



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 1:

**AMPLIACION DE PATIO DE 13,8 KV Y REPOTENCIACION DE
LA S/E LOS PINOS**

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	3
1.3	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	4
1.3.1	Descripción actual	4
1.3.2	Proyección en patio de 69 kV	5
1.3.3	Proyección en patio de 13.8 kV	5
1.3.4	Condiciones ambientales de la subestación Los Pinos	6
1.3.5	Estudio de cortocircuito	7
1.4	CRITERIOS CONSIDERADOS	8
1.4.1	Implantación de equipos y distancias de seguridad	8
1.4.2	Diseño de la malla de puesta a tierra	8
1.4.3	Niveles de tensión y de aislamiento	9
1.4.4	Apantallamiento contra descargas atmosféricas	10
1.4.5	Servicios auxiliares	10
1.4.6	Salidas subterráneas de media tensión	10
1.4.7	Otros estudios	10
1.4.8	Planos de la consultoría	11
	ANEXO 1.....	10



1.1 ANTECEDENTES

La Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad, CNEL EP UN EL 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.

Una de las subestaciones con la que CNEL EP en la actualidad cuenta zona sur oeste de la ciudad de Machala es la subestación Los Pinos, subestación eléctrica de Alto/Medio Voltaje 69 kV/13.8 kV con una capacidad instalada de 21/26.25 MVA, la cual brinda el suministro de energía eléctrica por medio de siete alimentadores de media tensión a todos los clientes de esta zona de la ciudad de Machala.

Actualmente, en el área de servicio de la subestación los Pinos se encuentran desarrollando proyectos de urbanización y además del cultivo de camarón intensivo, por lo que la demanda de potencia y energía eléctrica se ha visto incrementada, de igual manera al ser esta una zona urbana de gran movimiento comercial 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 Los Pinos, la cargabilidad de los transformadores de potencia han presentado los siguientes valores para el año 2022:

Tabla 1. – Cargabilidad transformadores de potencia S/E Los Pinos 2022.

TRANSFORMADOR DE POTENCIA	DEMANDA MÁXIMA (MVA)	CARGABILIDAD ONAN (%)	CARGABILIDAD ONAF (%)
T1 16/20 MVA	17,77	111,07	88,85
T2 5/6,25 MVA	4,77	95,31	76,24

Como se puede observar de la tabla anterior, el T1 se encuentra superando en un 11% su valor nominal de capacidad con ventilación natural y sobre el 88% de su capacidad con ventilación forzada. Mientras que en el T2 la demanda ya se encuentra superando el 95% de su capacidad nominal con ventilación natural y próxima al 80% de su capacidad con ventilación forzada.

Para poder atender los requerimientos futuros de demanda de potencia y energía eléctrica en esta zona de la ciudad de Machala, es necesario realizar un proyecto que considere la ampliación y repotenciación de la subestación los Pinos, incrementando su capacidad instalada mediante la puesta en funcionamiento de un nuevo transformador de potencia de 24/32 MVA, con todos sus equipamientos de control y protección con la finalidad de que los clientes cuenten con un servicio confiable y de calidad.

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 repotenciación de la subestación eléctrica **LOS PINOS** que incluye:



- La ampliación del pórtico de 69 kV existente e implementación de dos bahías adicionales para entrada de línea de subtransmisión y transformador de potencia incluyendo todo el equipamiento de las mismas.
- La implementación de un nuevo transformador de potencia de 24/32 MVA incluyendo todos sus sistemas de control y protección.
- La implementación de un nuevo pórtico metálico de 13.8 kV de al menos 10 bahías para alimentador, una bahía para servicios auxiliares y dos bahías para interruptor principal. La segunda bahía de interruptor principal será considerada a fin de energizar el nuevo pórtico con el transformador de 16/20 MVA existente en forma alternativa para lo cual se diseñó la interconexión entre éste y el nuevo pórtico.
- Contemplar la instalación de interruptores de tipo tanque muerto con sus respectivos equipos de protección para todas las posiciones de 69kV y posiciones generales de barra de 13.8 kV.
- Interconexión entre nuevas bahías de 13.8 kV y las posiciones de salida de alimentadores existentes.

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 subterráneas 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 Los Pinos de 69/13.8 kV con una capacidad instalada de 21/26.25 MVA (TR 1 de 16/20 MVA y TR 2 de 5/6.25 MVA), se encuentra ubicada al sur oeste de la ciudad de Machala, en las calles Av. Circunvalación Sur y Av. Simón Bolívar Palacios de la Provincia de El





Oro, la misma que es suministrada de servicio eléctrico mediante la línea de subtransmisión a 69 kV Machala – Los Pinos.

Coordenada X: 613356,564

Coordenada Y: 9640253,862

Msnm: 3 m

1.3.2 Proyección en patio de 69 kV

La ampliación del pórtico de 69 kV existente contemplará 2 posiciones con sus respectivos equipos para protección y control para bahía de entrada de línea de subtransmisión (LST 69kV Machala – Los Pinos) y para bahía de transformador de potencia 24/32 MVA. Adicionalmente, se mantiene 1 bahía para reserva.

Las bahías para línea de subtransmisión (LST 69kV Machala – Los Pinos) y para transformador de potencia 24/32 MVA contemplará los siguientes equipos primarios con las especificaciones técnicas del anexo correspondiente:

- Un transformador de potencia 24/32 MVA; 67/13.8 kV y sus accesorios.
- Dos interruptores tripolares en SF6 tipo tanque muerto de 69 kV, 1200 A, 2 TCs por bushing para protección y medición. Mecanismo motor - resorte.
- Tres transformadores inductivos de potencial (TP's) de relación $69/\sqrt{3} / 115/\sqrt{3}$ con dos núcleos; uno de clase 3P y uno de clase 0.2 multirelación.
- Dos seccionadores tripolares motorizados al lado de la barra de 69 kV, doble apertura con columna giratoria central de montaje vertical, sin cuchillas de puesta a tierra.
- Dos seccionadores tripolares motorizados para bypass, doble apertura con columna giratoria central de montaje horizontal, sin cuchillas de puesta a tierra.
- Dos seccionadores tripolares motorizados al lado de línea de 69 kV, doble apertura con columna giratoria central de montaje vertical, con cuchillas de puesta a tierra.
- Tres apartarrayos de 69 kV tipo estación con contador de descargas.
- Un tablero para control, protección y medida para transformador de potencia 24/32 MVA.
- Un tablero para servicios auxiliares de corriente continua.
- Un tablero para servicios auxiliares de corriente alterna.

1.3.3 Proyección en patio de 13.8 kV

A nivel de 13.8 kV se contempla la implementación de un nuevo pórtico metálico que contiene 10 posiciones para alimentadores primarios, una posición para servicios auxiliares y dos posiciones para interruptor principal. Una de las posiciones de interruptor principal energizará el nuevo pórtico de forma alternativa desde el transformador de 16/20 MVA existente. El transformador existente de 16/20 MVA se encuentra ubicado a 55 m de la posición asignada en el nuevo pórtico y energizará a este último mediante conductor de cobre aislado XLPE 500 MCM, doble conductor por fase.



El barraje principal de 13.8 kV será de configuración de dos conductores por fase con conductor de aluminio ACAR 750 MCM con su respectiva herrajería de sujeción.

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 instalará un transformador trifásico tipo convencional de 100 KVA para los servicios auxiliares de la subestación, el cual se alimentará desde el patio de media tensión y estará protegido por un juego de seccionadores unipolar tipo fusible de 100 A de capacidad.

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

- Dos Interruptores tripolares en vacío a 24 kV, 2000 [A] tipo tanque muerto. Incluye accesorios.
- Seis 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.
- Veintiún transformadores de corriente de 600/5 [A] multirelación de 13.8 kV. Incluye tablero y accesorios de agrupamiento de señales con borneras seccionables.
- Veintiún seccionadores monopolares de cuchilla, 27 kV, 600 [A].
- Veintiún seccionadores cuchilla tipo tándem de 15 kV, 600 [A].
- Siete reconectores tripolares de 27 kV, 630 [A] para montaje en subestación. Incluye su respectiva caja de control y accesorios.
- Veintiún apartarrayos tipo estación 12kV. Incluye accesorios para montaje.
- Siete 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.

1.3.4 Condiciones ambientales de la subestación Los Pinos

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



1.3.5 Estudio de cortocircuito

En la simulación de cortocircuito se ha considerado el ingreso del nuevo transformador de potencia de 24/32 MVA con una impedancia de cortocircuito del 7%. Adicionalmente, se incluye el dato de las siguientes características eléctricas:

Tabla 2. – Equivalente Thévenin subestación Los Pinos a nivel de 69 kV.

Equivalente Thévenin S/E Los Pinos			
R0 (Ohm)	X0 (Ohm)	R1 = R2 (Ohm)	X1 = X2 (Ohm)
5,67	20,7587	1,8942	9,6098
Relación X1/R1		Relación X/R	
5,0733		3.0361	

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

L/ST Machala – Los Pinos:

- Conductor ACAR 500 MCM
- Longitud 7.48 Km
- $R1 = R2 = 0.126$ ohm/Km
- $X1 = X2 = 0.392$ ohm/Km
- $R0 = 0.4507$ ohm/Km; $X0 = 1.299$ ohm/Km

Transformador de potencia por instalar:

- Un transformador de potencia de 24/32 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	4,139	3,875	3,200	3,036

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 la ampliación del patio de 69 kV de la S/E Los Pinos.
- Para el diseño la implementación 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 la implantación de los equipos, canaletas y ductos en los patios de maniobras y de la sala de control existentes (cuando aplique), así como de la ampliación del pórtico de 69 kV y la construcción del nuevo pórtico de 13.8 kV y la implementación del nuevo transformador de potencia.

Se recomienda para la malla principal de 69 kV y 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. La nueva malla de tierra en bahías de 69 kV debe acoplarse a la malla de tierra existente de 69 kV por medio de una conexión T con puntos de soldadura exotérmica.



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 o su equivalente en norma ANSI/IEEE.

La subestación Los Pinos 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 Los Pinos deberán cumplir mínimo con lo siguiente:

Tabla 5. – Parámetros generales de equipos S/E Los Pinos 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 Los Pinos 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 Los Pinos 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 para los dos niveles de voltaje.

1.4.5 Servicios auxiliares

Se contemplan 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.

En la subestación Los Pinos se contempla con un transformador trifásico de 100 kVA, 13.8 kV/220 – 127 V tipo convencional, el 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.

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

1.4.6 Salidas subterráneas de media tensión

El estudio de consultoría contempla el diseño de dos salidas subterráneas para alimentadores de 13.8 kV en la subestación Los Pinos, las cuales corresponden a los alimentadores CETEORO y UNE.

El diseño para la construcción de la obra civil y eléctrica se realizarán de acuerdo a la "Homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas" sección 2 "Manual de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas" emitida por el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables. Revisar capítulo 8.

1.4.7 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.





1.4.8 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
 - Tableros de agrupamiento
- e) ANEXO 5:
 - Detalle de salida de alimentadores
- f) ANEXO 6:
 - Planos civiles

Ing. Edwin Alegría Macías
REPRESENTANTE LEGAL
RUC: 0791829593001





ANEXO 1

