



UNIDAD DE NEGOCIO EL ORO

CONTRATO No. 019-2022

**“EOR ESTUDIOS TÉCNICOS INTEGRALES PARA
LA EJECUCIÓN DE OBRAS DE REPOTENCIACIÓN
Y AMPLIACIÓN EN SUBESTACIONES DE CNEL
EP UN EL ORO GD”**

PROYECTO 5:

**CAMBIO DE CELDAS DE MEDIA TENSIÓN EN LA
SUBESTACIÓN LA PRIMAVERA**

CAPÍTULO 1

*Memoria técnica descriptiva de obra
electromecánica*

C.E.C ELECTRIORO S.A.S.

Firma Consultora



ÍNDICE

1.1	ANTECEDENTES	3
1.2	ALCANCE	4
1.3	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	4
1.3.1	Descripción actual	4
1.3.2	Proyección en patio de 13.8 kV	5
1.3.3	Condiciones ambientales de la subestación La Primavera	6
1.3.4	Estudio de cortocircuito	6
1.4	CRITERIOS CONSIDERADOS	7
1.4.1	Implantación de equipos y distancias de seguridad	7
1.4.2	Diseño de la malla de puesta a tierra	7
1.4.3	Niveles de tensión y de aislamiento	8
1.4.4	Apantallamiento contra descargas atmosféricas	9
1.4.5	Servicios auxiliares	9
1.4.6	Otros estudios	10
1.4.7	Planos de la consultoría	10
	ANEXO 1.....	12



1.1 ANTECEDENTES

La Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad, CNEL EP UN ORO, ha experimentado un aumento significativo de su demanda eléctrica, lo que obliga a replantear la planificación operativa del sistema y su plan de expansión.

En la actualidad, una de las subestaciones eléctricas de Alto/Medio Voltaje 69 kV/13.8 kV y con una capacidad instalada de 20/24 MVA es la denominada subestación La Primavera, mediante la cual brinda el suministro de energía eléctrica por medio de cinco alimentadores de media tensión a los clientes de un área comprendida por la zona noroeste del cantón Machala.

Actualmente, en el área de servicio de la subestación La Primavera se encuentran desarrollando en gran escala el cultivo de camarón intensivo, por lo que la demanda de potencia y energía eléctrica se ha visto incrementada, de igual manera la subestación La Primavera cubre una zona urbana de gran movimiento comercial por lo que demanda de mayor cantidad de potencia y energía eléctrica.

Debido al crecimiento de la demanda de potencia y energía eléctrica de los clientes que se energizan desde la subestación La Primavera, los alimentadores han presentado los siguientes valores de demanda máxima de potencia activa para el año 2022:

Tabla 1. – Demanda máxima de alimentadores S/E La Primavera 2022.

Alimentador	DEMANDA MÁXIMA (MW)
Sauces	5,15
10 de Septiembre	0,95
El Aguador	3,40
Puerto Grande	2,50
Vela	2,83

Como se puede observar de la tabla anterior, los alimentadores Sauces y Aguador presentan un valor elevado de demanda de potencia activa, por lo que se ve a corto plazo la necesidad de distribuir esta carga en nuevos alimentadores con la finalidad de no sobrecargar estos y además sea posible considerarlos para proyectos de transferencia de carga entre alimentadores de media tensión.

En la situación actual de la subestación La Primavera no se cuenta con salidas para alimentadores de media tensión disponibles, ya que las cinco celdas de media tensión se encuentran ocupadas por los alimentadores existentes.

Por lo antes expuesto, y en consideración de mantener un sistema basado en la calidad de servicio y la confiabilidad; en función de los sucesos experimentados en la SE La Iberia y la SE Portovelo, en las cuales llegaron a producirse eventos de desconexión del sistema debido a agentes externos (fauna) en el gabinete de celdas de media tensión; CNEL EP ha considerado la migración de celdas de media tensión a la implementación de patios exteriores de 13.8 kV en la SE La Primavera, cuya entrada de funcionamiento permitirá solventar el incremento de la



demanda, ya que como se ha mencionada anteriormente no existe disponibilidad en las celdas de media tensión para la incorporación de nuevos alimentadores y así abastecer la demanda actual y futura y asegurar la continuidad y calidad del servicio eléctrico.

1.2 ALCANCE

El presente documento corresponde la memoria técnica descriptiva del proyecto y tiene por objetivo presentar los estudios y diseños electromecánicos definitivos para la ampliación del patio de 13.8 kV de la subestación eléctrica **LA PRIMAVERA** que incluye:

- Implementación de un nuevo pórtico metálico de 13.8 kV de al menos 7 bahías para alimentador, una bahía para servicios auxiliares y una bahía para interruptor principal.
- Interconexión entre nuevas bahías de 13.8 kV y las posiciones de salida de alimentadores existentes.
- Interconexión subterránea entre transformador existente y el nuevo pórtico de 13.8 kV.
- Contemplar la instalación de interruptores de tipo tanque muerto con sus respectivos equipos de protección para posición general de barra de 13.8 kV.

Los estudios y diseños de la obra electromecánica se basan en los capítulos subsiguientes:

- Diseño de la malla de puesta a tierra.
- Coordinación de aislamiento.
- Apantallamiento contra descargas atmosféricas.
- Servicios auxiliares de corriente alterna (CA) y corriente continua (CC).
- Especificaciones técnicas de equipos y montajes.
- Equipos, herramientas, maquinarias y personal mínimo para la ejecución del proyecto.
- Diseño de salidas para alimentadores de media tensión.
- Elaboración de presupuesto.
- Elaboración de planos: diagrama unifilar de la subestación, tableros de protección, control y medición con su disposición, conexión a tierra de los equipos de patio y vista de planta de la subestación con sus respectivos cortes, sistema de iluminación y recorrido de bandejas porta cables.

En cada uno de los temas descritos se aplicaron las correspondientes normas generalmente aplicadas en el sistema eléctrico ecuatoriano (IEEE, IEC, ANSI, NEMA, etc.) y las guías de cálculo que proponen las mismas normas.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.3.1 Descripción actual

La subestación eléctrica La Primavera de 69/13.8 kV con una capacidad instalada de 20/24 MVA, se encuentra ubicada al noroeste de la ciudad de Machala, en las calles Sauces 1 y calle 1era en la Provincia de El Oro, la misma que es suministrada de servicio eléctrico mediante la línea de subtransmisión a 69 kV Los Pinos – La Primavera.

Coordenada X: 616749,518





Coordenada Y: 9641671,360

Msnm: 5 m

1.3.2 Proyección en patio de 13.8 kV

En la subestación La Primavera se contemplará el cambio de conductor desde la transición aéreo – subterráneo con puntas terminal tipo cerámica del lado secundario del transformador existente de 20/24 MVA (patio 69kV), pasando de una configuración actual de 3 conductores por fase de cobre aislado XLPE 300 MCM a una nueva de 2 conductores por fase de cobre aislado XLPE 500 MCM la misma que energizará el nuevo pórtico de 13.8 kV, considerando los accesorios de conexión necesarios para llevar a cabo esta ejecución.

A nivel de 13.8 kV se contempla la implementación de un nuevo pórtico metálico que contiene 7 posiciones para alimentadores primarios, 1 posición para servicios auxiliares y 1 posición para interruptor principal.

El esquema del patio será el de barra simple. El barraje principal de 13.8 kV será de configuración de dos conductores por fase con conductor de aluminio ACAR 500 MCM con su respectiva herrajería para sujeción.

Este nuevo patio de maniobras será alimentado a través de una interconexión subterránea entre transformador de potencia existente mediante 2 conductores por fase de conductor aislado de cobre XLPE 500 MCM.

Se instalarán trincheras de hormigón armado con sus respectivas estructuras porta cables y tapas para transportar los circuitos de control para la conexión de los cables con las señales AC y DC de pararrayos, reconectores y transformadores de corriente y de potencial en media tensión hacia los tableros del cuarto de control.

Se contemplará el reemplazo del transformador tipo padmounted trifásico de 50 KVA existente por uno de 100 KVA del mismo tipo para los servicios auxiliares de la subestación, para lo cual se construirá una trinchera mediante la cual se alimentará desde el patio de media tensión y estará protegido por un juego de seccionadores unipolares tipos fusibles de 100 A de capacidad.

Se contemplará los siguientes equipos primarios en patio de 13.8 kV con las especificaciones técnicas del anexo correspondiente:

- Un Interruptor tripolar en vacío a 24 kV, 2000 [A] tipo tanque muerto. Incluye accesorios.
- Tres seccionadores tripolares motorizados, 15 kV, 2000 [A]. Incluye caja de mando y accesorios.
- Tres transformadores de potencial 13.8 kV/115 V. Incluye tablero y accesorios de agrupamiento de señales con borneras seccionables.
- Quince transformadores de corriente de 600/5 [A] multirelación de 13.8 kV. Incluye tablero y accesorios de agrupamiento de señales con borneras seccionables.
- Quince seccionadores monopolares de cuchilla, 27 kV, 600 [A].





- Quince seccionadores cuchilla tipo tándem de 15 kV, 600 [A].
- Cinco reconectores tripolares de 27 kV, 630 [A] para montaje en subestación. Incluye su respectiva caja de control y accesorios.
- Seis apartarrayos tipo estación 12kV. Incluye accesorios para montaje.
- Cinco medidores de parámetros eléctricos. Incluye tablero para 7 posiciones.

Los datos utilizados para los estudios respectivos, en lo fundamental se basan en información proporcionada por CNEL EP- UN EL ORO.

1.3.3 Condiciones ambientales de la subestación La Primavera

Máxima temperatura: 30.47°C

Mínima temperatura: 21.18°C

Máxima temperatura promedio: 27.62°C

Humedad relativa promedio: 75%

Precipitación pluvial media anual: 70 a 130 mm

Velocidad máxima del viento: 8.0 m/s

1.3.4 Estudio de cortocircuito

En la simulación de cortocircuito se ha considerado el transformador de potencia existente de 20/24 MVA con una impedancia de cortocircuito del 7%. Adicionalmente, se incluye el dato de las siguientes características eléctricas:

Tabla 2. – Equivalente Thévenin subestación La Primavera a nivel de 69 kV.

Equivalente Thévenin S/E La Primavera			
R0 (Ohm)	X0 (Ohm)	R1 = R2 (Ohm)	X1 = X2 (Ohm)
7,9284	27,7825	2,9057	12,0095
Relación X1/R1		Relación X/R	
4,1331		3,7702	

Nota: $X/R = (X0+X1+X2)/(R0+R1+R2)$

L/ST Los Pinos – La Primavera:

- Conductor ACSR 266.8 MCM, 26/7 hilos
- Longitud 5.84 Km
- $R1 = R2 = 0.1732 \text{ ohm/Km}$
- $X1 = X2 = 0.4109 \text{ ohm/Km}$
- $R0 = 0.3865 \text{ ohm/Km}$; $X0 = 1.202 \text{ ohm/Km}$

Transformador de potencia EXISTENTE:



- Un transformador de potencia de 20/24 MVA
- Relación de transformación: 69/13.8 kV
- Tipo de conexión: DYn1
- Impedancia: 7.0%

Se ha realizado la simulación en software Cymdist, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 3. – Valores de cortocircuito a nivel de 69 kV.

Valores de cortocircuito a 69 kV				
LLL (kA)	LLG (kA)	LL (kA)	LG (kA)	Relación X/R
4,474	4,138	3,876	3,200	4,227

Tabla 4. – Valores de cortocircuito a nivel de 13.8 kV.

Valores de cortocircuito a 13.8 kV				
LLL (kA)	LL (kA)	LLG (kA)	LG (kA)	Relación X/R
9,246	10,341	8,007	10,720	7,653

1.4 CRITERIOS CONSIDERADOS

1.4.1 Implantación de equipos y distancias de seguridad

Obedece principalmente a criterios de:

- Distancias mínimas de seguridad que deben mantenerse en el aire entre partes energizadas de equipos y tierra, o en equipos sobre los cuales es necesario realizar un trabajo. Para la tensión asignada al impulso tipo rayo de 325 kV, según IEC mínimo es de 630 mm, lo que se cumple en el diseño para el patio de 69 kV.
- Para el diseño la ampliación de los pórticos de bahía y de barra a 13.8 kV se contempló las estructuras y distancias entre fase a fase y fase a tierra del barraje y de equipos eléctricos. Se consideró que, para la tensión asignada al impulso tipo rayo de 95 kV, según IEC 60071-1, la distancia mínima en el aire basadas en el BIL mínimo tiene que ser de 160 mm.
- El diagrama unifilar de subtransmisión 69 kV y de 13.8 kV contempla los equipos de control, protección y medición existentes, así como su ampliación futura, cuya simbología de elementos se basa en la norma ANSI/IEEE.

1.4.2 Diseño de la malla de puesta a tierra

Se adopta la metodología y cálculo de la norma IEEE Std. 80-2000 para el sistema de puesta a tierra de la subestación, cuya norma proporciona asegurar la integridad física de las personas dentro de la subestación y en sus proximidades, así como brindar de un camino de descarga a



tierra como resultado de una corriente de falla sin exceder los límites de diseño de los equipos instalados.

Los factores a considerar en la etapa de diseño de la malla de puesta a tierra son:

- Intensidad de la corriente de falla.
- Duración de la corriente de falla.
- Resistividad del terreno.
- Fracción de corriente de cortocircuito que puede circular por el cuerpo humano.
- Tensiones de paso y de contacto que puede soportar un individuo cuando aparece una falla a tierra.

Para el trazado del reticulado de la malla se consideró el espacio físico disponible para la implementación del pórtico de 13.8 kV. Revisar Capítulo 2.

Se recomienda para la malla principal de 13.8 kV utilizar conductor desnudo de cobre 4/0 AWG y los chicotes hacia las bases para estructuras y para las bajantes de los equipos y de puntas franklin sean de conductor de cobre desnudo 2/0 AWG.

1.4.3 Niveles de tensión y de aislamiento

La norma IEC 60071 indica que el nivel de tensión máxima que se adoptará en equipos con tensión nominal de 69 kV es de 72.5 kV y en equipos de 13.8 kV es de 17.5 kV.

La subestación La Primavera se encuentra situada a una altura sobre el nivel del mar menor a 1000 m, por lo que no es necesario corregir los valores de BIL y distancias mínimas de seguridad por altitud.

Los equipos de patio instalados en la subestación eléctrica La Primavera deberán cumplir mínimo con lo siguiente:

Tabla 5. – Parámetros generales de equipos S/E La Primavera a 69 kV.

PARÁMETROS GENERALES 69 kV.	
Tensión nominal	69 kV
Altura sobre el nivel del mar	< 1000 m
Frecuencia nominal	60 Hz
Tensión máxima asignada al equipo	72.5 kV
Nivel de contaminación ambiental (IEC 60071-2)	Alto (III)
Distancia de fuga mínima nominal	25 mm/kV
Distancia de fuga mínima entre fase y tierra	1813 mm
Distancia mínima en el aire (partes energizadas) basadas en el BIL. Configuración Barra – Estructura.	630 mm
Tensión asignada soportada a la frecuencia industrial (*)	≥ 140 kV
Tensión asignada al impulso tipo rayo (*)	≥ 325 kV
Sistema sólidamente puesto a tierra	

(*) Niveles de aislamiento mínimos a cumplir norma IEC o su equivalente.



Tabla 6. – Parámetros generales de equipos S/E La Primavera a 13.8 kV.

PARÁMETROS GENERALES 13.8 kV.	
Tensión nominal	13.8 kV
Altura sobre el nivel del mar	< 1000 m
Frecuencia nominal	60 Hz
Tensión máxima asignada al equipo (tabla 2)	17.5 kV
Nivel de contaminación ambiental (IEC 60071-2)	Alto (III)
Distancia de fuga mínima nominal	25 mm/kV
Distancia de fuga mínima entre fase y tierra	437 mm
Distancia mínima en el aire (partes energizadas) basadas en el BIL. Configuración Barra – Estructura.	160 mm
Tensión asignada soportada a la frecuencia industrial (*)	≥ 38 kV
Tensión asignada al impulso tipo rayo (*)	≥ 95 kV
Sistema sólidamente puesto a tierra	

(*) Niveles de aislamiento mínimos a cumplir norma IEC o su equivalente.

1.4.4 Apantallamiento contra descargas atmosféricas

La Subestación La Primavera está operando a la intemperie, por lo cual para la ampliación se contará con un diseño contra descargas atmosféricas, de tal manera que los equipos estén protegidos por las sobrecorriente provenientes de descargas atmosféricas. El diseño está basado en experiencias y no existe un método científico comprobado que asegure la efectividad de la protección como consecuencia de la naturaleza impredecible y probabilística de los rayos.

La medida a tomar es interceptar la trayectoria del rayo y conducirlo a lo largo de un conductor de baja resistencia (cable de guarda o un mástil), con el fin de que no produzca elevados niveles de voltaje, y así prevenir lesiones a las personas y daños a la propiedad.

Las estructuras metálicas de los pórticos de la subestación terminan en mástil, los cuales son puntas captadoras simples tipo franklin 1/2" x 170 cm.

1.4.5 Servicios auxiliares

La subestación contará con dos sistemas para servicios auxiliares, uno de corriente alterna y otro de corriente continua. El servicio de corriente alterna sirven a los sistemas de iluminación interior y exterior, circuitos de tomacorrientes, cargador de baterías, ventiladores de los transformadores de poder, calentadores, acondicionadores de aire, etc.; en cambio los servicios auxiliares de corriente continua están formados por los sistemas de protección, control y medición.

La subestación La Primavera cuenta actualmente con un transformador trifásico de 50 kVA, 13.8 kV/220 – 127 V tipo padmounted cuya cargabilidad en promedio es del 65% y con la ampliación llegaría a superar el 80%. Por tanto, se considera necesario aumentar la capacidad del





transformador de servicios auxiliares CA a 100 KVA. Este transformador se alimentará desde el patio de media tensión y estará protegido por un juego de seccionadores unipolares tipos fusibles de 100 A de capacidad.

Para el análisis de corriente continua se concluye que es posible conectar la nueva carga debida a la ampliación al banco de baterías propio de la subestación con su respectivo cargador de baterías.

Además, es necesario instalar un tablero de servicios auxiliares de corriente alterna con un mínimo de 20 posiciones de dos polos para la distribución de los circuitos existentes y proyectados.

1.4.6 Otros estudios

El estudio de especificaciones técnicas y montajes; equipos, herramientas y personal mínimo; elaboración de presupuesto, deben cumplir con lo establecido y requerido en los capítulos 6, 7 y 9 respectivamente.

1.4.7 Planos de la consultoría

Se detallan los planos presentados en el estudio de consultoría:

- a) ANEXO 1:
 - Implantación civil
 - Implantación eléctrica
 - Vista de pórtico de 69kv
 - Vista de pórtico de 13.8 kV
 - Vista lateral implantación
 - Sistema de iluminación
 - Diagrama unifilar
 - Vista estructural
 - Bandeja portacables
- b) ANEXO 2:
 - Malla de puesta a tierra
 - Aterrizamiento de equipos
- c) ANEXO 3:
 - Apantallamiento
- d) ANEXO 4:
 - Cuarto de control
 - Tablero de protecciones
 - Tablero VAC
 - Tablero VDC
 - Tablero de medidores





C.E.C ELECTRIORO S.A.S.

- Tableros de agrupamiento

- e) ANEXO 5:
 - Detalle de salida de alimentadores

- f) ANEXO 6:
 - Planos civiles

Ing. Edwin Alegría Macías
REPRESENTANTE LEGAL
RUC: 0791829593001



PASAJE - EL ORO - ECUADOR PARROQUIA: OCHOA LEON LA LIBERTAD No.2 A CIEN METROS DE LA COOPERATIVA ECUATORIANO PULMAN

CEL: 0996138938 MAIL: electriorosas@gmail.com

ANEXO 1

