas serán fabricados con material de porcelana distribuidos homogéneamente, libre de cavidades o burbujas de aire y color uniforme.
- El cierre debe ser hermético para cualquier condición de operación del transformador. Todas las piezas instaladas en los aisladores pasatapas deberán estar compuestos totalmente con materiales no higroscópicos, a excepción de las empaquetaduras que pueden quedar expuestas a la acción de la atmósfera.

c.3) Arrollamientos

- Una vez que las bobinas y el núcleo estén completamente ensamblados, deberán secarse al vacío e inmediatamente después impregnarse de aceite dieléctrico.
- El aislamiento de los conductores de cobre deberá estar formado de base de papel de alta estabilidad térmica y resistencia al envejecimiento. Adicionalmente se podrá dar a los arrollamientos un baño de barniz, con el objeto de aumentar su resistencia mecánica.
- La conexión de los arrollamientos a los bushings o aisladores pasa tapas deberán ser por tubos guías y sujetos rígidamente para evitar daños por vibraciones.

c.4) Tanque y acoplamientos

- El tanque del transformador de potencia deberá estar construido con chapas de acero de bajo porcentaje de carbón, de alta graduación comercial y adecuada para soldarse, todas las partes fijadas al tanque deben estar unidas por soldadura.
- La tapa del tanque deberá estar empernado, en ella se dispondrá de una abertura con tapa atornillada, que permita el fácil acceso de una persona al extremo inferior de los aisladores pasatapas. Todas las aberturas necesarias se harán de dimensiones apropiadas, rectangulares circulares, pero de acuerdo con la capacidad y aislamiento del transformador.
- El tanque y cualquier compartimiento conectado con él que esté sujeto a las presiones de operación y todas las conexiones, juntas, etc., fijadas al tanque, deberán estar diseñadas para soportar una presión interna de 0,15 MPa y que a su vez esto no genere fugas o deformación permanente.
- Las conexiones y uniones de tuberías al tanque conservador deberán estar provistas de bridas, y las conexiones de tuberías para el sistema de enfriamiento del aceite deberán estar provistos de válvulas de separación, los mismos que deberán estar instalados adyacentes al tanque conservador y a las tuberías de distribución, todas las válvulas tendrán un indicador de posición el cual en conjunto con la válvula deberán estar fijados mediante pernos.
- El tanque deberá estar provistos con borneras de cobre para la conexión de puesta a tierra, los mismos que deberán estar ubicados en los extremos opuestos de la parte inferior del tanque. Para la conexión al sistema de puesta a tierra se deberá utilizar conductor de cobre con sección mínima de 70 mm².
- El tanque del transformador contará con los siguientes equipos como mínimo:

- Válvula para descarga de sobrepresión de alta calidad, el mismo que deberá estar ajustada en 0,05 MPa de sobrepresión interna.
- Grifos para el retiro de aceite, con dimensiones de 19 mm de diámetro, tipo "gas" instalados apropiadamente en el tanque del transformador.
- Válvulas para realizar el tratamiento del aceite dieléctrico, los mismos que deberán estar situados uno en la parte superior y el otro en la parte inferior del tanque.
- Para la conexión de las tuberías al relé Buchholz, se deberá utilizar válvulas de 3 vías.

c.5) Base

- La base del tanque deberá ser construida de manera tal que el centro de gravedad del transformador no esté fuera de los miembros de soporte del tanque cuando el transformador se incline a un Angulo 15° respecto al plano horizontal. La base será tipo plataforma plana, deberá estar provista de apoyos para la colocación de gatos hidráulicos que permitan una movilidad horizontal del transformador.
- La base poseerá ruedas que sean orientables hechos de acero forjado o fundidos, de pestaña delgada, dispuestas en forma adecuada para rodar sobre vía de rieles instalados en dirección longitudinal y/o transversal, las ruedas deberán estar fijados a la base del transformador.

c.6) Equipo de Enfriamiento

- El transformador deberá estar equipado con un sistema de enfriamiento natural (ONAN) o forzado (ONAF) según sea la carga del transformador.
- El sistema de enfriamiento del transformador deberá ser suministrado en forma completa con todas sus piezas y accesorios, de manera que permita un montaje fácil en campo.
- El transformador de potencia estará provisto de dos juegos apropiados de radiadores, los mismos que deberán ser independientes entre sí.

c.7) Tanque conservador de aceite

- En el tanque conservador se instalará un diafragma para evitar un contacto directo entre el aceite y el aire.

- El diafragma a instalar estará compuesto por goma de nitrilo y deberá tener un diseño de forma que se evite el estar sometido a esfuerzos mecánicos perjudiciales al nivel máximo o mínimo del aceite en el conservador. El tanque conservador deberá tener la capacidad para que el aceite no descienda por debajo del nivel de los flotadores del relé Buchholz.
- El tanque conservador deberá estar equipado con:
 - o Un tapón de drenaje.
 - o ganchos para izaje.
 - o Válvulas para sacar muestras de aceite.
 - o Ventana para observación del diafragma y abertura para el indicador de nivel.
- El relé Buchholz deberá estar instalado entre el tanque principal y el tanque conservador de aceite, el cual deberá estar perfectamente nivelado. La tubería de conexión deberá tener una pendiente tal que facilite el flujo de gas hacia el tanque conservador.
- El Relé Buchholz estará equipado con equipos que permitan tomar muestras de los gases acumulados.

c.8) Conmutador de Tomas Bajo carga

- El conmutador de tomas bajo carga deberá estar equipado con un selector para tomas, un interruptor sumergido en aceite, y con equipamientos para una operación remota, la fabricación y operación del conmutador deberá seguir los lineamientos especificados en la norma IEC 60214.
- El diseño deberá ser robusto para una operación a la intemperie y deberá seguir las especificaciones presentes en [10].
- El conmutador bajo carga será diseñado para soportar todas las pruebas eléctricas a realizarse a los devanados de conexión.

Adicionalmente el conmutador de tomas bajo carga tendrá las siguientes características:

- o La cantidad de tomas deberá estar indicado en forma clara en las tablas de datos técnicos garantizados.
- o Deberán estar equipados para operar en forma automática, manual y remota.

c.9) Aceite para el transformador de potencia

- El fabricante deberá suministrar todo el aceite requerido por el transformador, más una reserva indicado por el propietario, el aceite de reserva deberá ser suministrado en conjunto con el transformador y deberán estar envasados en cilindros de acero herméticamente cerrados.
- El aceite dieléctrico deberá cumplir con todos los procedimientos establecidos en la Norma IEC-60296.

c.10) Cableado de control y Circuitos auxiliares

- Todos los cables para suministrar deberán ser fabricados con conductor de cobre cableado con aislamiento de PVC o equivalente libres de halógeno, para una tensión máxima de servicio de 1000 V.
- Todos los cables que interconecten circuitos distintos deberán estar instalados en cajas de paso y mediante tubos de acero galvanizado.

d) Accesorios y materiales para suministrar

Los siguientes accesorios deberán ser suministrados junto con el transformador de potencia.

- Indicadores del nivel de aceite
- Relés Buchholz
- Dispositivos de Detección de temperatura
- Relé de Sobrepresión
- Regulador de Tensión
- Válvulas para descarga por sobrepresión
- Válvulas y Grifos
- Tableros y cajas de conexión
- Placas y rótulos de identificación

Todos los materiales y accesorios suministrados por el fabricante deberán cumplir las especificaciones indicadas en la referencia [10].

6.4.2 Interruptor de potencia

Respecto de la “Especificación técnica ETS – SE – 02” de la norma [10], se tiene las siguientes características:

a) Características de operatividad

Los interruptores de potencia serán de accionamiento tripolares para trabajos al exterior, del tipo tanque vivo con cámara de extensión mediante hexafluoruro de azufre (SF6).

El sistema de mando y el sistema de control serán diseñados para operar con tensiones de 220 Vdc.

b) Requerimientos de diseño y construcción

b.1) Conducción de la corriente eléctrica

- Todos los componentes que sean capaces de conducir energía deberán tener la capacidad de soportar la corriente nominal de diseño sin sufrir daños. El diseño deberá ser tal que la resistencia de contacto entre terminales sea de muy bajo valor, en el orden de los 50 μ seg.

b.2) Mecanismo de interrupción del arco

- El mecanismo para interrupción por arco eléctrico deberá tener la capacidad de interrumpir niveles de corrientes elevados, incluso superando la corriente nominal de diseño, para ello se deberá considerar un factor de seguridad y un BIL adecuado.

b.3) Aislamiento

- Los aisladores en los interruptores de potencia deberán ser fabricados de porcelana, y tener una longitud de línea de fuga lo suficiente como para despejar fallas eléctricas sin que ello provoque daños en los mecánicos internos del equipo.
- Los aisladores de los interruptores de 24 kV pueden ser de un material diferente a la porcelana.

b.4) Mecanismos

Mecanismo general

- Los interruptores de potencia a instalar deberán tener sistema de operación local y remoto, así como mecanismo para bloqueo en forma eléctrica y mecánica.

Mecanismo de apertura y cierre

- El mecanismo de apertura deberá ser diseñado de manera que, ante una señal por protección, realice un disparo de manera rápida y limpia, verificando la posición del interruptor si esta se encuentra en un estado de cerrado o parcialmente cerrado.
- El mecanismo de cierre deberá ser diseñado en forma independiente al mecanismo de apertura y deberá ser capaz de quedar sin energía una vez terminado la maniobra.
- Los interruptores deberán estar preparados para realizar la carga manual del resorte en caso de fallar la alimentación del motor, permitiendo realizar un ciclo completo de operación Abierto - Cerrado/Abierto (O-CO).

b.5) Caja de control

- Las cajas de control deberán ser para operación a intemperie y deberá estar equipado con dispositivos de calefacción para reducir la humedad relativa al nivel tolerado por los equipos.
- En la caja de control, se deberá instalar un equipo contador de operaciones.

b.6) Fluido extintor, Gas hexafluoruro de azufre (SF6)

- El medio de extinción mediante gas SF6 deberá tener una adecuada calidad de manera que se mantenga el poder de corte en valores nominales hasta un grado de tiempo admisible sin la necesidad de tener que cambiar el SF6.
- El interruptor de potencia deberá estar suministrado con accesorios de protección y alarma contra pérdidas lentas y súbitas de gas, de modo que el equipo no accione debajo de valores nominales y evitar una inoperatividad.
- Se deberá suministrar un juego completo de gas hexafluoruro de azufre SF6 en balones metálicos, así como las herramientas y accesorios para llenado de SF6.

b.7) Resistencia mecánica

- Los interruptores de potencia deberán estar diseñados mecánicamente para soportar diversos esfuerzos tales como:

- Fuerzas de tracción longitudinal y transversal por acción del viento.
- Fuerzas electrodinámicas por presencia de cortocircuitos en el sistema.

b.8) Contactos auxiliares

- Los interruptores de potencia estarán provistos de contactos auxiliares, cuya cantidad mínima será de:
 - Diez (10) contactos normalmente abiertos.
 - Diez (10) contactos normalmente cerrados.

b.9) Estructuras de soporte de interruptores de potencia

- Deberán estar fabricados con acero galvanizado y deben soportar los esfuerzos mecánicos y sísmicos establecidos en el presente proyecto y el diseño contemplará la unión de sus partes estructurales y mecánicas que permita transmitir los esfuerzos producidos en dirección a la cimentación.
- El fabricante o postor ganador de la licitación deberá suministrar todas las partes de manera que permita armar toda la estructura completa en el punto de instalación definido por el supervisor de obra, para tal fin deberá suministrar todos los pernos de anclaje de la cimentación y accesorios.

b.10) Conectores y terminales

- Los conectores terminales para fijación a los conductores deberán ser a prueba de efecto corona y con capacidad de soportar corriente mayor que la nominal de diseño, de manera que se evite calentamientos excesivos con temperaturas superiores a los 30°C.

c) Accesorios y herramientas

Los siguientes accesorios y herramientas deberán ser suministrados por cada interruptor de potencia:

- Placa de identificación.
- Válvulas e instrumentos para medición de presión y temperatura de operación.
- Indicadores de Posición Mecánicos (rojo y verde).
- Argollas o ganchos para el Izaje y desmontaje en campo.
- Terminal de Puesta a Tierra con conector para conductor de cobre cableado de

70 mm² a 120 mm² de sección.

- Planos, esquemas y manuales de operación y mantenimiento.
- Otros accesorios.

6.4.3 Seccionadores de potencia

Respecto de la “Especificación técnica ETS – SE – 03” de la norma [10], se tiene las siguientes características:

a) Mecanismo de operación

Los seccionadores de potencia serán de accionamiento tripolar para trabajos al exterior, deberán estar provistos con un mecanismo de operación mediante aislador giratorio del tipo apertura central mediante cuchillas de material de cobre.

Los aisladores rotatorios estarán unidos mediante varillaje o tubos instalados en la base de los aisladores, Las varillas o tubos de accionamiento deberán estar fabricados de acero inoxidable y bujes de bronce.

El sistema de mando y el sistema de control serán diseñados para operar con tensiones de 220 Vdc.

Los seccionadores de una tensión máxima de servicio de 72,5 kV tendrán mecanismo de accionamiento manual y motorizado del tipo tripolar, para el caso de los seccionadores de línea, el mecanismo de operación deberá ser en forma manual.

b) Requerimientos de diseño y construcción

b.1) Contactos

- Los contactos de los seccionadores de potencia deberán ser fabricados con materiales que permitan una operación continua a una corriente y frecuencia nominal y a las operaciones bruscas de apertura y cierre sin sufrir daños severos durante un tiempo permitido.
- Deberán ser auto alienable, plateado y construido de un material no ferroso de alta conductividad que permitan un contacto de alta presión de conexión, será, además, robustos, balanceados y estables frente a los efectos de las corrientes de cortocircuito.

b.2) Aisladores soporte

- Deberán tener suficiente resistencia mecánica para soportar los esfuerzos de tracción longitudinal y transversal por el viento, asimismo debidos a las operaciones de apertura y cierre; así como la presencia de cortocircuitos que se pueda presentar en el sistema.

b.3) Sistema de enclavamiento

- El seccionador de potencia deberá tener un sistema de enclavamiento eléctrico y mecánico para operación de apertura y cierre solo cuando el interruptor de potencia se encuentre abierto.
- Deberá tener un sistema de bloqueo para que solo se de una maniobra que puede ser manual o eléctrico, pero no ambos.
- En los seccionadores de línea se tendrá un sistema de bloqueo mecánico para los contactos entre fase y los de tierra asociada al mismo equipo.

b.4) Mecanismos giratorios

- Todos los mecanismos giratorios en los seccionadores deberán estar contruidos de acero estructural, galvanizado en caliente, al igual que todos los componentes para el accionamiento. Las partes galvanizadas se efectuarán de acuerdo con las especificaciones en la norma ASTM-A-153.

b.5) Caja de control

- La caja de control deberá estar preparado para trabajos a la intemperie, en su interior deberán estar implementados los mecanismos para operación manual y eléctrico, contactos auxiliares, sistema de calefacción eléctrico a 220 Vac, la caja de control deberá estar implementado de manera que se pueda acoplar a la estructura del seccionador.

c) Accesorios y herramientas

Los siguientes accesorios y herramientas deberán ser suministrados por cada seccionador de potencia:

- Placa de identificación.
- Indicadores de Posición Mecánicos.
- Argollas o ganchos para el Izaje y desmontaje en campo.

- Terminal de Puesta a Tierra con conector para conductor de cobre cableado de 70 mm² a 120 mm² de sección.
- Planos, esquemas y manuales de operación y mantenimiento.
- Otros accesorios.

6.4.4 Transformador de tensión

Respecto de la “Especificación técnica ETS – SE – 04” de la norma [10], se tiene las siguientes características:

a) Requerimientos de diseño y construcción

Los transformadores de tensión deberán estar capacitados para trabajar a una tensión máxima de servicio de 72,5 kV, serán del tipo capacitivo, con aislamiento de papel sumergido en aceite, los aisladores exteriores estarán fabricados de porcelana y con suficiente línea de fuga de manera que evite alguna descarga eléctrica.

El transformador de tensión deberá tener la capacidad de operar a la frecuencia nominal del sistema y a 110% de la tensión nominal.

a.1) Aislamiento

- El aislamiento de los transformadores de tensión deberán cumplir con lo estipulado en [10] de manera que asegure una operación continua en conexiones entre fases y entre fase y tierra.
- Los aisladores exteriores serán de material de porcelana, color marrón y con acabado uniforme con proceso que permita una composición libre de burbujas o cavidades de aire.

a.2) Clase de precisión

- La Clase de precisión para los núcleos de medición y protección no deberán superar los valores indicados en las tablas de datos garantizados y esta a su vez deberá estar en conformidad a lo indicado en [10].

a.3) Identificación de terminales

- En los terminales del equipo se deberá rotular de manera que sea visible la identificación de la polaridad en el núcleo primario y secundario del transformador de tensión.

b) Accesorios y herramientas

Los siguientes accesorios y herramientas deberán ser suministrados por cada transformador de tensión:

- Placa de identificación.
- Caja de agrupamientos con protección a intemperie por cada 03 transformadores de tensión.
- Ferrería para coenxion de terminales.
- Soporte metálico para montaje de transformador de tensión.
- Argollas o ganchos para el Izaje y desmontaje en campo.
- Terminal de Puesta a Tierra con conector para conductor de cobre cableado de 70 mm² a 120 mm² de sección.
- Planos, esquemas y manuales de operación y mantenimiento.
- Otros accesorios.

6.4.5 Transformador de corriente

Respecto de la “Especificación técnica ETS – SE – 05” de la norma [10], se tiene las siguientes características:

a) Requerimientos de diseño y construcción

Los Transformadores de corriente deberán soportar tensiones máximas de operación de 72,5 kV, serán de relación múltiple en el primario y con núcleos de protección y medición en el secundario. Deberán tener la capacidad de operar a la intemperie.

a.1) Aislamiento

- El aislamiento de los transformadores de corriente deberán cumplir con lo estipulado en [10] de manera que asegure una operación continua en conexiones entre fase y tierra.
- Los aisladores exteriores serán de material de porcelana, color marrón y con acabado uniforme con proceso que permita una composición libre de burbujas o cavidades de aire.

a.2) Corrientes por cortocircuitos en operación

- Todos los transformadores de corriente deberán soportar esfuerzos térmicos y

mecánicos producidos por corrientes de cortocircuitos durante un segundo conforme a lo indicado en [12] y [13], las temperaturas encontradas en operación no deberán superar lo indicado en la norma IEC 60185.

a.3) Identificación de terminales

- En los terminales del equipo se deberá rotular de manera que sea visible la identificación de la polaridad en el núcleo primario y secundario del transformador de corriente.

c) Accesorios y herramientas

Los siguientes accesorios y herramientas deberán ser suministrados por cada transformador de corriente:

- Placa de identificación.
- Caja de agrupamientos con protección a intemperie por cada 03 transformadores de corriente.
- Caja para conexión de cables en el secundario.
- Ferretería para conexión de terminales.
- Soporte metálico para montaje de transformador de corriente.
- Argollas o ganchos para el izaje y desmontaje en campo.
- Terminal de Puesta a Tierra con conector para conductor de cobre cableado de 70 mm² a 120 mm² de sección.
- Planos, esquemas y manuales de operación y mantenimiento.
- Otros accesorios.

6.4.6 Pararrayos

Respecto de la “Especificación técnica ETS – SE – 06” de la norma [10], se tiene las siguientes características:

a) Requerimientos de diseño y construcción

Los pararrayos para proteger los equipos de alta tensión serán fabricados con bloques de óxido de zinc (ZnO) y deberán estar preparados para operar a la intemperie.

En las tablas de datos técnicos garantizados se indica las características para los pararrayos a instalarse en 60 y 22,9 kV.

a.1) Aislamiento exterior

- El aislamiento de los pararrayos deberán cumplir con lo estipulado en [10] de manera que asegure una operación continua en conexiones entre fase y tierra.
- Los aisladores exteriores serán de material de porcelana, color marrón y con acabado uniforme con proceso que permita una composición libre de burbujas o cavidades de aire a prueba de humedad.
- El material de fabricación deberá permitir soportar esfuerzos de origen mecánico y eléctrico, con una línea de fuga que permita una adecuada disipación de energía.

b) Accesorios

Los siguientes accesorios y herramientas deberán ser suministrados para cada juego de pararrayos.

- Placa de identificación.
- Contador de descargas (uno por cada pararrayos).
- Ferrería para conexión de terminales.
- Argollas o ganchos para el Izaje y desmontaje en campo.
- Terminal de Puesta a Tierra con conector para conductor de cobre cableado de 70 mm² a 120 mm² de sección.
- Para los pararrayos en 60 kV se deberán suministrarse con un soporte metálico, el cual deberá incluir todos los pernos y accesorios para una adecuada fijación del equipo.
- Para los pararrayos en 22,9 kV no es necesario suministrar la estructura de soporte metálico.
- Planos, esquemas y manuales de operación y mantenimiento.
- Otros accesorios.

6.4.7 Aisladores de suspensión y anclaje de porcelana para subestaciones de potencia

Respecto de la “Especificación técnica ETS – SE – 15” de la norma [10], se tiene las siguientes características:

a) Características constructivas

Los aisladores de suspensión y anclaje a instalarse en la subestación eléctrica serán fabricados de porcelana de superficie exterior y acabado uniforme con proceso que permita una composición libre de burbujas o cavidades de aire a prueba de humedad.

La ferretería para instalación deberá ser de acero galvanizado, todos los herrajes deberán ser de material resistente a la corrosión por la alta contaminación de la zona de instalación.

Los aisladores serán instalados en una zona de fuerte contaminación, de manera que se requiere una distancia de fuga mínima específica de 31 mm/kV.

Las características técnicas de todos los aisladores deberán seguir las recomendaciones indicadas en [10].

6.4.8 Cables de baja tensión

Respecto de la “Especificación técnica ETS – SE – 11” de la norma [10], se tiene las siguientes características:

a) Instalación

Los cables a ser suministrados serán instalados en los sistemas de control y protección, sistemas de servicios auxiliares, alumbrado interior y exterior de la subestación eléctrica.

Los cables podrán ir instalados en ductos, canaletas o directamente enterrados según sea indicado en los planos y esquemas eléctricos.

b) Características principales

Los cables de baja tensión serán del tipo unipolar o multiconductor según sea el uso, deberán tener siguientes características:

- El conductor deberá estar fabricado de cobre temple blando, con una conductividad del 100%.
- El aislamiento de los conductores será de polietileno reticulado XLPE o PVC con una cubierta exterior libre de halógenos y para una temperatura de trabajo máxima de 90 °C.
- Los conductores o hilos de los cables de baja tensión deberán ser identificados por códigos de colores o por numeración correlativa impresa en la cubierta exterior.

c) Marcas de cables y carretes

- Las siguientes marcas deberán imprimirse claramente en la superficie y tambor del cable, a intervalos adecuados.
 - o Nombre del propietario.
 - o Tipo y longitud de cable.
 - o Número y sección de los conductores.
 - o Nombre del fabricante.
 - o Fecha de fabricación.
 - o Masa neta y bruta.

6.4.9 Cables de energía de media tensión y sus terminales

Respecto de la “Especificación técnica ETS – SE – 12” de la norma [10], se tiene las siguientes características:

a) Generalidades

Los cables referidos en esta sección son los correspondientes a ser instalados en el sistema de media tensión desde el bushing del transformador al lado de media tensión del transformador de SS.AA. de 100kVA a ser instalados en el proyecto.

Los cables podrán ir instalados en ductos, canaletas o directamente enterrados según sea indicado en los planos y esquemas eléctricos.

b) Características principales

Los cables de media tensión serán del tipo unipolar, deberán tener siguientes características:

- El conductor deberá estar fabricado de cobre temple blando, con una conductividad del 100%.
- El aislamiento de los conductores será de polietileno reticulado XLPE-TR.
- Los conductores deberán tener una capa intermedia de apantallamiento compuesto por cintas de cobre recocido.
- La cubierta exterior de los conductores deberán ser de PVC de color rojo y preparado para ser instalados al interior mediante ductos o directamente enterrado.

c) Marcas de cables y carretes

- Las siguientes marcas deberán imprimirse claramente en la superficie y tambor del cable, a intervalos adecuados.
 - Nombre del fabricante y propietario.
 - Fecha de fabricación.
 - Número y sección de los conductores.
 - Tensión nominal E₀/E en kV.

d) Terminales para cables de media tensión

Los terminales a ser suministrado por los postes serán del tipo unipolares, para uso exterior e interior para cable seco según especificaciones técnicas indicadas.

Los terminales exteriores deberán tener aislantes antitracking para trabajos a la intemperie.

Todos los terminales al exterior e interior a ser suministrados, deberán contener manual de instalación y certificados de las pruebas sometidos en fábricas según normas internacionales.

6.4.10 Conductores de aleación de aluminio (AAAC) para barras flexibles de subestaciones de potencia

Respecto de la “Especificación técnica ETS – SE – 14” de la norma [10], se tiene las siguientes características:

a) Características generales

Los conductores de alta tensión instalados en el sistema de barras y entre conexiones entre equipos primarios deberán tener las siguientes características:

- El cable debe estar formado por hilos de aleación de aluminio – magnesio desnudo cableado en forma concéntrica alrededor de un hilo central de alta resistencia mecánica.
- La fabricación de los conductores deberán seguir las recomendaciones estipulados en las normas ASTM B399 / NTC 2730, IEC 61089.

6.4.11 Herrajes de cadenas de aisladores

Respecto de la “Especificación técnica ETS – SE – 17” de la norma [10], se tiene lo siguiente.

Los herrajes descritos a continuación serán utilizados para el montaje de los aisladores instalados en los pórticos de barras y salidas a líneas en la nueva subestación eléctrica.

- Adaptadores Anillo – Bola.
- Adaptadores Casquillo – Ojo alargado.
- Grapas de anclaje.
- Grilletes – Tensores - Cáncamos
- Contrapesos.
- Descargadores.

a) Características generales

Los conductores de alta tensión instalados en el sistema de barras y entre conexiones entre equipos primarios deberán tener las siguientes características:

- Los herrajes y ferreterías serán fabricados de material compuesto de acero forjado o hierro maleable de alta pureza resistentes a la corrosión, deberán presentar una superficie uniforme, sin porosidades, fisuras o rajaduras y/o cualquier otra alteración que pueda dañar el material.
- Todos los herrajes deberán estar compuestos por arandelas, pasadores u otro material para evitar aflojamientos de los accesorios durante su instalación en campo.
- Todos los herrajes fabricados de acero y hierro deberán tener una capa de protección de galvanizado en caliente y deberán seguir las recomendaciones indicadas en la norma ASTM A153 y UNE 21-158-90.
- Todos los herrajes deberán tener un certificado de aprobación de pruebas de resistencia a la tracción, límite elástico, alargamiento, dureza y todas las indicadas en las hojas de características técnicas.
- Todos los herrajes deberán tener la marca y características de tracción y fuerza en forma legibles a lo largo de la superficie.

6.4.12 Material para puesta a tierra

Respecto de la “Especificación técnica ETS – SE – 19” de la norma [10], se tiene las siguientes características:

a) Descripción de materiales

a.1) Conductor de cobre

- El conductor de cobre será desnudo, cableado y recocado, de las características indicadas en la Tabla de datos técnicos garantizados.

a.2) Electrodo de puesta a tierra

- El electrodo de puesta a tierra estará formado por una varilla sólida de cobre de alta pureza o también se aceptara electrodo formados por varillas con núcleo de acero recubierto con una capa de cobre no menor a 0,270 mm mediante un proceso electrolítico.
- La medición del diámetro de las varilla de puesta a tierra se realizara sobre el revestimiento de cobre, admitiéndose tolerancias de + 0,2 mm y – 0,0 mm.
- Se admitirá tolerancias de + 5 mm y 0,0 mm en la longitud de las varillas suministradas.
- Un extremo de la varilla de puesta a tierra deberá tener una terminación en punta.

a.3) herrajes y accesorios

- Los conectores, grapas para fijación del conductor a la varilla deberá ser fabricado a base de aleaciones de cobre de alta resistencia mecánica y a la corrosión.
- El detalle geométrico de las grapas y conectores serán detallados en los planos mecánicos del proyecto.

a.4) Empalmes para conductores y varilla

- Los empalmes entre conductores de la malla a tierra serán del tipo soldadura exotérmica, los empalmes tendrán geometría en T y cruz, los mismos serán detallados en los planos geométricos del proyecto.

6.4.13 Sistema de iluminación y fuerza

Respecto de la “Especificación técnica ETS – SE – 20” de la norma [10], tienen aplicación para el sistema de iluminación y fuerza instalados en la nueva subestación eléctrica, los mismos que deberán tener las siguientes características:

a.1) Luminarias y lámparas

- La cubierta exterior de las luminarias serán de polyester reforzado con fibra de vidrio o carcasa de aluminio, la parte interna deberá estar protegido con un acrílico transparente, portalámparas con sistema anti vibrante y cableado interior con conductores debidamente protegido.
- Las lámparas de vapor de sodio tendrán fotometría del tipo II de 150W, haz semirecortado, serán admitidas lámparas tipo LED con potencia de 72W.

a.2) Proyectores Exteriores

- La cubierta exterior deberá ser de aluminio tratado mediante un proceso anodizado y abrigantado con grado de protección IP55.
- El espejo reflector será fabricado de aluminio anodizado de manera que permita un adecuado control del haz luminoso.
- El vidrio frontal tendrá un espesor mínimo de 5 mm de espesor, resistente a los cambios bruscos de temperatura y deberá estar fijado al cuerpo del proyector mediante bisagras y clips de acero inoxidable.

a.3) Luminarias y lámparas para iluminación de emergencia

- Los equipos de iluminación estar formado por dos faros giratorios hasta 180°, cada faro deberá estar formado con luces led blanca de 6500K.
- El sistema de iluminación de emergencia deberá tener una autonomía de operación hasta 08 horas.

a.4) Tomacorrientes

- Los tomacorrientes instalados en el patio de llaves serán para instalación exterior tipo nenekes, monofásicos y trifásicos, para operar a 220 Vac y 380 Vac respectivamente, para una máxima carga de 20A, con sistema de conexión del cable a tierra.
- Los tomacorrientes instalados en el edificio de control serán del tipo monofásico,

de 220 Vac, para una máxima carga de 20A y con sistema de conexión del cable a tierra.

6.4.14 Tableros de control y protección

Respecto de la “Especificación técnica ETS – SE – 23” de la norma [10], tienen aplicación para los tableros de control y protección de las líneas de transmisión y transformador de potencia instalados en la nueva subestación eléctrica, los mismos que deberán tener las siguientes características:

a) Características de diseño

Los tableros suministrados cumplirán como mínimo con los siguientes requerimientos:

- El cableado al interno de los tableros deberá estar divididos en varios circuitos independientes, por ejemplo, en circuitos de tensión, mando, señalización, alarma, etc.
- Cada circuito de tensión de control, mando, motor y alimentación deberá tener un sistema de protección ante sobrecargas y cortocircuitos mediante interruptores termomagnéticos, los mismos que deberán tener contactos auxiliares de monitoreo.
- Los tableros contarán con una señal luminosa que indique pérdida de tensión auxiliar CC, esta señal deberá ser alimentada en corriente alterna.
- Para los circuitos de corriente para medición y protección se suministrarán borneras del tipo cortocircuitables y seccionables para efectuar el aislamiento del lado secundario de cada circuito y poder realizar pruebas.
- Todos los cables deberán tener una rotulación que permita su identificación en forma clara y deberán estar fijados al interior de las canaletas.
- En cada tablero se deberá considerar un adicional de 10% de borneras como reserva con un mínimo de 10 unidades para futuras ampliaciones y/o modificaciones.
- Los cables de señales analógicos y digitales de campo deberán tener una reserva de 10% de manera que permita realizar modificaciones futuras.
- El gabinete de cada tablero será fabricado con perfiles estructurales y planchas de acero de acabado liso de un espesor no menor a 2,5 mm, las partes laterales

del gabinete serán removibles, la base del gabinete tendrá una plancha metálica con agujeros para ingreso de cables, la parte frontal del gabinete deberá tener una puerta con llave.

- Todo el gabinete deberá tener una hermeticidad con grado de protección IP 55 y equipados y fijados con ganchos en la parte superior para transporte y montaje.
- Los equipos de protección, control, anunciadores de alarmas, serán instalados en la parte frontal y en forma empotrable para una fácil manipulación y reemplazo, todos los equipos deberán estar rotulados en forma clara y visible identificando los circuitos a los que pertenecen.
- Las cubiertas y/o carcasas de todos los equipos de control, protecciones y anunciador de alarmas deberán conectarse a tierra mediante un conductor de sección no menor a 4 mm^2 .
- El neutro de los circuitos de corriente y tensión deberá conectarse a la barra del neutro y también a la barra de tierra instalada en el tablero correspondiente.
- EL tablero tendrá instalado un sistema de calefacción de 150W y sistema de alumbrado suministrado por una red monofásico de 220Vac.
- Todos los tableros deberán estar provistos de borneras de pruebas independientes para los circuitos de tensión y corriente instalados en la parte frontal y de fácil acceso.
- Se deberá instalar una barra rígida de cobre de 5x30 mm fija en la parte posterior inferior de cada tablero para puesta a tierra. Esta barra deberá ser conectada al sistema de puesta a tierra de la subestación eléctrica mediante cable de cobre de 70 mm^2 .

b) Principio de operación y supervisión

- La operación y supervisión de los equipos primarios de patio será realizado desde el controlador de bahía y como respaldo se tendrá habilitado las maniobras de operación desde los equipos de protección principal de cada tablero.

c) Sistema de alarmas

El sistema de alarmas ser implementado mediante un equipo anunciador de alarmas, el cual deberá estar habilitado con un mínimo de 40 señales y tendrá las siguientes características:

- Sistema de alimentación en corriente continua
- Botones pulsadores para funciones de:
 - o Prueba de lámparas.
 - o Prueba de función.
 - o Silenciador de bocina.
 - o Reconocimiento de alarma.
 - o Reposición.

d) Relés de protecciones

El sistema de protección de la subestación eléctrica deberá estar equipado relés de intervención rápida, cuya operación debe ser iniciada por efectos de cortocircuitos, sobrecargas u otras anomalías producidos en el sistema eléctrico de influencia en el presente proyecto.

- Los relés de protección deberán ser electrónicos, basado en microprocesadores, para una instalación empotrable y extraíbles, con grado de protección IP 55.
- Cada relé deberá tener un sistema de alimentación de 125 Vdc y como respaldo de 220 Vac y preparados para trabajar con variaciones de tensión auxiliar de $\pm 20\%$.
- El sistema de protección para la línea de transmisión deberá tener habilitado las siguientes funciones de protecciones:
 - o Protección de distancia (21)
 - o Sobrecorriente (50/51, 50N/51N)
- El relé debe disponer puertos de comunicaciones para implementación e integración con un centro de control, de manera que los ajustes del relé puedan efectuarse en forma remota, así como deberá tener un puerto para instalación de un GPS para sincronismo.

e) Equipos de medición

Para tener un registro y control de los parámetros eléctricos en la nueva subestación, se instalarán equipos multifuncionales por cada tablero, los mismos que deberán tener las siguientes características:

- El medidor multifunción como mínimo deberá registrar la medición de corrientes y tensiones entre fases y fase a tierra, frecuencia, factor de potencia, potencias y

energías.

- Los medidores estarán implementados con puertos de comunicación para configuración e integración al sistema de control remoto.

6.4.15 Equipos contra incendio

Respecto de la “Especificación técnica ETS – SE – 24” de la norma [10], aplica para el suministro de equipos del sistema contra incendios para instalarse en la nueva subestación del proyecto.

a) Características generales

- El agente extintor será compuesto de polvo químico seco tipo C, de manera que se garantice su bajo grado de toxicidad para el personal que opere el equipo extintor.
- Los extintores portátiles deberán estar instalados en lugares libres de objetos alrededor y de fácil acceso dentro de la sala de control.
- El extintor sobre carril será de fácil y rápido desplazamiento por el patio de llaves serán compuesto de CO₂ y estará provisto de un manómetro para el control de la presión y estarán instalados en los extremos del patio de llaves.
- Los materiales utilizados para la fabricación de los extintores serán de la mejor calidad, los ángulos, aristas y extremos serán redondeados; toda aspereza será eliminada antes del tratamiento de las superficies y deberán tener un rotulo de seguridad e inspección y el total del peso no deberá superar los 150 kg.

CONCLUSIONES

1. De los análisis realizados se puede verificar que con el ingreso de la nueva subestación eléctrica de 20/15 MVA atenderá la creciente demanda de la zona y el sistema puede seguir operando con el extremo de la línea L1556 con el interruptor abierto, teniendo un sistema radial, tal cual está operando actualmente.
2. Debido a la presencia de niveles de contaminación extrema por encontrarse las instalaciones cercanas al mar y presentar temperaturas elevadas, se realizó la selección de equipos con adecuados niveles de aislamiento que soporten las descargas parciales que se puedan presentar por la misma operación de la subestación.
3. Mediante cálculos de flujos de potencia, se logra verificar que con la participación de la nueva subestación de 20/15 MVA en el SEIN se logra mejorar la cargabilidad en líneas y transformadores, así como las severas caídas de tensión en las redes de la zona de influencia del proyecto, que antes presentaban tensiones menores a 0.932 p.u y con el ingreso de la nueva subestación se logra obtener valores de tensiones alrededor de 0.967 p.u., de la misma manera se logra mejorar el nivel de cargabilidad en el transformador de la subestación Villacurí , que antes del proyecto presentaba una cargabilidad del 87.9 % y con el ingreso de la nueva subestación se logra obtener una cargabilidad del 55.7% esto debido a la redistribución de la carga entre ambas subestaciones.
4. Se corrobora mediante los cálculos realizados en el capítulo 3 que los niveles de cortocircuito presentes en la barra de la nueva subestación de 20/15 MVA presentan valores inferiores a los soportados por los equipos de alta tensión, el cual permite una adecuada protección ante la ocurrencia de cortocircuitos o sobretensiones por maniobras.
5. La malla a tierra diseñada nos permite obtener valores de tensión de toque y paso

debajo de los valores recomendables, los que permitirán una adecuada mitigación de corrientes residuales evitando que las personas que operen y transiten por la subestación puedan sufrir algún daño.

6. Con el presente trabajo de suficiencia se logra describir el procedimiento adecuado para la selección de equipos a instalarse en una subestación eléctrica de 20/15 MVA (ONAF/ONAN) considerando condiciones con niveles altos de contaminación por estar ubicado en la zona costera del litoral peruano.

RECOMENDACIONES

1. Según lo indicado en [1] el primer circuito de la línea de transmisión en 60 kV Independencia - Villacurí preparada para doble terna, entró en servicio en junio de 2010, cuando la demanda de la zona de Villacurí era alrededor de 20 MW, pero debido al incremento de la demanda y a la capacidad de transmisión de la línea de transmisión, se requiere la implementación de la segunda terna para el año 2019 para la mejora en los perfiles de tensión de toda la zona de influencia.
2. De acuerdo a la evolución de la demanda en la zona de concesión de Villacurí, es conveniente estandarizar la capacidad de transformadores 60/22,9 kV en esta zona de influencia a 30/40 MVA (ONAN/ONAF).
3. Se debe evaluar la instalación de bancos de compensación tipo capacitivos en los alimentadores de la salida de la nueva subestación a diseñar, esto debido a que dichos alimentadores presentan longitudes muy largas (mayores a 30 km), los que ocasionan una disminución de la tensión en los extremos de llegada, provocando que el transformador de la subestación trabaje con el tap en su mayor valor posible.
4. Tal como se indica en [1] la demanda para el año 2026 será de 44,7 MW por lo que se recomienda se realice la ejecución de la construcción de una nueva subestación eléctrica “Lomas” de 40 MVA en 60/ 22,9 kV en la zona de influencia de la empresa concesionaria COELVISAC, tal como está propuesto en el documento de referencia [13].
5. Debido a la presencia de contaminación extrema en la zona de instalación de la nueva subestación eléctrica de 20/15 MVA se recomienda realizar el siliconado de todos los aisladores de los equipos de patio y las cadenas de aisladores en las barras, esto para evitar descargas parciales que puedan provocar la activación de las funciones de protección implementadas en el proyecto.
6. Para la nueva subestación eléctrica de 20/15 MVA del proyecto no se realizó la

instalación de la red de fibra óptica en los extremos de la línea L-6507, esto debido que según el PR20 del COES para el nivel de tensión de 60 KV no es obligatorio dicha instalación de fibra óptica, pero debido a presencia de una lata contaminación en la zona de instalación del proyecto se recomienda la instalación de la fibra óptica entre los extremos de las líneas de transmisión L-6507 y L-6508, así como también se debería implementar la protección diferencial de Línea (87L) y se debe implementar un esquema de protección para dar una mayor confiabilidad al sistema eléctrico de influencia del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] OSINERGMIN, “Revisión y Aprobación del Plan de Inversiones en Transmisión para el Área de Demanda 8 - Regulación para el período 2017-2021”, Gerencia de Regulación de Tarifas – Informe N° 342-2016-GRT, 2016.
- [2] Gilberto Enríquez Harper, “Elementos de diseño de Subestaciones Eléctricas” – segunda edición, Limusa noriega editores, 2002.
- [3] Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, “Reglamento Nacional de edificaciones”, HMV Ingenieros diario oficial El Peruano, 2017.
- [4] COES SINAC, “Procedimiento técnico del comité de operación económica del SEIN – PR20”, OSINERGMIN N° 035-2013-OS/CD, 2013.
- [5] Justo Yanque Montufar, “Mapa de Niveles Isoceraunicos”, 2005.
- [6] Ministerio de Energía y Minas – Dirección general de electricidad, “Código Nacional de Electricidad - Suministro 2011”, Diario oficial El Peruano, 2012.
- [7] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, “IEEE Standard Rating Structure for AC High-Voltage Circuit Breakers”, IEEE Power Engineering Society, 1999.
- [8] C.I.S.P.R. Publication 18-1, “Radio interference characteristic of overhead power lines and high-voltage equipment”, Geneva, 1982.
- [9] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, “IEEE Guide for Safety in A.C. Substation Grounding”, IEEE Power Engineering Society Std. 80, 2000.
- [10] Dirección general de electricidad - MINEM, “Especificaciones técnicas para el suministro de materiales y equipos de subestaciones para electrificación rural”, Dirección general de electricidad, 2003.
- [11] IEC 60947-2, “Low-voltage switchgear and controlgear”, International Electrotechnical Commission, 2003.

- [12] Hermanos Mejía Villegas Ingenieros, “Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión” – segunda edición, HVM Ingenieros, Bogotá 2003.
- [13] Consorcio Eléctrico de Villacurí S.A.C., “Estudio Técnico Económico para la Aprobación del Plan de Inversiones de los Sistemas Complementarios de Transmisión del Área de Demanda 8, periodo 2017-2021”, COELVISAC, 2015.
- [14] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, “IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations”, IEEE Power Engineering Society Std. 693, 2005.
- [15] Asociación Española de Normalización Génova, “UNE-EN IEC 60071-1 Coordinación de aislamiento Parte 1: Definiciones, principios y reglas” UNE, 1993.
- [16] Asociación Española de Normalización Génova, “UNE-EN IEC 60071-2 Coordinación de aislamiento Parte 2: Guía de aplicación” UNE, 2018.
- [17] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, “Application Guide for AC High - Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current”, IEEE Power Engineering Society Std. C37.010-1999.
- [18] International electrotechnical Commission, Inc, “Radio interference characteristic of overhead power lines and high-voltage equipment”, IEC Std. CISPR TR 18-1:2017.

ANEXO A
ÍNDICE DE TABLAS – ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1 - Coordenadas geográficas de la zona de influencia del proyecto	7
Tabla N° 2.2 - Condiciones Climáticas de la zona.....	7
Tabla N° 2.3 - Humedad Relativa (%)	8
Tabla N° 2.4 - Condiciones sísmicas.....	8
Tabla N° 2.5 - Características técnicas del Transformador de potencia.....	11
Tabla N° 2.6 - Características técnicas del Interruptor de potencia	12
Tabla N° 2.7 - Características técnicas del Seccionador de potencia.....	13
Tabla N° 2.8 - Características técnicas del Transformador de corriente.....	13
Tabla N° 2.9 - Características técnicas del Transformador de tensión.....	14
Tabla N° 2.10 - Características técnicas del Pararrayo	15
Tabla N° 2.11 - Sistema contra incendios	26
Tabla N° 3.1 - Disposición geométrica de los conductores en metros	30
Tabla N° 3.2 - Parámetros Eléctricos de la Línea en 60 kV	31
Tabla N° 3.3 - Características técnicas del Transformador de potencia.....	32
Tabla N° 3.4 - Niveles de Tensión – zona de influencia del proyecto	34
Tabla N° 3.5 - Niveles de Cargabilidad en Transformadores	35
Tabla N° 3.6 - Cortocircuito monofásico – Sin proyecto	36
Tabla N° 3.7 - Cortocircuito monofásico – Con proyecto.....	37
Tabla N° 3.8 - Cortocircuito bifásico a tierra – Sin proyecto.....	37
Tabla N° 3.9 - Cortocircuito bifásico a tierra – Con proyecto	38
Tabla N° 3.10 - Cortocircuito trifásico – Sin proyecto	38
Tabla N° 3.11 - Cortocircuito trifásico – Con proyecto	39
Tabla N° 4.1 - Nivel Isocerámico	43
Tabla N° 4.2 - Velocidad del Viento	44
Tabla N° 4.3 - Datos protección garantizados – Pararrayos 60 kV	48

Tabla N° 4.4 - Factor de conversión a tensión de soportabilidad al impulso	52
Tabla N° 4.5 - Niveles de aislamiento normalizados gama I	52
Tabla N° 4.6 - Cuadro de tensiones soportadas normalizadas para el nivel de tensión 60 kV	62
Tabla N° 4.7 - Distancias mínimas en el aire – Tabla A.1	63
Tabla N° 4.8 - Distancias mínimas en el aire – Tabla A.2	64
Tabla N° 4.9 - Resumen de distancias de seguridad vertical y horizontal	65
Tabla N° 4.10 - Distancia de seguridad para los cercos perimétricos	67
Tabla N° 4.11 - Resumen de distancia de seguridad	68
Tabla N° 4.12 - Valor de corriente asignada de servicio continuo.....	73
Tabla N° 4.13 - Parámetros eléctricos del interruptor de potencia seleccionado	73
Tabla N° 4.14 - Parámetros eléctricos de materiales componentes de los conductores	76
Tabla N° 4.15 - Sección mínima del conductor por cortocircuito.....	76
Tabla N° 4.16 - Parámetros del Cobre.....	80
Tabla N° 4.17 - Valores típicos de resistencia de tierra	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 - Proyección de Demanda en la zona de concesión de COELVISAC	4
Fig. 2.1 – Diagrama unifilar inicial – Zona de influencia del proyecto	6
Fig. 2.2 - Zonificación sísmica territorial	8
Fig. 2.3 - Diagrama unifilar – Zona de influencia del proyecto	9
Fig. 3.1 - Disposición geométrica de la línea de transmisión.....	32
Fig. 4.1 - Nivel Isocerámico de Perú	43
Fig. 4.2 - Parámetros del sistema y del descargador	46
Fig. 4.3 - Procedimiento de coordinación de aislamiento	49
Fig. 4.4 – Selección del exponente m ante impulsos tipo maniobras.....	51
Fig. 4.5 - Evaluación del factor de coordinación determinístico K_{cd}	57
Fig. 4.6 - Distancia de seguridad para trabajos en equipos de patio.....	65
Fig. 4.7 - Distancia de seguridad de cerco perimetral	67
Fig. 4.8 - Disposición física de los conductores de Barra en la nueva subestación	78
Fig. 4.9 - Geometría de la malla a tierra.....	81
Fig. 4.10 - Esquema de la malla de tierra profunda.....	82

ANEXO B
DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 15 / 20 MVA (ONAN/ONAF) EN 60 / 22,9 KV CON REGULACIÓN AUTOMÁTICA BAJO CARGA				
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	REQUERIDO	OFERTADO
1.0	DATOS GENERALES			
	Marca			
	País de procedencia			
	Fabricante			
	Normas Aplicables		NTP 370.002 IEC 60076 IEC 60137 IEC 60354 IEC 60214 IEC 62535	
2.0	TIPO		Sumergido en aceite	
3.0	CONDICIONES CLIMATICAS			
	Altitud de instalación	m.s.n.m.	< 1000	
	Nivel de Contaminación		Alto	
	índice de Corrosión		Severo	
	Abrasión por presencia de Vientos y arena		Alto	
4.0	TENSIÓN NOMINAL			
	Devanado A.T	kV	60 (+- 13x1%)	
	Devanado M.T	kV	22,9	
5.0	FRECUENCIA NOMINAL	Hz	60	
6.0	TENSIÓN DE SERVICIO MÁXIMA			
6.2	Devanado A.T	kV	72,5	
6.3	Devanado M.T	kV	24	
7.0	NIVELES DE AISLAMIENTO			
7.1	Aislamiento Externo			
7.1.1	RESISTENCIA A SOBRETENSIÓN INDUSTRIAL 60 HZ,			
	DURANTE 1 MINUTO - SECO			
	Devanado en 60 kV (A.T.)	kV	150	
	Devanado en 22,9 kV (M.T.)	kV	80	
	Borne Neutro Alta Tensión (60 kV)	kV	80	
7.1.2	RESISTENCIA A SOBRETENSIÓN DE IMPULSO			
	Para una onda de 1,2/50 m seg.			
	Devanado en 60 kV (A.T.)	kVp	380	
	Devanado en 22,9 kV (M.T.)	kVp	200	
	Borne Neutro Alta Tensión (60 kV)	kVp	200	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 15 / 20 MVA (ONAN/ONAF) EN 60 / 22,9 KV CON REGULACIÓN AUTOMÁTICA BAJO CARGA				
7.2	Aislamiento Interno			
7.2.1	RESISTENCIA A SOBRETENSIÓN INDUSTRIAL 60 HZ,			
	DURANTE 1 MINUTO SECO			
	Devanado en 60 kV (A.T.)	kV	140	
	Devanado en 22,9 kV (M.T.)	kV	50	
	Borne Neutro Alta Tensión (60 kV)	kV	50	
7.2.2	RESISTENCIA A SOBRETENSIÓN DE IMPULSO			
	Para una onda de 1,2/50 m seg.			
	Devanado en 60 kV (A.T.)	kVp	325	
	Devanado en 22,9 kV (M.T.)	kVp	125	
	Borne Neutro Alta Tensión (60 kV)	kV	125	
8.0	LINEA DE FUGA	mm/kV	≥ 31	
9.0	CONEXIÓN:			
9.1	Número de terminales			
	Número de terminales en A.T. (60 kV) + neutro	Unid.	4	
	Número de terminales en M.T. (22,9 kV)	Unid.	3	
9.2	Grupo de conexión		YN0d5	
	Alta tensión			
	60 kV		Estrella	
	Media tensión			
	22,9 kV		Delta	
10.0	POTENCIA NOMINAL			
10.1	CON ENFRIAMIENTO NATURAL			
	Devanado en 60 kV (A.T.)	MVA	15	
	Devanado en 22,9 kV (M.T.)	MVA	15	
10.2	CON VENTILACION FORZADA			
	Devanado en 60 kV (A.T.)	MVA	20	
	Devanado en 22,9 kV (M.T.)	MVA	20	
11.0	TENSIÓN DE CORTO CIRCUITO a 75 °C, EN TOMA DE TENSIÓN NOMINAL, A 60 Hz Y POTENCIAS NOMINALES DE ONAN (15 MVA):			
	Entre 60 kV y 22,9 kV	%	7,85	
12.0	TENSIÓN DE CORTO CIRCUITO a 75 °C EN TOMA DE REGULACIÓN A 60 Hz Y A POTENCIAS ONAN (AT Y BT)			
	Tap Máximo	%	Según Norma IEC	
	Tap Mínimo	%	Según Norma IEC	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>			
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 15 / 20 MVA (ONAN/ONAF) EN 60 / 22,9 KV CON REGULACIÓN AUTOMÁTICA BAJO CARGA			
13.0	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS EN VACÍO		
	Toma central, frecuencia 60 Hz		
	Pérdidas en vacío		
	Corriente en vacío 95 % Un	A	
	100 % Un	A	
	105 % Un	A	
	110 % Un	A	
14.0	CORRIENTES NOMINALES TOMA CENTRAL (AT)		
	En el primario	A	
	En el secundario	A	
15.0	CORRIENTES NOMINALES TOMA CENTRAL (MT)		
	En el primario	A	
	En el secundario	A	
16.0	TENSIÓN AUXILIAR DE CORRIENTE CONTÍNUA	V _{cc}	220 +10% / -20%
17.0	DURACIÓN POSIBLE EN MINUTOS DE LAS SOBRECARGAS		
	Para una temperatura máxima de los arrollamientos a 95 °C y con las tomas de corriente medianas, según los siguientes casos:		
	Potencia inicial 50 % de la potencia nominal	Min	
	Sobrecarga 75 °C de la potencia nominal	Min	
18.0	RENDIMIENTO DE POTENCIA NOMINAL		
	Calculada por el método de las pérdidas separadas, en la toma mediana, para una temperatura ambiente exterior de 30 °C.		Fabricante
	Cos f = 1 al secundario		
	Carga 100 %	%	
	Carga 75 %	%	
	Carga 50 %	%	
	Carga 25 %	%	
	Cos f = 0.8 al secundario		
	Carga 100 %	%	
	Carga 75 %	%	
	Carga 50 %	%	
	Carga 25 %	%	
19.0	PERDIDAS NOMINALES ONAN		
	En vacío con tensión nominal y frecuencia nominal en toma central	KW	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 15 / 20 MVA (ONAN/ONAF) EN 60 / 22,9 KV CON REGULACIÓN AUTOMÁTICA BAJO CARGA				
	En Cortocircuito con corriente nominal (a 75 °C) y frecuencia nominal	kW		
	Pérdidas Totales	kW	< 0,36% Potencia Nominal	
	Inducción máxima a la tensión nominal (toma mediana)			
20.0	SOBRE ELEVACIÓN DE TEMPERATURA LÍMITE			
	A máxima potencia (ONAN) y a 40 °C de temperatura ambiente y 1000 m.s.n.m:			
	En arrollamientos (método de resistencia)	°C	≥ 65	
	En el aceite, parte superior (medido con termómetro)	°C	≥ 60	
	Calentamiento del punto más caliente	°C	≥ 80	
21.0	EQUIPO DE REFRIGERACIÓN A PREVERSE			
21.1	RADIADORES			
	Número de radiadores (ONAN)	Unid.		
	Recubrimiento de los radiadores			
	Galvanizado en caliente	micras	> 80	
	Pintado anticorrosivo epóxido	micras	> 200	
21.2	MOTOVENTILADORES			
	Número de motores/ ventiladores (ONAF)			
	Potencia unitario	kW		
	Tensión nominal	V	380 Trifásico	
	Rango de caída de tensión		10%	
	Frecuencia	Hz	60	
	Sistema de control		Propio	
	Mando Automático		Dispositivos de control de temperatura	
	Mando Manual		Pulsador de arranque y parada	
	Material del motoventilador a prueba de alta corrosión		SI	
22.0	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE EN LOS "BUSHINGS"			
22.1	Datos Generales			
	Fabricante			
	Pais de procedencia			
	Tipo		Monofásico	
	Norma		IEC 60185	
22.2	Aisladores de Paso			
	Marca			
	Tipo		Para montaje en transformador	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

**TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 15 / 20 MVA (ONAN/ONAF) EN 60 / 22,9 KV
CON REGULACIÓN AUTOMÁTICA BAJO CARGA**

	Material		Porcelana marrón IEC 61264	
	Línea de Fuga	mm/kV	>31	
	Línea total de fuga	mm	>7595	
22.3	Datos Nominales y Características			
22.3.1	Nº de núcleos (60 kV)	Und.	2	
	Tipo			
	Primario	A	150 - 300	
	Secundario	A	1 -1	
	Consumo y clase de precisión			
	Devanados de protección			
	Núcleo Nº 1		30VA-5P10	
	Devanado de medición			
	Núcleo Nº 2		30VA-CI 0,5	
22.3.2	Nº de Núcleos (22,9 kV)	Und	2	
	Tipo			
	Primario	A	300 - 600	
	Secundario	A	1 -1	
	Consumo y clase de precisión			
	Devanados de protección			
	Núcleo Nº 1		50VA-5P10	
	Devanado de medición			
	Núcleo Nº 2		50VA-CI 0,5	
23.0	PESOS			
	Peso total de cobre	Ton		
	Peso de transporte (embalaje principal)	Ton		
	Peso total del circuito manipuleo	Ton		
	Peso sobre cada rodillo del transformador completamente equipado o listo para el uso y con el aceite	Ton		
	Peso total de las piezas de repuesto y de herramientas	Ton		
	Peso total de la parte activa	Ton		
24.0	DISTANCIA DE LAS RUEDAS	mm		
25.0	CONECTORES o TERMINALES			
	Bimetálicos para AT, Tipo / Corriente	U	3	
	Bimetálicos para MT, Tipo / Corriente	U	3	
	Neutro-AT, Tipo/ Corriente	U	1	
26.0	PLANOS		Si	
	Dibujo detallado de dimensiones exteriores, plano Nº	Nº		

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 15 / 20 MVA (ONAN/ONAF) EN 60 / 22,9 KV CON REGULACIÓN AUTOMÁTICA BAJO CARGA				
	Esquema de los arrollamientos	Nº		
	Esquema detallado del tablero del conmutador de tomas bajo carga	Nº		
	Esquema desarrollado de los transformadores de corriente incorporados	Nº		
	Esquema desarrollado de las protecciones propias del transformador de potencia	Nº		
	Dibujo detallado de la ubicación de las diferentes partes y accesorios del transformador de potencia	Nº		
	Esquema de los circuitos de aceite y purga			
27.0	REGULACIÓN AUTOMÁTICA BAJO CARGA		SI	
27.1	CONMUTADOR BAJO CARGA			
	Fabricante		Reinhausen (MR)	
	País de procedencia		ALEMANIA	
	Norma de Fabricación		IEC - 76	
	Tipo			
	Número de Taps		27	
	Paso de Regulación	%	1	
	Tensión Motor (alterna, 1 – 60 Hz)	V	230	
	Tensión Control y señalización (corriente continua)	Vdc	220	
	Número de operaciones para la primera inspección		250,000	
	Accesorios de EPC		Si	
27.2	PANEL DE REGULACION			
	Panel Autosoportado		SI	
	Grado de protección		IP55	
27.3	REGULADOR DE TENSION			
	País de procedencia		ALEMANIA	
	Fabricante		Reinhausen (MR)	
	Norma de Fabricación		IEC	
	Tipo		TAPCON 240	
	Relé de tensión (90) Electrónico, para regulación automática			
	Nº de configuraciones para regulación de tensión		6	
	Tensión alterna de referencia nominal	V	0 - 125	
	Tensión auxiliar continua	Vcc	220	
	Temporización 1			
	Para subir tensión	Seg	1.....180	
	Para bajar tensión	Seg	1.....10	
	Temporización 2			
	Para tiempo subsecuente	Seg	1.....180	
	Tipos de compensación de línea			
	Bloqueo por baja tensión	V	70...99 %	
	Registro de alta tensión	%	50...210%	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 15 / 20 MVA (ONAN/ONAF) EN 60 / 22,9 KV CON REGULACIÓN AUTOMÁTICA BAJO CARGA				
	Bloqueo por sobreintensidad		SI	
	Factor de expansión		IEC-255	
	Ensayos (Según IEC)		IEC-801 / IEC-529	
	Límite de temperatura ambiente	°C	30	
	Control de Transferencia en paralelo			
	Elementos de manejo e indicación			
	Transmisor de Posición de Tap		Entrada corona potenciométrica	
	Marca			
	Tipo		Digital	
	Lectura de indicación de taps (incorporado en el regulador)		Si	
	Protocolos de Comunicación			
	Abierto (no se acepta protocolo propietario de fabricante)		SI	
	DNP3.0 Nivel 1		SI	
	MODBUS_RTU		Opcional	
	Puertos de comunicación serial			
	RS232		SI	
	RS485		SI	
28.0	DATOS GENERALES DEL ACEITE			
	Norma		IEC 60296	
	Fabricante			
	País de Procedencia			
	Tipo		Igual o mejor al tipo SHELL DIALA D, clase AX, con antioxidante	
	Peso			
28.1	CARACTERISTICAS			
	Inspección visual		Claro, translucido y libre de sedimentos	
	Rigidez dieléctrica (min)	kV	>50	
	Factor de potencia (máx)			
	A 25°C	%	0,05	
	A 100°C	%	0,3	
	Punto de inflamación, valor mínimo	°C	>145	
	Rigidez al impulso negativo (esferas 1" diámetro)	kV	150	
	Resistividad a 100°C (min)	Ohm-cm	10-13	
	Color (máx)		0,5	
	Punto de inflamación	°C	145	
	Tensión interfacial (min)	dinas/cm	> o Igual 40	
	Viscosidad a 37,8°C (máx)	SSV	66	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

**TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 15 / 20 MVA (ONAN/ONAF) EN 60 / 22,9 KV
CON REGULACIÓN AUTOMÁTICA BAJO CARGA**

	Numero de neutralización (máx)	mg KOH/g de aceite	<0,03	
	Contenido de agua (máx)	ppm	< o igual 15	
	Combinaciones sulfuradas		No corrosivo	
	% de lodos		0,15 máx	
	Presencia de Dibenzil disulfato (DBDS)		NO	
28.2	SISTEMA DE CONSERVACION DEL ACEITE			
	Tanque de expansión desmontable		SI	
	Ubicación		Encima de la tapa del transformador	
	Componentes			
	Bolsa de aire flexible resistente al aceite caliente		SI	
	Respirador deshidratante libre de mantenimiento		SI	
29.0	AISLADORES PASATAPAS BUSHING			
29.1	Pasatapas del Lado de A.T. (60 kV)/ Neutro A.T.			
	Norma		IEC 60137	
	País de fabricación			
	Fabricante			
	Tipo			
	material		Porcelana	
	Clase de aislamiento	kVp	325	
	Corriente de corto circuito de corta duración (3 seg)	kA		
	Corriente nominal	A	≥ 800	
	Corriente de cortocircuito dinámica	kA		
	Longitud de Línea de fuga	mm/kV	>31	
29.2	Pasatapas del Lado de M.T 22,9 kV			
	Norma		IEC 60137	
	País de fabricación			
	Fabricante			
	Tipo			
	material		Porcelana	
	Clase de aislamiento	kVp	125	
	Corriente de corto circuito de corta duración (3 seg)	kA		
	Corriente nominal	A	≥ 1600	
	Corriente de cortocircuito dinámica	kA		
	Longitud de Línea de fuga	mm/kV	>31	
30.0	NIVEL RUIDO		Menor a lo indicado en la Norma IEC 60076	
31.0	NIVEL DE DESCARGAS PARCIALES A 1,5 Um/v3	pC	500	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS				
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 15 / 20 MVA (ONAN/ONAF) EN 60 / 22,9 KV CON REGULACIÓN AUTOMÁTICA BAJO CARGA				
32.0	TANGENTE DELTA A BOBINADOS	%	< 0,50	
33.0	TEMPERATURA ACEITE Max.	°C	>= 80	
34.0	INCLUYE			
34.1	Monitor de temperatura		Si	
	Modelo o Tipo (Similar Qualitrol 509 -200)			
34.2	Monitor Multigas			
	Modelo o Tipo		Calisto 9 o Similar	
	Cantidad de gases que monitorea, incluido Humedad (9 Gases)		H2, CO, CH4,C2H2,C2H4, C2H6,CO2,O2,N2	
35.0	ACCESORIOS (especificar)		Si	
	Indicador de nivel de aceite		Si	
	Relé Buchholz asísmico, con by pass, de doble flotador, con contactos de alarma y protección		Si	
	Dispositivo de toma de muestras de Gas		SI	
36.0	VALVULAS DE SEGURIDAD O SOBREPRESION		Qualitrol o Similar	
	Válvula de sobrepresión normal		SI	
	Válvula de sobrepresión súbita		SI	
	Válvula de sobrepresión rápida		SI	
	Cambiador de tomas suplementarias, en vacío		Si	
	Desecador de aire		Si	
	Válvulas de filtrado/Vaciado/radiadores		Si	
	Ruedas orientables (bidireccionales)		Si	
	Ganchos para el traslado longitudinal del transformador		Si	
	Borne de Puesta a Tierra		Si	
	Planos de dimensión totales del transformador de potencia, vista: planta, cortes, cuba, rieles y accesorios.		Si	
	Estructura para ubicación de los contadores de descarga		SI	
	Reserva de aceite para transporte		5% del aceite total en cilindros sellados y nuevos	
37.0	NUCLEO MAGNETICO			
	Material		Láminas de acero al silicio con cristales orientados	
	País de fabricación			
	Fabricante/Tipo			

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 15 / 20 MVA (ONAN/ONAF) EN 60 / 22,9 KV CON REGULACIÓN AUTOMÁTICA BAJO CARGA				
	Conexión a tierras		De fácil desconexión para mantenimiento	
	Incluir información técnica del fierro silicoso		SI	
38.0	ARROLLAMIENTOS			
	Material		cobre electrolítico de alta calidad y pureza	
	País de fabricación			
	Fabricante/tipo			
	Aislamiento		papel de alta estabilidad térmica y resistente al envejecimiento	
	Conductividad			
	Incluir información técnica del cobre		Si	
39.0	TANQUE Y ESTRUCTURA INTERIOR			
	País de Fabricación			
	Fabricante			
	Calidad y tipo Material G507an		Plancha de acero soldadas	
	Sobrepresión soportada con todos los accesorios instalados		0.5 kg/cm2	
	Valor mínimo de vacío		750 mm Hg	
	Tapa de la cuba empernada		Si	
	Uniones de selladas del tanque a prueba de agua y preparadas contra:			
	Corrosión		Si	
	Escapes de Gas		Si	
	Escapes de aceite		Si	
39.1	CONDUCTORES			
	Protección de conductores y cables		En tubería conduit, forrados con PVC	
	Uniones y Empalmes entre tubos		En cajas metálicas forradas con PVC	
39.2	PINTURA DEL TANQUE		Preparada para un ambiente de corrosión severa	
39.2.1	PINTURA EXTERIOR			
	Código de color		RAL 7032	
	Con Base Anticorrosiva		SI	
	Espesor de base Anticorrosiva		> 140 micras	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 15 / 20 MVA (ONAN/ONAF) EN 60 / 22,9 KV CON REGULACIÓN AUTOMÁTICA BAJO CARGA				
	Tipo de base anticorrosiva		Epoxica autoimprimante	
	Color de base anticorrosiva		Rojo	
	Acabado		con pintura de poliuretano	
	Color de pintura de acabado		Gris RAL 7032	
	Espesor de acabado		>60 micras	
39.2.2	PINTURA INTERIOR			
	Tipo		Epoxicofenólico	
	Color de pintura interior		Marfil RAL 1014	
	Espesor de pintura Interior		>35 micras	
40.0	PRUEBAS			
	Norma		IEC Publicación N°76, Publicación N°214, Publicación N°551	
40.1	Pruebas de Rutina			
	Norma		IEC	
	Prueba de Respuesta de frecuencia de barrido (SFRA)		Si	
	Medida de resistencia de los arrollamientos en cada posición del conmutador		Si	
	Medida de la relación de transformación en cada posición del conmutador		Si	
	Medida de la resistencia de aislamiento		Si	
	Ensayo de vacío		Si	
	Ensayo de vacío después de la prueba de impulso		Si	
	Ensayo de pérdidas en carga AT/MT		Si	
	Ensayos de Aislamiento		Si	
	Medición de descargas parciales		Si	
	Medición del factor de potencia y capacitancias		Si	
	Medición de la impedancia de secuencia cero		Si	
	Hermeticidad del tanque		Si	
40.2	En los Accesorios del Transformador			
	Prueba del sistema de enfriamiento / dispositivos de medida de temperatura		Si	
	Prueba de relé Buchholz		Si	
	Prueba de las características de los transformadores de corriente (curva de saturación en cada uno de ellos)		Si	
	Pruebas dieléctricas del aceite aislante		Si	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 15 / 20 MVA (ONAN/ONAF) EN 60 / 22,9 KV CON REGULACIÓN AUTOMÁTICA BAJO CARGA				
	Medida de relación de transformación y clase de precisión de cada transformador de corriente, antes de las pruebas		Si	
	Medida de la curva de saturación de cada núcleo de todos los transformadores de corriente		Si	
	Prueba del tablero de regulación en forma conjunta con el transformador		Si	
	Registrador de impacto instalado en fábrica			
40.3	Pruebas Tipo			
	Prueba de calentamiento		Si	
	Prueba de impulso atmosférico		Si	
	Medición de Ruido		Si	
40.4	Pruebas del Conmutador y Tablero de Regulación			
	Inspección Visual		Si	
	Pruebas de aislamiento y dielectricas		Si	
	Pruebas de funcionales de operación		Si	
	Prueba Individual y en conjunto del relé indicador de posición de Taps,		Si	
41.0	CONDICIONES COMERCIALES			
	Forma de pago			
	Plazo de Entrega			
	Garantía			
	Lugar de Entrega			
	Visita a Instalaciones durante su fabricación y Pruebas Finales		Si	
	Incluir referencias de venta Realizadas en Perú y/o América		Si	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

INTERRUPTOR DE POTENCIA 60 kV

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.00	DATOS GENERALES			
1.01	Marca			
1.02	Designación del equipo, según catálogo del fabricante			
1.03	Tipo		Tripolar, tanque vivo, montaje al exterior	
1.04	País de fabricación			
1.05	Altura de instalación		< 1000	
1.06	Normas de fabricación		IEC 62271-100	
1.07	Norma de calificación sísmica		IEEE Std 693-1997	
2.00	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
2.01	Tensión nominal / Tensión Máxima Nominal	kV	60 / 72,5	
2.02	Corriente nominal	A	2000	
2.03	Frecuencia nominal	Hz	60	
2.04	Tipo de reconexión		Tripolar rápida	
2.05	Tensiones de impulso no disruptiva			
	- Interruptor cerrado	kVcr	325	
	- Interruptor abierto	kVcr	325	
2.06	Tensión no disruptiva de frecuencia industrial, 1 minuto	kVef	140	
2.07	Corriente de ruptura simétrica nominal para el ciclo de operación especificado			
	- A tensión nominal	kAef	25	
	- A tensión máxima nominal	kAef	25	
	- Mínima tensión a la cual se puede tener la capacidad de corte especificado en 5.07		Por Proponente	
2.08	Velocidad de crecimiento de la tensión de recuperación (RRRV)			
	- A 30% de la capacidad de ruptura nominal	kV/ms	Por Proponente	
	- A 60% de la capacidad de ruptura nominal	kV/ms	Por Proponente	
	- A 100% de la capacidad de ruptura nominal	kV/ms	2	
2.09	Razón entre la tensión de recuperación de la primera fase que interrumpe y la tensión nominal, mínimo	p.u.	1.5	
2.10	Capacidad de ruptura asimétrica			
	- Razón corriente asimétrica/simétrica	p.u.	1,5	
	- Componente de corriente continua de la corriente de cortocircuito	%	44	
2.11	Capacidad de ruptura fuera de sincronismo			
	- Corriente simétrica	kAef	6,5	
	- Factor de la primera fase que interrumpe	p.u.	2	
	- RRRV	kV/ms	1.54	
2.12	Capacidad de ruptura para falla de línea corta			
	Corriente simétrica	kAef	65	
	Factor de la primera fase que interrumpe	p.u.	1	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

INTERRUPTOR DE POTENCIA 60 kV

	RRRV	kV/ms	2	
2.13	Corriente de cierre (short-circuit making current)	kAcr	25	
2.14	Corriente dinámica resistida	kAcr	25	
2.15	Corriente resistida de un segundo	kAef	25	
2.16	Valor máximo de la sobretensión de maniobra al interrumpir corrientes capacitivas	kVcr	Por Proponente	
2.17	Valor máximo de la sobretensión de maniobra al cerrar líneas de transmisión largas en vacío	kVcr	Por Proponente	
2.18	Valor máximo de la sobretensión de maniobra al interrumpir corrientes inductivas	kVcr		
2.19	Tiempo de arco a la capacidad de ruptura nominal	ms	≤ 20	
2.20	Tiempo total de cierre	ms	≤ 60	
2.21	Tiempo total máximo de interrupción	ms	≤ 55	
2.22	Tiempo de cierre	ms	≤ 60	
2.23	Tiempo de apertura	ms	≤ 35	
2.24	Máxima diferencia de tiempo en el cierre y apertura de los contactos auxiliares de polos diferentes	ms	Por Proponente	
2.25	Máxima diferencia de tiempo en el cierre y apertura de los contactos principales de polos diferentes	ms	Por Proponente	
2.26	Tiempo muerto para la reconexión	ms	300	
2.27	Tensión de alimentación de control	Vcc	220 (+10%,-15%)	
2.28	Número de bobinas			
	- De disparo		2	
	- De cierre		1	
3.00	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS			
3.01	Peso total del interruptor (sin estructura soporte)	daN	Por Proponente	
3.02	Peso de una cámara de ruptura	daN	Por Proponente	
3.03	Cantidad de cámaras de ruptura en serie por polo	U	1	
3.04	Características relacionadas con el gas SF6			
	- Cantidad de gas por polo	kg	1	
	- Presión nominal absoluta del gas, a 20 °C	MPa	0,7	
	- Pérdidas de gas en un año, expresadas como porcentaje del volumen total de gas	%/año	1	
3.05	Distancias mínimas libres en aire			
	- Metal a metal entre polos	mm	1050	
	- Arco seco a tierra	mm	845	
	- Metal a metal entre terminales del mismo polo	mm	660	
3.06	Cantidad de operaciones sin mantenimiento intermedio			
	- Sin carga, mínimo		5000	
	- A corriente nominal, mínimo		2000	
	- A capacidad nominal de ruptura, mínimo		20	
3.07	Características de los aisladores de soporte			
	- Fabricante		Por Proponente	
	- Lugar de fabricación (ciudad, país)		Por Proponente	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

INTERRUPTOR DE POTENCIA 60 kV

	- Designación de tipo según catálogo del fabricante		Por Proponente	
	- Momento de flexión resistido garantizado	Nm	Por Proponente	
	- Distancia de fuga mínima	mm	Por Proponente	
	- Diámetro medio del aislador	mm	Por Proponente	
3.08	Peso de las estructuras de soporte	daN	Por Proponente	
3.09	Tiene Transferencia de Corriente en los bujes(si,no)		No	
3.10	Rango de la tensión para operación			
	- Bobina de cierre	Vcc	220 (+10%,-15%)	
	- Bobina de apertura	Vcc	220 (+10%,-15%)	
4.00	MECANISMO DE OPERACIÓN			
4.01	Designación de tipo del fabricante		Por Proponente	
4.02	Principio de operación		Motor/Resorte	
4.03	Cantidad de mecanismos por interruptor		1	
4.04	Peso de cada mecanismo	daN	Por Proponente	
4.05	Grado de protección de la caja del mecanismo y de conexión exterior		IP-55/NEMA 4X	
5.00	OTRAS CARACTERÍSTICAS			
5.01	Resistencia entre contactos (en cada cámara)	$\mu\Omega$	≤ 42	
5.02	Longitud total de interrupción de una cámara	mm	Por Proponente	
5.03	Distancia recorrida por el contacto móvil en la cámara de ruptura	mm	Por Proponente	
5.04	Medios para controlar la distribución de tensión entre las cámaras de ruptura			
	- Resistencias (cantidad)			
	- Valor nominal de cada resistencia	W		
	- Condensadores (cantidad)			
	- Capacitancia de cada condensador	pF		
5.05	Empleo de resistencias para disminuir el RRRV	Sí/No	Por Proponente	
5.06	Velocidad de viento admisible	km/h	80	
5.07	Consumo de potencia auxiliar			
	- Calefactores	W	Por Proponente	
	- Motor para carga de mecanismos de operación	W	Por Proponente	
	- En la bobina de cierre	W	Por Proponente	
	- En las bobinas de disparo	W	Por Proponente	
5.08	Con facilidades de disparo libre (si, no)		si	
5.09	Con facilidades de antibombeo (si, no)		si	
5.10	Control local/remoto (si, no)		si	
5.11	Medio de extinción SF6, tipo autosoplado, con presión única de gas (si, no)		si	
5.12	Accesorios entre otros (si, no)			
	- Elementos de monitoreo con señal remota de alarma y bloqueo por baja presión de gas SF6.		si	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

INTERRUPTOR DE POTENCIA 60 kV

	- Monitoreo de la corriente de interrupción para determinar vida útil de los contactos principales.		si	
	- Manómetro y densímetro para la supervisión de la presión y densidad del gas SF6		si	
	- Contador de operaciones		si	
	- Indicadores mecánicos de posición de contactos		si	
	- Protecciones del motor		si	
	- Calefacción e higrostató para los gabinetes o cajas contenedoras de borneras, relés, interruptores, etc.		si	
	- El proceso de fabricación de las partes principales y subpartes cumplen con ISO		si	
	- Número de cámaras de interrupción		1	
	- Las cámaras de interrupción tiene pre-inserción de resistencias (si, no)		No	
	- Galvanizado de la estructura soporte	gr/m2	Por Proponente	
5.13	Grado de protección de la caja para conexión exterior		IP-55/NEMA 4X	
5.14	Tienen transformadores de corriente en los bujes (Si, No)		No	
5.15	Número de contactos auxiliares por fase			
	- Normalmente abiertas, mínimo		10	
	- Normalmente cerradas, mínimo		10	
5.16	Los interruptores son monopulares y permiten:			
	- Operación combinada monopolar y tripolar			
	- Operación tripolar solamente		Si	
	- Operación monopolar solamente			
6.00	CARACTERISTICAS DEL AISLAMIENTO EXTERNO			
6.01	Tensión nominal	kV	60	
6.02	Tensión máxima nominal	kV	72,5	
6.03	BIL fase-fase	kVer	Por Proponente	
6.04	BIL fase-tierra	kVer	Por Proponente	
6.05	Tensión no disruptiva a 60 Hz, 1 minuto	kV	Por Proponente	
6.06	Material del aislamiento		Porcelana	
6.07	Longitud fase-tierra	mm	Por Proponente	
6.08	Línea de fuga específica	mm/kV	31	
6.09	Distancia de fuga fase-tierra	mm	Por Proponente	
6.10	Neutro del sistema puesto sólidamente a tierra		Si	
7.00	CICLO DE OPERACIÓN A PLENA CAPACIDAD DE RUPTURA		O-0,3 seg - CO-3 min-CO	
8.00	PRUEBAS			

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

INTERRUPTOR DE POTENCIA 60 kV

8.01	Cada interruptor será sometido a las pruebas de rutina especificadas en IEC 60694 e IEC62271-100 (si, no)		Si	
8.02	Se entregan certificados de pruebas tipo de cada interruptor, especificadas en la cláusula 5.02.06		Si	
9.00	OTRAS INFORMACIONES			
9.01	Lugar de fabricación de las partes más importantes del equipo (listar las partes)			
9.02	Lugar de ensamble total del equipo			
9.03	Años de presencia en el mercado, del mismo tipo y referencia al ofrecido			
9.04	Número de unidades (conjunto de tres) vendidas a los países andinos, del mismo tipo y referencia al ofrecido			
9.05	Número de unidades (conjunto de tres) vendidas al resto del mundo, del mismo tipo y referencia al ofrecido			
9.06	Referencias de clientes a los cuales se les ha vendido este equipo del mismo tipo y referencia al ofrecido			
9.07	Referencia 1			
	- País			
	- Empresa			
	- Nombre de persona contacto			
	- Dirección			
	- Teléfono			
	- Correo electrónico			
9.08	Referencia 2			
	- País			
	- Empresa			
	- Nombre de persona contacto			
	- Dirección			
	- Teléfono			
	- Correo electrónico			
9.09	Referencia 3			
	- País			
	- Empresa			
	- Nombre de persona contacto			
	- Dirección			
	- Teléfono			
	- Correo electrónico			
10.00	INFORMACIONES ADICIONALES		Por Proponente	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

SECCIONADOR DE LINEA 60 KV

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.00	DATOS GENERALES			
1.01	Marca			
1.02	Designación del equipo, según catálogo del fabricante			
1.03	Tipo		Tripolar, apertura central, montaje horizontal, al exterior	
1.04	País de fabricación			
1.05	Altura de instalación		< 1000	
1.06	Normas de fabricación		IEC 62271-102	
1.07	Norma de calificación sísmica		IEEE Std 693-1997	
2.00	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
2.01	Tensión nominal y máxima nominal	kV	60 / 72,5	
2.02	Corriente nominal	A	1250	
2.03	Frecuencia nominal	Hz	60	
2.04	Corriente resistida de corta duración (3 s)	kAef	25	
2.05	Corriente momentánea nominal	kAcr	2	
2.06	Tensiones de impulso no disruptivas			
	- Tensión contra tierra y entre polos	kVcr	325	
	- Aplicada sobre la distancia de aislamiento	kVcr		
2.07	Tensión resistida de frecuencia industrial, 1 minuto			
	- Tensión contra tierra y entre polos	kVef	140	
	- Aplicada sobre la distancia de aislamiento	kVef		
2.08	Tensión resistida de 60 Hz, 1 min., húmedo, entre polos	kVef		
2.09	Tensión de alimentación de control	Vcc	220 (+10%,-15%)	
3.00	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS			
3.01	Características de las columnas aisladoras			
	- Fabricante			
	- País			
	- Tipo de columna aisladora, según designación IEC			
	- Material de fabricación del aislador		Porcelana	
	- Fuerza de cantilever resistida por la columna	N	2500	
	- Diámetro medio de la columna aisladora	mm	150	
	- Cantidad de aisladores por cada columna		2	
	- Longitud de la columna	mm		
3.02	Peso total de un seccionador tripolar	daN		
3.03	Línea de fuga específica	mm/kV	31	
3.04	Distancia de fuga mínima	mm		
3.05	Torque de salida mínimo del mecanismo de operación	Nm	1200	
3.06	Tiempo máximo de operación entre posiciones extremas	s	10	
3.07	Espesor del plateado de contactos			
	- Contactos expuestos a rozamientos	mm	30	
	- Contactos fijos	mm	15	
3.08	Distancias mínimas libres en aire			

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

SECCIONADOR DE LINEA 60 KV

	- Metal a metal entre polos	mm	1270	
	- Arco seco a tierra	mm		
3.09	Dimensiones			
	- Longitud	mm		
	- Altura a partir de la estructura soporte	mm		
	- Distancia entre fases	mm	1270	
3.10	Tipo de terminales AT		Cilíndricos (Pin)	
4.00	MECANISMO DE ACCIONAMIENTO A MOTOR			
4.01	Designación de tipo del fabricante			
4.02	Cantidad de mecanismos por seccionador		1	
4.03	Tensión de alimentación del motor	Vcc	220 (+10%,-15%)	
4.04	Potencia del motor	W		
4.05	Número de contactos auxiliares NO/NC	U	6 / 6	
4.06	Alimentación de la bobina de enclavamiento de seccionadores con y sin cuchilla de puesta a tierra	Vcc	220 (+10%,-15%)	
4.07	Alimentación de la calefacción	Vca	220	
4.08	- Termostato (si/no)		No	
4.09	Luz interna (si/no)		Si	
4.10	Grado de protección de las cajas del mecanismo y de conexionado exterior		IP-55	
4.11	Peso de cada mecanismo	daN		
5.00	MECANISMO DE LAS CUCHILLAS DE P.A.T.			
5.01	Designación de tipo del fabricante			
5.02	Cantidad de mecanismos por seccionador		1	
5.03	Tensión de alimentación del motor	Vcc	220 (+10%,-15%)	
5.04	Potencia del motor	W		
5.05	Número de contactos auxiliares NO/NC	U	6 / 6	
5.06	Alimentación de la bobina de enclavamiento de seccionadores con y sin cuchilla de puesta a tierra	Vcc	220 (+10%,-15%)	
5.07	Alimentación de la calefacción	Vca	220	
5.08	- Termostato (si/no)		No	
5.09	Luz interna (si/no)		Si	
5.10	Grado de protección de las cajas del mecanismo y de conexionado exterior		IP-55	
5.11	Peso de cada mecanismo	daN		
6.00	OTRAS CARACTERISTICAS			
6.01	Fuerza de contacto nominal			
	- Contactos principales	N		
	- Contactos de cuchillas de puesta a tierra	N		
6.02	Potencia requerida para calefactores	W		
6.03	Resistencia eléctrica de los contactos			
	- Contactos principales	mW		
	- Contactos de cuchillas de puesta a tierra	mW		

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

SECCIONADOR DE LINEA 60 KV

	- Total entre terminales	mW		
6.04	Grado de protección de la caja de conexionado externo		IP-55	
6.05	Operación manual y eléctrica con facilidades de enclavamientos mecánicos y eléctricos(si.No)		SI	
6.06	Tiempo de Operación	seg		
	- En el cierre por orden eléctrica	seg	4 - 7	
	- En la apertura por orden eléctrica	seg	4 - 7	
	- En el cierre manual			
	- En la apertura manual			
6.07	Capacidad de Corte	Arms		
	- Con factor de potencia 0.8 inductivo			
	- Corriente inductiva			
	- Corriente capacitiva			
6.08	En el caso de seccionadores monopolares, la orden eléctrica de cierre y apertura llega simultáneamente (Si, No)			
6.09	Número de operaciones eléctricas / manuales, sin mantenimiento.			
	- Apertura			
	- Cierre			
7.00	PRUEBAS			
7.01	Cada seccionador será sometido a las pruebas de rutina especificadas en IEC 60694/62271-102		Si	
7.02	Se entregan certificados de pruebas Tipo de cada seccionador (si,no)		Si	
8.00	OTRAS INFORMACIONES			
8.01	Lugar de fabricación de las partes más importantes del equipo (listar las partes)			
8.02	Lugar de ensamble total del equipo			
8.03	Años de presencia en el mercado, del mismo tipo y referencia al ofrecido			
8.04	Número de unidades (conjunto de tres) vendidas a los países andinos, del mismo tipo y referencia al ofrecido			
8.05	Número de unidades (conjunto de tres) vendidas al resto del mundo, del mismo tipo y referencia al ofrecido			
8.06	Referencias de clientes a los cuales se les ha vendido este equipo del mismo tipo y referencia al ofrecido			
9.00	INFORMACIONES ADICIONALES			

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

SECCIONADOR DE BARRAS 60 kV

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.00	DATOS GENERALES			
1.01	Marca			
1.02	Designación del equipo, según catálogo del fabricante			
1.03	Tipo		Tripolar, apertura central, montaje horizontal, al exterior	
1.04	País de fabricación			
1.05	Altura de instalación		< 1000	
1.06	Normas de fabricación		IEC 62271-102	
1.07	Norma de calificación sísmica		IEEE Std 693-1997	
2.00	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
2.01	Tensión nominal y máxima nominal	kV	60 / 72,5	
2.02	Corriente nominal	A	1250	
2.03	Frecuencia nominal	Hz	60	
2.04	Corriente resistida de corta duración (3 s)	kAef	25	
2.05	Corriente momentánea nominal	kAcr	2	
2.06	Tensiones de impulso no disruptivas			
	- Tensión contra tierra y entre polos	kVcr	325	
	- Aplicada sobre la distancia de aislamiento	kVcr		
2.07	Tensión resistida de frecuencia industrial, 1 minuto			
	- Tensión contra tierra y entre polos	kVef	140	
	- Aplicada sobre la distancia de aislamiento	kVef		
2.08	Tensión resistida de 60 Hz, 1 min., húmedo, entre polos	kVef		
2.09	Tensión de alimentación de control	Vcc	220 (+10%,-15%)	
3.00	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS			
3.01	Características de las columnas aisladoras			
	- Fabricante			
	- País			
	- Tipo de columna aisladora, según designación IEC			
	- Material de fabricación del aislador		Porcelana	
	- Fuerza de cantilever resistida por la columna	N	2500	
	- Diámetro medio de la columna aisladora	mm	150	
	-Cantidad de aisladores por cada columna		2	
	- Longitud de la columna	mm		
3.02	Peso total de un seccionador tripolar	daN		
3.03	Línea de fuga específica	mm/kV	31	
3.04	Distancia de fuga mínima	mm		
3.05	Torque de salida mínimo del mecanismo de operación	Nm	1200	
3.06	Tiempo máximo de operación entre posiciones extremas	s	10	
3.07	Espesor del plateado de contactos			

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

SECCIONADOR DE BARRAS 60 kV

	- Contactos expuestos a rozamientos	mm	30	
	- Contactos fijos	mm	15	
3.08	Distancias mínimas libres en aire			
	- Metal a metal entre polos	mm	1270	
	- Arco seco a tierra	mm		
3.09	Dimensiones			
	- Longitud	mm		
	- Altura a partir de la estructura soporte	mm		
	- Distancia entre fases	mm	1270	
3.10	Tipo de terminales AT		Cilíndricos (Pin)	
4.00	MECANISMO DE ACCIONAMIENTO A MOTOR			
4.01	Designación de tipo del fabricante			
4.02	Cantidad de mecanismos por seccionador		1	
4.03	Tensión de alimentación del motor	Vcc	220 (+10%,-15%)	
4.04	Potencia del motor	W		
4.05	Número de contactos auxiliares NO/NC	U	6 / 6	
4.06	Alimentación de la bobina de enclavamiento de seccionadores con y sin cuchilla de puesta a tierra	Vcc	220 (+10%,-15%)	
4.07	Alimentación de la calefacción	Vca	220	
4.08	- Termostato (si/no)		No	
4.09	Luz interna (si/no)		Si	
4.10	Grado de protección de las cajas del mecanismo y de conexionado exterior		IP-55	
4.11	Peso de cada mecanismo	daN		
5.00	OTRAS CARACTERISTICAS			
5.01	Fuerza de contacto nominal			
	- Contactos principales	N		
	- Contactos de cuchillas de puesta a tierra	N		
5.02	Potencia requerida para calefactores	W		
5.03	Resistencia eléctrica de los contactos			
	- Contactos principales	mW		
	- Contactos de cuchillas de puesta a tierra	mW		
	- Total entre terminales	mW		
5.04	Grado de protección de la caja de conexionado externo		IP-55	
5.05	Operación manual y eléctrica con facilidades de enclavamientos mecánicos y eléctricos(si.No)		SI	
5.06	Tiempo de Operación	seg		
	- En el cierre por orden eléctrica	seg	4 - 7	
	- En la apertura por orden eléctrica	seg	4 - 7	
	- En el cierre manual			
	- En la apertura manual			
5.07	Capacidad de Corte	Arms		
	- Con factor de potencia 0.8 inductivo			

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
SECCIONADOR DE BARRAS 60 kV				
	- Corriente inductiva			
	- Corriente capacitiva			
5.08	En el caso de seccionadores monopolares, la orden eléctrica de cierre y apertura llega simultáneamente (Si, No)	<input type="checkbox"/>		
5.09	Número de operaciones eléctricas / manuales, sin mantenimiento.			
	- Apertura			
	- Cierre			
6.00	PRUEBAS			
6.01	Cada seccionador será sometido a las pruebas de rutina especificadas en IEC 60694/62271-102		Si	
6.02	Se entregan certificados de pruebas Tipo de cada seccionador (si, no)		Si	
7.00	OTRAS INFORMACIONES			
7.01	Lugar de fabricación de las partes más importantes del equipo (listar las partes)			
7.02	Lugar de ensamble total del equipo			
7.03	Años de presencia en el mercado, del mismo tipo y referencia al ofrecido			
7.04	Número de unidades (conjunto de tres) vendidas a los países andinos, del mismo tipo y referencia al ofrecido			
7.05	Número de unidades (conjunto de tres) vendidas al resto del mundo, del mismo tipo y referencia al ofrecido			
7.06	Referencias de clientes a los cuales se les ha vendido este equipo del mismo tipo y referencia al ofrecido			
8.00	INFORMACIONES ADICIONALES			

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

TRANSFORMADOR DE TENSIÓN 60 KV

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.00	DATOS GENERALES			
1.01	Marca			
1.02	Designación del equipo, según catálogo del fabricante			
1.03	Tipo		Capacitivo	
1.04	País de fabricación			
1.05	Altura de instalación		< 1000	
1.06	Normas de fabricación		IEC 61869-5	
1.07	Norma de calificación sísmica		IEEE Std 693-1997	
2.00	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
2.01	Máxima tensión del sistema	kV	72,5	
2.02	Tensión primaria nominal	kV	60/√3	
2.03	Tensión secundaria nominal			
	- Devanado de medición	V	100/√3	
	- Devanado de protección	V	100/√3	
2.04	Frecuencia nominal	Hz	60	
2.05	Tensión de sostenimiento a onda de impulso 1.2/50 μs	kVcr	325	
2.06	Tensión de sostenimiento a 60 Hz, 1 min	kVef	140	
2.07	Cargas y clases de precisión			
	- Devanado de medición			
	a) Precisión		0.2	
	b) Carga (burden), mínimo	VA	15	
	- Devanado de protección			
	a) Precisión		3P	
	b) Carga(burden) , mínimo	VA	15	
2.08	Elevación de temperatura máxima de los enrollados con cortocircuito pleno, durante 1 s.	K		
2.09	Tensión de iniciación de descargas parciales	kVef		
2.10	Tensión de extinción de descargas parciales	kVef		
2.11	Niveles de descargas parciales			
	- A 110% de la tensión nominal entre fases	pC	10	
	- A 70% de la tensión nominal entre fases	pC	2	
2.12	Potencia térmica total con una elevación de temperatura de 55 K, a tensión nominal	VA		
2.13	Capacitancia total del divisor de voltaje	pF		
2.14	Tiempo admisible , con carga nominal y 1.5 Vn	seg	30	
2.15	Sistema efectivamente puesta a tierra(si, no)		Si	
3.00	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS			
3.01	Contenido de aceite	litros		
3.02	Características de los fuelles			
	- Material de fabricación			
	- Espesor	mm		
3.03	Fuerza de tirón admisible en los terminales primarios			

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

TRANSFORMADOR DE TENSIÓN 60 KV

	- Longitudinal	N		
	- Transversal	N		
3.04	Peso total del transformador con aceite	daN		
3.05	Línea de fuga específica	mm/kV	31	
3.06	Distancia mínima de fuga de los aisladores	mm		
3.07	Diámetro medio del aislador	mm		
3.08	Distancia mínima de arco seco a tierra	mm		
4.00	CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE			
4.01	Designación comercial del aceite ofrecido			
4.02	Tipo de método de refinación			
4.03	Rigidez dieléctrica mínima (IEC 60156)	kV	40	
4.04	Porcentaje de antioxidante máximo	%	0.3	
4.05	Contenido de agua máximo	ppm	< 20	
5.00	DIMENSIONES	mm		
5.01	Altura			
5.02	Diámetro			
6.00	GRADO DE PROTECCION DE LA CAJA DE CONEXIONADO EXTERIOR		IP55	
7.00	PRUEBAS			
7.01	Todos los transformadores de potencial se someterán a pruebas de rutina especificadas en IEC 60044-5 y IEEE std 693-1997 (si, no)		Si	
7.02	Se entregan certificados de pruebas tipo especificadas en IEC 60044-5 y IEEE std 693-1997(si, no)		Si	
8.00	INFORMACIONES ADICIONALES			

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS**TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 60 KV**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.00	DATOS GENERALES			
1.01	Marca			
1.02	Designación del equipo, según catálogo del fabricante			
1.03	Tipo		Instrumento	
1.04	País de fabricación			
1.05	Altura de instalación		< 1000	
1.06	Normas de fabricación		IEC 61869-2	
1.07	Norma de calificación sísmica		IEEE Std 693-1997	
2.00	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
2.01	Tensión nominal y máxima nominal	kV	60 / 72,5	
2.02	Corriente primaria nominal	A	300 - 600	
2.03	Corriente secundaria nominal	A	1	
2.04	Frecuencia nominal	Hz	60	
2.05	Corriente térmica resistida de un segundo	kAef	25	
2.06	Corriente dinámica resistida	kAcr		
2.07	Factor de corriente térmica permanente	%	120	
2.08	Tensión de sostenimiento a onda de impulso 1.2/50 μ s	kVcr	325	
2.09	Tensión de sostenimiento a 60 Hz, 1 min	kVef	140	
2.10	Tensión admisible por un minuto aplicada a los secundarios	KV	2,5	
2.11	Cargas y clases de precisión			
	- Núcleos de medición			
	a) Precisión		0,2	
	b) Carga (burden), mínimo	VA	15	
	c) Número de núcleos	U	1	
	- Núcleos de protección			
	a) Precisión		5P20	
	b) Carga (burden), mínimo	VA	15	
	c) Número de núcleos	U	2	
2.12	Elevación de temperatura máxima de los enrollados con cortocircuito pleno, durante un segundo	°C	155	
2.13	Tensión de iniciación de descargas parciales	kVef		
2.14	Tensión de extinción de descargas parciales	kVef		
2.15	Niveles de descargas parciales			
	- A 110% de la tensión nominal entre fases	pC	10	
	- A 70% de la tensión nominal entre fases	pC	2	
3.00	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS			
3.01	Contenido de aceite	litros		
3.02	Características de los fueles			
	- Material de fabricación			
	- Espesor	mm		
3.03	Fuerza de tirón admisible en los terminales primarios			
	- Longitudinal	N		
	- Transversal	N		

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 60 KV				
3.04	Peso total del transformador con aceite	daN		
3.05	Línea de fuga específica	mm/kV	31	
3.06	Distancia mínima de fuga de los aisladores	mm		
3.07	Diámetro medio del aislador	mm		
3.08	Distancia mínima de arco seco a tierra	mm		
3.09	Altura total	mm		
4.00 CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE				
4.01	Designación comercial del aceite ofrecido			
4.02	Tipo de método de refinación			
4.03	Rigidez dieléctrica mínima (IEC 60156)	kV	40	
4.04	Porcentaje de antioxidante máximo	%	0.3	
4.05	Contenido de agua máximo	ppm	< 20	
5.00	Se anexan curvas características de magnetización		Si	
6.00 GRADO DE PROTECCION DE LAS CAJAS DE CONEXIONES				
			IP55	
7.00 PRUEBAS				
7.01	Cada transformador de corriente será sometido a las pruebas de rutina especificadas en IEC 60044-1 y IEEE Std 693-1997	si, no	Si	
7.02	Se entregan certificados de pruebas tipo según IEC 60044-1 y IEEE Std 693-1997	si, no	Si	
8.00 INFORMACIONES ADICIONALES				

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

PARARRAYOS 60 KV

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.00	DATOS GENERALES			
1.01	Marca			
1.02	Altura de instalación	m s.n.m.	≤ 1000	
1.03	Norma de fabricación		IEC 60099-4	
1.04	Norma de calificación sísmica		IEEE Std 693-1997	
1.05	Contador de descarga		Si	
2.00	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
2.01	Neutro del sistema		Neutro conectado solidamente a tierra	
2.02	Tensión nominal, Ur	kV	60	
2.03	Máxima tensión de operación continua, Uc	kV	48	
2.04	Tensión máxima de descarga con impulso de corriente de 30/60 ms y magnitud de 1 kA	kVp		
2.05	Tensiones máximas de descarga con ondas de impulso de corriente de 8/20 μs a 10 kA:	kVp		
2.06	Corriente de descarga	kA	10	
2.07	Corriente de cortocircuito para prueba de alivio de presión (0,2 s)	kAef	65	
2.08	Frecuencia	Hz	60	
2.09	Clase de descarga de línea, según IEC60099-4		3	
2.10	Aislamiento externo			
	Tensión de sostenimiento a onda de impulso 1.2/50 μs	kVcr	325	
	Tensión de sostenimiento a 60 Hz, 1 min	kVef	140	
3.00	Características de los aisladores principales			
3.01	Fabricante (nombre, país)			
3.02	Tipo de columna aisladora, según designación IEC			
3.03	Fuerza de cantilever resistida por la columna aisladora	N		
3.04	Distancia mínima de fuga de la columna	mm	31	
4.00	Características de las Bases aislantes			
4.01	Número de bases aislantes por cada pararrayos		4	
4.02	Material de fabricación		Resina	
4.03	Tensión de impulso resistida	kVcr	10	
4.00	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS			
4.01	Peso total del equipo	daN		
4.02	Línea de fuga específica	mm/kV	31	
4.03	Distancia mínima de arco seco a tierra	mm		
4.04	Altura total	mm		

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

PARARRAYOS 22,9 KV

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.00	DATOS GENERALES			
1.01	Marca			
1.02	Designación del equipo, según catálogo del fabricante			
1.03	Altura de instalación	m s.n.m.	≤ 1000	
1.04	Norma de fabricación		IEC 60099-4	
1.05	Norma de calificación sísmica		IEEE Std 693-1997	
2.00	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
2.01	Neutro del sistema		Aislado (Delta)	
2.02	Tensión nominal, Ur	kV	22,9	
2.03	Máxima tensión de operación continua, Uc	kV	24	
2.04	Tensión máxima de descarga con impulso de corriente de 30/60 ms y magnitud de 1 kA	kVp		
2.05	Tensiones máximas de descarga con ondas de impulso de corriente de 8/20 μs a 10 kA:	kVp		
2.06	Corriente de descarga	kA	10	
2.07	Corriente de cortocircuito para prueba de alivio de presión (0,2 s)	kAef	40	
2.08	Frecuencia	Hz	60	
2.09	Clase de descarga de línea, según IEC60099-4		3	
2.10	Aislamiento externo			
	Tensión de sostenimiento a onda de impulso 1.2/50 μs	kVcr	125	
	Tensión de sostenimiento a 60 Hz, 1 min	kVef	50	
3.00	Características de los aisladores principales			
3.01	Fabricante (nombre, país)			
3.02	Tipo de columna aisladora, según designación IEC			
3.03	Fuerza de cantilever resistida por la columna aisladora	N		
3.04	Distancia mínima de fuga de la columna	mm	31	
4.00	Características de las Bases aislantes			
4.01	Número de bases aislantes por cada pararrayos			
4.02	Material de fabricación			
4.03	Tensión de impulso resistida	kVcr		
4.00	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS			
4.01	Peso total del equipo	daN		
4.02	Línea de fuga específica	mm/kV	31	
4.03	Distancia mínima de arco seco a tierra	mm		
4.04	Altura total	mm		

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

CELDA UNIGEAR ZS1 DE LLEGADA 24 KV

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.00	DATOS GENERALES			
1.01	Marca			
1.02	Tipo		UniGear ZS1	
1.03	País de fabricación			
1.04	Normas de fabricación		IEC 62271-200	
2.00	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			
2.01	Largo	mm	1000	
2.02	Profundidad	mm	1700	
2.03	Altura	mm	2800	
2.04	Material		Planchas de acero	
2.05	Espesor de las planchas de acero	mm	2	
2.06	Acabado		Pintado por electroforesis	
2.07	Color		RAL 7035	
2.08	Grado de protección		IP54	
2.09	Peso			
3.00	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
3.01	Tensión máxima de servicio	kV	24	
3.02	Corriente nominal	A	2000	
3.03	Corriente de cortocircuito	kA	20	
3.04	Línea de fuga específica	mm/kV	16	
4.00	BARRAS			
4.01	Material		Cobre electrolítico	
4.02	Dimensiones de las barras	mm	2 x 80 x 10	
4.03	Dimensiones de la barra de puesta a tierra	mm	50 x 5	
5.00	 AISLADORES DE BARRAS			
5.01	Fabricante			
5.02	Tipo		interior	
5.03	Material		Resina epóxica	
5.04	Normas de fabricación		IEC 273 - IEC 660	
5.05	Dimensiones (Diámetro - altura)			
5.06	Tensión de sostenimiento a frecuencia industrial:	kV	60	
5.07	Tensión de sostenimiento al impulso	kVp	140	
5.08	Resistencia a la flexión	N		
6.00	EQUIPOS			
6.01	Un (1) interruptor de potencia tripolar 24 kV, 2000 A, 20 kA, extraíble	Set	1	
6.02	Transformador de tensión monofásico, 24 kv, 22,9/√3:0.10/√3-0.1/√3, Cl.0,2, 3P	Set	3	
6.03	Transformador de corriente monofásico, 24 kV, 600-1200 / 1-1- A, Cl. 0,2-5P20, 30 VA	U	3	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

CELDA UNIGEAR ZS1 DE LLEGADA 24 KV

6.04	Medidor Multifunción ION 7650, CL0,2. Magnitudes Eléctricas Mínimas: kW-h, kVA-h, kW, kVA, kW-max, cos f, A,V,Hz	U	1	
6.05	Relé Multifunción -Funciones de Protección: 51, 50, 67, 46, 51N, 50N, 67N, 59, 27, 25, 79, 81, BF. -Funciones de Control -Funciones de Medición -Funciones de Reporte	U	1	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

CELDA UNIGEAR ZS1 DE SALIDA 24 KV

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.00	DATOS GENERALES			
1.01	Marca			
1.02	Tipo		UniGear ZS1	
1.03	País de fabricación			
1.04	Normas de fabricación		IEC 62271-200	
2.00	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			
2.01	Largo	mm	800	
2.02	Profundidad	mm	1700	
2.03	Altura	mm	2800	
2.04	Material		Planchas de acero	
2.05	Espesor de las planchas de acero	mm	2	
2.06	Acabado		Pintado por electroforesis	
2.07	Color		RAL 7035	
2.08	Grado de protección		IP54	
2.09	Peso			
3.00	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
3.01	Tensión máxima de servicio	kV	24	
3.02	Corriente nominal	A	630	
3.03	Corriente de cortocircuito	kA	20	
3.04	Línea de fuga específica	mm/kV	16	
4.00	BARRAS			
4.01	Material		Cobre electrolítico	
4.02	Dimensiones de las barras	mm	2 X 80 x 10	
4.03	Dimensiones de la barra de puesta a tierra	mm	50 x 5	
5.00	AISLADORES DE BARRAS			
5.01	Fabricante			
5.02	Tipo		interior	
5.03	Material		Resina epóxica	
5.04	Normas de fabricación		IEC 273 - IEC 660	
5.05	Dimensiones (Diámetro - altura)			
5.06	Tensión de sostenimiento a frecuencia industrial:	kV	60	
5.07	Tensión de sostenimiento al impulso	kVp	140	
5.08	Resistencia a la flexión	N		
6.00	EQUIPOS			
6.01	Un (1) interruptor de potencia tripolar 24 kV, 630 A, 20 kA, extraíble	Set	1	
6.02	Transformador de corriente monofásico, 24 kV, 200-400 / 1-1- A, Cl. 0.2-5P20, 15 VA	U	3	
6.03	Transformador toroidal 40/ 1 A	U	1	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

CELDA UNIGEAR ZS1 DE SALIDA 24 KV

6.04	Medidor Multifunción ION 7650, CL0.2. Magnitudes Eléctricas Mínimas: kW-h, kVAr-h, kW, kVAr, kVA, kW-max, cos f, A,V,Hz	U	1	
6.05	Relé Multifunción -Funciones de Protección: 51, 50, 67, 46, 51N, 50N, 67N, 59, 27, 25, 79, 81, BF. -Funciones de Control -Funciones de Medición -Funciones de Reporte	U	1	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS				
CELDA UNIGEAR ZS1 SERVICIOS AUXILIARES 24 KV				
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.00	DATOS GENERALES			
1.01	Marca			
1.02	Tipo		UniGear ZS1	
1.03	País de fabricación			
1.04	Normas de fabricación		IEC 62271-200	
2.00	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			
2.01	Largo	mm	1000	
2.02	Profundidad	mm	1700	
2.03	Altura	mm	2800	
2.04	Material		Planchas de acero	
2.05	Espesor de las planchas de acero	mm	2	
2.06	Acabado		Pintado por electroforesis	
2.07	Color		RAL 7035	
2.08	Grado de protección		IP54	
	Peso			
3.00	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
3.01	Tensión máxima de servicio	kV	24	
3.02	Corriente nominal	A	400	
3.03	Corriente de cortocircuito	kA	20	
3.04	Línea de fuga específica	mm/kV	16	
4.00	BARRAS			
4.01	Material		Cobre electrolítico	
4.02	Dimensiones de las barras	mm	2 x 80 x 10	
4.03	Dimensiones de la barra de puesta a tierra	mm	50 x 5	
5.00	AISLADORES DE BARRAS			
5.01	Fabricante			
5.02	Tipo		interior	
5.03	Material		Resina epóxica	
5.04	Normas de fabricación		IEC 273 - IEC 660	
5.05	Dimensiones (Diámetro - altura)			
5.06	Tensión de sostenimiento a frecuencia industrial:	kV	60	
5.07	Tensión de sostenimiento al impulso	kVp	140	
5.08	Resistencia a la flexión	N		
6.00	EQUIPOS			
6.01	Seccionador Tripolar - Accionamiento por fusibles (transformador de 100kVA)	U	1	
6.02	Detector de Tensión capacitivo LRM	U	3	
6.03	Fusibles 6A	U	3	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES 100 kVA 22,9/0,38 - 0,22 kV				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.0	DATOS GENERALES			
1.1	Marca			
1.2	Tipo			
1.3	Humedad relativa Máxima promedio anual	%	95	
1.4	Altitud de instalación	msnm	< 1000	
2.0	TENSIÓN NOMINAL			
2.1	Devanado primario	kV	22,9	
2.2	Devanado secundario	kV	0,38 - 0,22	
2.3	Frecuencia nominal	Hz	60	
3.0	TENSIÓN DE SERVICIO MÁXIMA			
3.1	Devanado primario	kV	24	
3.2	Devanado secundario	kV		
4.0	Resistencia a Sobretensión Industrial 60 Hz, durante 1 minuto seco			
4.1	Devanado primario	kV	50	
4.2	Devanado secundario	kV		
5.0	Resistencia a Sobretensión a Impulso para una onda de 1,2/50 mseg.			
5.1	Devanado primario	kV	125	
5.2	Devanado secundario	kV		
6.0	LÍNEA DE FUGA	mm/kV	31	
7.0	TIPO DE CONEXIÓN:			
7.1	Primaria		Delta	
7.2	Secundaria		Estrella	
8.0	POTENCIA NOMINAL	kVA	100	
9.0	Tensión de Cortocircuito en base a la potencia nominal y con la regulación en la posición central.	%		
10.0	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS EN VACÍO			
10.1	Pérdidas en vacío	A	Indicar	
10.2	Corriente en vacío	A	Indicar	
11.0	DURACIÓN POSIBLE EN MINUTOS DE LAS SOBRECARGAS			
	Para una temperatura máxima de los arrollamientos a 95°C y con las tomas de corriente medianas, según los casos siguientes:		Indicar	
11.1	Potencia inicial 50% de la potencia nominal	min	Indicar	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES 100 kVA 22,9/0,38 - 0,22 kV				
11.2	Sobrecarga 75% de la potencia nominal	min	Indicar	
12.0	PESOS			
12.1	Peso total de cobre	Tn	Indicar	
12.2	Peso de transporte (embalaje principal)	Tn	Indicar	
12.3	Peso total del circuito manipuleo	Tn	Indicar	
12.4	Peso sobre cada rodillo del transformador completamente equipado o listo para el uso y con el aceite	Tn	Indicar	
13.0	PLANOS			
13.1	Dibujo detallado de las dimensiones exteriores, plano N°		Si	
13.2	Esquema de los arrollamientos, plano N°		Si	
13.3	Esquema detallado del tablero del conmutador de tomas bajo carga, plano N°		Si	
13.4	Esquema desarrollado de los transformadores de corriente incorporados, plano N°		Si	
13.5	Esquema desarrollado de las protecciones propias del transformador de potencia, plano N°		Si	
13.6	Dibujo detallado de la ubicación de las diferentes partes y accesorios del transformador de potencia, plano N°		Si	
13.7	Esquema de los circuitos de aceite y purga plano N°		Si	
14.0	ACEITE			
14.1	Características		Indicar	
14.2	Cantidad		Indicar	
15.0	OTRAS CARCATERISTICAS			
15.1	Nivel de ruido		72 dB	
15.2	Nivel de descargas parciales a 1,5 Um/v3		500 pC	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

TABLEROS DE PROTECCIÓN Y MEDICIÓN DE LINEA DE TRANSMISIÓN

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.0	DATOS GENERALES			
1.1	Tipo		Autosoportado	
1.2	Altitud de instalación	m.s.n.m.	≤ 1000	
1.3	Normas aplicables		IEC/NEMA	
1.4	Índice de corrosión		ALTO	
1.5	Grado de Protección			
	- Caja abierta		IP 65	
	- Caja cerrada		IP 65	
1.6	Material de la estructura		Acero	
	- Espesor de Planchas Acero laminado en frio	mm	2,4	
1.7	Dimensiones			
	- Ancho sugerido	mm	≤ 800	
	- Profundidad	mm	≤ 800	
	- Altura	mm	≤ 2200	
1.8	Peso	kg		
1.9	Pintura anticorrosivo epóxico			
	- Numero de capas		1	
	- Espesor por capas	um	40	
1.10	Esmalte epóxico			
	- Numero de capas		2	
	- Espesor por capas	um	65	
1.11	Base poliuretano			
	- Numero de capas		2	
	- Espesor por capas	um	25	
1.12	Color		RAL 7035	
1.13	Croquis y planos		Si	
2.0	CABLES			
2.1	Fabricante			
2.2	Tipo			
2.3	Normas adoptadas			
2.4	Características y dimensiones principales			
	- Control, mando, alarmas	mm ²	2.5	
	- Intensidades y tensiones	mm ²	4	
2.5	Material del conductor		Cobre	
2.6	Material del aislamiento		XLPE	
2.7	Aislamiento	V	1000	
3.0	INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS			
3.1	CIRCUITOS DE ALTERNA			
3.1.2	Tipo			
3.1.3	Normas adoptadas		IEC	
3.1.4	Corriente nominal	A	>10	
3.1.5	Capacidad de cortocircuito	kA	>10	
3.1.6	Tensión	Vac	220	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TABLEROS DE PROTECCIÓN Y MEDICIÓN DE LINEA DE TRANSMISIÓN				
3.2	CIRCUITOS DE CONTINUA			
3.2.1	Fabricante			
3.2.2	Tipo			
3.2.3	Normas adoptadas		IEC	
3.2.4	Corriente nominal	A	>10	
3.2.5	Capacidad de cortocircuito	kA	>10	
3.2.6	Tensión	Vcc	220	
4.0	CALEFACCIÓN			
4.1	Termostato		Si	
4.1.1	- Rango de calibración		- 5 a + 30	
4.2	Resistencia de calefacción		Si	
4.2.1	- Tensión	Vca	220	
4.2.2	- Resistencia	Ohms		
5.0	BORNERA DE PRUEBAS			
5.1	PARA PROTECCIONES	Unid.	2	
5.1.1	- Fabricante			
5.1.2	- Tipo			
5.1.3	- Normas adoptadas			
5.1.4	- Corriente nominal	A	1	
5.1.5	- Tensión Nominal	Vac	220	
5.2	PARA MEDICIONES	Unid.	2	
5.2.1	- Fabricante			
5.2.2	- Tipo			
5.2.3	- Normas adoptadas			
5.2.4	- Corriente nominal	A	1	
5.2.5	- Tensión Nominal	Vac	220	
6.0	BORNERAS DE CONTROL			
7.0	MEDIDOR DE ENERGIA MULTIFUNCION	Und.	2	
7.1	País de procedencia			
7.2	Fabricante			
7.3	N° Catalogo /Serie			
7.4	Norma		IEC 60687 IEC 61036 IEC 61358	
7.5	Certificado de calidad		ISO 9001	
7.6	Numero de hilos y sistema		Trifásico 4 hilos	
7.7	conexión			
7.8	Diseño		Electrónico	
7.9	Clase de precisión		0,2	
7.10	Tensión nominal	Vca	52 - 260	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TABLEROS DE PROTECCIÓN Y MEDICIÓN DE LINEA DE TRANSMISIÓN				
7.11	Intensidad nominal	A	1	
7.12	Intensidad máxima	A	400%	
7.13	Frecuencia	Hz	60	
7.14	Material de la base, caja de bornes y tapa de bornes	Policarbonato auto-extinguible		
7.15	Rango de temperatura	°C	-25 a 55	
7.16	Consumo propio para circuitos de tensión	W/VA	<2W/10VA	
7.17	Consumo propio para circuitos de intensidad	VA	<4	
7.18	Influencia de sobre intensidades de corta duración		< 1.5%	
7.19	Aislamiento		clase II	
7.20	Intensidad de arranque		<0.4%Ib	
7.21	Pantalla		Cristal líquido LCD	
7.22	Temperatura de operación del LCD	°C	-20 a +55	
7.23	Registro de potencia y energía en cuatro cuadrantes (bidireccional)		Si	
7.24	Memoria no volátil para registros de perfil de carga y tensión, mínimo 8 canales de registro		mínimo 2 meses	
7.25	Dígitos		5 enteros y 1 decimal	
7.26	Polaridad del sistema		Siempre positivo	
7.27	Señalización para polaridad invertida		incluido	
7.28	Dispositivo de salida para ensayos metrológicos		Impulso de luz infrarroja	
7.29	Puerto de comunicación			
	- RS232		frontal	
	- RS485		posterior	
	- Ethernet		Si	
	- Fibra óptica		Si	
7.30	Protocolo de comunicación			
	- DNP3.0		Si	
	- IEC61850		Si	
	- preparado para MODBUS		Si	
7.31	Parámetros de medición y almacenamiento		V, A, MD, KW, KVAR	
7.32	Software		Incluido	
7.33	Exportación de Datos		mediante PC	
7.34	Catálogos		Si	
7.35	Ubicación			
7.36	Vida útil de la batería interna	Años	5	
8.0	CONTROLADOR DE BAHIA	Und	2	
8.1	Fabricante			
8.2	Código de catalogo			
8.3	País de Fabricación			
8.4	Normas Aplicables		IEC	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TABLEROS DE PROTECCIÓN Y MEDICIÓN DE LINEA DE TRANSMISIÓN				
8.5	Unidades de procesamiento interno		Microprocesadores	
8.6	Máximo número de equipos a controlar y comandar		30	
8.7	Bloqueos lógicos		Si	
8.8	Selector local/remoto		Si	
8.9	Pulsadores para operación		Si	
8.10	Dimensiones			
	- Ancho	mm		
	- Profundidad	mm		
	- Altura	mm		
8.11	Magnitudes eléctricas de medición			
	- Potencia activa	kW	Si	
	- Potencia reactiva	kVAR	Si	
	- Potencia aparente		kVA	
	- Factor de potencia	Cos f	Si	
	- Corriente	A	Si	
	- Tensión	V	Si	
	- Frecuencia	Hz	Si	
8.12	Pantalla digital amplia para control		Indicar medidas	
8.13	Panel de alarmas incorporado		Indicar número de LEDs	
8.14	Señal de corriente	A	1	
8.15	Señal de tensión	Vca	52 - 260	
8.16	Frecuencia nominal	Hz	60	
8.17	Tensión Auxiliar	Vcc	220	
8.18	Tolerancia	%	-20 / +10	
8.19	Consumo	VA		
8.20	Puertos de comunicación RJ45	Unid.	1	
8.21	Puertos de comunicación en fibra óptica	Unid.	2	
8.22	Protocolos de comunicación		IEC61850 DNP 3.0 TC-IP	
8.23	Integración a RTU		Si	
8.24	Manuales y software de programación		Si	
8.25	Capacitación en operación y programación		Si	
9.0	PROTECCIÓN PRINCIPAL	Unid.	2	
9.1	Fabricante			
9.2	País de procedencia			
9.3	Nº de Catálogo / Serie			
9.4	Tipo		Multifunción	
9.5	Unidad de Procesamiento Interno		Microprocesadores	
9.5.1	Tipo de microprocesador		Númérico	
9.6	Norma		IEC 60255 IEC 61000 IEC 60297	
9.9	Altura de instalación	msnm	≤1000	
9.10	Frecuencia de operación	Hz	60	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TABLEROS DE PROTECCIÓN Y MEDICIÓN DE LINEA DE TRANSMISIÓN				
9.11	Rango temperatura de trabajo	°C	-25 a +55	
9.12	Montaje		Frontal/superior	
9.13	Conexión		03 fases + tierra	
9.14	Consumo	VA	Indicar	
9.15	Color		Indicar	
9.16	Grado de protección		IP 52	
9.17	Programación digital – lógico		Si	
9.18	Registro de Oscilografía		Si	
9.19	Nivel de Sensibilidad	mA	1	
9.20	Inmunidad a interferencias electromagnéticas		Si	
9.21	RELÉ DE TECNOLOGIA DIGITAL/NUMERICO		Si	
9.21.1	Numero de microprocesadores		Indicar	
9.22	PRUEBAS DE AISLAMIENTO			
9.22.1	Tensión de prueba 60 Hz (1 min)	kV	2	
9.22.2	Tensión a impulso 1.2/50us, 0.5 J	Kvp	5	
9.22.3	Resistencia de aislamiento a 500 Vcc	Mohm	2	
9.23	PROTECCIÓN ELECTRICA			
	- Contra inducción electromagnética		Si	
	- Contra armónicos		Si	
	- Corrientes de inserción de transformadores de potencia		Si	
	- Protección contra transitorios en CVT		Si	
	- Protección contra radio interferencia (IEC 255-22-1)		Si	
9.24	CAPACIDAD PARA SOPORTAR ESFUERZOS MECANICOS			
	- Vibraciones según IEC 255-21		Si (indicar)	
	- Golpes según IEC 255-21		Si (indicar)	
9.25	PROTECCIÓN			
	Disponibilidad de Protección			
	- Neutro Aterrado Rígidamente		Si	
9.25.1	Protección de Distancia (21/21N)			
	- Número mínimo de zonas		4	
	- Direccionalidad		Todas las zonas reversibles	
	- Ajuste por elemento MHO		Si	
	- Ajuste por elemento poligonal		Si	
	- Inmunidad a los efectos de acoplamiento de secuencia cero (líneas paralelas)		Si	
	Esquema de Transferencia de Disparo			
	- Extensión de zona		Si	
	- Protección sub alcance permisivo		Si	
	- Protección sobre alcance permisivo		Si	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TABLEROS DE PROTECCIÓN Y MEDICIÓN DE LINEA DE TRANSMISIÓN				
	- Bloqueo protección sub alcance			Si
	- Bloqueo protección sobre alcance			Si
	- Esquema de desbloqueo			Si
	- Lógica de Fuente Débil (weak infeed)			Si
9.25.2	Función de autorecierre (79)			
	- Número de autorecierres	Unid.		4
	- Revisión del sincronismo para el autorecierre			Si
	- Operación monofásica			Si
	- Operación trifásica			Si
	- Iniciado desde la protección de distancia			Si
	- Iniciado vía un contacto de entrada externa			Si
	- Inhibido vía un contacto de entrada externa			Si
	- Detección de fallas evolutivas			Si
9.25.3	Función de máxima tensión (59)			
	- Rango de ajuste	%		100 - 150
	- Temporización	seg.		0 – 40
	- Pasos	seg.		0,1
	- Sobretensión admisible permanente	Vca		≥1,3 Vn
	- Tensión de prueba 60 Hz, 1 minuto	kV		2
	- Tensión de impulso 1.2/50 us, 0.5	kVp		5
	- Temperatura de trabajo	°C		40
9.25.4	Función de sobrecorriente direccional (67N)			
	- Detección de Corrientes de falla con alta impedancia			Si
	- Calculo de direccionalidad de corriente			Si
	- Lógica para alimentación de fuente débil			Si
	- Bloqueo o de disparo permisivo			Si, Comparación Direccional
	- Mínimo tiempo de operación	seg.		Time configurable
	- Tiempo de retardo	seg.		Instantáneo
	- Curva de protección característica			Inversa
	- Corriente mínima de operación	seg.		
	- Angulo Característico	grados		
9.25.5	Registro de Perturbaciones o Fallas (RF)			Si
	- Registro de tensiones y corrientes de fase y neutro			Si
	- Capacidad total del registrador	ciclos		1800
	- Frecuencia de muestras	muestras/ciclo		2400 (mínimo)
	- Formato del archivo			COMTRADE
9.25.6	Localizador de Fallas (LF)			
	- Dispositivo localizador de falla			Si

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>			
TABLEROS DE PROTECCIÓN Y MEDICIÓN DE LINEA DE TRANSMISIÓN			
	- Distancia a la falla	Ohm o km	
	- Reactancia por unidad de longitud (1 A)	Ohm/Km	0.005 - 6.5
	- Pasos	Ohm/ unid	0.001
	- Compensación por línea paralela	km	
	- Tolerancia de la medida	%	2.5% longitud de línea
9.25.7	Registro de Eventos (RE)		
	- Número de eventos registrados		512
	- Resolución de tiempo entre eventos	ms	1
9.25.8	Otras Funciones Necesarias		
	- Mínima tensión	27	Si / No
	- Sincronización	25	Si
	- Protección de falla interruptor	50BF	Si
	- Mínimo número de grupos de ajuste		5
	- Tipo de curvas (características mínimas)		Inversa, Muy inversa, Extremadamente inversa, Tiempo definido, Norma IEC y ANSI
	- Tiempo de disparo instantáneo	mseg	≤50
9.26	CIRCUITO DE TENSIÓN Y CORRIENTE		
9.26.1	Señal de Corriente		
	- Corriente Nominal (In) (configurable)	A	1 y 5
	- Máxima corriente permanente	A	4In
	- Máxima corriente durante 1 segundo	A	100In
9.26.2	Señal de Tensión alterna		
	- Tensión Nominal (Vn) entre fases	Vac	110 a 120 ±15%
	- Máxima tensión permanente	V	2Vn
	- Máxima tensión durante 1 minuto	V	3.5Vn
9.27	SUMINISTRO AUXILIAR		
	- Tensión auxiliar	Vcc	220 +10% / -20%
9.28	CONTACTOS		
9.28.1	DE DISPARO		
	- Número mínimo de contactos	Unid.	12
9.28.2	DE SEÑALIZACIÓN		
	- Número mínimo de contactos	Unid.	20
9.28.3	AUXILIARES		
	- Contactos auxiliares		2NA + 2NC
9.28.4	ENTRADAS Y SALIDAS LOGICAS		
	- Número mínimo de entradas configurables	Unid.	48

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TABLEROS DE PROTECCIÓN Y MEDICIÓN DE LINEA DE TRANSMISIÓN				
9.29	INTERFAZ PARA OPERACIÓN			
9.29.1	Interfaz para operación			
	- Display frontal y botonera		Si	
	- Esquema de comparación direccional utilizando un canal de teleprotección independiente		Si	
	- Interfaz con sistemas de control		Si	
	- Comunicación remota		Si	
	- Entrada y salidas para teledida		Si	
	- Sincronización horaria mediante canal independiente		Si	
	- Autodiagnóstico y autosupervisión continuo		Si	
	- Indicación de fase disparada		Si	
	- Indicación de zona de operación		Si	
	- Señalización de envío de señal		Si	
	- Señalización de recepción de señal		Si	
	- Indicación de la distancia de falla		Si	
9.30	SEÑALIZACIÓN DE LEDs			
9.30.1	Señalización		Display y led configurable	
	- Indicador visual de alarmas		Si	
	- Activado por contacto externo o función interna		Si	
	- De la actuación de la función de protección		Si	
	- Fase disparada		Si	
	- Zona disparada		Si	
	- Disparo por canal de comunicación		Si	
	- Disparo directo transferido		Si	
	- Falla interna y relé operativo		Si	
	- Número mínimo de leds configurables	Unid.	16	
	- Otras configuraciones			
9.31	COMUNICACIÓN			
9.31.1	Protocolos de comunicación abierto			
	- DNP 3.0		Si	
	- IEC 61850		Si	
	- IEC 60870-5-104		Si	
	- TCP/IP		Si	
	- Modbus		Si	
9.31.2	Protocolos de comunicación propietario			
	(Adjuntar información técnica detallada para su evaluación)		Si	
9.31.3	Puertos de comunicación			
	- RS232		frontal	
	- RS485		posterior	
	- Ethernet		Si	
	01 fijo		Si (fijo)	
	01 preparado futuro		Si (opcional)	
	- Fibra Óptica		Si	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TABLEROS DE PROTECCIÓN Y MEDICIÓN DE LINEA DE TRANSMISIÓN				
9.32	ACCESORIOS			
9.32.1	Borneras de pruebas para corriente y tensión		Si	
9.32.2	Cables de comunicación rele-computador		Si	
9.32.3	Software de configuración		Si	
	- Sistema operativo		Windows	
	- Sistema de seguridad		password	
	- Descargas de información		Si	
	- Programación en forma remota		Si	
9.32.4	Catálogos de operación y mantenimiento en Español e Ingles		Si	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TABLERO DE PROTECCIÓN Y MEDICIÓN DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA 20/15 MVA (ONAF/ONAN)				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.0	DATOS GENERALES			
1.1	Fabricante			
1.2	Tipo		Autosoportado	
1.4	Altitud de instalación	m.s.n.m.	≤ 1000	
1.5	Normas aplicables		IEC - NEMA	
1.6	Índice de corrosión		Alta	
1.7	Grado de Protección		IP52	
1.8	Material de la estructura		Acero galvanizado	
1.9	Dimensiones			
	- Ancho sugerido	mm	≤ 800	
	- Profundidad	mm	≤ 800	
	- Altura	mm	≤ 2200	
1.10	Compartimientos			
	- Modulo de transformación		1	
2.0	CABLES			
2.1	Características y dimensiones principales			
	- Control, mando y alarmas	mm ²	2.5	
	- intensidades y tensiones	mm ²	4	
2.2	Material del conductor		Cobre	
2.3	Aislamiento	V	1000	
3.0	INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS			
3.1	CIRCUITO DE ALTERNA			
3.1.1	Corriente nominal	A	≤10	
3.1.2	Capacidad de cortocircuito	kA	>10	
3.1.3	Tensión	Vac	220	
3.2	CIRCUITO DE CONTINUA			
3.2.1	Fabricante			
3.2.2	Tipo			
3.2.3	Normas adoptadas			
3.2.4	Corriente nominal	A	>10	
3.2.5	Capacidad de cortocircuito	kA	>10	
3.2.6	Tensión	Vcc	220	
3.2.7	Catálogos		Si	
4.0	LAMPARA INTERIOR			
4.5	Tensión	Vca	220	
4.6	Tiempo de vida	horas	50000	
5.0	CALEFACCIÓN			
5.1	Termostato		SI	
5.2	Resistencia de calefacción		SI	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

TABLERO DE PROTECCIÓN Y MEDICIÓN DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA 20/15 MVA (ONAF/ONAN)

6.0	BORNERAS DE PRUEBAS	Und	2	
6.1	Fabricante			
6.2	Tipo			
6.3	Normas adoptadas			
6.4	Corriente nominal	A	1	
6.5	Tensión nominal	Vac	220	
6.6	Ubicación		Indicar	
7.0	MEDIDOR DE ENERGIA MULTIFUNCIÓN	Und	1	
7.1	País de procedencia			
7.2	Fabricante			
7.3	Nº de Catálogo / Serie			
7.4	Norma		IEC 60687 IEC 61358 IEC 61036	
7.5	Certificado de Calidad		ISO 9001	
7.6	Número de hilos y sistema		trifásico de 4 hilos	
7.7	Conexión			
7.8	Diseño		Electrónico	
7.9	Clase de Precisión		+/- 0.2	
7.10	Tensión nominal	V	52 - 260	
7.11	Intensidad nominal	A	1	
7.12	Intensidad máxima	A	400%lb	
7.13	Frecuencia	Hz	60	
7.14	Material de la base, caja de bornes y tapa de bornes	Policarbonato autoextinguible		
7.15	Rango de temperatura	°C	-25 a 55	
7.16	Consumo propio para circuitos de tensión	W/VA	<2W/10VA	
7.17	Consumo propio para circuitos de intensidad	VA	<4	
7.18	Influencia de sobre intensidades de corta duración		< 1.5%	
7.19	Aislamiento		clase II	
7.20	Intensidad de arranque		<0.4%lb	
7.21	Pantalla		Cristal líquido LCD	
7.22	Temperatura de operación del LCD	°C	-20 a +55	
7.23	Registro de potencia y energía en cuatro cuadrantes (bidireccional)		Si	
7.24	Memoria no volátil para registros de perfil de carga y tensión, mínimo 8 canales de registro		mínimo 2 meses	
7.25	Dígitos		5 enteros y 1 decimal	
7.26	Polaridad del sistema		Siempre positivo	
7.27	Señalización para polaridad invertida		incluido	
7.28	Dispositivo de salida para ensayos metrológicos		Impulso de luz infrarroja	
7.29	Puerto de comunicación			
	- RS232		frontal	
	- RS485		posterior	
	- Ethernet			

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS				
TABLERO DE PROTECCIÓN Y MEDICIÓN DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA 20/15 MVA (ONAF/ONAN)				
	01 fijo		Si	
	01 preparado futuro		Si	
	- Fibra óptica		Si	
7.30	Protocolo de comunicación			
	- DNP3.0		Si	
	- IEC61850		Si	
	- preparado para MODBUS		Si	
7.31	Parámetros de medición y almacenamiento		V, A, MD, KW, KVAR	
7.32	Software		Si	
7.33	Exportación de Datos		mediante PC	
7.34	Catálogos		Si	
7.35	Ubicación			
7.36	Vida útil de la batería interna	Años	≥5	
	- Tipo			
	- Normas adoptadas			
	- Rango de calibración	°C	-5 a +30	
8.0	<u>CONTROLADOR DE BAHIA</u>	Und	1	
8.1	Fabricante			
8.2	Código de catalogo			
8.3	País de fabricación			
8.4	Tipo		Multifunción	
8.5	Normas Aplicables		IEC	
8.6	Unidad de procesamiento interno		Microprocesadores	
8.7	Máximo número de equipos a controlar y comandar		30	
8.8	Bloqueos lógicos		Si	
8.9	Selector local / remoto		Si	
8.10	Pulsadores para operación		Si	
8.11	Dimensiones			
	- Ancho	mm		
	- Profundidad	mm		
	- Altura	mm		
8.12	Magnitudes eléctricas de medición			
	- Potencia activa	kW	Si	
	- Potencia reactiva	kVAr	Si	
	- Potencia aparente	kVA	Si	
	- Factor de potencia	cos f	Si	
	- Corriente	A	Si	
	- Tensión	V	Si	
	- Frecuencia	Hz	Si	
8.13	Pantalla digital amplia para control		Indicar medidas	
8.14	Panel de alarmas incorporado		Indicar número de LEDs	
8.15	Sistema		4 hilos	
8.16	Señal de corriente	A	1	
8.17	Señal de tensión	Vca	52 - 260	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

TABLERO DE PROTECCIÓN Y MEDICIÓN DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA 20/15 MVA (ONAF/ONAN)

8.18	Frecuencia nominal	Hz	60	
8.19	Precisión	cl.	0.2	
8.20	Tensión Auxiliar	Vcc	220	
8.21	Tolerancia	%	-20 / +20	
8.22	Consumo	VA		
8.23	Puerto de comunicación RJ45		1	
8.24	Puerto de comunicación en fibra óptica		2	
8.25	Protocolo de comunicación			
	- DNP3.0		Si	
	- IEC61850		Si	
8.26	Integración a RTU o Scada		Si	
8.27	Manuales y Software de programación		Si	
8.28	Capacitación en operación y programación		Si	
9.0	PANEL DE ALARMAS (Externo al controlador)	Und	1	
9.1	Fabricante			
9.2	Código de catalogo			
9.3	País de fabricación			
9.4	Tipo		Visual	
9.5	Normas Aplicables		IEC, IEEE, NEMA	
9.6	Tecnología		Microprocesadores, digital	
9.7	Numero de señales mínimo		32	
9.8	Tensión auxiliar	Vcc	220	
9.9	Cancelación de alarma		Si	
9.10	Prueba de alarma		Si	
10.0	ALARMA SONORA		Indicar	
11.0	RELE DE PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	Und	1	
11.1	Fabricante			
11.2	Tipo		Multifunción	
11.3	Unidad de Procesamiento Interno		Microprocesadores	
11.4	Norma		IEC 60255 IEC 61000 IEC 60297	
11.5	Temperatura Ambiente	°C	-10 a +40	
11.6	Humedad relativa	%	10 a 95	
11.7	Altura de instalación	msnm	≤ 1000	
11.8	Frecuencia de operación	Hz	60	
11.9	Rango temperatura de trabajo	°C	-25 a +55	
11.10	Montaje		Frontal / Superior	
11.11	Instalación		03 fases + tierra	
11.12	Grado de protección		IP 52	
11.13	Programación digital		Si	
11.14	Registro de Oscilografía		Si	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

TABLERO DE PROTECCIÓN Y MEDICIÓN DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA 20/15 MVA (ONAF/ONAN)

11.15	Grado Sensibilidad	mA	1	
11.16	Tensión de prueba 60 Hz (1 min)	kV	2	
11.17	Inmunidad a interferencias eléctricas y electromagnéticas		Si	
11.22	PROTECCIÓN			
11.22	Protección diferencial de Transformador (87T)			
	- Número de devanados	Unid.	2	
	- Ajuste de tomas diferenciales		Si	
	devanado 1			
	- rango	In	1 a 5	
	- pasos			
	devanado 2			
	- rango	In	1 a 5	
	- pasos			
	- Tiempo de operación unidad instantánea	mseg	<50	
	- Ajuste unidad instantánea (diferencial)	In	1 a 10	
11.23	Protección diferencial de porcentaje con restricción de armónicos			
	- Ajuste de restricción de 2do armónico	%	15 a 40	
	- Incremento de ajuste de restricción de 2do armónico		0,1	
	- Ajuste de restricción de 5to armónico	%	15 a 40	
	- Incremento de ajuste de restricción de 5to armónico		0,1	
11.24	Estabilidad ante saturación y errores de transformador de corriente		Si	
11.25	Estabilidad ante variación de Tap's y Grupo de conexión		Si	
11.26	Protección de bloqueo (86T)		Si	
11.27	Registro de Perturbaciones o Fallas (RF)			
	- Registro de tensiones y corrientes de fase y neutro		Si	
	- Capacidad total del registrador	ciclos	1800	
	- Registro de entradas lógicas		Si	
	- Accionado por señales internas y externas		Si	
	- Número mínimo de eventos almacenados		32	
	- Formato del archivo		COMTRADE	
11.28	Registro de Eventos (RE)			
	- Número de eventos registrados		512	
11.29	Otras Funciones Necesarias			
	- Protección de sobrecorriente de Secuencia Negativa	46	SI/NO	
	- Sobrecarga	49	Si	
	- Sobrecorriente instantánea	50/50N	Si	
	- Sobrecorriente temporizada	51/51N	Si	
	- Protección sobreexcitación (Volt/Hertz)	59/81	Si	
	- Protección de mínima tensión	27	Si	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TABLERO DE PROTECCIÓN Y MEDICIÓN DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA 20/15 MVA (ONAF/ONAN)				
	- Protección de sobretensión	59	Si	
	- Mínimo número de grupos de ajuste		4	
	- Tipo de curvas (características mínimas)		Inversa, Muy inversa, Extremadamente inversa, Tiempo definido, Norma IEC y ANSI	
	- Tiempo de disparo instantáneo	mseg	≤50	
11.30	CIRCUITO DE TENSIÓN Y CORRIENTE			
11.30.1	Señal de Corriente			
	- Corriente Nominal (In) (configurable)	A	1 y 5	
	- Máxima corriente permanente	A	4In	
	- Máxima corriente durante 1 segundo	A	50In	
11.30.2	Consumo del circuito de corriente			
11.30.3	Señal de Tensión alterna			
	- Tensión Nominal (Vn) entre fases	Vac	110 a 120 ±15%	
	- Máxima tensión permanente	V	2Vn	
	- Máxima tensión durante 1 minuto	V	4Vn	
11.30.4	Consumo del circuito de tensión			
11.31	SUMINISTRO AUXILIAR			
	- Tensión auxiliar	Vdc	220 ±10%	
11.32	CONTACTOS			
11.32.1	DE DISPARO			
	- Número de contactos (mínimo)	Unid.	12	
11.32.2	DE SEÑALIZACIÓN			
	- Número de contactos (mínimo)	Unid.	20	
11.32.3	AUXILIARES			
	- Contactos auxiliares		2NA + 2NC	
11.32.4	ENTRADAS Y SALIDAS LOGICAS			
	- Número mínimo de entradas configurables	Unid.	24	
11.33	INTERFAZ DE OPERACIÓN			
11.33.1	Interfaz de operación			
	- Interfaz con sistemas de control		Si	
	- Comunicación remota		Si	
	- Entrada y salidas para telemedida		Si	
	- Sincronización horaria mediante canal independiente		Si	
	- Autodiagnostico y autosupervisión continuo		Si	
	- Señalización de envío de señal		Si	
	- Señalización de recepción de señal		Si	
11.34	SEÑALIZACIÓN DE LEDs			
11.34.1	Señalización			

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TABLERO DE PROTECCIÓN Y MEDICIÓN DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA 20/15 MVA (ONAF/ONAN)				
	- Indicador visual de alarmas		Si	
	- Número mínimo de leds configurables	Unid.	16	
	- De estado del rele		Si	
	- Activado por contacto externo o función interna		Si	
	- De la actuación de la función de protección		Si	
11.35	COMUNICACIÓN			
11.35.1	Protocolos de comunicación abierto			
	- DNP 3.0		Si	
	- IEC 61850		Si	
	- IEC 60870-5-104		Si	
	- TCP/IP		Si	
11.35.2	Puertos de comunicación			
	- RS232		Frontal/Posterior	
	- RS485		posterior	
	- Ethernet		02	
	01 fijo		Si (fijo)	
	01 preparado futuro		Si (opcional)	
	- Fibra Óptica		Si	
11.36	ACCESORIOS			
11.36.1	Bornas de pruebas para corriente y tensión		Si	
11.36.2	Cables de comunicación rele-computador		Si	
11.36.3	Software de configuración			
	- Sistema operativo		Windows	
	- Sistema de seguridad		password	
11.36.4	Catalogos de operación y mantenimiento en Español e Ingles		Si	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

TABLERO CARGADOR DE BATERÍAS 3x380Vac, 220Vdc - 48Vdc, 60A - 40A

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.0	INFORMACIÓN GENERAL			
1.1	Fabricante			
1.2	País de Procedencia			
1.3	Modelo			
1.4	Tipo			
1.5	Norma			
1.6	Dimensiones sugeridas			
1.6.1	Largo	mm	1950	
1.6.2	Ancho	mm	650	
1.6.3	Profundidad	mm	700	
2.0	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
2.1	Corriente Alterna			
2.1.1	Tensión de salida	Vac	3 x 380 ± 10%	
2.1.2	Frecuencia de operación	Hz	60	
2.2	corriente continua			
2.2.1	Tensión nominal de salida	Vdc	48 - 220	
2.2.2	Tensión en carga de equilibrio por celda	Vdc	2.27	
2.2.3	Tensión de carga flotante por celda	Vdc	2.27	
2.2.4	Rango de variación de la tensión	%	± 5%	
2.2.5	Corriente nominal	Acd	40 - 80	
2.2.6	Máximo rizado	%	3	
2.2.7	Curva característica según DIN		Si	
2.2.8	Servicio de carga		Si	
2.2.9	Servicio flotante		Si	
2.2.10	Mínima tensión del rectificador		Si	
3.0	INDICADORES, ALARMAS Y PROTECCIONES			
3.1	Alarmas digitales			
3.1.1	Falta tensión de alimentación		Si	
3.1.2	Falta tensión de salida		Si	
3.1.3	Mínima tensión de baterías		Si	
3.2	Indicadores tipo digital para			
3.2.1	Tensión de alimentación		Si	
3.2.2	Tensión de Salida		Si	
3.2.3	Corriente de salida		Si	
3.3	Protecciones			
3.3.1	Sobrecarga		Si	
3.3.2	Cortocircuito en lado de carga		Si	
3.3.3	Sobre tensión de entrada		Si	
3.3.4	Falla a tierra de batería		Si	
3.3.5	Baja tensión en CC		Si	
3.4	Otros			
3.4.1	Igualación Temporizada		Si	
3.4.2	Alarma visual "falla del rectificador"		Si	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
TABLERO CARGADOR DE BATERÍAS 3x380Vac, 220Vdc - 48Vdc, 60A - 40A				
3.4.3	Alarma visual "carga mínima"		Si	
3.4.4	Alarma visual "Alto voltaje"		Si	
3.4.5	Alarma visual "Bajo voltaje"		Si	
3.4.6	Alarma visual "cierre por alto voltaje"		Si	
3.4.7	Indicador visual flotación		Si	
3.4.8	Indicador visual igualación		Si	
3.4.9	Indicador visual "falla a tierra"		Si	
4.0	REGULADOR DE TENSIÓN			
4.1	Tipo			
4.2	Modelo			
4.3	Fabricante			
4.4	Rectificadores de silicio		Si	
4.5	Regulador de tensión automático		Si	
4.6	Máxima variación de tensión	Vcc	± 5%	
4.7	Dispositivo de regulación		Tiristores	
5.0	ACCESORIOS			
5.1	Protección contra fallas de CC y sobrecorriente		Si	
5.2	Interruptor termomagnético en AC	Und.	1	
5.3	Interruptor termomagnético en DC	Und.	1	
5.4	Voltímetro con selector para medición de la tensión de la batería y de la carga	Und.	1	
5.5	Amperímetro con selector para medición de la corriente de la batería y de la carga	Und.	1	
5.6	Filtros L-C para reducción del rizado	Jgo.	1	
5.7	Controlador electrónico de precisión		Si	
5.8	Reactancia y capacitancia de alisamiento (filtrado)		Si	
5.9	Selector de operación ON/OFF		Si	
5.10	Selector de operación NORMAL/EMERGENCIA		Si	
5.11	Potenciómetros:			
5.12	Tarjeta de protección contra:			
5.12.1	Sobrecargas		Si	
5.12.2	Altas - Bajas tensiones de salida		Si	
5.12.3	Alarma por falla interna en los rectificadores	Cjto.	1	
5.13	Inmunidad a interferencia electromagnética		Si	
5.14	Tropicalización		SI	
5.15	Catálogos		SI	
6.0	COMUNICACIONES			
6.1	Puerto de Comunicaciones		RS-232 RS-485 Ethernet DNP 3.0 TC-IP	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

BANCO DE BATERÍAS 220 Vcc, 200 Ah

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.0	INFORMACIÓN GENERAL			
1.1	Material		Níquel Cadmio	
1.2	Norma de fabricación		IEC 896-1	
1.3	Altitud de instalación		< 1000	
1.4	Nivel de contaminación		Severo	
1.5	Índice de corrosión		Muy Alto Salino	
1.6	Abrasión		Por presencia de viento y arena	
2.0	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES			
2.1	BANCO DE BATERIAS			
2.1.1	Tensión nominal del banco	Vcc	220	
2.1.2	Corriente nominal	A	60	
2.1.3	Capacidad nominal de descarga (8horas)	AH	200	
2.1.4	Cantidad de Baterías			
2.1.5	Número de celdas del banco		≥ 100	
2.2	BATERIAS			
2.2.1	Tensión nominal por batería	Vcc	2.4	
2.2.2	Tensión nominal por celda	Vcc	1.2	
2.2.3	Capacidad y tensión final de descarga			
	a. Tensión a 10 horas	Vcc	Indicar	
	b. Tensión a 5 horas	Vcc	Indicar	
	c. Tensión a 3 horas	Vcc	Indicar	
	d. Tensión a 1 hora	Vcc	Indicar	
2.2.4	Eficiencia de amperio-hora para intervalo de 10 horas	%	Indicar	
2.2.5	Eficiencia de watt-hora para intervalo de 10 horas	%	Indicar	
2.2.6	Corriente de carga			
	a. Inicial	A	Indicar	
	b. Normal	A	Indicar	
2.2.7	Número de celdas por batería		Indicar	
2.2.8	Régimen de autodescarga en 24 horas	%	0.5	
2.2.9	Libre de mantenimiento	años	Indicar	
3.0	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
3.1	Tipo			
3.2	Contenedores		Traslucidos	
3.3	Electrodos		Hidroxido Ni y Cd	
3.4	Separadores			
3.4.1	Material		Indicar	
3.4.2	Resistencia eléctrica	Ohm	Indicar	
3.5	Dimensiones y pesos		Si	
3.5.1	Dimensión (alto x ancho x profundidad)	mm	Indicar	
3.5.2	Peso	Kg	Indicar	
3.6	Catálogos		Si	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS				
CONDUCTOR DE ALEACIÓN DE ALUMINIO 240 AAAC				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.0	CARACTERÍSTICAS GENERALES			
1.1	Fabricante			
1.2	Calibre	mm ²	240	
1.3	Número de alambres de aluminio 1350-H19		18	
1.4	Número de alambres de aleación de aluminio 6201- T81		19	
1.5	Normas de fabricación y pruebas		ASTM B230 ASTM B398 ASTM B524	
2.0	DIMENSIONES			
2.1	Sección nominal	mm ²	240	
2.2	Sección real	mm ²	242,5	
2.3	Diámetro y número de hilos de aluminio 1350-H19	mm x N	2,85 x 18	
2.4	Diámetro y número de hilos de aleación de aluminio 6201-T81	mm x N	2,85 x 19	
2.5	Diámetro exterior del conductor	mm	19,95	
3.0	CARACTERÍSTICAS MECANICAS			
3.1	Masa nominal del conductor	kg/km	659,7	
3.2	Carga de rotura mínima	kN	71,82	
4.0	CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS			
4.1	Resistencia eléctrica máxima en CC A 20°C	ohm/km	0,1414	
4.2	Coefficiente térmico de resistencia eléctrica	1/°C		
4.3	Capacidad de corriente	A	611	
4.4	Tipo Grasa		Grasa Silicona polimérica	
4.5	Temperatura de goteo garantizado		280°C	
5.0	EMBALAJE			
5.1	Tipo de embalaje			
5.2	Longitud mínima por carrete	m		
5.3	Peso de la bobina con cable	kg		
5.4	Marcación del carrete			
	- Cliente		Si	
	- Tipo de conductor		Si	
	- Año de fabricación		Si	
	- Sentido del rodamiento		Si	
	- Longitud del cable		Si	
	- número del carrete		Si	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
ACCESORIOS CONDUCTOR DE ALEACIÓN DE ALUMINIO 240 AAAC				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.0	VARILLA DE ARMAR			
1.1	Fabricante			
1.2	País de fabricación			
1.3	Norma de fabricación		ASTM B 117 UNE 21 – 159	
1.4	Material		Aleación de Aluminio	
1.5	Longitud aproximada	mm	1854	
1.6	Número de varillas por juego		10	
1.7	Peso total (10 varillas)	kg	21	
1.8	Diámetro de cada varilla	mm	894	
1.9	Sección del conductor a reforzar	mm ²	240	
2.0	MANGUITO DE EMPALME			
2.1	Fabricante			
2.2	País de fabricación			
2.3	Norma de fabricación		ANSI C 119.4	
2.4	Material		Aluminio y Aleación de Aluminio	
2.5	Acabado		Extruido	
2.6	Tracción	kN	120	
2.7	Diámetro exterior del manguito	mm		
2.8	Diámetro interior del manguito	mm		
2.9	Peso	kg (lb)		
2.10	Longitud	mm (pulg)		
3.0	MANGUITO DE REPARACIÓN			
3.1	Fabricante			
3.2	País de fabricación			
3.3	Norma de fabricación		ANSI C 119.4	
3.4	Material		Aleación de Aluminio	
3.5	Acabado		Extruido	
3.6	Tracción	kN	120	
3.7	Diámetro exterior del manguito	mm		
3.8	Diámetro interior del manguito	mm		
3.9	Peso	kg (lb)		
3.10	Longitud	mm (pulg)		
4.0	CONECTOR DE DOBLE VIA			
4.1	Fabricante			
4.2	País de fabricación			
4.3	Norma de fabricación			
4.4	Material			
4.5	Sección del conductor	mm ²	240	

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
ACCESORIOS CONDUCTOR DE ALEACIÓN DE ALUMINIO 240 AAAC				
4.6	Torque de ajuste recomendado	N-m		
4.7	Dimensiones (adjuntar planos)			
4.8	Peso	kg		
5.0	AMORTIGUADORES DE VIBRACION			
5.1	Fabricante			
5.2	País de fabricación			
5.3	Norma de fabricación		DIN 0212	
5.4	Material		Aluminio – Acero	
5.5	Tipo		Stockbridge	
5.6	Rango diámetro de conductor	mm	21.8 – 28.7	
5.7	Longitud	mm	508 mm	
5.8	Distancia conductor – eje amortiguador	mm	73.9	
5.9	Peso normal	kg		

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS				
AISLADOR ANTIFOG DE VIDRIO ENGOMADO CON SILICONA				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.0	CARACTERÍSTICAS GENERALES			
1.1	Tipo de aislador		Antifog Ball –Socket	
1.2	Fabricante			
1.3	País de fabricación			
1.4	Modelo			
1.5	Normas de fabricación y pruebas		AISI 301-302-304 ASTM A153 ASTM A239 IEC 60060.2 IEC 60372 IEC 60383-1 IEC 61211	
2.0	CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES			
2.1	Diámetro máximo de la parte aislante	mm.	280	
2.2	Paso	mm.	146	
2.3	Diámetro del perno	mm.	Indicar	
2.4	Espesor mínimo del material aislante	mm.	Indicar	
2.5	Longitud de la línea de fuga	mm.	445	
2.6	Peso total aproximado	kg.	5.7	
2.7	Goma Silicona		Tipo RTV (Room Temperature Vulcanizing)	
	- Proceso de Engomado en Fábrica		Si	
	- Espesor de capa de silicona	µm	320	
3.0	CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES			
3.1	Material aislante		Vidrio Templado Tipo compresión	
3.1.1	- Constante dieléctrica		7	
3.1.2	- Angulo de pérdidas (TAN δ)		60 x 10 (-3)	
3.1.3	- Rigidez dieléctrica	kV/cm.	250	
3.2	Material de partes metálicas			
	- Vástagos y caperuzas		Acero forjado	
	- Chaveta de Sujeción		Acero inoxidable o Bronce	
	- Ánodo de sacrificio o manguito		Zinc	
3.2.1	- Límite de ruptura a tracción	kg/mm ²	50/63	
3.2.2	- Límite de elasticidad	kg/mm ²	38/33	
3.2.3	- Alargamiento a ruptura	%	17	
3.2.4	- Dureza (HB)		200/180	
3.2.5	- Espesor mínimo de galvanización de caperuza	g/m ²	915	
	- Norma de galvanización		ASTM A153	
3.3	Material de fijación			
3.3.1	- Límite de ruptura a tracción	kg/mm ²		

<u>TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS</u>				
AISLADOR ANTIFOG DE VIDRIO ENGOMADO CON SILICONA				
4.0	CARACTERÍSTICAS MECANICAS			
4.1	Carga electromecánica de ruptura	kN	120	
5.0	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
5.1	Tensiones de resistencia eléctrica			
5.1.1	Seco a frecuencia industrial, 60 HZ	Kv	85	
5.1.2	Bajo lluvia a frecuencia industrial 60 HZ	kV	60	
5.1.3	A impulso onda 1,2/50 useg. Positiva y negativa	kV	140	
5.2	Tensiones de descarga			
5.2.1	En seco a frecuencia industrial	kV	85	
5.2.2	Bajo lluvia a frecuencia industrial	kV	60	
5.2.3	A impulso onda 1,2/50 useg. positiva y negativa	kV	140	
5.2.4	Tensión de perforación	kV	130	
5.2.5	Nivel máximo de perturbaciones radio eléctrica garantizadas	V	50	
5.2.6	Tensión de prueba del nivel de perturbaciones	kV	10	
6.0	OTRAS CARACTERÍSTICAS			
6.1	Expectativa de vida útil sin mantenimiento	Años	>10	
6.2	Pruebas			

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS				
ACCESORIO DE CADENA DE AISLADORES				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.0	GRILLETE RECTO			
1.1	Tipo			
1.2	Material		Acero Inoxidable	
1.3	Catálogo de Fabricante		Si	
1.4	Norma de Fabricación y Pruebas		ASTM B6 A153, B201	
1.5	Mínima Carga de Rotura	kN	120	
2.0	ADAPTADOR HORQUILLA – BOLA			
2.1	Tipo			
2.2	Material		Acero Inoxidable	
2.3	Catálogo de Fabricante			
2.4	Norma de Fabricación y Pruebas		ASTM A536 UNE21-158-90	
2.5	Mínima Carga de Rotura	kN	120	
2.6	Clase IEC de la bola			
3.0	ADAPTADOR CASQUILLO – OJO CORTO			
3.1	Tipo			
3.2	Material		Acero Inoxidable	
3.3	Catálogo de Fabricante			
3.4	Norma de Fabricación y Pruebas		ASTM B6, A153, B201	
3.5	Mínima Carga de Rotura	kN	120	
3.6	Longitud aproximada	mm	51	
3.7	Clase IEC del casquillo			
4.0	ADAPTADOR CASQUILLO – OJO ALARGADO			
4.1	Tipo			
4.2	Material		Acero Inoxidable	
4.3	Catálogo de Fabricante			
4.4	Norma de Fabricación y Pruebas		ASTM B6, A153, 201	
4.5	Mínima Carga de Rotura	kN	120	
4.6	Longitud aproximada	mm	127	
4.7	Clase IEC del casquillo			
5.0	ADAPTADOR ANILLO – BOLA			
5.1	Tipo			
5.2	Material		Acero Inoxidable	
5.3	Catálogo de Fabricante			

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

ACCESORIO DE CADENA DE AISLADORES

5.4	Norma de Fabricación y Pruebas		ASTM B6, A153, B201	
5.5	Mínima Carga de Rotura	kN	120	
5.6	Longitud aproximada	mm	143	
5.7	Clase IEC de la bola			
6.0	ADAPTADOR HORQUILLA – CASQUILLO			
6.1	Tipo			
6.2	Material		Acero Inoxidable	
6.3	Catálogo de Fabricante			
6.4	Norma de Fabricación y Pruebas		ASTM B6, A153, B201	
6.5	Mínima Carga de Rotura	kN	120	
6.6	Longitud aproximada	mm	163	
6.7	Clase IEC del casquillo			
7.0	ADAPTADOR OJO – BOLA			
7.1	Tipo			
7.2	Material		Acero Inoxidable	
7.3	Catálogo de Fabricante			
7.4	Norma de Fabricación y Pruebas		ASTM B6, A153, B201	
7.5	Mínima Carga de Rotura	kN	120	
7.6	Diámetro aproximado del ojo	mm	18	
7.7	Clase IEC de la bola			
8.0	GRAPA DE SUSPENSION			
8.1	Fabricante			
8.2	País de Fabricación			
8.3	Catálogo / N° de serie			
8.4	Material			
	- Cuerpo y mordaza		Aleación de Al.	
	- Norma		UNE 21 – 159	
	- Perno pasante, perno “U”, tuerca y arandela		Acero Gdo.	
	- Galvanizado en caliente		ASTM A153	
	- Espesor de galvanizado	µm	100	
8.5	Carga mínima de rotura	kN	120	
8.6	Longitud	mm	225	
8.7	Diámetro del perno pasante	mm	16	
8.8	Material pasador de seguridad		Bronce	
8.9	Diámetro del conductor	mm	20,3	
8.10	Sección de conductor a instalar	mm ²	240	
8.11	Rango de ángulo de utilización	gr. sex.	- 5 a 20	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

ACCESORIO DE CADENA DE AISLADORES

9.0	GRAPA DE ANCLAJE DE CONDUCTOR AAAC			
9.1	Tipo			
9.2	Material		Aleación de Aluminio y Acero Gdo.	
9.3	Catálogo de Fabricante			
9.4	Norma de Fabricación y Pruebas		ASTM B6, A153, B201	
9.5	Rango Sec. Conductor activo	mm ²	240	
9.6	Cobertura Conductor	mm	19 – 21	
9.7	Mínima Carga de Rotura	kN	120	

TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS				
CABLE DE ENERGIA UNIPOLAR 18/30kV N2XSJ 50 mm²				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	GARANTIZADO
1.0	Características Generales			
1.1	Altitud de instalación	m.s.n.m.	≤1000	
1.2	Nivel de contaminación		Severa	
1.3	Índice de corrosión		Severa	
2.0	Datos Técnicos			
2.1	Normas de fabricación		IEC 502 NTP 370.050	
2.2	Numero de polos		Unipolar	
2.3	Material del conductor		Cobre recocido	
2.4	Material del aislamiento		XLPE	
2.5	Sección del cable	mm ²	50	
3.0	Características Generales			
3.1	Características de tensión:			
	- E ₀ /E	kV	18/30	
	- Tensión máxima de operación	kV	24	
3.2	Intensidad de Corriente	A	230	
3.3	Frecuencia nominal	Hz	60	
3.4	Resistencia eléctrica en C.C. a 20 ° C	ohm/km	0,387	
3.5	Reactancia inductiva a 60 Hz y 20° C	ohm/km	0,2362	
4.0	Características Mecánicas			
4.1	Tipo		Cableado	
4.2	Numero de hilos por cable	Unid.	19	
4.3	Espesor del aislamiento	mm	2,5	
4.4	Espesor de la cubierta	mm	1,2	
4.5	Corriente de cortocircuito máxima admisible			
	- Dinámica	kA	Indicar	
	- Durante 0,2 seg.	kA		
	- Durante 0,5 seg.	kA		
	- Durante 1,0 seg.	kA		
4.6	Radio mínimo de curvatura	mm		
5.0	TERMINALES DE CABLE			
5.1	Fabricante			
5.2	Tipo		Premoldeado Exterior	
5.3	Norma de fabricación		IEEE 48	
5.4	Material		Polimérico	
5.5	Tensión máxima de servicio	kV	24	
5.6	Tensión de sostenimiento a 60 Hz, 1 min.	kV	145	
5.7	Tensión de sostenimiento a onda de impulso 1.2/50 μs.	kVp	125	
5.8	Línea de fuga específica	mm/kV	31	

ANEXO C
PROTOCOLOS DE PRUEBAS

PROTOCOLO DE PRUEBAS**TRANSFORMADOR DE POTENCIA 15/20 MVA**

UBICACIÓN	Nueva Subestación 20/15MVA	GELDA		FECHA	22/03/2019
-----------	----------------------------	-------	--	-------	------------

A) DATOS DEL TRANSFORMADOR

MARCA	: EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS S.A.
TIPO	: TUC 15 - (20) M / 72,5 / 24,2
N° DE SERIE	: XA1041A001
AÑO DE FABRICACIÓN	: 2010
NORMA DE FRABRICACIÓN	: IEC 76
NIVEL DE AISLAMIENTO LADO DE ALTA	: 140 - 325 (KV)
NIVEL DE AISLAMIENTO LADO DE BAJA	: 50 - 125 (KV)
NIVEL DE AISLAMIENTO NEUTRO	: 50 - 125 (KV)
SOBRETENPERATURA DEL DEVANADO	: 65 °C
SOBRETENPERATURA DEL ACEITE	: 65°C
GRUPO DE CONEXIÓN	: YN0d5
FRECUENCIA	: 60 Hz
REFRIGERACIÓN	: ONAF - ONAN
POTENCIA	: 20 MVA (ONAF) : 15 MVA (ONAN)
RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	: 60 KV ± 13x1% / 22,9 KV
TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO	: 8%
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO	:
ALTURA DE INSTALACIÓN	: 1000 m.s.n.m
PESO DEL ACEITE	: 3915 Kg
PESO TOTAL	: 15500 Kg

B) VERIFICACIÓN DE CONTROL**B.1) Control Mecánico**

- Verificación de las características de placa según protocolo de fábrica.	OK
- Identificación según planos y diagramas unifilares.	OK
- Neutro lado secundario: Conexionado, calibre del cable, aislamiento y color según diseño.	OK
- Puesta a tierra del tanque: Conexionado, calibre del cable, aislamiento y color diseño.	OK
- Control de accesorios:	
- Tanque conservador de aceite / Válvulas / radiadores y accesorios	OK
- Caja terminal de menor tensión y de servicios auxiliares.	OK
- Elementos de entrada de aire seco al tanque del conservador: Hermeticidad y limpieza del filtro, silicagel.	OK

B.2) Control Eléctrico

- Medición de la resistencia de aislamiento. OK
- Continuidad de devanados y verificar: OK
 - Continuidad de la corriente de magnetización al cambiar de tap's. OK
 - La relación de transformación / Grupo de conexión. OK
- Prueba de los transformadores de corriente de los Bushings. OK
- Prueba de relés Buchholz, verificación de funcionamiento, disparos y alarmas. OK
- Prueba de relés de imagen térmica, verificación de funcionamiento, disparos y alarmas. OK
- Prueba del correcto conexionado de los circuitos de baja tensión mediante inyección primaria. OK
- Cambiador de tap's bajo carga, verificación de funcionamiento. OK
- Verificación del sistema de control y sentido de rotación de los ventiladores. OK
- Prueba de los sistemas de protección del transformador. OK

C) MEDICIONES Y PRUEBAS**1) Medición de Resistencia de Aislamiento (M Ω)**

a) Equipos Utilizados

Megómetro

Marca : Megabras
 Tipo : MI - 15kV

Termómetro Digital

Marca : Fluke
 Tipo : 52 KJ

b) Resultados de Medición

	Resistencia (M Ω)	Tensión aplicada (kV)	Tiempo aplicado (seg)	Temperatura (°C)	Notas (M Ω)
Primario a tierra	11000	5	60	24	min \geq 1500
Secundario a tierra	12000	5	60	24	min \geq 1500
Primario - Secundario	10000	5	60	23	min \geq 1500

	Tensión aplicada	TC	U	V	W	Temp. (°C)
Lado Alta Tensión	Primario - Secundario 5kV	TC-A	10000	10000	8000	24
		TC-B	15000	12000	8000	24
		TC-C	10000	10000	10000	24
Lado Baja Tensión	Secundario - Tierra 1kV	TC-A	20000	20000	20000	24
		TC-B	20000	28000	18000	24
		TC-C	20000	18000	18000	24

2) Medición de Resistencia de los Arrollamientos secundarios (Ω)

a) Equipo Utilizado

Ohmímetro Digital

Marca : Fluke
 Tipo : 56

b) Resultados de la prueba

		TC	U	V	W	Temp. (°C)
Lado Alta Tensión	1S1 - 1S3	150/1A	0,56	0,57	0,57	24
	1S2 - 1S3	150/1A	0,56	0,57	0,57	24
	2S1 - 2S3	300/1A	0,56	0,57	0,57	24
	2S2 - 2S3	300/1A	0,56	0,57	0,57	24
Lado Baja Tensión	2S1 - 2S3	300/1A	0,3	0,3	0,3	24
	2S1 - 2S2	300/1A	0,2	0,2	0,2	24
	3S1 - 3S3	600/1A	0,3	0,3	0,3	24
	3S1 - 3S2	600/1A	0,2	0,2	0,2	24
	1S1 - 1S3	300/5A	0,3			23,5
	1S1 - 1S2	600/5A	0,2			24

3) Cálculo de las Perdidas Óhmicas

a) Resultados de la prueba

Conexión	R a 25°C	R a 75°C
UN/VN/WN	23461,77 W	27982,34 W
ZX/XY/YZ	22882,86 W	27291,81 W
Total	46344,62 W	55274,23 W

4) Cálculo de las Perdidas en Carga en Cortocircuito

a) Resultados de la prueba

ZX/XY/YZ	Perdidas en Carga en Cortocircuito			Tensión: 67,8 KV		t = 25 °C	
	1U	1V	1W	K	Medición	Corriente Inon.	Unidades
Corriente	3,193	3,195	3,191	40	127,720	127,720	A
Tensión	109,76	110,26	110,17	51,96	5718,9	5719,45	V
Perdidas	12,7	15,8	18,0	1200	55800	55810,8	W

5) Cálculo de la Regulación y Rendimiento

a) Resultados de la prueba

Cos ϕ = 1		Cos ϕ = 0,8	
Carga %	Rendimiento	Carga %	Rendimiento
100	99,492	100	99,365
75	99,566	75	99,459
50	99,612	50	99,515
25	99,538	25	99,424

D) OBSERVACIONES

PROTOCOLO DE PRUEBAS**INTERRUPTOR DE POTENCIA 60 KV**

UBICACIÓN	Nueva Subestación 20/15MVA	CELDA	FECHA	22/03/2019
-----------	----------------------------	-------	-------	------------

A) DATOS DEL INTERRUPTOR

DESCRIPCIÓN			
MARCA	ABB	PRESIÓN NOMINAL DEL GAS (Mpa)	0,7
TIPO	EDFSK1-1	RANGO DE TENSIÓN BOBINA DE CIERRE (Vdc)	220
N° DE SERIE	700-20-827	RANGO DE TENSIÓN BOBINA DE DISPARO (Vdc)	220
TENSIÓN NOMINAL (KV)	72,5	TENS. NOM. DE MOTOR DE CARGA RESORTE (Vdc)	220
NIVEL DE AISLAMIENTO (KV)	140-325	TENSIÓN NOMINAL DE CALEFACCIÓN (Vac)	220
CORRIENTE NOMINAL (A)	2000	FRECUENCIA (HZ)	60
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (KA)	25	PODER DE CIERRE	65
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DINAMICA (KA)		MASA DE GAS (Kg)	2,5
TENSIÓN AUXILIAR (Vcc)	220	AÑO DE FABRICACIÓN	2017
NORMA	IEC	PESO (Kg)	833
SECUENCIA DE OPERACIÓN	0 - 0,3s - CO - 3min - CO		

B) MEDICIONES Y PRUEBAS**1) Medición de Resistencia de Aislamiento (MΩ)**

a) Equipos Utilizados

Megómetro

Marca : Megabras
 Tipo : MI - 15kV

Termómetro Digital

Marca : Fluke
 Tipo : 52 KJ

b) Resultados de Medición

	R	S	T
Entrada - salida (MΩ)	1000	1000	1000
Salida - tierra (MΩ)	1000	1000	1000
Entrada - tierra (MΩ)	1000	1000	1000
Tensión aplicada (kV)	5	5	5
Temperatura (°C)	23	23	23
Tiempo de aplicación (seg.)	60	60	60

2) Medición de Resistencia de Contactos

a) Equipo Utilizado

Microhmmetro Digital

Marca : Megabras

Tipo : MPK 120A

b) Resultados de la prueba

	R	S	T
Resistencia de contactos (μ -Ohm)	34	36	36
Corriente aplicada (A)	100	100	100

3) Medición de Tiempos de Operación

a) Equipo Utilizado

Medidor de Tiempos de Interruptores

Marca : Doble

Tipo : F - 2252

b) Resultados de la prueba

	R	S	T
Tiempo de cierre (ms)	52,3	52,5	52,3
Tiempo de apertura - Bobina 1 (ms)	29,5	29,7	29,0
Tiempo de apertura - Bobina 2 (ms)	29,0	28,8	29,5

4) Verificación de Mando Eléctrico

	Cierre	Apertura
Mando local	OK	OK
Mando a distancia	OK	OK
Enclavamiento al cierre - local	OK	OK
Enclavamiento a la apertura - local	OK	OK
Enclavamiento al cierre - distancia	OK	OK
Enclavamiento a la apertura - distancia	OK	OK

5) Verificación y Cableado

	R	S	T
Cableado	OK	OK	OK

6) Verificación de Bloqueo por Baja Presión de Gas SF6

	Resultado
Alarma	OK
Disparo	OK

C) INSPECCIÓN FINAL

Ítem	Descripción	Resultado
1	Fundación y Estructura de soporte	OK
2	Limpieza de estructuras	OK

3	Nivelación y alineamiento	OK
4	Estado de porcelana de las columnas de aisladores	OK
5	Equipamiento de la caja de mando	OK
6	Conexión a Puesta a tierra	OK
7	Conectores y ubicación segundo plano	OK
8	Presión del gas SF6	OK

D) OBSERVACIONES

PROTOCOLO DE PRUEBAS

SECCIONADOR DE BARRA 60 KV

UBICACIÓN	Nueva Subestación 20/15MVA	CELDA		FECHA	22/03/2019
-----------	----------------------------	-------	--	-------	------------

A) DATOS DEL SECCIONADOR

DESCRIPCIÓN			
MARCA	ABB	PAR NOMINAL	500
TIPO	SDF72,5	TENSIÓN AUXILIAR (Vcc)	220
Nº DE SERIE	5000050303-10	MOTOR (RPM)	
TENSIÓN NOMINAL (KV)	72,5	TIPO	MD50
CORRIENTE NOMINAL (A)	2000	POTENCIA DE MOTOR (HP)	1750
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (KA) - 1s	25	TENSIÓN NOMINAL DE CALEFACCIÓN	220
NIVEL DE AISLAMIENTO (KV)	140 - 325	AÑO DE FABRICACIÓN	2017
FRECUENCIA (HZ)	60	PESO (KG)	195
TIPO DE COMANDO			

B) MEDICIONES Y PRUEBAS

1) Medición de Resistencia de Aislamiento (MΩ)

a) Equipos Utilizados

Megómetro

Marca : Megabras
 Tipo : MI - 15kV

Termómetro Digital

Marca : Fluke
 Tipo : 52 KJ

b) Resultados de Medición

	R	S	T
Tensión aplicada (KV)	10	10	10
Tiempo de aplicación (seg.)	60	60	60
Temperatura (°C)	23.2	23.2	23.2
Columna lado barra (MΩ)	4500	4500	4500
Columna lado equipo (MΩ)	4500	4500	4500
Aislador soporte de barra (MΩ)			

2) Medición de Resistencia de Contactos

a) Equipo Utilizado

Microhmimetro Digital

Marca : Megabras

Tipo : MPK 120A

b) Resultados de la prueba

	R	S	T
Seccionador (μ -Ohm)	58	58	58
Corriente aplicada (A)	100	100	100
Cuchilla de puesta a tierra (μ -Ohm)			
Corriente aplicada (A)			

3) Verificación del Mando

	Cierre	Apertura
Mando manual Cuchilla de puesta a tierra	-	-
Mando local manual / eléctrico	OK	OK
Alineamiento	OK	OK
Mando a distancia eléctrico	OK	OK
Enclavamiento al cierre - local	OK	OK
Enclavamiento a la apertura - local	OK	OK
Enclavamiento al cierre - distancia	OK	OK
Enclavamiento a la apertura - distancia	OK	OK

4) Verificación de la Operación del Motor

	V (Volt)	I (A)	t (seg.)
Motor de accionamiento			

C) INSPECCIÓN FINAL

Ítem	Descripción	Resultado
1	Fundación y Estructura de soporte	OK
2	Limpieza de estructura	OK
3	Nivelación y alineamiento	OK
4	Porcelana de las columnas de aisladores	OK
5	Mando y accionamientos	OK
6	Conexión de puesta a tierra	OK
7	Conectores y ubicación según plano	OK
8	Cableado y bornes según los planos	OK

D) OBSERVACIONES

PROTOCOLO DE PRUEBAS

SECCIONADOR DE LINEA 60 KV

UBICACIÓN	Nueva Subestación 20/15MVA	CELDA		FECHA	22/03/2019
-----------	-------------------------------	-------	--	-------	------------

A) DATOS DEL SECCIONADOR

DESCRIPCIÓN			
MARCA	ABB	PAR NOMINAL (Nm)	500
TIPO	SDF72,5	TENSIÓN AUXILIAR (Vcc)	220
N° DE SERIE	5000050303-20	MOTOR (RPM)	
TENSIÓN NOMINAL (KV)	72,5	TIPO	MD50
CORRIENTE NOMINAL (A)	2000	POTENCIA DE MOTOR (HP)	1750
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (KA) - 1s	25	TENSIÓN NOMINAL DE CALEFACCIÓN	220
NIVEL DE AISLAMIENTO (KV)	140 - 325	AÑO DE FABRICACIÓN	2017
FRECUENCIA (HZ)	60	PESO (KG)	195
TIPO DE COMANDO			

B) MEDICIONES Y PRUEBAS

1) Medición de Resistencia de Aislamiento (MΩ)

a) Equipos Utilizados

Megómetro

Marca : Megabras
Tipo : MI - 15kV

Termómetro Digital

Marca : Fluke
Tipo : 52 KJ

b) Resultados de Medición

	R	S	T
Tensión aplicada (KV)	10	10	10
Tiempo de aplicación (seg.)	60	60	60
Temperatura (°C)	22,5	22,5	22,5
Columna lado barra (MΩ)	4500	4500	4500
Columna lado equipo (MΩ)	4000	4000	4000
Aislador soporte de barra (MΩ)			

2) Medición de Resistencia de Contactos

a) Equipo Utilizado

Microhmmetro Digital

Marca : Megabras

Tipo : MPK 120A

b) Resultados de la prueba

	R	S	T
Seccionador (μ -Ohm)	62	65	65
Corriente aplicada (A)	100	100	100
Cuchilla de puesta a tierra (μ -Ohm)	280	250	280
Corriente aplicada (A)	100	100	100

3) Verificación del Mando

	Cierre	Apertura
Mando manual Cuchilla de puesta a tierra	OK	OK
Mando local manual / eléctrico	OK	OK
Alineamiento	OK	OK
Mando a distancia eléctrico	OK	OK
Enclavamiento al cierre - local	OK	OK
Enclavamiento a la apertura - local	OK	OK
Enclavamiento al cierre - distancia	OK	OK
Enclavamiento a la apertura - distancia	OK	OK

4) Verificación de la Operación del Motor

	V (Volt)	I (A)	t (seg.)
Motor de accionamiento			

C) INSPECCIÓN FINAL

Item	Descripción	Resultado
1	Fundación y Estructura de soporte	OK
2	Limpieza de estructuras	OK
3	Nivelación y alineamiento	OK
4	Porcelana de las columnas de aisladores	OK
5	Mando y accionamientos	OK
6	Conexión de puesta a tierra	OK
9	Conectores y ubicación según plano	OK
10	Cableado y bornes según los planos	OK

D) OBSERVACIONES

PROTOCOLO DE PRUEBAS**TRANSFORMADOR DE TENSIÓN 60 KV**

UBICACIÓN	Nueva Subestación 20/15MVA	CELDA		FECHA	22/03/2019
-----------	----------------------------	-------	--	-------	------------

A) DATOS DEL TRANSFORMADOR DE TENSIÓN

DESCRIPCIÓN					
MARCA	ABB	TIPO	CPB 72		
TENSIÓN MÁXIMA (KV)	72,5	N° DE SERIE	8869991		
NIVEL DE AISLAMIENTO (KV)	140 -325	DEVANADO	1S1 - 1S2	2S1 - 2S2	
FACTOR DE TENSIÓN		TENSIÓN SEC. (KV)	100/RAIZ(3)	100/RAIZ(3)	
FRECUENCIA (HZ)	60	CAPACIDAD (VA)	30	30	
PESO (KG)	300	CLASE	0,2	3P	
AÑO DE FABRICACIÓN	2017	NORMAS	IEC 61869 - 5		

B) MEDICIONES Y PRUEBAS**1) Medición de Resistencia de Aislamiento (MΩ)**

a) Equipos Utilizados

Megómetro

Marca : Megabras
 Tipo : MI - 15kV

Termómetro Digital

Marca : Fluke
 Tipo : 52 KJ

b) Resultados de Medición

		R	S	T	Tensión Aplicada (kV)	Temp. °C
Alta tensión / masa	P1 - Tierra	1100	1100	1100	5	22,5
Alta tensión / Baja tensión 1	P1 - 1S1	1150	1150	1150	5	22,5
Alta tensión / Baja tensión 2	P1 - 2S1	1150	1150	1150	5	22,5
Baja tensión 1 / masa	1S1 - Tierra	850	860	865	1	22,5
Baja tensión 2 / masa	2S1 - Tierra	850	860	865	1	22,5
Baja tensión 1 / Baja tensión 2	1S1 - 2S1	520	520	520	1	22,5
Tiempo de aplicación (seg.)		60	60	60		

2) Verificación de Polaridad

a) Equipo Utilizado

Medidor de polaridad de transformación

Marca : MULTI AMP
 Tipo : CTER - 83 - E

b) Resultados de Medición

	R	S	T
Devanado de Medición	OK	OK	OK
Devanado de Protección	OK	OK	OK

3) Medición de Relación de Transformación

a) Equipo Utilizado

Medidor de relación de transformación

Marca : MULTI AMP

Tipo : CTER - 83 - E

b) Resultados de Medición

	R	S	T	% DE ERROR		
				R	S	T
Tensión aplicado secundario (V)	57,7	57,7	57,7			
1er Secundario (V)	0,8	0,7	0,8	-0,03	-0,05	-0,03
2do Secundario (V)	0,8	0,7	0,8	-0,03	-0,05	-0,03

C) INSPECCIÓN FINAL

Ítem	Descripción	Resultado
1	Fundación y Estructura de soporte	OK
2	Cajas de Terminales primario - secundario	OK
3	Terminal de puesta a tierra	OK
4	Cableado y bornes según los planos	OK
5	Identificación y rotulado de fases	OK
6	Caja de interconexión de las 03 fases	OK
7	Pintura y acabado de estructuras	OK

D) OBSERVACIONES

PROTOCOLO DE PRUEBAS**PARARRAYOS 60 KV**

UBICACIÓN	Nueva Subestación 20/15MVA	CELDA		FECHA	22/03/2019
-----------	-----------------------------------	-------	--	-------	-------------------

A) DATOS DEL PARARRAYOS

DESCRIPCIÓN			
MARCA	ABB	NORMAS	IEC 60099-4
TIPO	EXLIM Q060	CONTADOR DE DESCARGAS	4
N° DE SERIE		MARCA	
CLASE	3	TIPO	
TENSIÓN NOMINAL (KV)	60	N° DE SERIE	
CORRIENTE NOMINAL DE DESCARGA (kA)	10	AÑO DE FABRICACIÓN	2017
AISLAMIENTO DE LA CAPERUZA (KV)	140-325	PESO (KG)	68
AISLAMIENTO EXTERNO (KV)	PORCELANA		

B) MEDICIONES Y PRUEBAS**1) Medición de Resistencia de Aislamiento (MΩ)**

a) Equipos Utilizados

Megómetro

Marca : Megabras
 Tipo : MI - 15kV

Termómetro Digital

Marca : Fluke
 Tipo : 52 KJ

b) Resultados de Medición

	R	S	T	Tensión Aplicada (kV)
Alta tensión / masa	1000	1000	1000	5
Alta tensión / tierra	1000	1000	1000	5
Masa del equipo tierra	200	200	200	1
Tiempo de aplicación (seg.)	60	60	60	
Temperatura (°C)	24	24	24	

2) Contador de Maniobras

	R	S	T
Operación del contador			
Numero de maniobras			

C) INSPECCIÓN FINAL

Item	Descripción	Resultado
1	Conexión línea terminal A.T. del Pararrayos	OK
2	Ajuste de terminales	OK
3	Porcelana de las columnas de aisladores	OK
4	Aislamiento del cable Pararrayo - Contador	OK
5	Conexión a tierra del contador hacia la malla a tierra	OK
6	Ajuste de terminales del contador	OK

D) OBSERVACIONES

PROTOCOLO DE PRUEBAS**TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 60 KV**

UBICACIÓN	Nueva Subestación 20/15MVA	CELDA		FECHA	22/03/2019
-----------	----------------------------	-------	--	-------	------------

A) DATOS DEL TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

DESCRIPCIÓN					
MARCA	ABB	TIPO	IMB 72		
TENSIÓN MÁXIMA (KV)	72.5	N° DE SERIE	8870000		
NIVEL DE AISLAMIENTO (KV)	140 -325	DEVANADO	1S1 - 1S2	1S1 - 1S3	2S1 - 2S2
CORRIENTE TÉRMICA CONTINUA (A)	720	RELACIÓN (A)	300/1	600/1	300/1
FRECUENCIA (HZ)	60	CAPACIDAD (VA)	15	15	15
PESO (KG)	240	CLASE	0,2	0,2	5P20
AÑO DE FABRICACIÓN	2017	NORMAS	IEC 61869 - 2		

B) MEDICIONES Y PRUEBAS**1) Medición de Resistencia de Aislamiento (MΩ)**

a) Equipos Utilizados

Megómetro

Marca : Megabras
 Tipo : MI - 15kV

Termómetro Digital

Marca : Fluke
 Tipo : 52 KJ

b) Resultados de Medición

		R	S	T	Tensión Aplicada (kV)	Temp. °C
Alta tensión / masa	P1 - Tierra	1200	1250	1100	5	24
Alta tensión / Baja tensión 1	P1 - 1S1	1200	1250	1100	5	24
Alta tensión / Baja tensión 2	P1 - 2S1	1200	1250	1100	5	24
Baja tensión 1 / masa	1S1 - Tierra	1300	1100	1200	1	24
Baja tensión 2 / masa	2S1 - Tierra	1300	1100	1200	1	24
Baja tensión 1 / Baja tensión 2	1S1 - 2S1	1300	1100	1200	1	24
Tiempo de aplicación (seg.)		60	60	60		

2) Medición de Relación de Transformación

a) Equipo Utilizado

Medidor de relación de transformación

Marca : MULTI AMP
 Tipo : CTER - 83 - E

b) Resultados de Medición

	Corriente Aplicado (A)	% DE ERROR		
		R	S	T
Nucleo protección (A)	600	0,14	0,15	0,15
Nucleo Medición (A)	720	-0,11	-0,15	-0,13

3) Medición de Resistencia secundaria

a) Equipo Utilizado

Microhmimetro Digital

Marca : Megabras

Tipo : MPK 120A

b) Resultados de la prueba

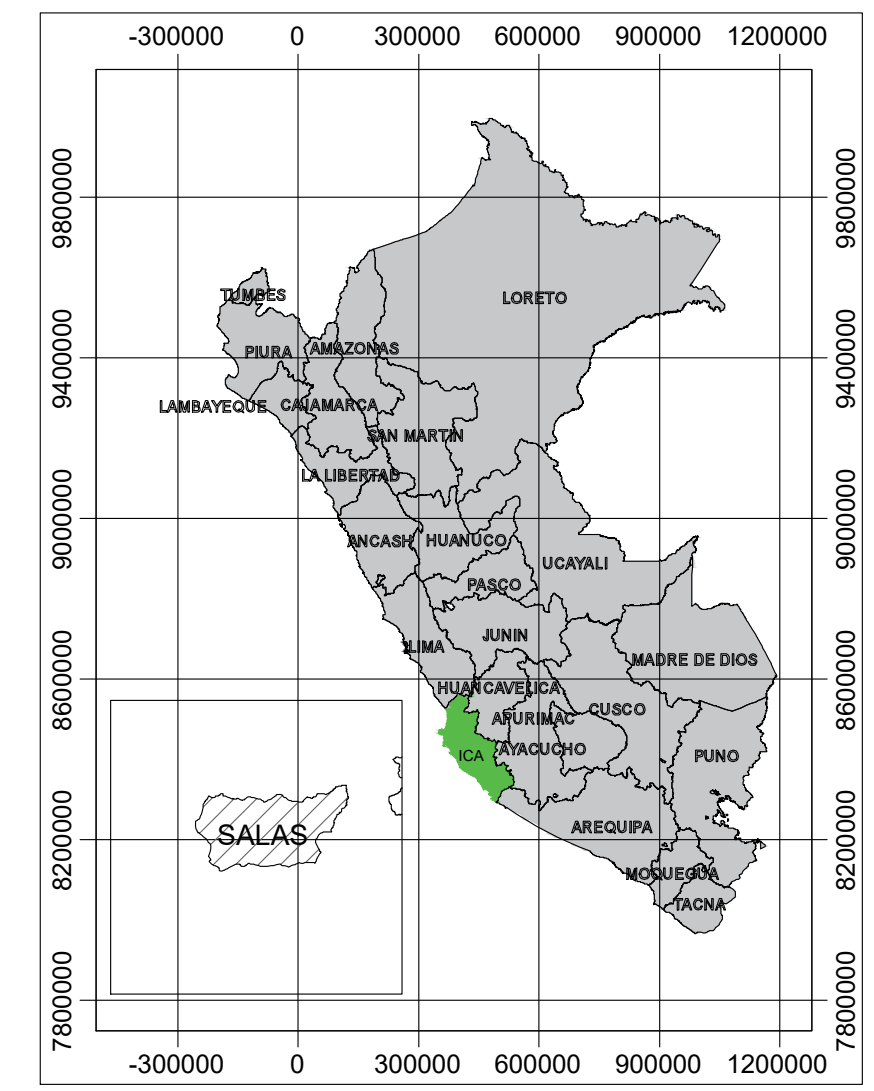
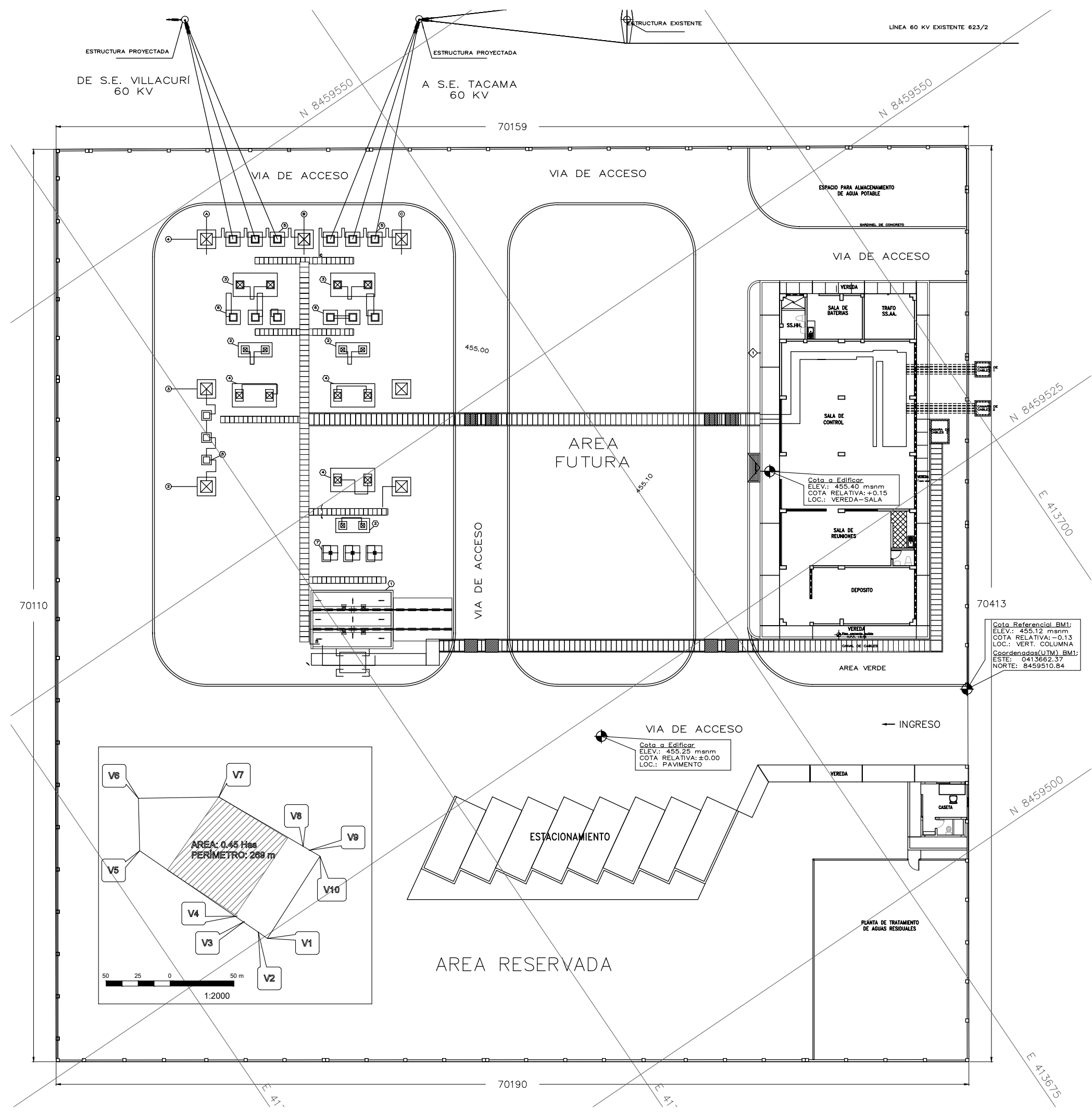
	Resistencia de devanados secundario (mΩ)
Bornera 1S1 - 1S2	991
Bornera 1S1 - 1S3	2009
Bornera 2S1 - 2S2	1530
Bornera 2S1 - 2S3	3003
Bornera 3S1 - 3S2	1538
Bornera 3S1 - 3S3	3117

C) INSPECCIÓN FINAL

Item	Descripción	Resultado
1	Fundación y Estructura de soporte	OK
2	Cajas de Terminales	OK
3	Terminal de puesta a tierra de la carcasa	OK
4	Limpieza	OK
5	Porcelanas	OK
6	Terminales Secundarios	OK
7	Cableado y bornes según los planos	OK
8	Identificación de fases	OK
9	Caja de interconexión de las 03 fases	OK
10	Pintura	OK

D) OBSERVACIONES

ANEXO D
PLANOS DEL PROYECTO

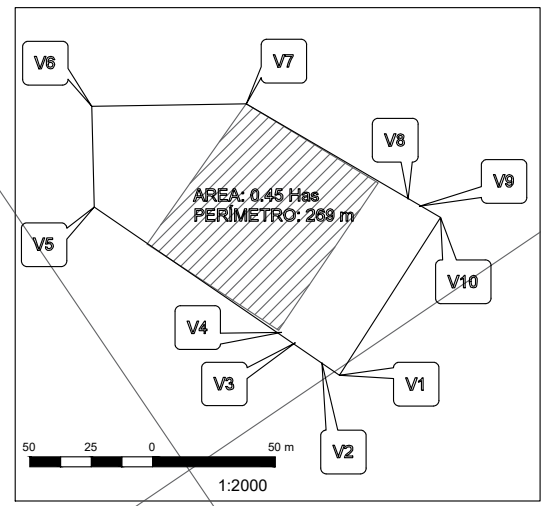


Cuadro de Coordenadas UTM DATUM WGS84

Vértice	Este	Norte
V1	413440	8459103
V2	413433	8459106
V3	413423	8459116
V4	413416	8459121
V5	413340	8459171
V6	413339	8459213
V7	413402	8459214
V8	413467	8459176
V9	413475	8459171
V10	413482	8459167

Perímetros

Vértice	Longitud
V1-V2	8 m
V2-V3	14 m
V3-V4	8 m
V4-V5	91 m
V5-V6	42 m
V6-V7	63 m
V7-V8	76 m
V8-V9	9 m
V9-V10	8 m
V10-V1	77 m

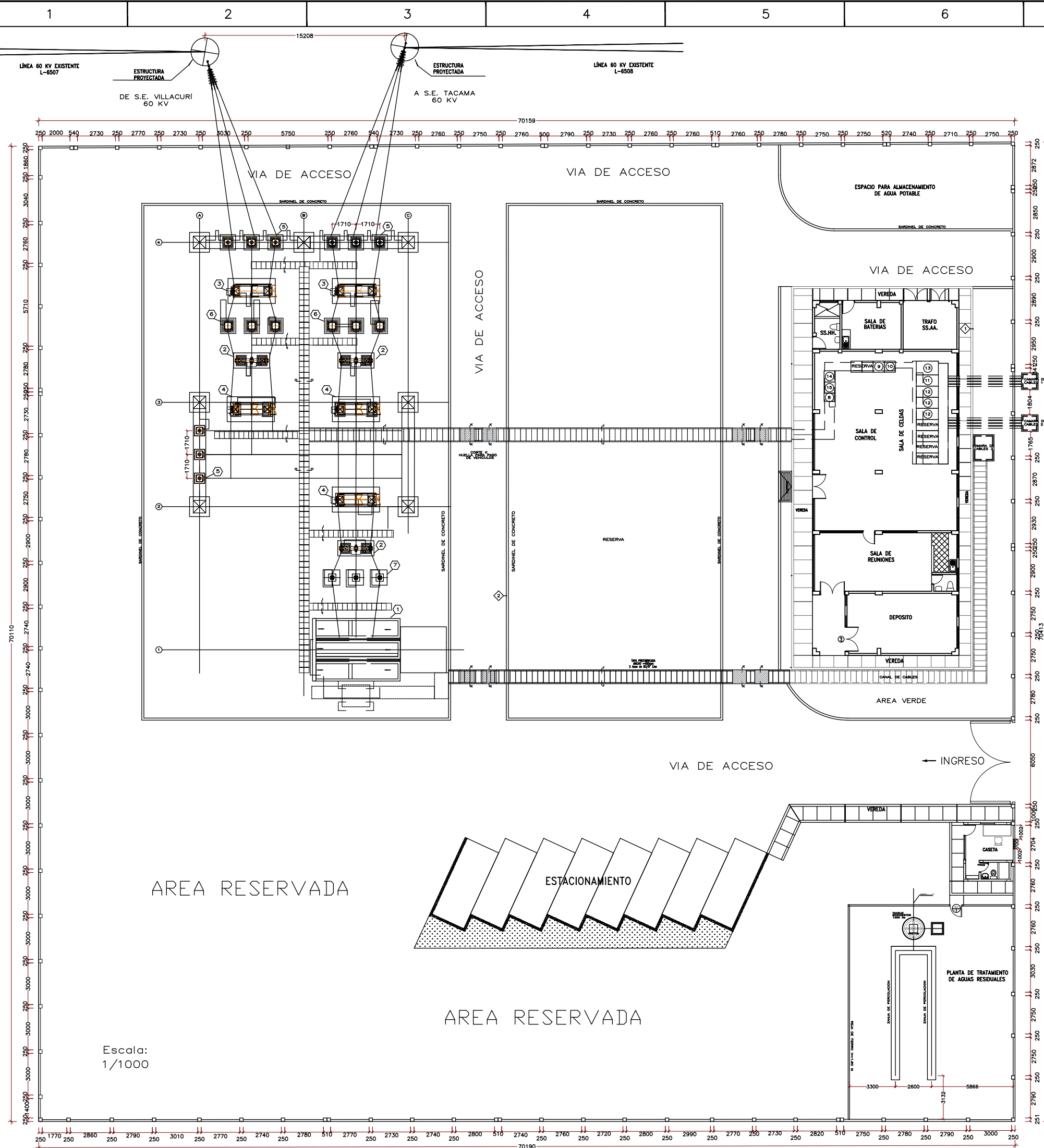


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Título: ESTUDIO DEFINITIVO PARA UNA SUBESTACION ELÉCTRICA DE 20/15 MVA (ONAF/ONAN) EN 60/22,9 KV

Plano : **UBICACIÓN GEOGRÁFICA** N° PLANO **COEL-01**

Proyectista: Bach. RONI DE LA CRUZ ROMERO	Asesor: Ing. MODESTO TOMÁS PALMA GARCÍA	Fecha: OCTUBRE - 2020
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL		Escala: S/E

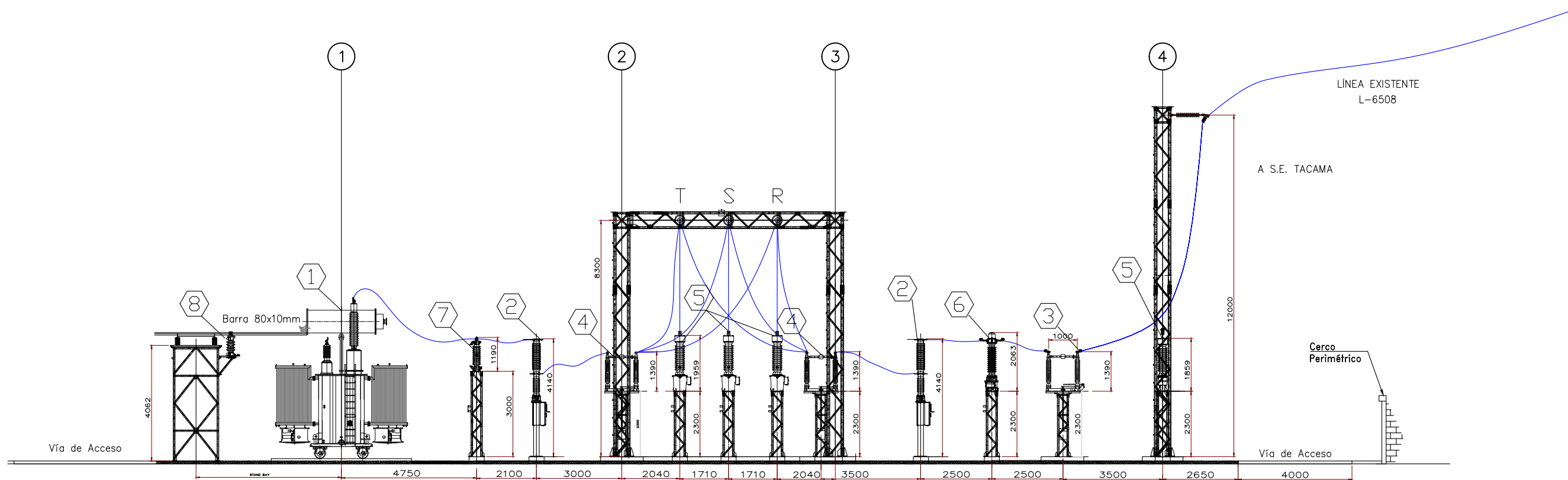


LEYENDA

ITEM	DESCRIPCION	CANT
1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 15/20MVA EN 60/22,9 KV	1
2	INTERRUPTOR DE POTENCIA 60 KV	3
3	SECCIONADOR DE LINEA 60 KV	2
4	SECCIONADOR DE BARRAS 60 KV	3
5	TRANSFORMADOR DE TENSION 60 KV	9
6	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 60 KV	6
7	PARARRAYOS 60 KV	3
8	TABLERO RECTIFICADOR DE BATERIAS 220-48Vcc	1
9	TABLERO DE CONTROL Y PROTECCION DE LINEAS	1
10	TABLERO DE CONTROL Y PROTECCION DEL TRANSFORMADOR.	1
11	CELDA DE LLEGADA Y MEDICION 22.9 KV	1
12	CELDA DE SALIDA 22.9 KV	3
13	CELDA DE TRANSFORMADOR S.S.A.A.	1
14	TABLERO SERVICIOS AUXILIARES 220/48 Vcc	1
15	TABLERO SERVICIOS AUXILIARES 380/220 Vcc	1

Escala: 1/1000

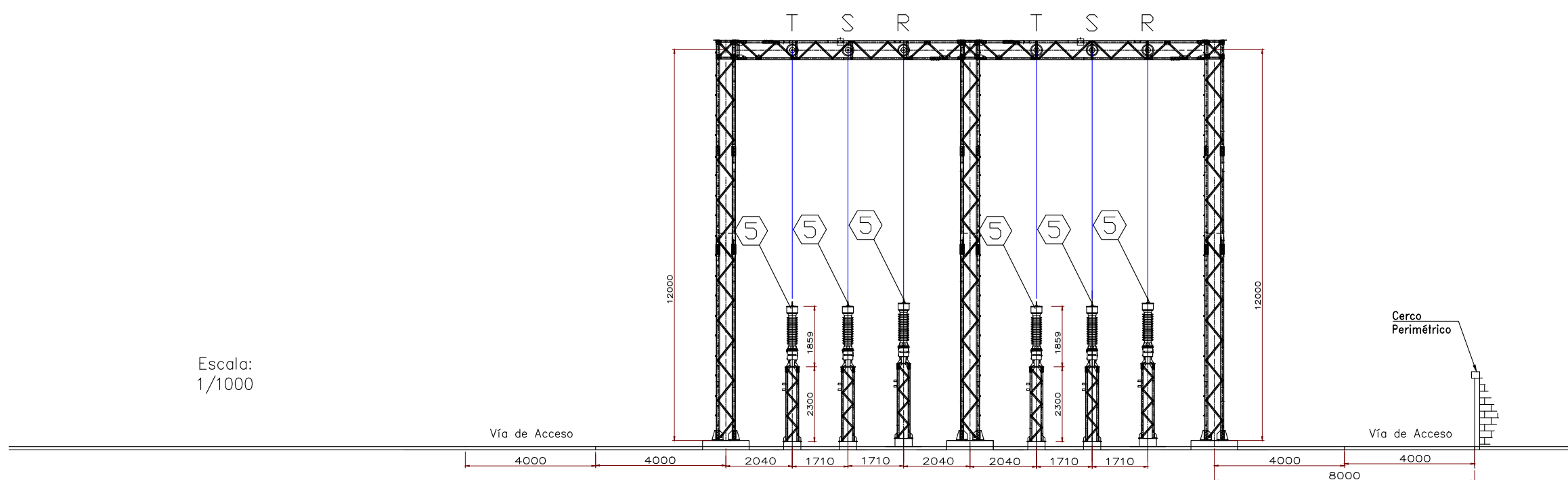
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica	
	Título: ESTUDIO DEFINITIVO PARA UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20/15 MVA (ONAF/ONAN) EN 60/22,9 KV	
Proyecto: Bach. RONI DE LA CRUZ ROMERO	Asesor: Ing. MODESTO TOMÁS PALMA GARCÍA	N° PLANO COEL-02
Trabajo de suficiencia profesional		Fecha: OCTUBRE - 2020
		Escala: S/E



CORTE A-A

LEYENDA

ITEM	DESCRIPCION	CANT
1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 15/20MVA EN 60/22,9KV	1
2	INTERRUPTOR DE POTENCIA 60 KV	3
3	SECCIONADOR DE LINEA 60 KV	2
4	SECCIONADOR DE BARRAS 60 KV	3
5	TRANSFORMADOR DE TENSION 60 KV	9
6	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 60 KV	6
7	PARARRAYOS 60 KV	3
8	PARARRAYOS 22.9 KV	3

Escala:
1/1000

CORTE B-B



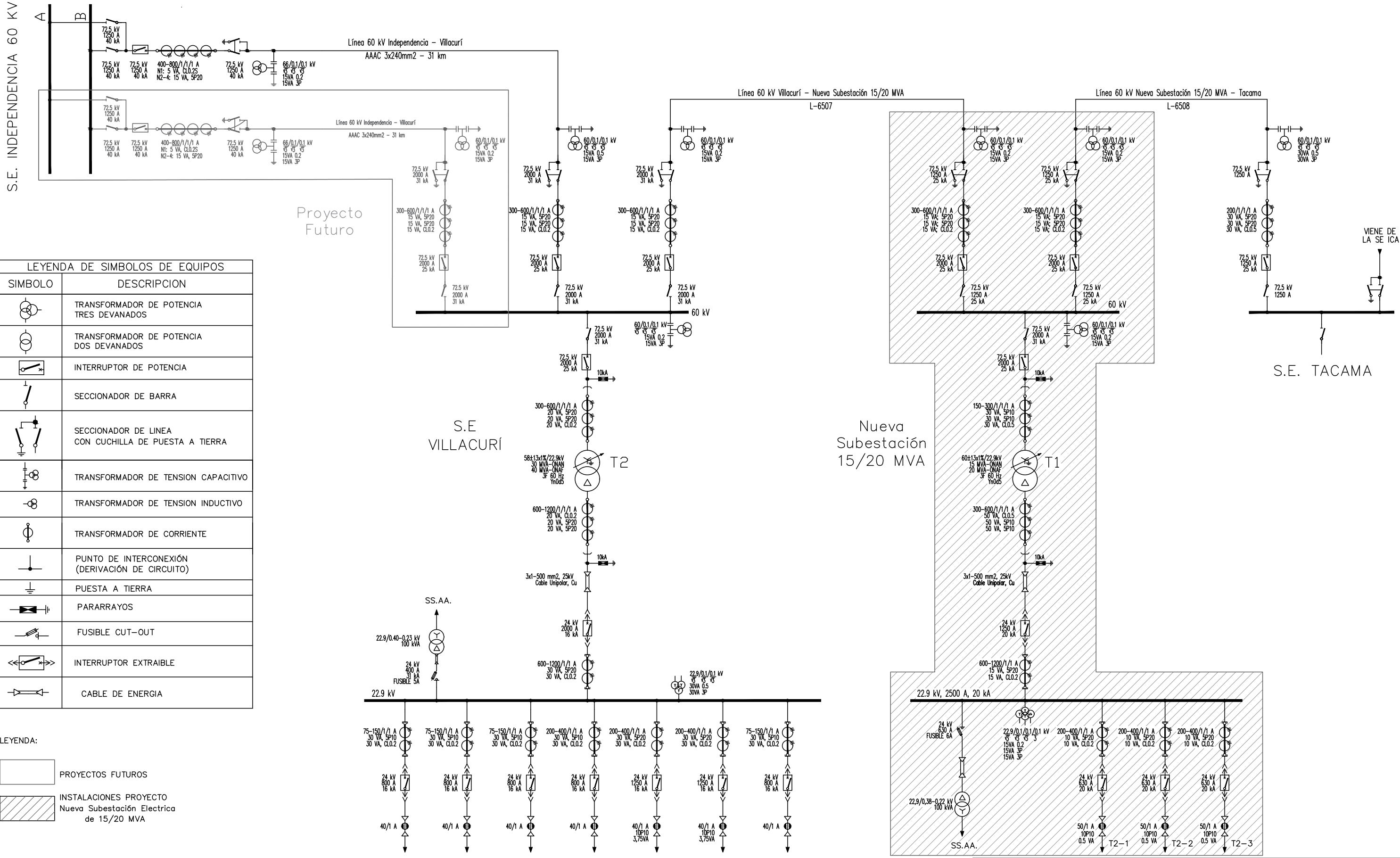
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Título: ESTUDIO DEFINITIVO PARA UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20/15 MVA
(ONAF/ONAN) EN 60/22,9 KV

Plano: **VISTA DE CORTE** N° PLANO
COEL-03

Proyectista: Bach. RONI DE LA CRUZ ROMERO Asesor: Ing. MODESTO TOMÁS PALMA GARCÍA Fecha: OCTUBRE - 2020

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL Escala: S/E



LEYENDA DE SIMBOLOS DE EQUIPOS	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRES DEVANADOS
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA DOS DEVANADOS
	INTERRUPTOR DE POTENCIA
	SECCIONADOR DE BARRA
	SECCIONADOR DE LINEA CON CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA
	TRANSFORMADOR DE TENSION CAPACITIVO
	TRANSFORMADOR DE TENSION INDUCTIVO
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
	PUNTO DE INTERCONEXIÓN (DERIVACIÓN DE CIRCUITO)
	PUESTA A TIERRA
	PARARRAYOS
	FUSIBLE CUT-OUT
	INTERRUPTOR EXTRAIBLE
	CABLE DE ENERGIA

LEYENDA:

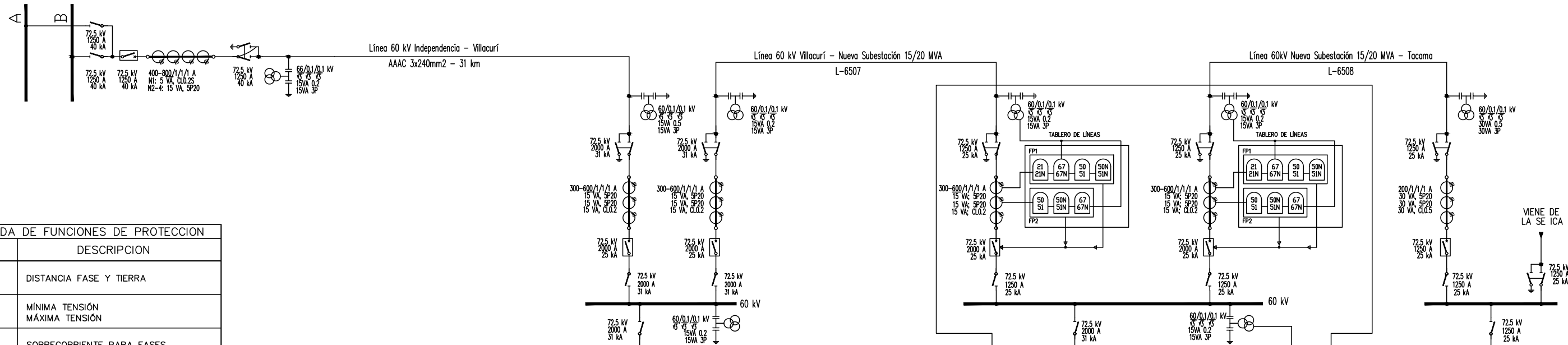
	PROYECTOS FUTUROS
	INSTALACIONES PROYECTO Nueva Subestación Eléctrica de 15/20 MVA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
 Título: ESTUDIO DEFINITIVO PARA UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20/15 MVA
 (ONAF/ONAN) EN 60/22,9 KV

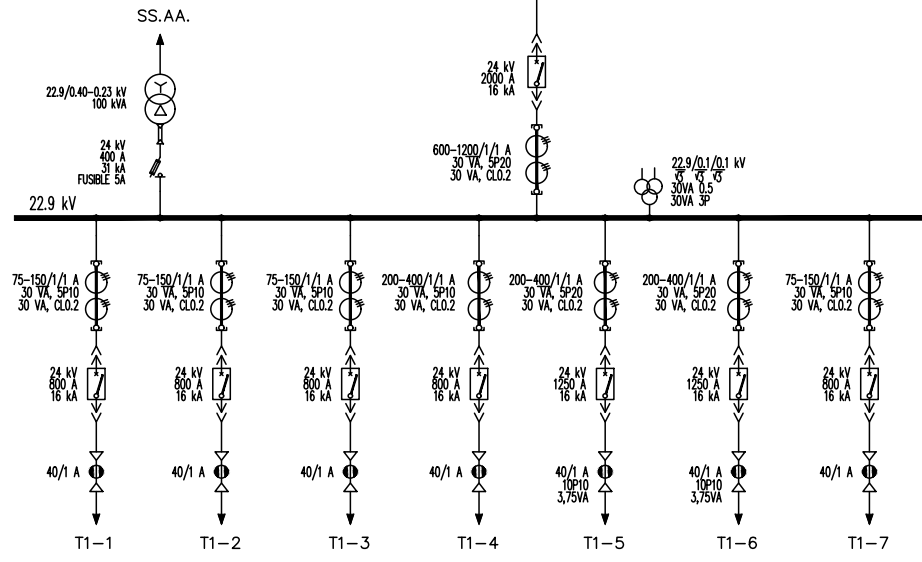
Plano: DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL		N° PLANO COEL-04
Proyectista: Bach. RONI DE LA CRUZ ROMERO	Asesor: Ing. MODESTO TOMÁS PALMA GARCÍA	Fecha: OCTUBRE - 2020
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL		Escala: S/E

S.E. INDEPENDENCIA 60 KV



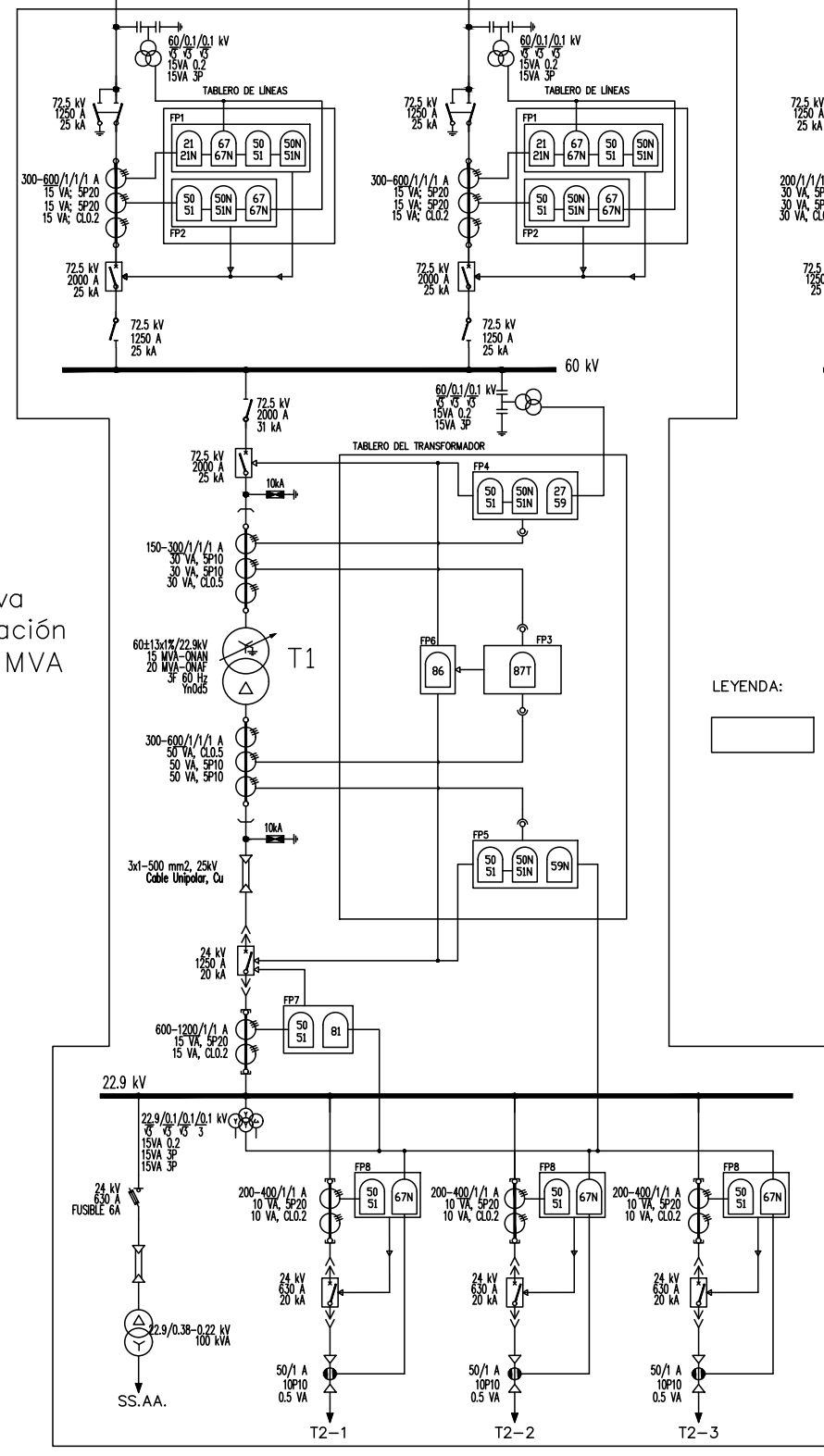
LEYENDA DE FUNCIONES DE PROTECCION	
ANSI	DESCRIPCION
21 21N	DISTANCIA FASE Y TIERRA
27 59	MÍNIMA TENSION MÁXIMA TENSION
50 51	SOBRECORRIENTE PARA FASES
50N 51N	SOBRECORRIENTE PARA TIERRA
67N 67	SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL
59N	MÁXIMA TENSION HOMOPOLAR
87T	DIFERENCIAL DE TRANSFORMADOR
87B	DIFERENCIAL DE BARRA
86	DISPARO Y BLOQUEO
81	RECHAZO DE CARGA-MÍNIMA FRECUENCIA
SAS	SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE SUBESTACIONES

LEYENDA DE RELES DE PROTECCION	
CODIGO	DESCRIPCION
FP1	PROTECCION PRINCIPAL DE LINEA 60KV
FP2	PROTECCION RESPALDO DE LINEA 60KV
FP3	PROTECCION DIFERENCIAL TRANSFORMADOR
FP4	PROTECCION BAHIA DE 60KV
FP5	PROTECCION BAHIA DE 22.9KV
FP6	PROTECCION BLOQUEO Y DISPARO
FP7	PROTECCION RECHAZO DE CARGA
FP8	PROTECCION ALIMENTADOR 22.9KV



S.E. VILLACURÍ

Nueva Subestación 15/20 MVA



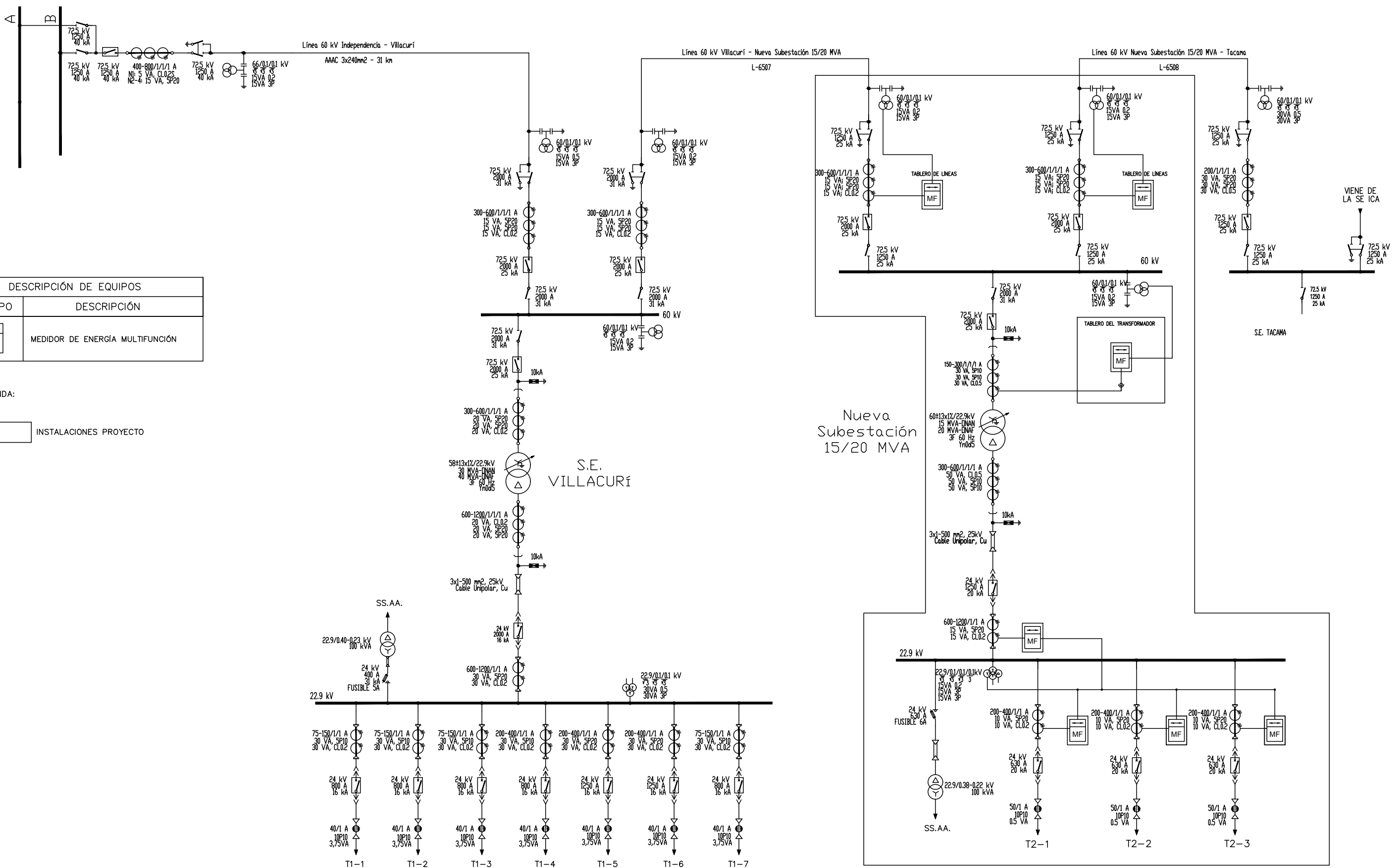
S.E. TACAMA

LEYENDA:
 INSTALACIONES PROYECTO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica	
Título: ESTUDIO DEFINITIVO PARA UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20/15 MVA (ONAF/ONAN) EN 60/22,9 KV	
Plano: DIAGRAMA DE PROTECCIÓN Y CONTROL	N° PLANO COEL-05
Projectista: Bach. RONI DE LA CRUZ ROMERO	Asesor: Ing. MODESTO TOMÁS PALMA GARCÍA
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	
Fecha: OCTUBRE - 2020	
Escala: S/E	

S.E. INDEPENDENCIA 60 KV



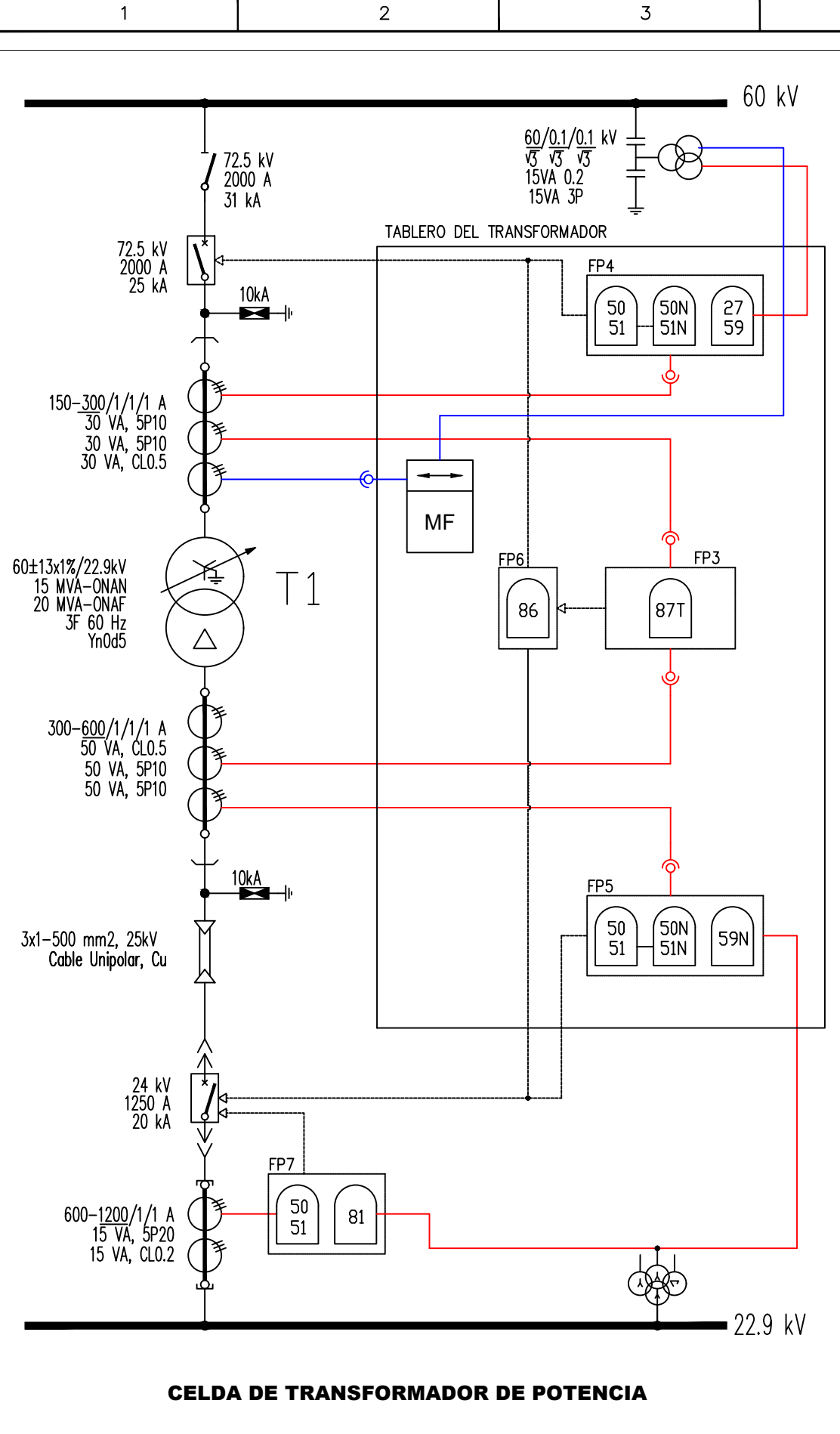
DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN
	MEDIDOR DE ENERGÍA MULTIFUNCIÓN

LEYENDA:

INSTALACIONES PROYECTO

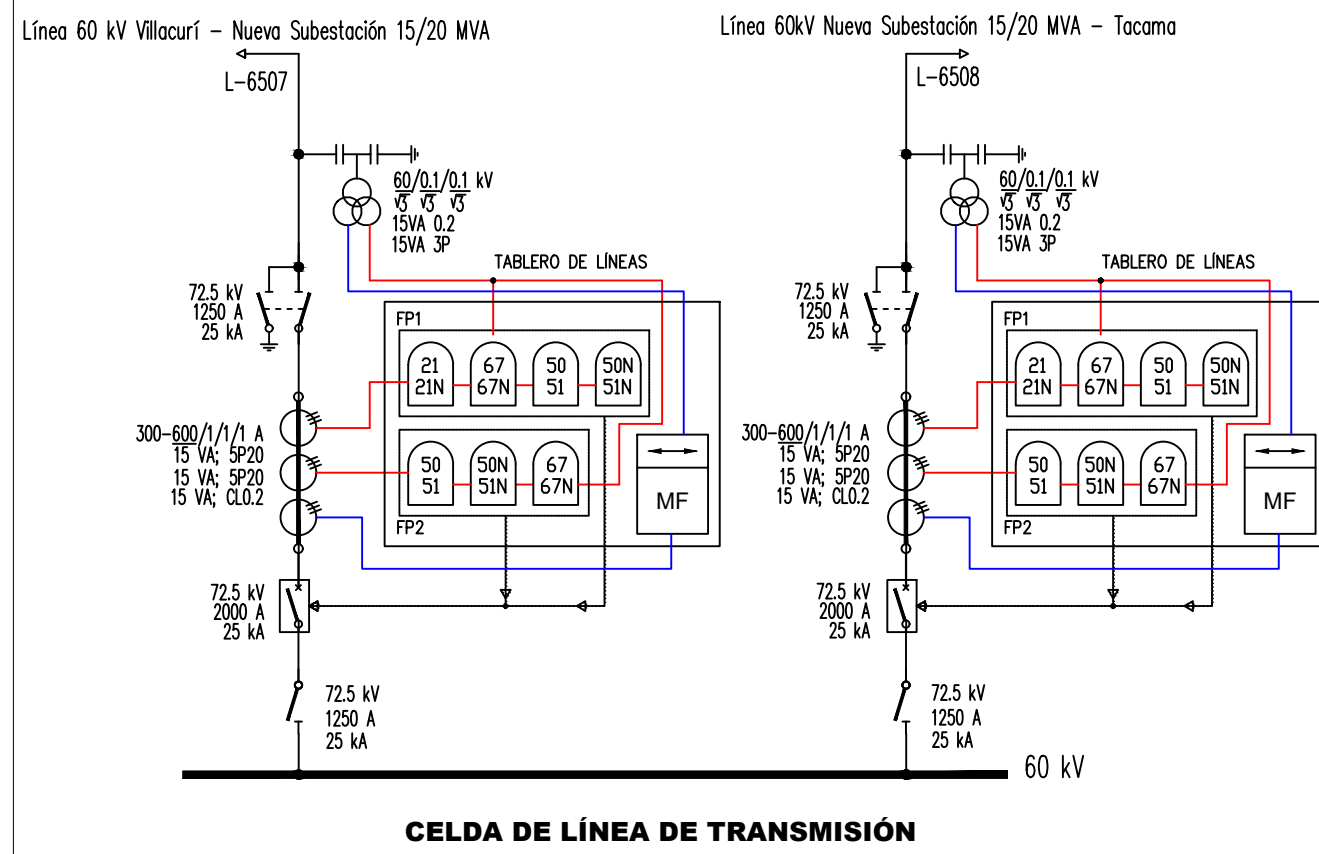


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica	
Título: ESTUDIO DEFINITIVO PARA UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20/15 MVA (ONAF/ONAN) EN 60/22,9 KV	
Plano : DIAGRAMA DE MEDICIÓN	N° PLANO COEL-06
Proyectista: Bach. RONI DE LA CRUZ ROMERO	Asesor: Ing. MODESTO TOMÁS PALMA GARCÍA
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	
Fecha: OCTUBRE - 2020	Escala: S/E

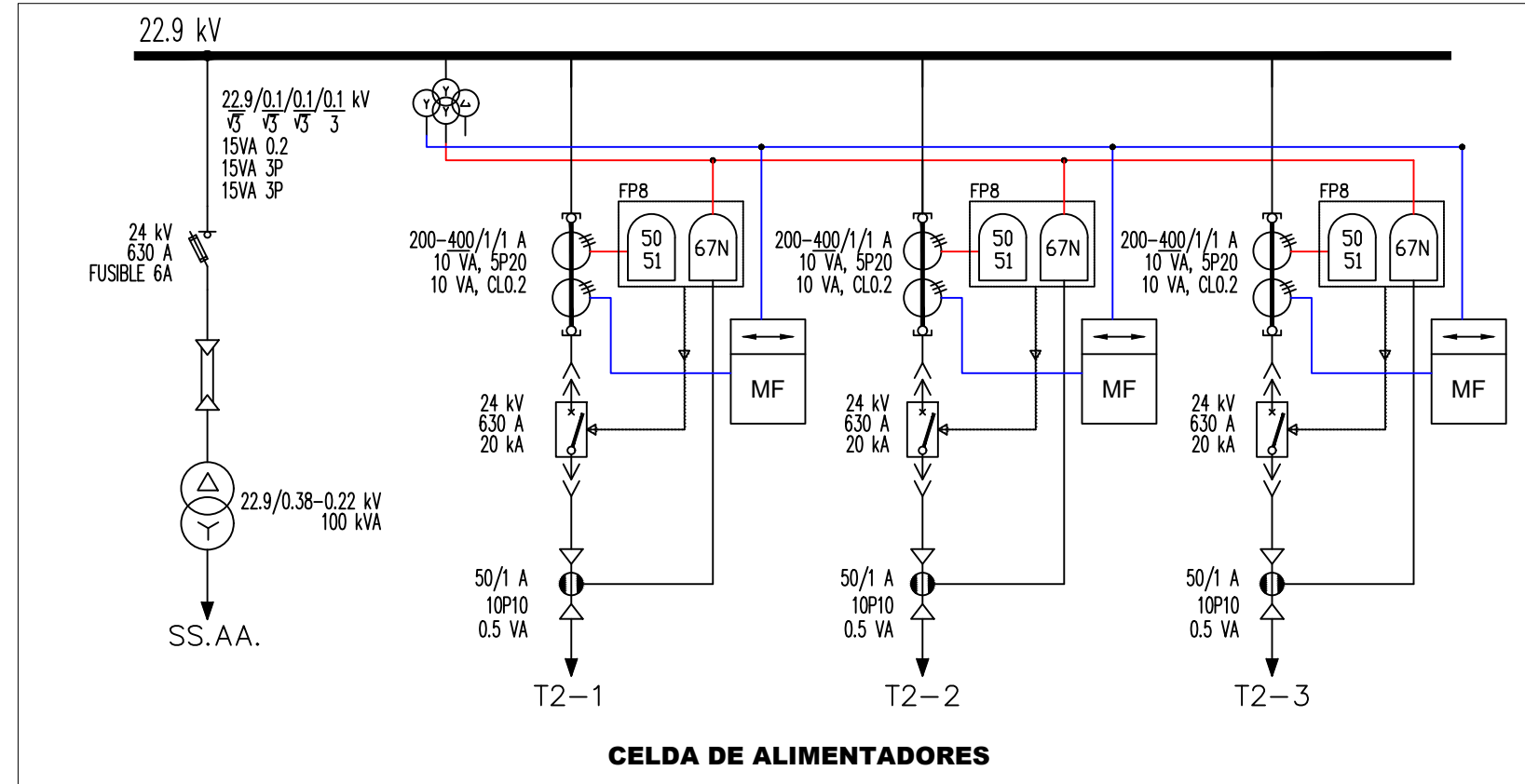


CELDA DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA

LEYENDA:
 — CIRCUITO DE PROTECCIÓN
 — CIRCUITO DE MEDICIÓN
 — CIRCUITO DE CONTROL



CELDA DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN



CELDA DE ALIMENTADORES

LEYENDA DE FUNCIONES DE PROTECCION	
ANSI	DESCRIPCION
21 21N	DISTANCIA FASE Y TIERRA
27 59	MÍNIMA TENSIÓN MÁXIMA TENSIÓN
50 51	SOBRECORRIENTE PARA FASES
50N 51N	SOBRECORRIENTE PARA TIERRA
67N 67	SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL
59N	MÁXIMA TENSIÓN HOMOPOLAR
87T	DIFERENCIAL DE TRANSFORMADOR
87B	DIFERENCIAL DE BARRA
86	DISPARO Y BLOQUEO
81	RECHAZO DE CARGA-MÍNIMA FRECUENCIA
SAS	SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE SUBESTACIONES
MF	MEDIDOR DE ENERGÍA MULTIFUNCIÓN



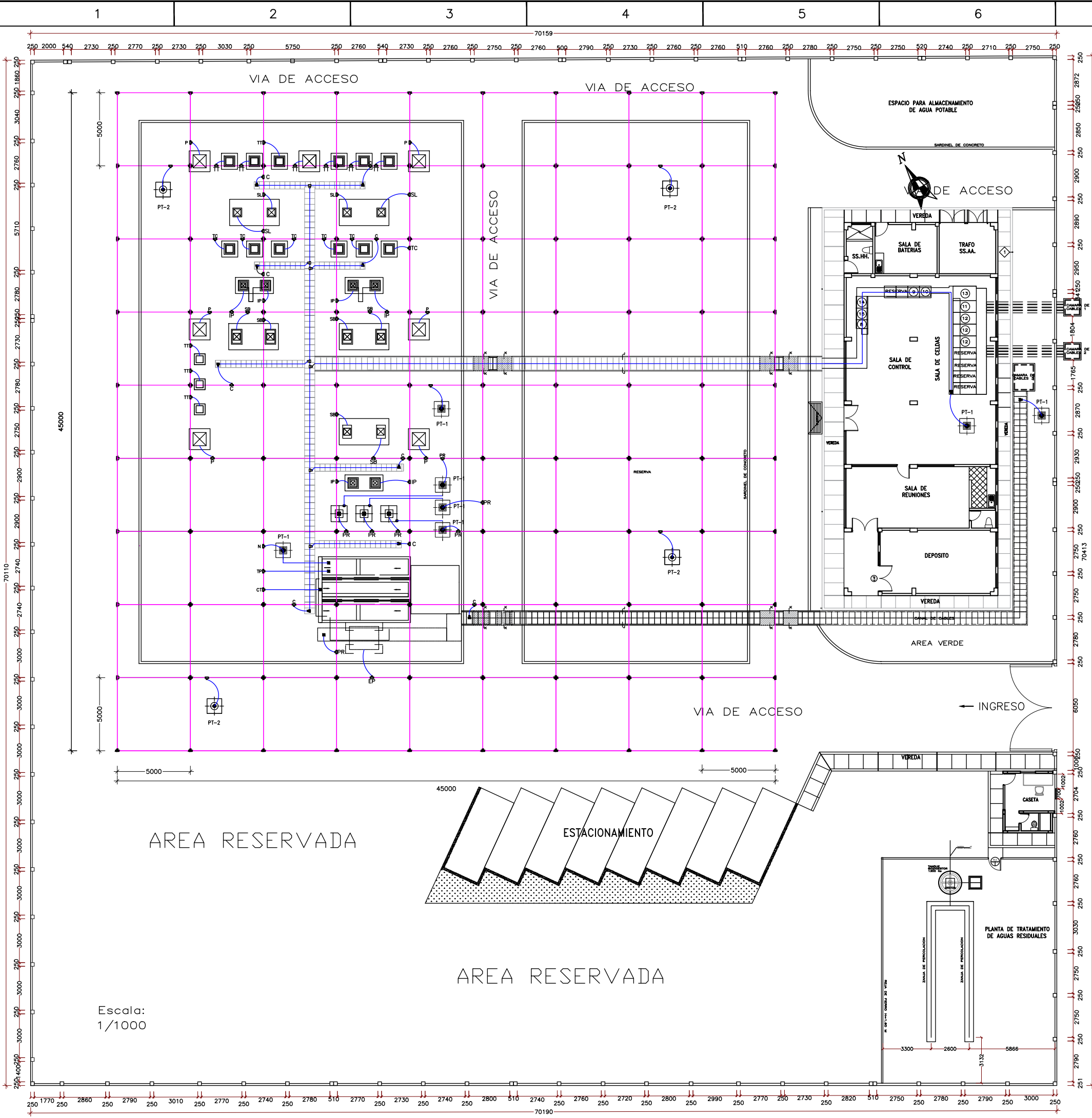
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Título: ESTUDIO DEFINITIVO PARA UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20/15 MVA (ONAF/ONAN) EN 60/22.9 KV

Plano: **DETALLE DE DIAGRAMAS DE PROTECCIÓN, CONTROL Y MEDICIÓN** N° PLANO: **COEL-07**

Proyectista: Bach. RONI DE LA CRUZ ROMERO Asesor: Ing. MODESTO TOMÁS PALMA GARCÍA Fecha: **OCTUBRE - 2020**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL Escala: S/E



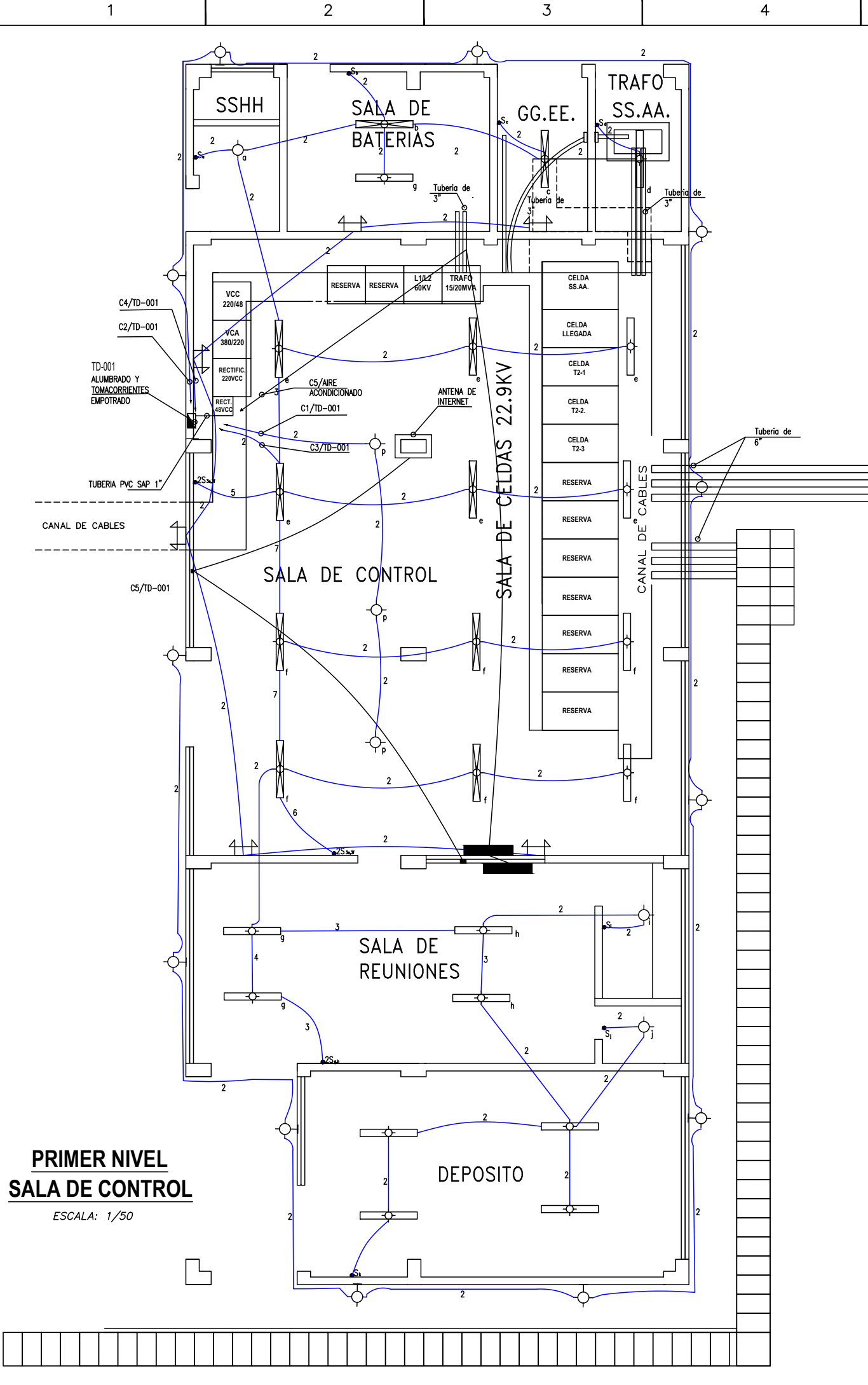
Metrado de Materiales			
Item	Simbolo	Descripción	Cant.
1	+	Soldadura exotérmica en +, tipo Cadwell o similar para conductor de Cu 120mm ² .	64 U
2	■	Soldadura exotérmica en T, tipo Cadwell o similar para conductor de Cu 120mm ² . (Tierra Profunda)	36 U
3	⊕	Soldadura exotérmica en T, tipo Cadwell o similar para conductor de Cu 120 a 70 mm ² . (Tierra Superficial)	64 u
4	■	Terminal de compresión para cable de Cu 70 mm ² a superficie plana.	04 u
5	●	Soldadura exotérmica en T, tipo Cadwell o similar conductor de Cu 70 mm ² a varilla de cobre 5/8".	11 u
6	■	Soldadura exotérmica, tipo Cadwell o similar conductor de Cu 70 mm ² a superficie plana	11 u
7	⊕	Conector a tierra para 2 cables de Cu 70 mm ² a superficie plana.	07 u
8	⊕	Pozo de tierra con caja de Registro (PT-1)	07 u
9	⊕	Pozo de tierra sin caja de Registro (PT-2)	04 u
10	—	Conductor de Cu desnudo 120mm ² Malla de tierra profunda.	900 m
11	—	Conductor de Cu desnudo 70mm ² Malla de tierra Superficial.	150 m

Leyenda conexiones	
Código	Descripción
TP	Derivación al Transformador de Potencia
SL	Derivación al seccionador de Linea
IP	Derivación al Interruptor de Potencia
TT	Derivación al Transformador de Tension
TC	Derivación al Transformador de Corriente
PR	Derivación al Pararrayos
P	Derivación a la base de Portico
SB	Derivación a Seccionador de barra
N	Derivación a Neutros
C	Derivación a la Canaleta
CT	Derivación a Chasis del transformador Pot.
EP	Derivación a Estructura de Portico de 22.9KV
⊕	Electrodo en pozo de Tierra

- Notas:**
- 1.- Todas las medidas están expresadas en milímetros.
 - 2.- Se implementaron pozos a tierra con caja de registro para aterrizamiento de cada pararrayos en 60 kv.
 - 3.- Se realizará el tendido del conductor de cobre de 70 mm² a lo largo de las canaletas en patio como en sala de control y se fijaron a los soportes de cables mediante conectores de cobre. Estos conductores se enlazaron a la malla de tierra profunda en determinados puntos.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		N° PLANO COEL-08
	Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica		
	Titulo: ESTUDIO DEFINITIVO PARA UNA SUBESTACION ELÉCTRICA DE 20/15 MVA (ONAF/ONAN) EN 60/22.9 KV		
	Plano: MALLA A TIERRA PROFUNDA Y SUPERFICIAL		
Proyectista: Bach. RONÍ DE LA CRUZ ROMERO	Asesor: Ing. MODESTO TOMÁS PALMA GARCÍA	Fecha: OCTUBRE - 2020	Escala: S/E
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL			

Escala: 1/1000



PRIMER NIVEL
SALA DE CONTROL
ESCALA: 1/50

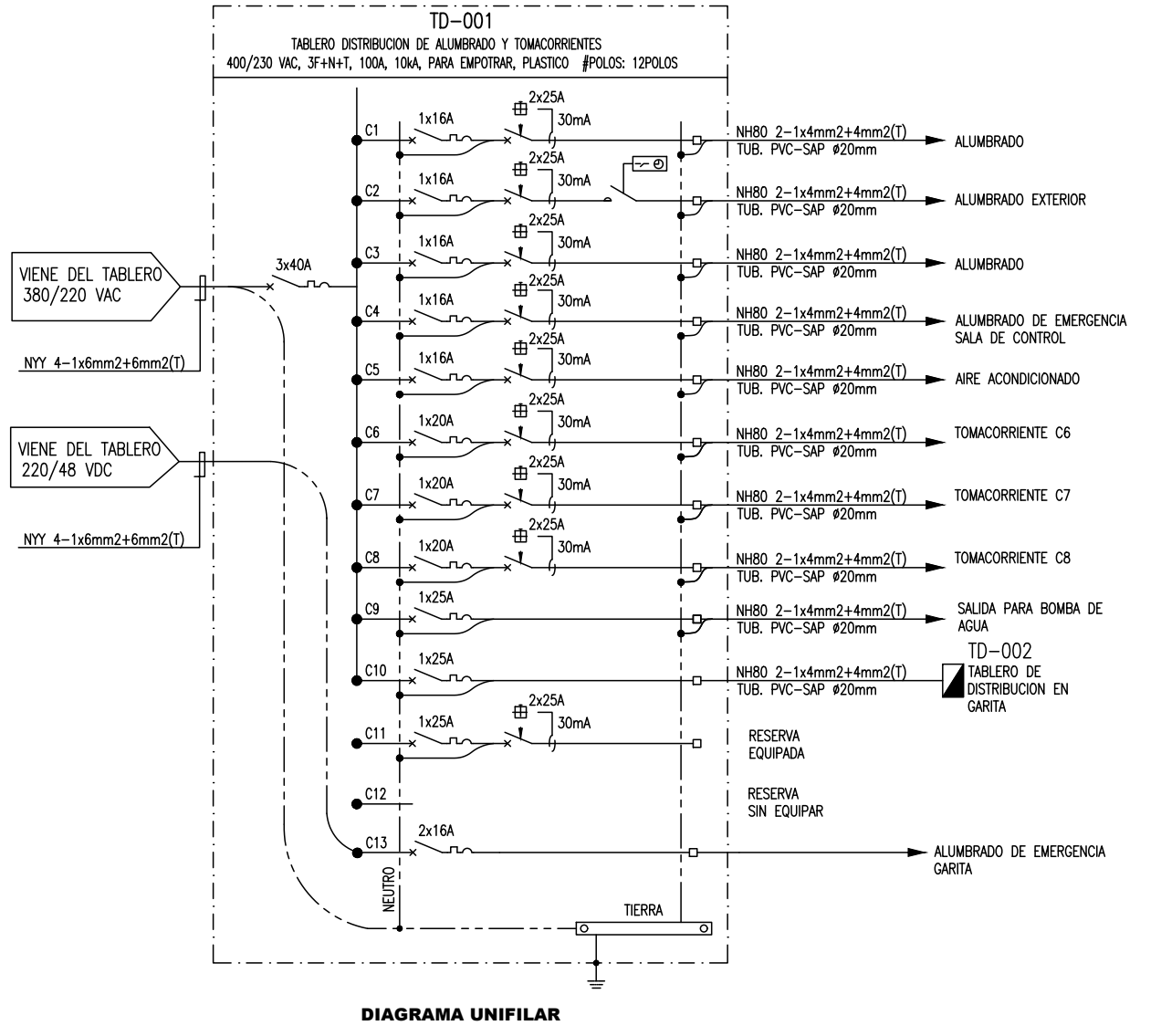


DIAGRAMA UNIFILAR

LEYENDA - ALUMBRADO		
ITEM	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
F1		SALIDA DE ALUMBRADO EN TECHO
F2		LUMINARIAS : SERAN HERMETICAS, PARA TUBOS FLUORESCENTES DE 2x36W, SIMILAR A INDICO DE PHILIPS
EF2		LUMINARIAS : SERAN HERMETICAS, PARA TUBOS FLUORESCENTES DE 2x36W, SIMILAR A INDICO CON KIT DE EMERGENCIA
F3		LUMINARIA TIPO MINIWALLPACK, SIMILAR MODELO RSP2 2x18W DE JOSFEL. EQUIPADA CON 02 LAMPARA FLUORESCENTE COMPACTA AHORRADORA DE 18W, 230V, 60Hz.
		TABLERO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN TD-XXX: CODIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL TABLERO ELÉCTRICO
		TUBERÍA DE PVC-SAP 3/4" (S.I.C.) EMPOTRADO EN TECHO PARED O PISO
		TUBERÍA DE PVC-SAP 1/2" (S.I.C.) EMPOTRADO EN TECHO PARED O PISO
		TUBERÍA DE PVC-SAP 1/2" (S.I.C.) EMPOTRADO EN PISO O PARED
		TUBERÍA DE PVC-SAP 3/8" COMUNICACIONES
		TUBERÍA DE PVC-SAP 3/8" AIRE ACONDICIONADO
		CAJA DE PASO DE FIERRO GALVANIZADO 200x200x100mm
		LUZ DE EMERGENCIA

ESPECIFICACIONES TECNICAS		
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
	GABINETE CON PUERTA Y CHAPA INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS TERMOMAGNETICOS 1.0 K.A. -RMS	CAJA DE PVC DEL TIPO NO FUSE
	CAJAS DE PASO CON TAPA CIEGA MEDIDAS INDICADAS EN LOS PLANOS	PLANCHA DE FIERRO GALVANIZADA DE 1.5mm DE ESPESOR TIPO PESADO
	CAJA OCTAGONAL DE 100X55mm	
	CAJA RECTANGULAR DE 100X55mm PLACA DE ALUMINIO CON ABERTURAS RECTANGULARES PARA LA INSTALACION DE DADOS TIPO TICINO DE CUBIERTA ESTABLE FENOLICA	PLANCHA DE FIERRO GALVANIZADA DE 1.5mm DE ESPESOR TIPO PESADO
	CAJAS DE PASO CON TAPA CIEGA MEDIDAS INDICADAS EN LOS PLANOS	
TUBOS: SERAN DE PVC (CLORURO DE POLIVINILO) DEL TIPO PESADO (P) DIAMETRO MINIMO= 20mm.PVC-P (FABRICADOS SEGUN NORMA TINTEC) SE UTILIZARAN ACCESORIOS Y ELEMENTOS DE UNION RECOMENDADOS POR EL FABRICANTE PARA ALIMENTADORES Y PARA LOS CIRCUITOS DERIVADOS SE EMPLEARAN TUBOS DE PVC DEL TIPO LIVIANO (L) DIAMETRO MINIMO 20mm Ø PVC-L.		
CONDUCTORES PARA TELEFONO SERAN DE COBRE ELECTROLITICO XPT.0.5mm2		
CONDUCTORES SERAN DE COBRE ELECTROLITICO (99% DE CONDUCTIBILIDAD), CON AISLAMIENTO DE MATERIAL TERMOPLASTICO RESISTENTE A LA HUMEDAD Y RETARDANTE AL FUEGO,SE UTILIZARA EL 2.5mm2 COMO MINIMO DEL TIPO TW O THW. LOS CONDUCTORES TENDRAN UN COLOR DIFERENTE PARA CADA FASE.		

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Título: ESTUDIO DEFINITIVO PARA UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20/15 MVA (ONAF/ONAN) EN 60/22,9 KV

Plano : **SALA DE CONTROL - ALUMBRADO**

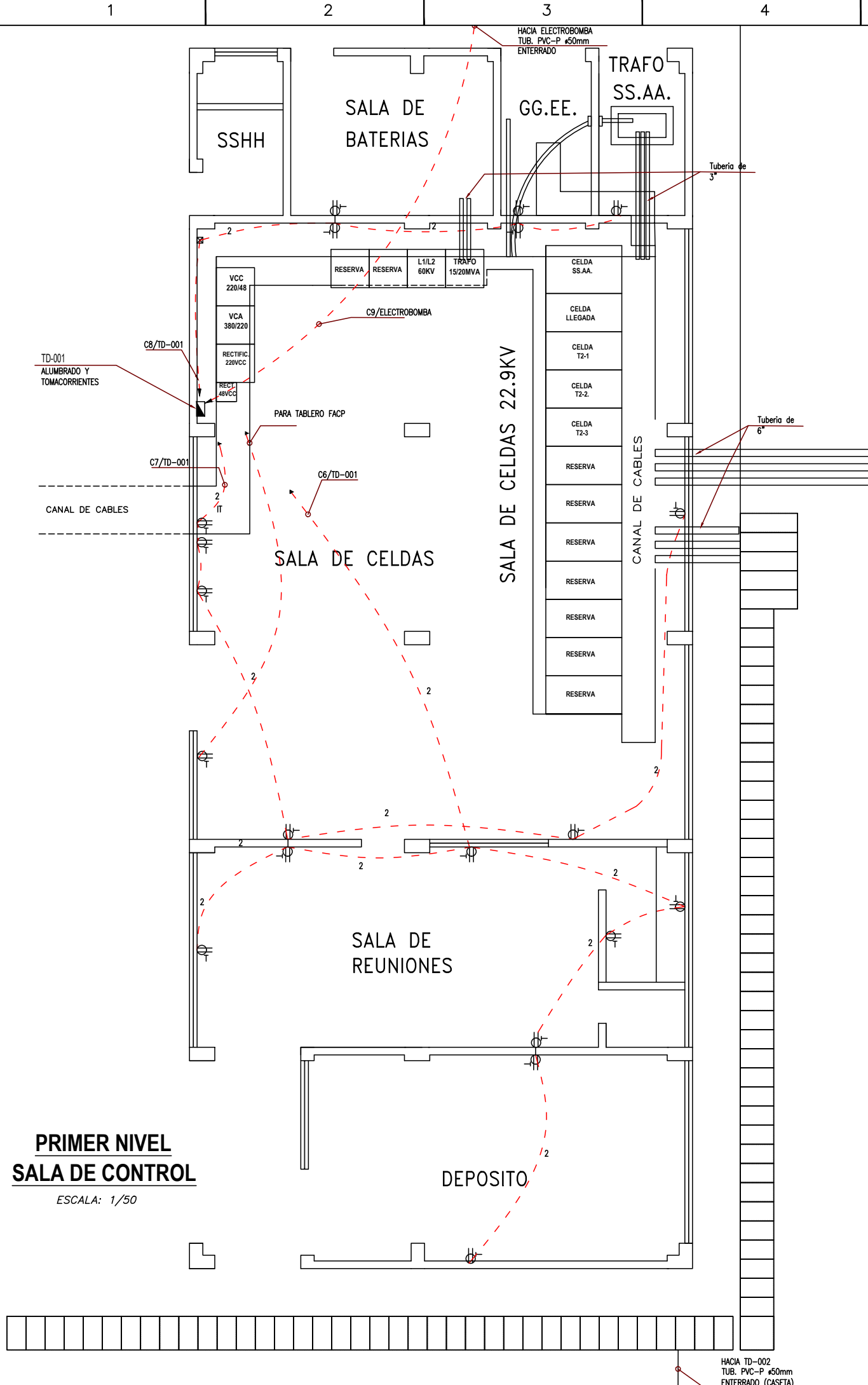
Proyectista: **Bach. RONI DE LA CRUZ ROMERO** Asesor: **Ing. MODESTO TOMÁS PALMA GARCÍA**

Trabajo de suficiencia profesional

N° PLANO
COEL-09

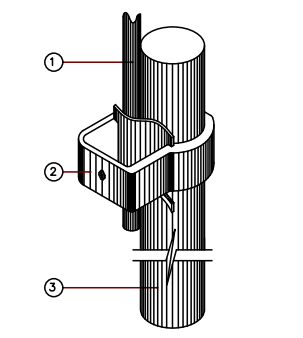
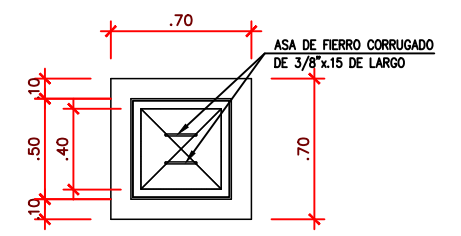
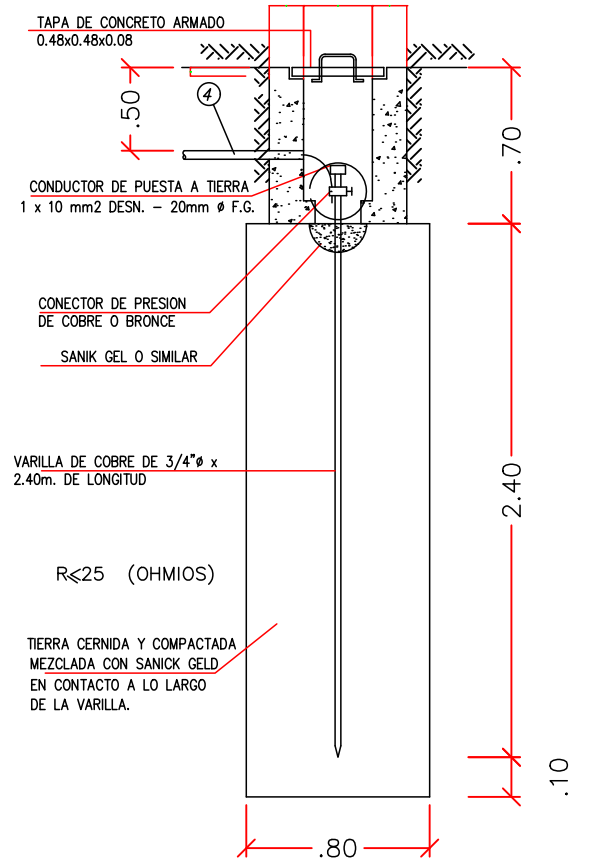
Fecha:
OCTUBRE - 2020

Escala:
S/E

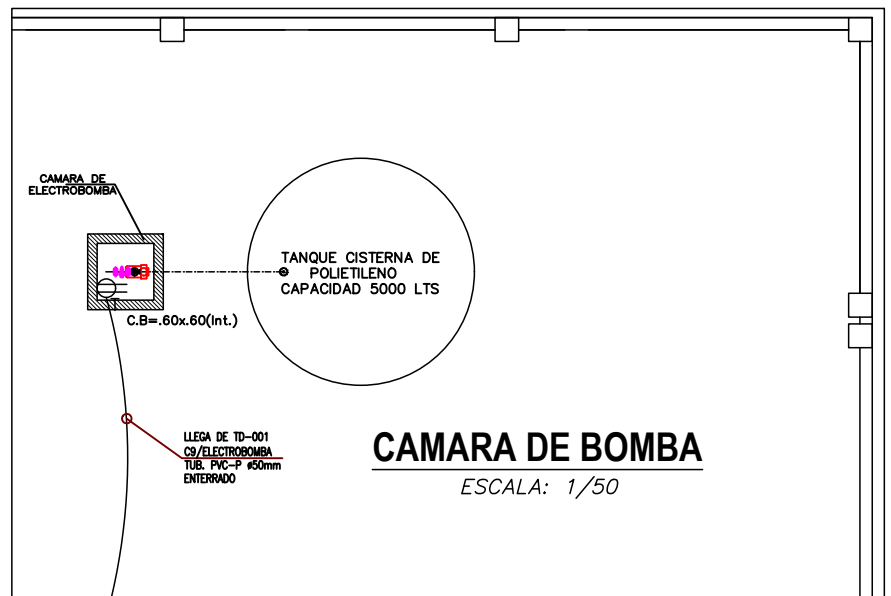


LEYENDA - ALUMBRADO

ITEM	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
F1		SALIDA DE ALUMBRADO EN TECHO
F2		LUMINARIAS : SERAN HERMETICAS, PARA TUBOS FLUORESCENTES DE 2x36W, SIMILAR A INDICO DE PHILIPS
EF2		LUMINARIAS : SERAN HERMETICAS, PARA TUBOS FLUORESCENTES DE 2x36W, SIMILAR A INDICO CON KIT DE EMERGENCIA
F3		LUMINARIA TIPO MINIWALLPACK, SIMILAR MODELO RSP2 2x18W DE JOSFEL. EQUIPADA CON 02 LAMPARA FLUORESCENTE COMPACTA AHORRADORA DE 18W, 230V, 60Hz.
		TABLERO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN TD-XXX: CODIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL TABLERO ELÉCTRICO
		TUBERÍA DE PVC-SAP 3/4 " (S.I.C.) EMPOTRADO EN TECHO PARED O PISO
		TUBERÍA DE PVC-SAP 1/2 " (S.I.C.) EMPOTRADO EN TECHO PARED O PISO
		TUBERÍA DE PVC-SAP 1 " (S.I.C.) EMPOTRADO EN PISO O PARED
		TUBERÍA DE PVC-SAP 3/4 " COMUNICACIONES
		TUBERÍA DE PVC-SAP 3/4 " AIRE ACONDICIONADO
		CAJA DE PASO DE FIERRO GALVANIZADO 200x200x100mm
		LUZ DE EMERGENCIA

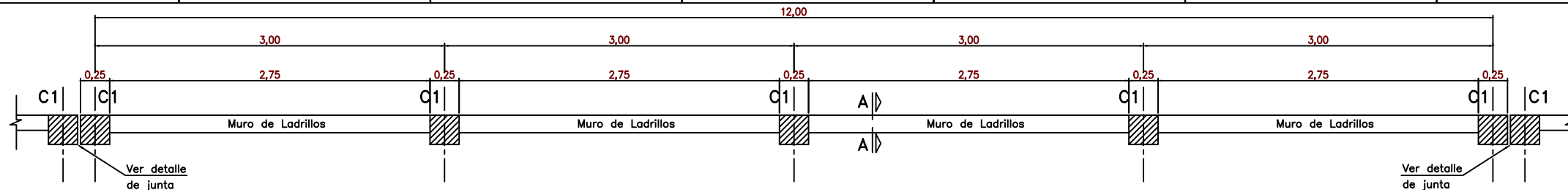


- ① CONDUCTOR DESNUDO
- ② CONECTOR DE BRONCE
- ③ ELECTRODO DE COBRE
- ④ 1x10 mm² Cu. DESNUDO T -20 mm Ø F"6"



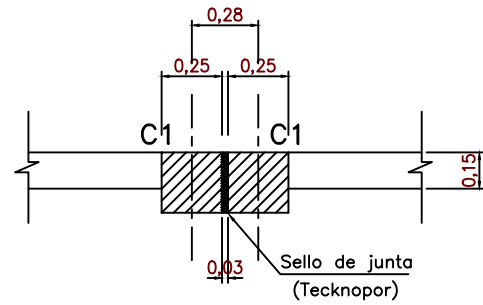
Notas:
1.- Todas las medidas están expresadas en metros.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		N° PLANO COEL-10
	Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica		
Título: ESTUDIO DEFINITIVO PARA UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20/15 MVA (ONAF/ONAN) EN 60/22,9 KV			Fecha: OCTUBRE - 2020
Plano : SALA DE CONTROL - TOMACORRIENTES			
Proyectista: Bach. RONI DE LA CRUZ ROMERO	Asesor: Ing. MODESTO TOMÁS PALMA GARCÍA	Escala: S/E	
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL			



Módulo Típico de Cerco Perimétrico de Ladrillo (4 Paños)

Planta
Esc. 1:25



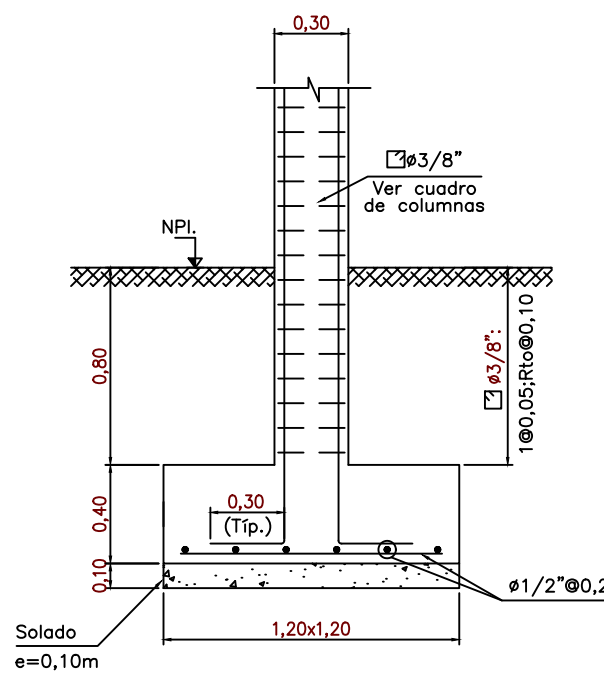
Detalle de Junta

Esc. 1:20

Tipo	C1	C2
Forma		
	4 ϕ 1/2" \square ϕ 3/8": 1 ϕ 0,05; 6 ϕ 0,10; Rto. ϕ 0,25	4 ϕ 5/8" \square ϕ 3/8": 1 ϕ 0,05; 6 ϕ 0,10; Rto. ϕ 0,25

Cuadro de Columnas

Esc. 1:10



Zapata en Columnas (Portón)

Esc. 1:20

Leyenda:

- NFZ. : Nivel fondo de zapata
- NFC. : Nivel fondo de cimiento
- NPI. : Nivel de plataforma explanada interior = variable
- NPE. : Nivel de plataforma exterior = 399,80 m.s.n.m.

Escala Gráfica

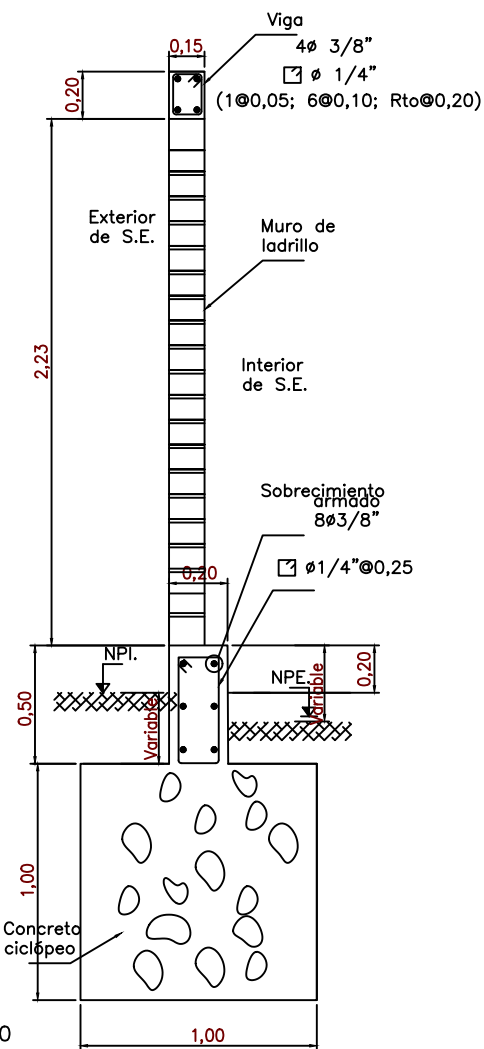
0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5 m	1:25
0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0 m	1:20
0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0 m	1:10

Especificaciones Técnicas

- Concreto
- Vigas y columnas : $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Zapatas : $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Cimiento corrido : Concreto ciclópeo C:H-1:8+30%P.G. Tamaño máximo 6".
- Sobrecimiento armado : $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Cemento Portland : Tipo I
- Acero de refuerzo
- Resistencia : $f_y = 4\ 200 \text{ kg/cm}^2$
- Recubrimientos : Vigas, columnas y sobrecimiento : 4 cm. Zapatas : 7 cm.
- Albañilería
- Muro de soga con ladrillo de arcilla king kong
- Ladrillo : Tipo IV
- Resistencia de ladrillo : $f'm = 45 \text{ kg/cm}^2$ (Compresión)
- Resistencia de albañilería : $f'b = 130 \text{ kg/cm}^2$ (Compresión)
- Mortero (asentado y tarrajeo) : Cemento/Arena = 1/5
- Espesor de junta : 1,5 cm entre hiladas
- Pintura
- Muros interiores y exteriores : Látex
- Columnas, vigas y sobrecimientos : Látex
- Terreno
- Capacidad portante : 1,32 kg/cm² (Prof. = 1,5 m)

Notas:

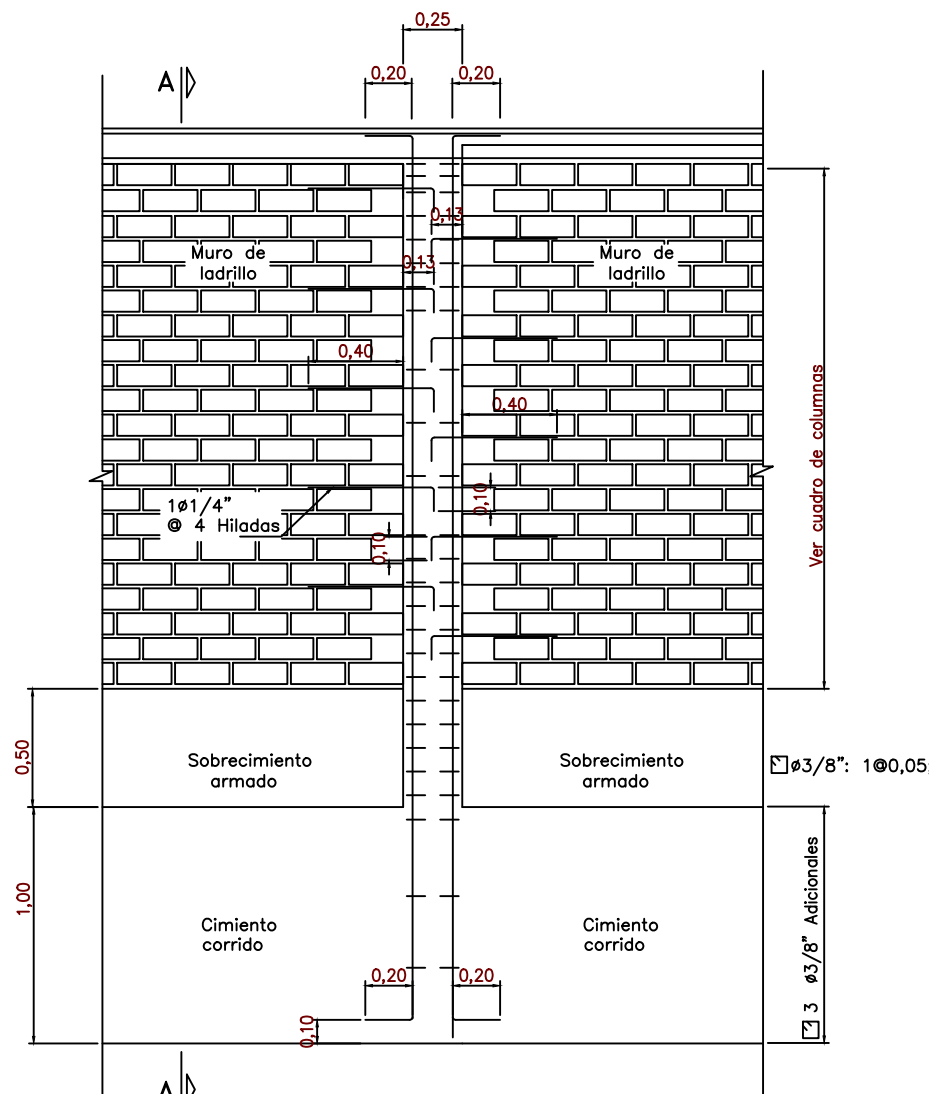
- 1.- La conexión columna - albañilería será dentada, adicionándose "chicotes" ó "mechas" de anclaje compuestos por varillas de ϕ 1/4", que penetren 40cm al interior de la albañilería y 13cm al interior de la columna más un dobléz vertical a 90° de 10cm.
- 2.- Los estribos a emplearse en las columnas de confinamiento deberán ser cerrados a 135°.
- 3.- La mezcla de concreto deberá ser fluida. El tamaño máximo de la piedra chancada no excederá de 1/2".
- 4.- El concreto de las columnas de confinamiento se vaciará posteriormente a la construcción del muro de albañilería; este concreto empezará desde el borde superior del cimiento, no del sobrecimiento.
- 5.- La parte recta de la longitud de anclaje del refuerzo vertical deberá penetrar al interior de la viga solera ó cimentación; no se permitirá montar su dobléz directamente sobre la última hilada del muro.
- 6.- El recubrimiento mínimo de la armadura (medido al estribo) será de 4cm.
- 7.- Las juntas de construcción entre elementos de concreto serán rugosas, humedecidas y libres de partículas sueltas.
- 8.- Las juntas de albañilería (horizontal y vertical) en el muro no deberán ser mayores a 1,5 cm.
- 9.- Adicionalmente a los estribos indicados para las columnas, se agregará 2 estribos en la unión solera - columna y estribos ϕ 10 cm en el sobrecimiento.
- 10.- Las dimensiones y niveles están en metros, salvo indicación contraria.



Sección Típica de Cerco

A-A

Esc. 1:20



Sección Típica de Columna

Esc. 1:20



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Título: ESTUDIO DEFINITIVO PARA UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 20/15 MVA
(ONAF/ONAN) EN 60/22,9 KV

Plano: **DETALLE DE CERCO PERIMÉTRICO** N° PLANO **COEL-11**

Proyectista: Bach. RONI DE LA CRUZ ROMERO Asesor: Ing. MODESTO TOMÁS PALMA GARCÍA Fecha: **OCTUBRE - 2020**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL Escala: S/E