

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTROTÉCNIA



**ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DEL SISTEMA
DE PUESTA A TIERRA Y SISTEMA DE PROTECCIÓN
CONTRA RAYOS DE APC-PC16MM**

Proyecto Integrador Profesional

Autor: MATÍAS LARROSA

Carrera: INGENIERÍA ELÉCTRICA

Dirección

Director: ADRIÁN MC CARGO

Codirector: GUSTAVO CASABONA

Neuquén, 2026

Mira que te mando que te esfuerces y
que seas valiente. No temas ni
desmayes porque Jehová tu Dios
estará contigo donde quieras que tú
vayas. Josué 1:9

Dedicatorias y Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por darme las fuerzas de levantarme cada día y poder enfrentar cada circunstancia, a mi familia por infundirme el ánimo de continuar, a mi amigo Seba por estar conmigo y ser más que amigo, mi hermano; a mis compañeros de trabajo Rodo y Pablito por los momentos de charlas e ideas durante los almuerzos. Por último, a Adri y Gustavo por enseñarme y ser mis tutores. Todos formaron parte de mi aprendizaje técnico y de vida, muchas gracias.

Resumen

Desde el inicio del estudio de los sistemas de potencia, tanto en corriente continua como en corriente alterna, las personas y los equipos involucrados se han visto expuestos a distintos riesgos: los primeros sufriendo electrocuciones teniendo consecuencias tales como heridas externas y/o internas, fatalidades y, en los segundos, causando el envejecimiento prematuro de los equipos hasta llegar al caso de una falla sino se tiene el debido mantenimiento. Desde el punto de vista de la ingeniería eléctrica, el diseño de las instalaciones debe cumplir con los estándares de seguridad y operativos, tanto para las personas como para los equipos, con la máxima eficiencia posible.

En este trabajo se realizó el análisis técnico y económico del sistema de puesta a tierra y el sistema de protección contra rayos de la Ampliación PC 16MM ubicada en Aguada Pichana Oeste (APO) comparando el diseño implementado con el propuesto. Los parámetros tomados en cuenta fueron los siguientes:

- Riesgos asociados a las tareas del montaje de la malla de PAT
- Seguridad y confiabilidad de la instalación de PAT
- Costos asociados a los materiales (por ejemplo, cable de la malla de PAT)
- Costos asociados al montaje
- Tiempos asociados al montaje de la malla de PAT

El motivo que incentivó la elaboración de este trabajo fue justamente la de minimizar los ítems mencionados anteriormente y poder establecer, a partir de condiciones borde (por ejemplo, tipo de alimentación del sistema, esquema de

conexión a tierra, ubicación de la instalación, etc.) una guía para las bases de diseño de futuros proyectos.

Palabras clave:

Sistema, Malla, Costos, Tiempos, Ejecución, Seguridad, Pararrayos

Abstract

Since the inception of power systems engineering, in both direct current (DC) and alternating current (AC), personnel and equipment have been exposed to various hazards. For personnel, these include electrical shocks resulting in external and/or internal injuries, as well as fatalities. For equipment, these hazards cause premature aging, ultimately leading to catastrophic failure in the absence of proper maintenance. From an electrical engineering perspective, installation design must strictly comply with safety and operational standards for both people and assets, while achieving maximum efficiency.

This paper presents a technical and economic analysis of the grounding (earthing) system and the lightning protection system for the PC 16MM Expansion located in Aguada Pichana Oeste (APO), comparing the implemented design against the proposed alternative. The parameters evaluated were:

- Risks associated with grounding grid assembly tasks.
- Safety and reliability of the grounding installation.
- Material costs (e.g., grounding grid conductors).
- Assembly and installation costs.

- Grounding grid assembly turnaround times.

The core motivation of this work was to minimize the aforementioned factors and establish a design-basis guideline for future projects based on specific boundary conditions (e.g., system power supply type, grounding arrangement, and facility location).

Índice general	
1	Introducción.....3
2	Propuesta del sistema de PAT AMPLIACIÓN PC APO 16MMSCMD5
2.1	Sección 1: Datos extraídos de campo 5
2.2	Sección 2: Verificación de tensiones admisibles 8
2.3	Sección 3: Diseño de malla del CCT (según IEEE Std 80)..... 11
2.3.1	Cálculo de las tensiones máximas de retícula y de paso..... 14
2.3.2	Cálculo del conductor enterrado 16
2.4	Sección 4: Selección de cables 16
2.4.1	Instalación de BT (Ver anexo III)..... 16
2.4.2	Centro de transformación 16
2.5	Sección 5: Selección de barras equipotenciales..... 17
2.5.1	Impedancia de la red de alimentación..... 17
2.5.2	Impedancia del transformador 17
2.5.3	Impedancia en cada barra..... 18
2.5.4	Cálculo de la máxima corriente presunta de cortocircuito 18
2.5.5	Cálculo de la sección mínima de la barra de puesta a tierra en cada tablero..... 18
2.5.6	Resultados (Ver anexo II)..... 18
2.6	Sección 6: Contraste con Software ETAP 19
2.7	Sección 7: Conclusiones..... 20
3	Criterios para el diseño del SPCDA de AMPLIACIÓN PC APO 16MMSCMD (Según AEA 92305).....23
3.1	Generalidades 23
3.2	Densidad de descargas eléctricas atmosféricas a tierra en la zona geográfica a colocar la estructura (Ng): 26
3.3	Frecuencia aceptable de descargas en una estructura (Nc) - Anexo D... 27
3.4	Frecuencia esperable de descargas directas en una estructura (Nd)..... 28
3.5	Procedimiento para la elección de un SPCR según la IEC..... 31
3.6	Implementación del sistema de protección contra los rayos..... 32
3.6.1	Método de la esfera rodante y método del ángulo: 32
	Volumen protegido por un conductor captor vertical (varilla, barra, asta, mástil, etc.): 34
3.6.2	Volumen protegido por un conductor (hilo) tendido entre dos soportes 35
3.6.3	Volumen protegido por mallas de conductores captos horizontales 36

3.6.4 Cálculos para proteger volumen 1	37
3.6.5 Cálculos para proteger volumen 2	39
3.6.6 Cálculos para proteger volumen 3:	39
3.6.7 Cálculos para proteger volumen 4	39
3.7 Selección de materiales	41
3.7.1 Volumen 1	41
3.7.2 Volumen 2	42
3.7.3 Volumen 3	43
3.7.4 Volumen 4	43
3.8 Sistema de puesta a tierra (Según AEA 92305 - 3)	44
3.8.1 Disposiciones	44
3.8.2 Elección del sistema de puesta a tierra	45
3.9 SPCR interno	48
3.10 Conclusiones:	49
4 Cómputo de materiales	51
5 Cómputo de costos de equipamiento y mano de obra	52
6 Seguridad laboral y tiempos de ejecución	54
7 Resumen, conclusiones generales	56
8 Bibliografía.....	58
9 Anexos.....	59
9.1 Anexo I: Resistividad relevada en campo	59
9.2 Anexo II: Resultados barras equipotenciales	1
9.3 Anexo III: Cómputo y costos de materiales	2
9.4 Anexo IV: Cómputo y costos de mano de obra y equipamiento:.....	3
9.5 Anexo V: Diagrama de Gantt de sistema implementado y sistema propuesto	
4	
9.6 Anexo VI: Planos ejecutados y diseño propuesto respectivamente	5

1 Introducción

A partir de diferentes problemáticas encontradas en diferentes proyectos tales como:

- Excavaciones en gran parte de locaciones terminadas para el montaje de la malla de puesta a tierra: Esto genera que la compactación del terreno ya no tenga las mismas características, las condiciones de trabajo con mayor riesgo de caídas en la excavación, trabajos simultáneos con las demás disciplinas, etc., al igual que re-trabajos, ya que a lo largo de la ejecución de la obra se cortan partes de la malla, ya sea por montaje de otros equipos y/o vandalismo,
- Pedido de Piedra Partida para toda la locación: Este material se coloca para elevar el nivel de aislamiento entre el suelo superficial y el suelo donde se coloca la malla de puesta a tierra, lo cual es aplicable en Estaciones Transformadoras (con mayor potencia de cortocircuito), elevando los costos y tiempo de ejecución del proyecto,
- Equipotencialización de los cercos perimetrales,
- Vinculaciones de los skids y bases civiles con la red de puesta a tierra, teniendo que realizar las facilidades para estas conexiones, aumentando los tiempos de ejecución y materiales,

se realizará una propuesta de diseño del sistema de puesta a tierra (PAT) teniendo en cuenta que el sistema se alimentará mediante un transformador MT/BT, luego se realizará la propuesta de diseño del sistema de protección contra rayos. De esta propuesta se obtendrá el cómputo de materiales y los tiempos de ejecución. Por último, se realizará el análisis de costos y los tiempos

de ejecución comparando con el caso ejecutado actualmente de la planta compresora. Dentro

del estudio también se analizarán cuestiones técnicas, tal como acoplamientos entre las señales débiles y señales fuertes, tiempos de actuación de protecciones para optimizar la malla de PAT, protección de Flare contra descargas atmosféricas y el cálculo de la malla se verificará con Software ETAP. Los cálculos estarán basados en las normativas AEA 90362, AEA 92305 y IEEE Std 80.

La planta compresora que se tomará como ejemplo se ubica en el Yacimiento Aguada Pichana Oeste (APO) y es una ampliación de la instalación existente, ubicada en el centro de la provincia a 155 km de la ciudad de Neuquén, la cual se alimentará desde un transformador MT/BT, teniendo la posibilidad de hacerlo mediante su generador auxiliar para emergencias.

2 Propuesta del sistema de PAT AMPLIACIÓN PC APO

16MMSCMD

En esta parte del trabajo se procederá a realizar los cálculos para la implementación del sistema de puesta a tierra tanto en la instalación consumidora como en el centro compacto de transformación.

2.1 Sección 1: Datos extraídos de campo

Tabla 1: Datos relevados en campo locación terminada

Datos de campo: Cálculo resistividad del suelo superficial	
Método de Wenner	
Parámetros	Valores
Distancia entre electrodos adyacentes [m]	3,26
Profundidad de enterram. Electrodo [m]	0,25
Resistencia medida con telurímetro [Ω]	232,00
Resistividad del suelo [$\Omega.m$]	4800,56

Tabla 2: Valores de resistividad suelo natural

Datos de campo: Cálculo resistividad del suelo	
Método de Wenner	
Parámetros	Valores
Distancia entre electrodos adyacentes [m]	3,50
Profundidad de enterram. Electrodo [m]	0,25
Resistencia medida con telurímetro [Ω]	3,65
Resistividad del suelo [$\Omega.m$]	80,98

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

Donde:

ρ : resistividad del suelo, Ωm

R : resistencia resultante de la medida, Ω

a : distancia entre electrodos adyacentes, m

b : profundidad de enterramiento de los electrodos, m.

Si b es pequeño comparado con a ($b < a/20$), la anterior ecuación puede reducirse a:

$$\rho = 2\pi a R$$

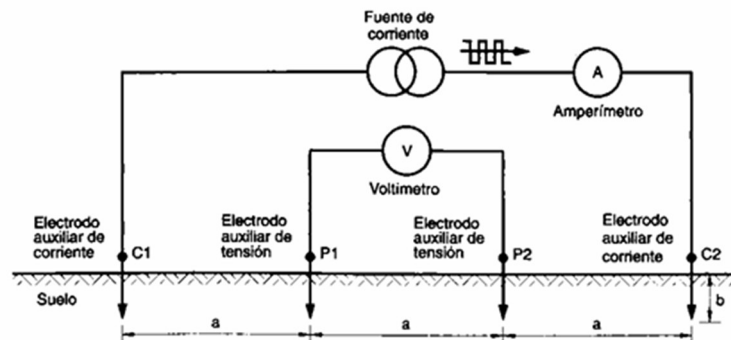


Ilustración 2.1: Esquema de medición de resistividad. Método de Wenner

Tratamiento del suelo:

Los datos relevados de campo utilizando el telurímetro de la marca Fluke Model 1653 son los mostrados en la tabla 1, los cuales se calcularon con el método de Wenner de 3 hilos. El valor de resistencia arrojado por el telurímetro fue de 232 Ω , las picas utilizadas tuvieron una longitud de 0,60m, la cual fue enterrada 0,25m y con una separación de 3,26m. El tipo de terreno es con el que se realizó la compactación de la locación, dando un valor de resistividad de 4800 Ωm . Si se considerara este valor para el diseño de puesta a tierra, se requeriría un valor de cable enterrado mucho mayor que el utilizado, aumentando los costos del diseño de PAT, por lo que se optará por trabajar con un valor de resistencia del suelo de 100 Ωm según la tabla 54.11 de la AEA 90364 - 5 el cual pertenece a un tipo de suelo Arcilloso. Este tipo de suelo es el que más abunda en la zona en donde se montará la planta, por lo que se recomienda que en área

seleccionada para montar la malla de puesta a tierra ligada al CCT y la puesta a tierra del Sistema de protección contra Rayos, no se cambie el tipo de suelo por lo menos hasta una profundidad de 0,10m donde sí se aprovechará la propiedad aislante del suelo relleno. Esto se indica en los documentos "NQN-AP-C01-EF-101-5.4-LAY OUT DE PUESTA A TIERRA (Propuesta PIP)" y "NQN-AP-C01-EG-105-4.0-NQN-AP-C01-EG-105_4.0 LAYOUT PROTECCION ATMOSFERICA (Propuesta PIP)"

Los datos relevados en campo se muestran en el anexo I

2.2 Sección 2: Verificación de tensiones admisibles

Se procederá a realizar los cálculos de verificación de la tensión de aislamiento del personal (tensión de contacto "Uf" como también de los equipos en la instalación de BT ("U2") como en los equipos del CCT ("U1").

Se propone que las protecciones del lado de MT tengan un Set de 60A en un tiempo de 0,1 segundos (basado en que la Corriente de consumo del lado de BT será cómo máximo de 1336 Amper, siendo del lado de MT 40 Amper). Estos valores de Set se podrían lograr teniendo como resistencia de PAT "Rt" = 1 Ω y una impedancia delimitadora "R-Xt" de 220 Ω aproximadamente.

Ecuaciones:

PAT Separadas

$$I_e = \frac{1,05 \ 13200 \ V}{\sqrt{3} \ Z_{red \ MT}} = 60 \ [A]$$

$$U_f = 0 \ [V]$$

$$U_1 = U_o + I_e \cdot R_e$$

$$U_2 = U_o$$

$$V_{dm} = R_e \cdot I_e$$

$$U_o = 230 \ [V]$$

R_e = Resistencia de PAT del CCT (Sección 2)

PAT Unificadas

$$I_e = \frac{1,05 \ 13200 \ V}{\sqrt{3} \ Z_{red \ MT}} = 60 \ [A]$$

$$U_f = I_e \cdot R_e$$

$$U_1 = U_o$$

$$U_2 = U_o$$

$$V_{dm} = R_e \cdot I_e$$

$$U_o = 230 \ [V]$$

R_e = Resistencia de PAT del CCT (Sección 2)

$$U_{adm \ personal} < U_f$$

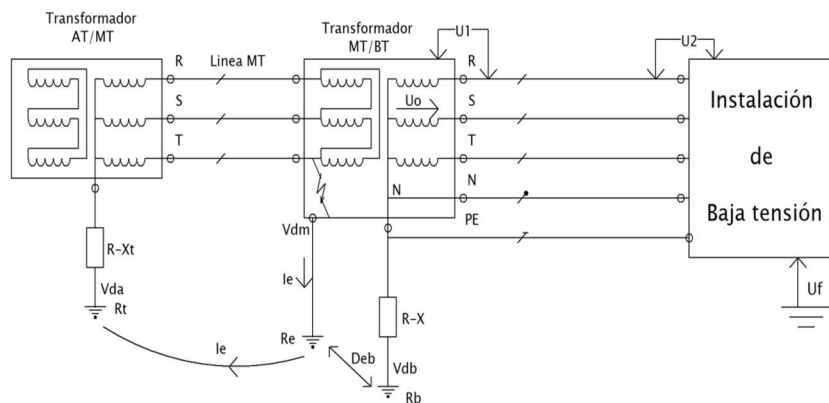
$$U_{adm \ personal} < V_{dm}$$

$$U_{adm \ Materiales \ y \ equip. \ BT \ y \ CCT} < U_1$$

$$U_{adm \ Materiales \ y \ equip. \ BT \ y \ CCT} < U_2$$

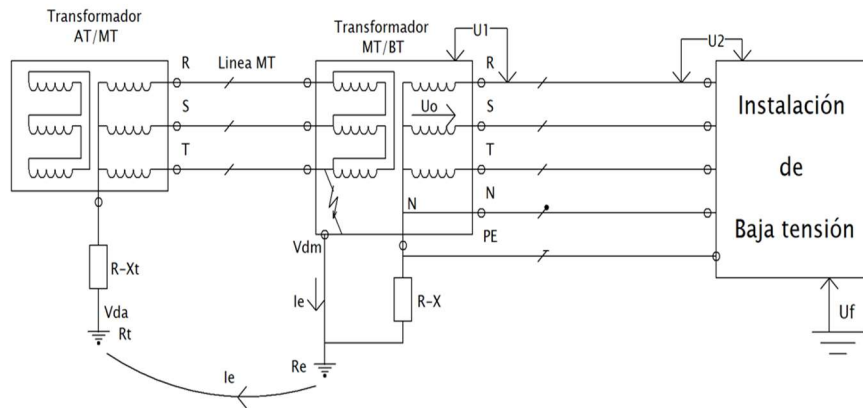
Tabla 3: Verificación de tensiones del sistema

Verificación de tensiones en el sistema de MT y BT		
ECT BT	TN-S	
Parámetros comparativos	PAT separadas	PAT unificadas
Uf [V]: Tensión de contacto en inst. BT	0	275,50
U1 [V]: Tensión en equipos de CCT	505,50	230,00
U2 [V]: Tensión en equipos de BT	230,00	230,00
Vdm [V]: Tensión de contacto en CCT	275,50	275,50
Ie [A]: Corriente de falla en MT	59,95	59,95
Re [Ω]: Resistencia PAT Masas CCT	4,60	4,60
Rt [Ω]: Resistencia PAT en ET AT/MT	1,00	1,00
Uo [V]: Tensión de fase nominal	230,00	230,00
R-Xt [Ω]: Reactancia limitadora en AT/MT	127,00	127,00
Tiempo de actuación protecc.en MT [mseg]	100	100
Uadm [V]: Tensión admisible personal	335	335
Uneutral AT/MT[V: Tensión del Neutro en AT	7673,59	7673,59
Uadm materiales y equip. de BT y CCT [V]	1430	1430
Cumple [SI/NO]	SI	SI



Ie: Aquella parte de corriente de falla a tierra del sistema de media tensión que circula por el electrodo de tierra de las masas de los equipos del centro de transformación (o SET)
Rb: Valor de resistencia del electrodo de tierra de las masas eléctricas de la instalación de BT (toma de servicio)
Re: Valor de resistencia del electrodo de tierra de la conexión de las masas eléctricas del centro de transformación
En este caso, las masas de la SET y el neutro son eléctricamente independientes
Rt: Valor de resistencia del electrodo de tierra del centro estrella de MT (SET aguas arriba)
R-X: Impedancia de limitación de corriente a tierra del centro estrella BT
R-Xt: Impedancia de limitación de corriente a tierra del centro estrella MT
Uo: Tensión simple (tensión entre el neutro y una de las fases de BT)
Uf: Tensión de falla o de defecto que aparece entre las masas de los equipos de la instalación de BT y tierra cuando ocurre un defecto a tierra
U1: solicitud de tensión de los equipos del centro de transformación
U2: solicitud de tensión de los equipos de la instalación consumidora de BT
Vda,Vdm,Vdb: Valores de elevación de potencial del sistema en las toma de tierra del lado de alta, media y baja tensión respectivamente cuando circula por ellas la corriente de defecto
Deb: Distancia de separación entre el electrodo de tierra de las masas del centro de transformación y el electrodo de la toma a tierra de servicio

Ilustración 2.2: Transformador con conexión de masas separado del neutro y ECT en BT TN-S



I_e : Aquella parte de corriente de falla a tierra del sistema de media tensión que circula por el electrodo de tierra de las masas de los equipos del centro de transformación (o SET)
 R_e : Valor de resistencia del electrodo de tierra de la conexión del neutro (o centro estrella de BT), es decir, la tierra de servicio.
 En este caso, las masas de la SET y el neutro son electricamente dependientes
 R_t : Valor de resistencia del electrodo de tierra del centro estrella de MT (SET aguas arriba)
 $R-X$: Impedancia de limitación de corriente a tierra del centro estrella BT
 $R-X_t$: Impedancia de limitación de corriente a tierra del centro estrella MT
 U_o : Tensión simple (tensión entre el neutro y una de las fases de BT)
 U_f : Tensión de falla o de defecto que aparece entre las masas de los equipos de la instalación de BT y tierra cuando ocurre un defecto a tierra
 U_1 : solicitud de tensión de los equipos del centro de transformación
 U_2 : solicitud de tensión de los equipos de la instalación consumidora de BT
 V_{da}, V_{dm} : Valores de elevación de potencial del sistema en las toma de tierra del lado de alta, media respectivamente cuando circula por ellas la corriente de defecto

Ilustración 2.3: Transformador con conexión de masas junto con neutro y ECT en BT TN-S

2.3 Sección 3: Diseño de malla del CCT (según IEEE Std 80)

Se procederá a realizar los cálculos de la malla de Puesta a tierra del CCT basados en la IEEE Std 80 considerando un diseño de una malla de lados totales de 8m x 8m con cuadrículas de 2m x 2m a un metro de profundidad en terreno de arcilla, con un espesor de capa superficial de relleno calcáreo de 0,10 metros, 8 jabalinas de 1,5m de largo, Cables de cobre desnudo de 19hilos con sección de 50mm², enterrados a 1,00m de profundidad y protecciones actuando en un tiempo como máximo de 100 milisegundos.

Ecuaciones utilizadas:

$$E_{s;50} = (1000 + 6Cs\rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{ts}} \quad Cs = 1 - \frac{0,09(1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2hs + 0,09}$$

$$E_{s;70} = (1000 + 6Cs\rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{ts}} \quad hs: \text{Espesor de la capa superficial del terreno [m]}$$

$$E_{t;50} = (1000 + 1,5Cs\rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{ts}} \quad ts: \text{Duración de la corriente de falla [s]}$$

$$E_{t;70} = (1000 + 1,5Cs\rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{ts}} \quad \rho_s: \text{Resistividad de la capa de acabado del terreno donde se ubicará la malla [\Omega.m]}$$

$$\rho: \text{Valor de resistividad del terreno [\Omega.m]}$$

Tabla 4: Cálculo de tensiones admisibles de contacto y de paso

Cálculo de las tensiones de contacto y paso admisibles	
Método: IEEE Std 80	
Parámetros	Valores
ts: Duración de la corriente de choque [s]	0,10
Cs: Factor de reducción [adim]	0,69
K: Factor de reflexión [adim]	0,97
Resistividad de la capa de la sup de la estación [\Omega.m]	4800,56
Resistividad del terreno [\Omega.m]	80,98
Es;50: Tensión de paso (50kg) [V]	7708,87
Es;70: Tensión de paso (70kg) [V]	10433,56
Et;50: Tensión de contacto (50kg) [V]	2202,34
Et;70: Tensión de contacto (70kg) [V]	2980,75
Espesor de la capa superficial [m]	0,10

Ecuaciones utilizadas:

$$Re = \rho \cdot \left[\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h \cdot \sqrt{20/A}} \right) \right]$$

$$L = Lc + Lr$$

$$Lr = Lj \cdot n$$

ρ : Resistividad del terreno [$\Omega \cdot m$]

A : área total ocupada por la malla de tierra [m^2]

h : Profundidad de enterramiento de la malla [m]

Lj : Largo de cada jabalina

n : N° de jabalinas

Lc : Largo total del conductor enterrado

Observación: El largo total como el n° de jabalinas puede observarse del Lay out de PAT en los anexos.

Tabla 5: Cálculo de la resistencia de PAT de la malla propuesta

Cálculo de la resistencia de PAT de la malla	
Método: Sverak (IEEE Std 80)	
Parámetros	Valores
Lc: Long. total del conductor de malla [m]	80,00
Lr: Longitud total de varillas enterradas[m]	12,00
L: Largo total de cable enterrado (Lr+Lc)	92,00
Largo del área de la malla [m]	8,00
Ancho del área de la malla [m]	8,00
n: N° de varillas localizadas en área A	8,00
A: Área ocupada por la malla de tierra [m2]	64,00
ρ : Resistividad del terreno [$\Omega \cdot m$]	80,98
h: prof. de enterramiento de la malla [m]	1,00
Re: Resistencia de malla del CCT [Ω]	4,60

Para determinar si el sistema es viable se deberán verificar las siguientes condiciones simultáneamente:

$$E_{s;50} > GPR = Vdm$$

$$E_{t;50} > GPR = Vdm$$

Donde: $GPR = I_e.Re$

Tabla 6: Verificación de tensiones de paso y contacto

Verificación de tensiones de paso y contacto	
Método: IEEE Std 80	
Parámetros	Valores
I_e : Corriente de cortocircuito circulante por la malla de PAT [A]	59,95
GPR [V] = Vdm	275,50
Cumple tensión de paso [Si/verificar cuadrícula]	Si
Cumple tensión de contacto [Si/verificar cuadrícula]	Si

2.3.1 Cálculo de las tensiones máximas de retícula y de paso

Ecuaciones utilizadas:

$$E_m = \frac{\rho \cdot I_g \cdot K_m K_i}{L_c + \left[1,55 + 1,22 \cdot \left(\frac{L_R}{\sqrt{L_X^2 + L_Y^2}} \right) \right] \cdot L_R}$$

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

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot n \quad n_c = \left[\frac{L_x L_y}{A} \right]^{\frac{0,7 \cdot A}{L_x L_y}}$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}} \quad n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}}$$

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d \quad A = L_x \cdot L_y$$

$$n_a = \frac{2 \cdot L_c}{L_p} \quad E_s = \frac{\rho \cdot I_g \cdot K_s \cdot K_i}{L_s}$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4 \cdot \sqrt{A}}} \quad K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2 \cdot h} + \frac{1}{D' + h} + \frac{1}{D'} \cdot (1 - 0,5^{n-2}) \right]$$

$$L_s = 0,75 \cdot L_c + 0,85 \cdot L_R$$

Para determinar si el sistema es viable se deberán verificar las siguientes condiciones simultáneamente:

$$E_{s:50} > E_s$$

$$E_{t:50} > E_m$$

Tabla 7: Tabla resumen para verificación de tensiones de retícula y de paso

Lc: Longitud total de cable de la malla [m]	80,00
Lp: Longitud del perímetro de la malla [m]	32,00
A: Área cubierta por la malla [m ²]	64,00
Lx:Máx. longitud de la malla en el eje X [m]	8,00
Ly:Máx. longitud de la malla en el eje Y [m]	8,00
Dm:Máx distancia entre dos puntos en la malla[m]	2,00
h: profundidad de la malla [m]	1,00
D': Espacio entre conductores paralelos [m]	2,00
D: diámetro del conductor de la malla [m]	0,0113
LR: Long. Total de varillas enterradas [m]	12,00
Lr: Long. Promedio de cada varilla [m]	1,50
ρ : Resistividad del terreno [$\Omega \cdot m$]	80,98
Ig: Corriente máxima de falla [A]	59,95
Km: Factor de geometría	0,848
LM: Long. Efectiva del cable y varillas enterradas para tensión de retícula [m]	100,54
Ki: factor de corrección por geometría en forma de malla	0,775
Kii para mallas con varillas en el perímetro o en las esquinas	1,00
Kii para mallas sin varillas en el perímetro o en las esquinas (pudiendo tener alguna en la parte central)	N/A
Kh: Factor de enterramiento de la malla	1,414
ho: referencia de profundidad de la malla [m]	1,00
n: N° de conductores efectivos en paralelo en una malla rectangular o irregular	0,88
na	5,000
nb	1,000
nc, para mallas rectangulares	1,000
nd, para mallas rectangulares	0,177
<u>Em: Tensión de retícula (lazo o malla)</u>	<u>31,74</u>
Ls: Long efectiva de cables y varillas para tensión de paso	70,20
Ks: factor de geometría	0,079
<u>Es: Tensión de paso (con $0,25 < h < 2,5m$)</u>	<u>4,26</u>
Cumple tensión de paso [Si/Rediseñar]	Si
Cumple tensión de contacto [Si/Rediseñar]	Si

2.3.2 Cálculo del conductor enterrado

Tipo de cobre	Recocido	Observaciones
I: corriente eficaz [kA]	0,100	
Tm: Temperatura máx. Permitida [°C]	1083,00	
Ta: Temperatura ambiente [°C]	24,00	
Tr: Temperatura de referencia p/ material [°C]	20,00	
α_0 : coef. Térmico de resistividad a 0°C [1/°C]		
α_r : coef. Térmico de resistividad a temp Tr [1/°C]	0,00393	
ρ_r : resistividad del conductor de tierra a la temp de ref Tr [$\mu\Omega\text{cm}$]	1,72	
Ko: $1/\alpha_0$ ó $(1/\alpha_r) - T_r$ [°C]	234,00	
tc: tiempo que fluye la corriente [s]	0,10	
TCAP: factor de capacidad térmica [$\text{J}/(\text{cm}^3 \text{°C})$]	3,42	
Ac: área del conductor [mm^2]	0,11	
Calibre mínimo (no protegido contra la corrosión) IEC [mm^2]	50	Según IEEE Std 80
Calibre mínimo (no protegido contra la corrosión) Americana [AWG o kCM]	1/0	Según IEEE Std 80
Sección seleccionada del conductor enterrado [mm^2]	50	Diámetro=9mm
Tipo	Desnudo	
Formación [hilos]	19	
Cantidad/Tipo de unión (Exotérmica)	49	
Cantidad/Tipo de jabalinas (cobre) 3/4"	8	largo: 1,5m
Cámaras de inspección 50 x 250x250	8	

2.4 Sección 4: Selección de cables

2.4.1 Instalación de BT (Ver anexo III)

2.4.2 Centro de transformación

Al sistema de puesta a tierra se le deberán conectar los siguientes elementos:

- Cuba del transformador
- Envolverte metálica del cuadro de BT
- Envolverte de celda de MT

- Pantalla de cable (Extremos de línea de llegada y extremos de línea de salida a celda y ambos extremos del transformador MT y BT)
- Cualquier armario metálico instalado en el centro de transformación
- Centro estrella del transformador del lado de BT

2.5 Sección 5: Selección de barras equipotenciales

Ecuaciones para el cálculo de corrientes de cortocircuitos monofásicas y secciones de colectores de tierra:

2.5.1 Impedancia de la red de alimentación

$$Z_{Qt} = \frac{Z_{MT}}{r^2} \quad Z_{MT} = \text{Impedancia de la red del lado de MT } [\Omega] = 220,03 \Omega$$

$$r = \text{Relación de transformación [adim]} = 33$$

$$X_{Qt} = 0,995 \cdot Z_{Qt} \quad Z_{Qt} = \text{Impedancia de la red del lado de BT } [\Omega]$$

$$X_{Qt} = \text{Reactancia de la red del lado de BT } [\Omega]$$

$$R_{Qt} = 0,1 \cdot X_{Qt} \quad R_{Qt} = \text{Resistencia de la red del lado de BT } [\Omega]$$

2.5.2 Impedancia del transformador

$$Z_T = \frac{u_{krT}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} \quad u_{krT} = \text{Tensión de cortocircuito asignada [\%]} = 4 \%$$

$$U_{rT} = \text{Tensión de línea asignada BT [V]} = 400 \text{ V}$$

$$S_{rT} = \text{Potencia asignada del transformador [VA]} = 500000 \text{ VA}$$

$$R_T = \frac{P_{krT} \cdot U_{rT}^2}{S_{rT}^2} \quad P_{krT} = \text{Potencia de pérdidas efecto Joule [kW]} = 6 \text{ kW}$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} \quad Z_T = \text{Impedancia del transformador } [\Omega]$$

$$R_T = \text{Resistencia del transformador } [\Omega]$$

$$X_T = \text{Reactancia del transformador } [\Omega]$$

2.5.3 Impedancia en cada barra

$$R_{barra\ CCT\ BT} = R_{Qt} + R_T$$

$$X_{barra\ CCT\ BT} = X_{Qt} + X_T$$

$$Z_{barra\ CCT\ BT} = \sqrt{R_{barra\ CCT\ BT}^2 + X_{barra\ CCT\ BT}^2}$$

$$R_{barra\ i} = R_{barra\ aguas\ arriba} + R_{cable\ interconexión\ entre\ barras}$$

$$X_{barra\ i} = X_{barra\ aguas\ arriba} + X_{cable\ interconexión\ entre\ barras}$$

$$Z_{barra\ i} = \sqrt{R_{barra\ i}^2 + X_{barra\ i}^2}$$

2.5.4 Cálculo de la máxima corriente presunta de cortocircuito

$$I''_i = \frac{C_Q \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{barra\ i}}$$

$$C_Q = \text{Factor de tensión [adim]} = 1,05$$

$$U_n = \text{Tensión de línea [V]} = 400\text{ V}$$

$$I''_i = \text{Corriente de cortocircuito en la barra "i"}$$

2.5.5 Cálculo de la sección mínima de la barra de puesta a tierra en cada tablero

$$S \geq \frac{I''_i \cdot \sqrt{t}}{k} \quad t = \text{Tiempo de desconexión automática de las protecciones [seg]} = 1\text{ seg}$$

k = Factor cuyo valor depende de la naturaleza del metal de los conductores de protección, de los aislantes y de otras partes y de las temperaturas iniciales y finales del elemento conductor [adim] = 153

2.5.6 Resultados (Ver anexo II)

2.6 Sección 6: Contraste con Software ETAP

Ground Grid Input Data

System Data

Freq. Hz	Weight kg	Ambient Temp. °C	Short-Circuit Current				Fault Duration (Seconds)		
			Total Fault Current	X/R	Sf Division Factor	Cp Projection Factor	Tf for Total Fault Duration	Tc for Sizing Ground Conductors	Ts for Available Body Current
			kA		%	%			
50.0	50	40.00	0.060	1.00	100.0	100.0	0.10	0.10	0.10

Soil Data

Surface Material			Upper Layer Soil			Lower Layer Soil	
Material Type	Resistivity ohm.m	Depth m	Material Type	Resistivity ohm.m	Depth m	Material Type	Resistivity ohm.m
Clean limestone	4800.0	0.100	Wet organic soil	81.0	1.00	Moist soil	81.0

Material Constants

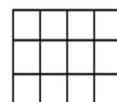
Conductor/Rod	Type	Conductivity %	α_r Factor @ 20 °C	K0 @ 0 °C	Fusing Temperature °C	Resistivity of Ground Conductor @ 20°C micro ohm.cm	Thermal Capacity Per Unit Volume J/(cm³.°C)
			1/°C				
Rod	Copper, annealed soft-drawn	100.0	0.00393	234.0	1083.0	1.72	3.42
Conductor	Copper, commercial hard-drawn	97.0	0.00381	242.0	1084.0	1.78	3.42

Rod Data

Diameter cm	Length m	No. of Rods	Arrangement	Cost \$/Rod
2.000	1.50	8	Rods along Grid Perimeter	10.00

Grid Configuration

Conductor Size mm²	Depth m	Grid Length m		Number of Conductor		Separation m		Cost \$/m
		Lx	Ly	in X	in Y	in X	in Y	
				Direction	Direction	Direction	Direction	
50	1.00	8.00	8.00	5	5	2.0	2.0	26.00



Shape: Rectangular

Ground Grid Summary Report

Rg Ground Resistance ohm	GPR Ground Potential Rise Volts	Touch Potential			Step Potential		
		Tolerable Volts	Calculated		Tolerable Volts	Calculated	
			Volts	%		Volts	%
4.597	280.2	2202.1	42.6	1.9	7708.0	39.4	0.5

Total Fault Current: 0.060 kA Reflection Factor (K): -0.967

Maximum Grid Current: 0.061 kA Surface Layer Derating Factor (Cs): 0.695

Decrement Factor (Df): 1.016

2.7 Sección 7: Conclusiones

- 1) Conexionado de PAT del CCT: En la presente propuesta se deberán conexionar las masas del CCT (Transformador, celdas de media tensión y todo lo indicado en la sección 3) conjuntamente con las masas de la instalación de BT según lo indicado en el plano "NQN-AP-C01-EF-101-5.4-LAY OUT DE PUESTA A TIERRA (Propuesta PIP)", es decir, se unificarán las conexiones a una única puesta a tierra de la instalación.
- 2) Parámetros propuestos: Con el fin de diseñar un sistema de puesta a tierra eficiente (es decir, que cumpla con los parámetros de seguridad, confiabilidad y menor costo) donde la instalación de baja tensión se alimente mediante un transformador de distribución 13,2/0,4 kV se requerirá que los tiempos de actuación de las protecciones de Media Tensión sea como máximo de 100 mSeg y que el valor de corriente máxima de actuación de dichas protecciones sea como máximo de 60 A (también del lado de Media Tensión). Una de las opciones para esto será regular estos parámetros con una impedancia limitadora ubicada en la ET aguas arriba de la instalación analizada en este trabajo.
- 3) Malla de Puesta a tierra: Se deberá adoptar un único mallado cuadrado con un área total de 84m², es decir, cuadrículas de 2m de largo por 2m de ancho como se indica en el documento "NQN-AP-C01-EF-101-5.4-LAY OUT DE PUESTA A TIERRA (Propuesta PIP)". La misma se deberá instalar a un metro de profundidad uniendo los conductores soldadura cuproaluminotérmica o morsetos a compresión según típico de PAE "ES-E-003" (Hoja 5 ó 6). El cable deberá ser de cobre desnudo de 50mm² de 19 hilos. La misma también contará con 8 jabalinas de 1,5m de largo con sus respectivas cajas de inspección según

típico "ES-E-003" (hoja 6). El suelo deberá tratarse para mejorar la conductividad del suelo donde se colocarán los cables colocando bentonita en polvo mezclada con la tierra circundante (arcilla) mezclada con agua. Cuando se realice la tapada final se deberá colocar por lo menos 10cm de cascajo, piedra partida o material de relleno (calcáreo compactado) para asegurar la aislación entre la capa conductiva de la malla y la zona de circulación del personal

- 4) Conexiones equipotenciales: Para asegurar que el sistema electrónico (sistema débil) y el sistema de potencia (sistema fuerte) estén desacoplados ante una falla a tierra, se deberán adoptar diferentes recorridos para ambos sistemas con cable de cobre desnudo. Para esto se deberán adoptar las trazas propuestas en "NQN-AP-C01-EF-101-5.4-LAY OUT DE PUESTA A TIERRA (Propuesta PIP)" con las barras equipotenciales según típico "ES-E-003" (Hoja 13), típicos de montaje para Bandeja Porta cable con típico "ES-E-003" (Hoja 11).
- 5) Cambios constructivos: Debido a que el sistema de protección cuenta con cables con conductor PE de la sección apropiada, se podrán eliminar los típicos "ES-E-006" (Hoja 3 y Hoja 9), correspondiente a las orejas de PAT que se utilizaban para equipotenciar las estructuras de los Skids, lo que resultaría en un sistema redundante de PAT, aumentando los tiempos y costos de fabricación. Además, se elimina el típico de montaje de PAT de cercos ES-E-003-1-H16 ya que no existe riesgo de electrificación con el sistema adoptado (Todos los conductores tienen cuentan con conductor PE). De manera similar, para un sistema más eficiente se podrá prescindir de las conexiones equipotenciales de las armaduras de las bases civiles (típico ES-E-003-1- H17).

6) Instalación de Baja Tensión: Para cumplir con los requerimientos de tensiones admisibles dentro de la instalación a alimentar, se deberá instalar un Sistema de Puesta a tierra tipo TN-S, es decir, todos los conductores especificados en la sección 3 de esta parte del trabajo deberán contar con conductor PE conectado a cada barra equipotencial respectiva y cada circuito terminal deberá cumplir con protecciones principales de desconexión automática que tenga tiempos de actuación instantáneo (menor a 40 mSeg). Dichas protecciones deberán ser del tipo termomagnética, utilizando protecciones diferenciales en aquellos lugares donde no se pueda asegurar que el lazo de falla tenga una corriente de cortocircuito lo suficientemente baja como para que dicha protección no lo detecte.

3 Criterios para el diseño del SPCDA de AMPLIACIÓN PC APO 16MMSCMD (Según AEA 92305)

3.1 Generalidades

A continuación, se presentarán los criterios de diseño que se tuvieron en cuenta para la propuesta del sistema de protección contra descargas atmosféricas. Se pretende elegir el NPR de un SPCR para reducir el riesgo de daños por descargas directas en una estructura o en un volumen a proteger de tal manera que ese riesgo esté por debajo del nivel máximo tolerable.

Para cada estructura se puede evaluar el riesgo de daños teniendo en cuenta:

- Frecuencia anual de descargas directas en la estructura [Nd]
- Probabilidad con la cual los rayos pueden causar daños
- Cantidad posible de pérdidas promedio que pudieren tener lugar como consecuencia de la caída de los rayos a la estructura

Como se ha mencionado anteriormente, la instalación a proteger se tratará de la ampliación de una planta compresora de gas ubicada en la zona centro de la provincia de Neuquén. Dicha instalación se dividirá en cuatro zonas: Zona Norte, Zona Sur, interconexión cañería de venteo al Flare y la Zona del Flare (o antorcha) las cuales se analizarán como diferentes zonas a proteger tomando las medidas correspondientes en cada caso. La misma será "normalmente ocupada" con personal de Operaciones, teniendo que realizar monitoreos constantes en la zona del Shelter de potencia y control, verificaciones diarias en la zona del predio cerrado, y verificaciones esporádicas en la zona del Flare. Por último, se considerará como zona con riesgo de explosión ya que puede haber fugas de gas en dentro de la planta.

Ubicación geográfica Planta compresora Aguada Pichana Oeste (APO)

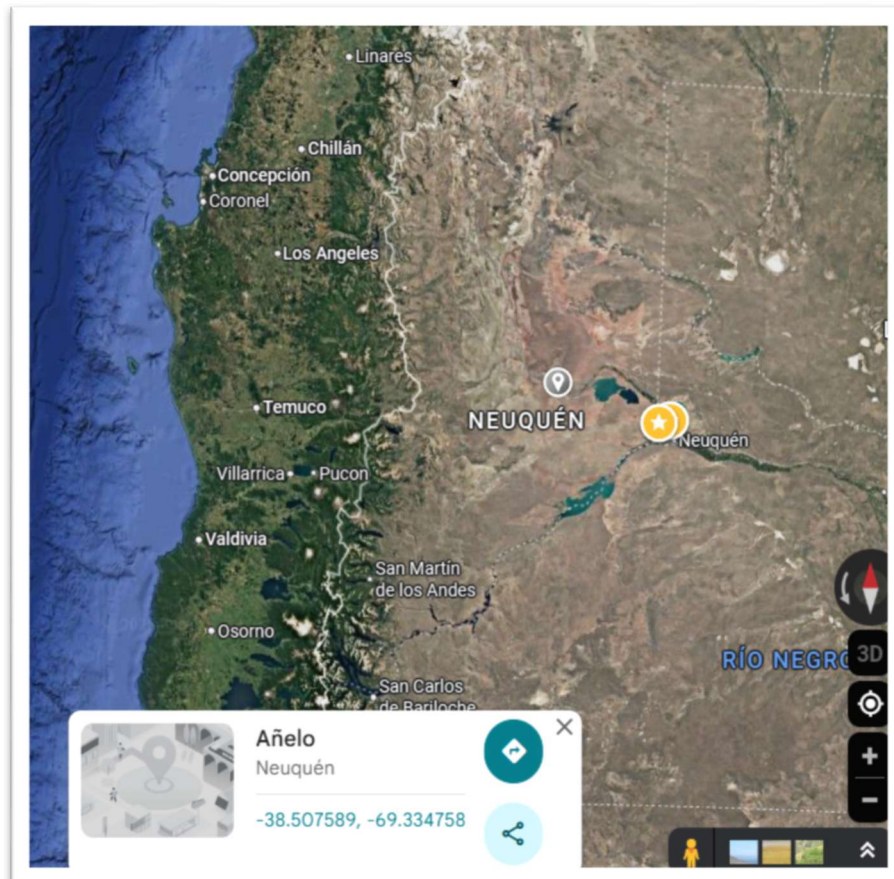


Tabla 8: Ejemplos de clasificación de estructuras (AEA 92305)

Clasificación de las estructuras	Tipos de estructuras	Efectos de los rayos ⁽¹⁾	NPR ⁽²⁾
Estructuras comunes ⁽³⁾	Viviendas unifamiliares Residencias	Perforación de la aislación de las instalaciones eléctricas, incendio y daños materiales. Por lo general, los daños se limitan a los objetos expuestos en el punto de impacto o en la trayectoria del rayo.	III
	Granjas Haciendas Establecimientos agropecuarios	Riesgo primario de incendio y tensiones del paso peligrosas. Riesgo secundario debido a pérdidas de energía eléctrica y peligros de vida del ganado debido a falla del control electrónico de los sistemas de suministro de alimentos y ventilación, etc.	III o IV ⁽⁴⁾
	Teatros Escuelas Locales de compras Áreas de deportes Iglesias	Es probable que puedan generar pánico los daños a las instalaciones eléctricas (por ej.: iluminación eléctrica). El desperfecto de las alarmas contra incendios provoca una demora en tomar medidas para la lucha contra incendios.	II
	Bancos Compañías de seguros Compañías comerciales, etc.	Igual que en el caso anterior, más los problemas por pérdidas de la comunicación, desperfectos en las computadoras y pérdidas de datos.	II
	Hospitales Geriátricos, casas de reposo Prisiones	Igual que en el caso anterior, más los problemas con las personas en la sala de cuidados intensivos y dificultades para rescatar a quienes están inmovilizados.	II
	Industrias	Otros efectos que dependen de los contenidos de las fábricas, que van desde daños menores a daños inadmisibles y pérdidas de producción.	III
	Museos y sitios arqueológicos	Pérdida de herencias culturales irreemplazables.	II
Estructuras con daños confinados	Telecomunicaciones Centrales eléctricas Industrias con riesgos de incendios	Pérdidas inaceptables de servicios al público, durante períodos breves o prolongados ⁽⁵⁾ . Peligros consiguientes en los alrededores inmediatos provocados por incendios, etc.	I
Estructuras peligrosas para los alrededores	Refinerías Estaciones de servicio Fábricas de pirotecnia Fábricas de municiones	Consecuencias de incendios y explosiones en la planta y sus alrededores.	I
Estructuras peligrosas para el medio ambiente	Plantas químicas Centrales nucleares Laboratorios y plantas bioquímicas	Incendio y mal funcionamiento de las instalaciones con consecuencias perjudiciales para el entorno local y global.	I

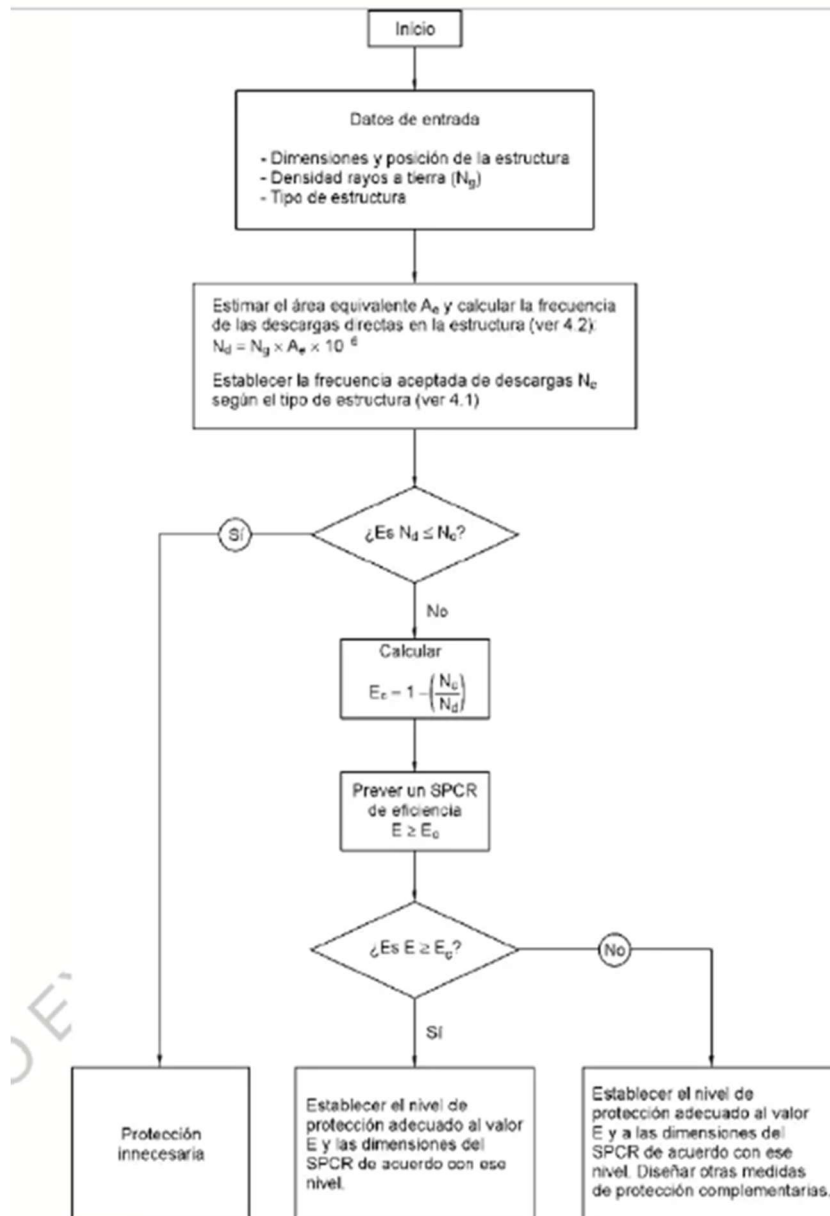
NOTAS

- (1) Se debe tener bien presente que es impracticable lograr una protección total (100%) contra los posibles daños causados por los rayos dentro de estas estructuras. (Ver 4 de la IRAM 2184-2 / AEA 92305-2). Sin embargo se deben tomar las medidas necesarias para limitar los posibles perjuicios a niveles de riesgos aceptables.
- (2) Se indica el NPR con carácter informativo. Para la elección de los NPR ver el capítulo 6.
- (3) Puede haber equipos electrónicos sensibles en todo tipo de estructuras, incluyendo las estructuras comunes, que se pueden ver dañados fácilmente por sobretensiones debidas a los rayos.
- (4) El nivel III se elige para estructuras de madera. El nivel IV se elige para estructuras que contienen productos agrícolas potencialmente combustibles (depósitos de granos, etc.) que puedan considerarse con riesgos para los alrededores, en el caso de explosiones.
- (5) La pérdida de un servicio se cuantifica mediante el producto del tiempo durante el cual un solo usuario no puede hacer uso del servicio, multiplicado por el número de usuarios afectados anualmente.

Tabla 9: Clasificación preliminar de la instalación a calcular

Clasificación Preliminar de la instalación	
Clasificación de las estructuras:	Estructuras peligrosas para los alrededores
Tipos de estructuras:	Refinerías, estaciones de servicios, etc.
Efectos de los rayos:	Consecuencias de incendios y explosiones en la planta y sus alrededores
NPR crítico estimado	I

El procedimiento para la elección del Sistema de Protección Contra Rayos se muestra a continuación:



3.2 Densidad de descargas eléctricas atmosféricas a tierra en la zona geográfica a colocar la estructura (Ng):

En el caso de no poder tener esta medida como dato se puede calcular como sigue:

$$Ng = 0,04 \cdot Td^{1,25} \text{ [descargas a tierra/(km}^2 \cdot \text{Año)]}$$

Td: Cantidad de días de tormenta eléctricas por año obtenida a partir de mapas isoceráunicos ($1 \leq Td \leq 100$)	10
---	----

Ng calculada	0,7113	[Descargas a tierra/(km ² . Año)]
Ng de mapa	Perteneciente entre 0,3 y 0,7	[Descargas a tierra/(km ² . Año)]

3.3 Frecuencia aceptable de descargas en una estructura (Nc) - Anexo D

Coeficiente C2: evaluación del tipo de construcción de la estructura

		Techado o tejado		
		Metálica	Común	Inflamable
Estructura	Metálica	0,5	1	2
	Común	1	1	2,5
	Inflamable	2	2,5	3

Coeficiente C3: Evaluación del contenido de la estructura

Contenido de la estructura	Coeficiente C3
Sin valor o no inflamable	0,5
De valor común o normalmente inflamable	1
De gran valor o particularmente inflamable	2
De valor excepcional, irremplazable o muy inflamable, explosivo	3

Coeficiente C4: Evaluación de la ocupación de la estructura

Ocupación de la estructura	Coeficiente C4
No ocupada	0,5
Normalmente ocupada	1
De evacuación difícil o con riesgo de pánico	3

Coeficiente C5: Evaluación de las consecuencias de un impacto de rayo sobre el entorno

Consecuencias de un impacto de rayo	Coeficiente C5
Sin necesidad de continuidad en el servicio y con alguna consecuencia sobre el entorno	1
Con necesidad de continuidad en el servicio y con algunas consecuencias para el entorno	5
Con varias consecuencias para el entorno	10

$$N_c = \frac{5,5 \cdot 10^{-3}}{C} [\text{Descargas/año}]$$

Parámetro	Volumen 1	Volumen 2	Volumen 3	Volumen 4
C2	0,5	2,5	0,5	0,5
C3	1	2	2	2
C4	1	0,5	0,5	0,5
C5	5	5	5	5
C	2,5	12,5	2,5	2,5
Nc	0,0022	0,00044	0,0022	0,0022

3.4 Frecuencia esperable de descargas directas en una estructura (Nd)

A continuación, se calculará la frecuencia anual promedio de descargas directas en una estructura como sigue:

$$N_d = C_1 \cdot N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6} [\text{descargas directas/año}]$$

N_g : Densidad anual promedio de descargas eléctricas atmosféricas a tierra, en [Descargas a tierra/(km² . Año)], propia del lugar donde está la estructura

A_e : Área colectora equivalente de una estructura [m²] (Se entiende por "área colectora equivalente" de la estructura a un área de la superficie del suelo con la misma frecuencia anual de descarga directas que la estructura)

Para una estructura a proteger de largo "L", ancho "A" y altura "H" el área colectora equivalente está dada por:

$$Ae = (L \cdot A) + 6 H (L + A) + 9 \pi H^2 \quad [m^2]$$

Para evaluar la necesidad del SPCR en el proyecto, se tomarán tres volúmenes a proteger:

Volumen 1: Perteneciente a la zona Sur de la ampliación de la planta compresora: Esta zona a proteger estará compuesta del Shelter, Centro Compacto de Transformación, Skid de aire instrumentos y Zona de estacionamiento. El equipo más alto a proteger será el Shelter de potencia y control con 6m de altura.

Tabla 10: Datos volumen 1 a proteger

Dimensiones	Valores	Observación
H [m]	6	Altura del mayor equipo
L [m]	85	Largo de Zona Sur
A [m]	64	Ancho de locación
Ae1 [m2]	11821,9	Area equivalente

Volumen 2: Perteneciente a la zona Norte de la ampliación de la planta compresora: Esta zona a proteger estará compuesta por la zona del Turbocompresor, Aeroenfriadores, Skid de gas, Skid de sellos, Filtros y Colectores de entrada y salida. El equipo de mayor altura a proteger es el turbocompresor, con altura de 12m.

Tabla 11: Datos volumen 2 a proteger

Dimensiones	Valores	Observación
H [m]	6	Altura del mayor equipo
L [m]	80	Largo de Zona Norte
A [m]	64	Ancho de locación
Ae2 [m2]	11321,9	Area equivalente

Volumen 3: Cañería de venteo desde salida de locación hasta zona de Flare. La altura es de 4m.

Tabla 12: : Datos volumen 3 a proteger

Dimensiones	Valores	Observación
H [m]	4	Altura de la cañería
L [m]	122	Largo de Zona Norte
A [m]	6	Ancho de locación
Ae3 [m2]	4256,4	Area equivalente

Volumen 4: Locación donde se encontrará ubicado el Flare. Su altura será de 65m.

Tabla 13: : Datos volumen 4 a proteger

Dimensiones	Valores	Observación
H [m]	65	Altura del Flare
L [m]	20	Largo de locación
A [m]	20	Ancho de Locación
Ae4 [m2]	135459,1	Area equivalente

C1: Coeficiente ambiental que rodea a la estructura considerada

Situación relativa de la estructura de altura H	Coeficiente C1
Estructura situada en un espacio donde hay otras estructuras o árboles de igual o mayor altura que la de la estructura considerada (H)	0,25
Estructura rodeada de otras estructuras más pequeñas (alturas < H)	0,5
Estructura aislada: no hay otras estructuras a distancias menores que 3H	1
Estructura aislada en la cumbre de una colina o sobre un promontorio	2

Selección de Coeficiente C1 para cada estructura	
C1 (Volumen 1)	0,5
C1 (Volumen 2)	0,5
C1 (Volumen 3)	0,25
C1 (Volumen 4)	1

Criterio para el diseño del SPCDA

$N_c \leq N_d \rightarrow$ Se necesita SPCDA

$N_d < N_c \rightarrow$ Se puede prescindir del SPCDA

Cálculo de N_d				
Parámetro	Volumen 1	Volumen 2	Volumen 3	Volumen 4
N_g	0,7113	0,7113	0,7113	0,7113
A_e	11821,9	11321,9	4256,4	135459,1
C_1	0,5	0,5	0,25	1
N_d	0,0042	0,0040	0,0008	0,0964
N_c	0,00220	0,00044	0,00220	0,00220
Resultado	Necesita SPCR	Necesita SPCR	No necesita SPCR	Necesita SPCR

3.5 Procedimiento para la elección de un SPCR según la IEC.

En el caso de necesitar SPCR, el mismo deberá ser de eficiencia

$$E_c \geq 1 - \frac{N_c}{N_d}$$

El NPR quedará definido según la siguiente tabla

Tabla 14: Eficiencia del SPCDA o SPCR según el NPR

NPR	Eficiencia "E" del SPCR
I + medidas complementarias	$0,98 < E < 1,00$
I	$0,95 < E \leq 0,98$
II	$0,90 < E \leq 0,95$
III	$0,80 < E \leq 0,90$
IV	$0,00 < E \leq 0,80$

NOTA. Esta tabla está adaptada de la tabla 1 de la norma NF C 17-100 (1997:12)

Tabla 15: Tabla resultante para cada volumen a proteger

Parámetro	Volumen 1	Volumen 2	Volumen 3	Volumen 4
E_c	0,477	0,891	N/A	0,977
NPR	IV	III	N/A	I

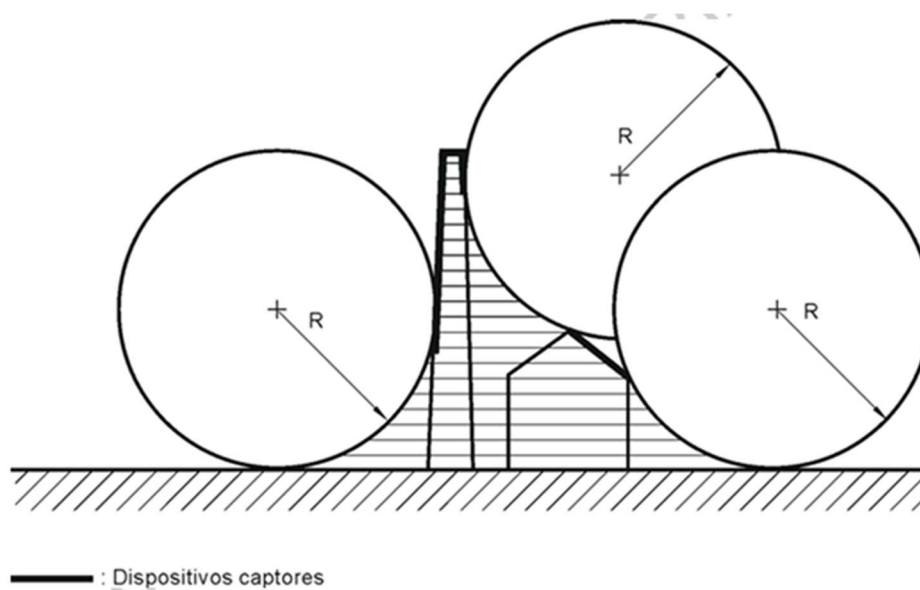
3.6 Implementación del sistema de protección contra los rayos

A continuación, se verán las formas llevar a cabo la protección contra los rayos. Como dispositivos captadores se puede tener un conductor captor vertical (varilla, barra, asta, mástil, etc) o un cable de guarda tendido entre dos soportes. El sistema se puede diseñar mediante tres métodos:

- Método de la esfera rodante
- Método de las mallas
- Método del ángulo

3.6.1 Método de la esfera rodante y método del ángulo:

En el siguiente esquema se representa la esfera ficticia de Radio "R". Todo lo que esté por debajo se considera protegido



El radio "R" estará en función del NPR y se muestra a continuación en la sig. tabla:

Nivel de protección	Métodos de protección		
	De la esfera rodante - Radio R [m]	De las mallas - Dimensiones máximas [m x m]	Del ángulo α de protección - Valores α [°]
I	20	5 x 5	Ver la figura y el gráfico debajo de esta tabla
II	30	10 x 10	
III	45	15 x 15	
IV	60	20 x 20	

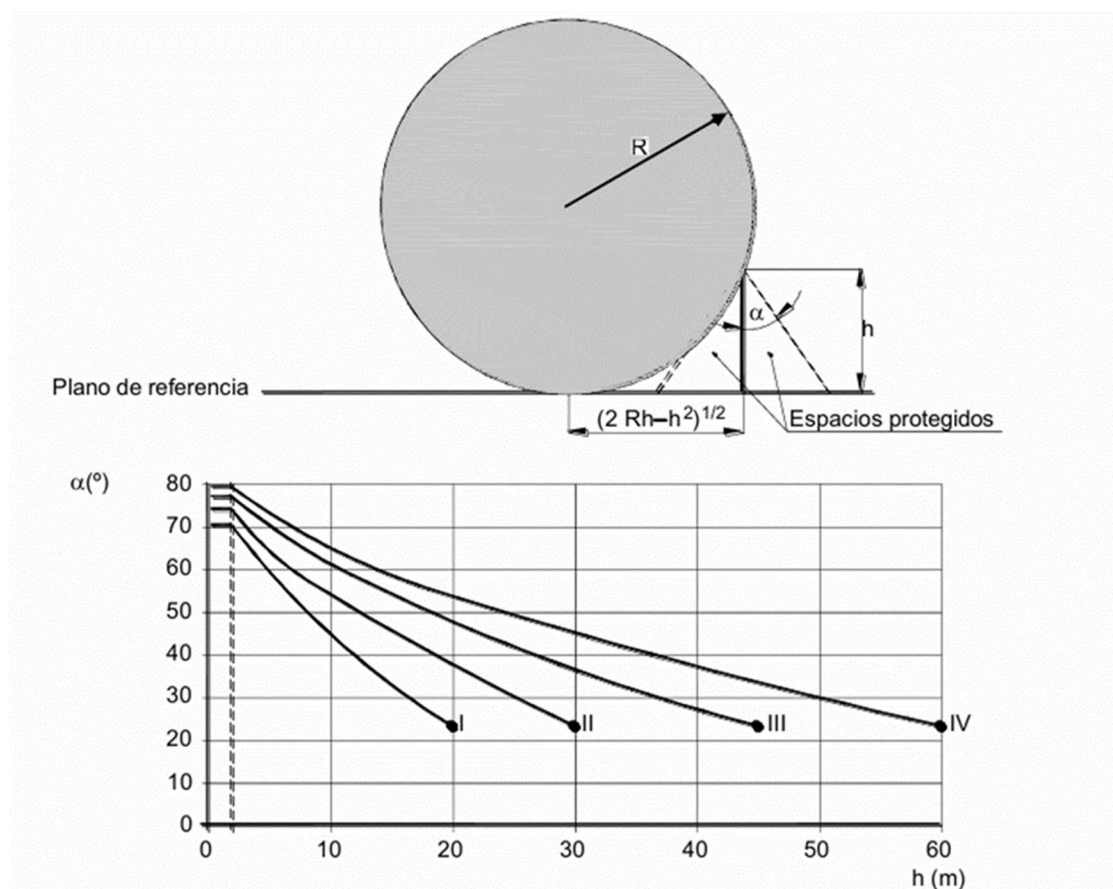


Ilustración 3.1: Gráfico para método de la esfera rodante

Nota: Para cada nivel de protección, se debe cumplir la condición $R \geq h$

Volumen protegido por un conductor captor vertical (varilla, barra, asta, mástil, etc.):

El volumen protegido se puede obtener aplicando el método de la esfera rodante como se muestra en la siguiente figura. El volumen protegido por el captor vertical se considera como el volumen de un cono recto cuyo eje es el del captor, su semi-ángulo α al vértice y su altura h es la del captor vertical, medida desde el nivel del plano de referencia.

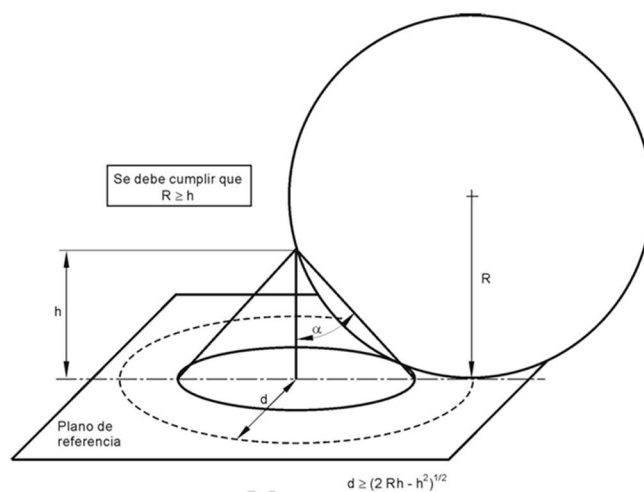


Ilustración 3.2: Gráfico para método de mástil

Será importante saber cuánto se puede alejar el mástil del equipo más alto a proteger para asegurarse que quede en protegido

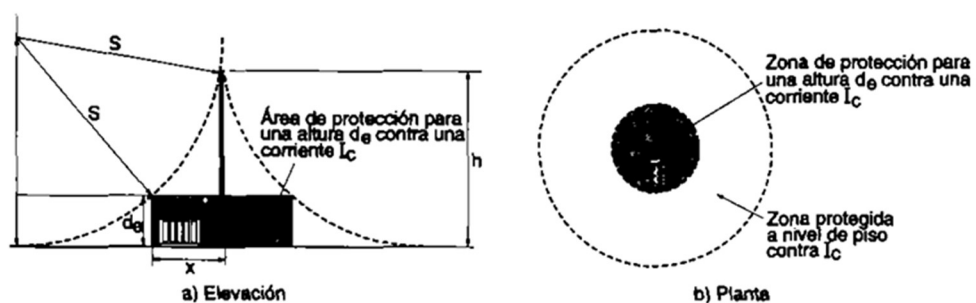


Ilustración 3.3: Gráficos de corte y vista en planta para método de mástil

La distancia horizontal "X" que cubrirá el mástil para una altura "de" viene dada por la siguiente ecuación:

$$X = \sqrt{Sm^2 - (Sm - h)^2} - \sqrt{Sm^2 - (Sm - de)^2}$$

Donde:

Sm: Radio de la esfera rodante [m]

h: Altura del mástil [m]

de: altura del equipo a proteger [m]

X: Distancia máxima horizontal desde la punta hasta el objeto que se desea proteger a una altura "de" [m]

3.6.2 Volumen protegido por un conductor (hilo) tendido entre dos soportes

El volumen protegido por un conductor tendido está definido por la composición de los volúmenes protegidos por los captosres verticales virtuales cuyos vértices están en el conductor.

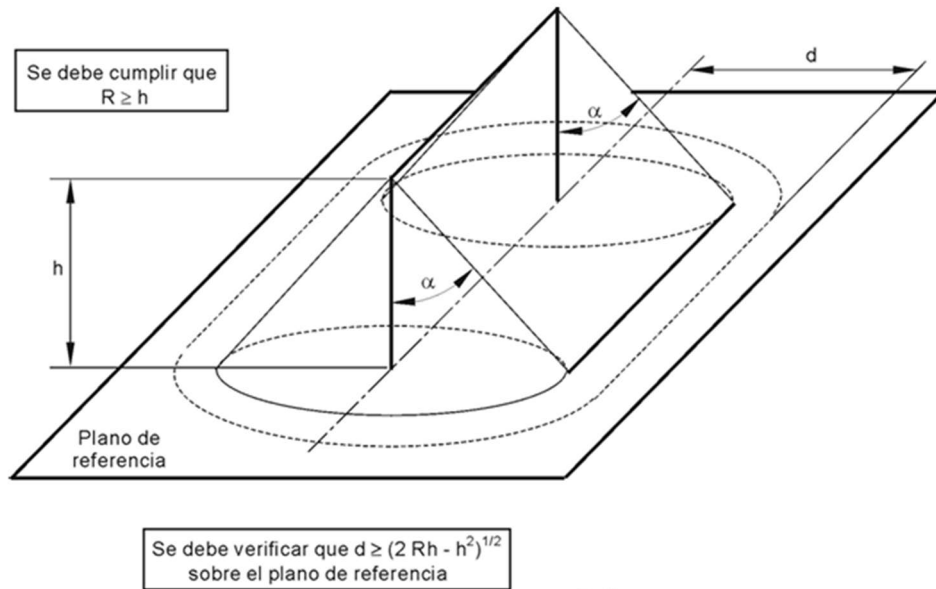
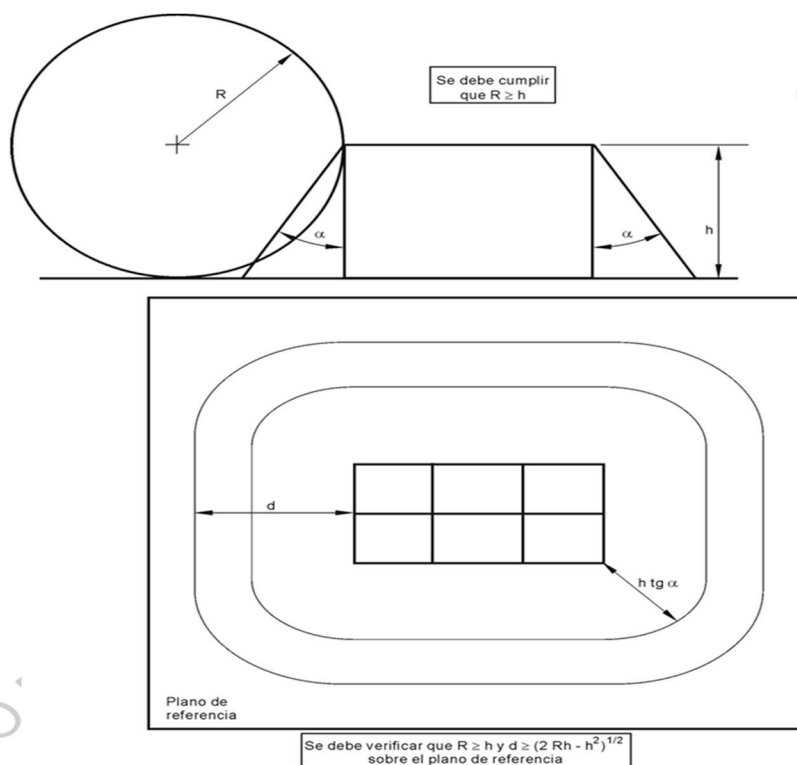


Ilustración 3.4: Gráfico para método del volumen a proteger con hilo conductor

3.6.3 Volumen protegido por mallas de conductores captadores horizontales

El volumen por mallas de conductores se define por:

- El volumen incluido de las mallas y
- El volumen generador por el desplazamiento de la esfera rodante del captor vertical virtual a lo largo del conductor periférico de la(s) malla(s)



3.6.4 Cálculos para proteger volumen 1

El tipo de protección seleccionada para este caso es el del mástil. En el caso de usarse Punta Franklin los valores de diseño serán los siguientes

Tabla 16: Parámetros de diseño para volumen 1 a proteger

Parámetro	Valor
NPR	IV
h [m]	20,00
de[m]	6,00
Sm[m]	60,00
x[m]	18,57

En el proyecto se utilizarán Pararrayos activos Attractor P4500 montados sobre columnas de pararrayos (Ver típico de PAE) cuya altura serán de 20m. Dicho dispositivo cumple con la norma 2184-1, obteniendo así el siguiente radio de protección:

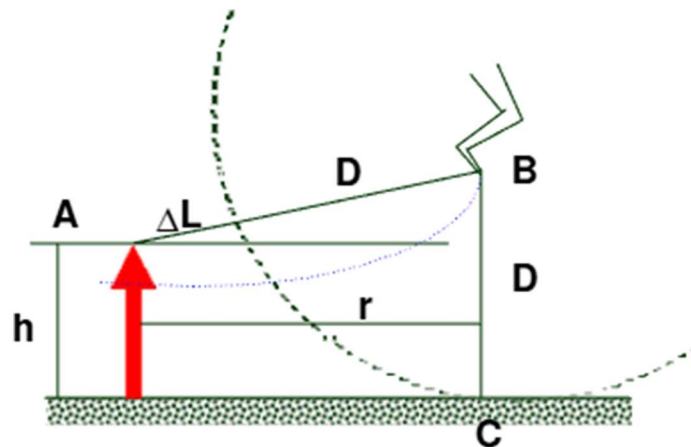


Ilustración 3.5: Esquema de volumen de protección según fabricante

$$r = \sqrt{2Dh - h^2 + \Delta L(2D + \Delta L)}$$

Donde:

D= distancia de impacto y depende del NPR elegido

ΔL = altura virtual que tiene el pararrayos (45m en este caso)

h= diferencia de altura entre ubicación de pararrayos y altura del objeto a proteger

Según la hoja de datos del fabricante, los parámetros son los siguientes:

Tabla 17: Tabla de valores según fabricante de pararrayo

NPR IV	
Parámetro	Valor
D [m]	60,00
ΔL [m]	45,00
h [m]	14,00
r [m]	94,39
r tabla [m]	95,00

3.6.5 Cálculos para proteger volumen 2

El tipo de protección seleccionada para este caso es el del mástil. En el caso de usarse Punta Franklin los valores de diseño serán los siguientes:

Tabla 18: Parámetros de diseño para volumen 2 a proteger

Parámetro	Valor
NPR	III
h [m]	20,00
de[m]	12,00
Sm[m]	45,00
x[m]	6,82

Análogo al caso anterior, se hará uso del pararrayos montado a 20m de altura

Attractor P4500, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 19: Tabla de valores según fabricante de pararrayo

NPR III	
Parámetro	Valor
D [m]	45,00
ΔL [m]	45,00
h [m]	8,00
r [m]	82,04
r tabla [m]	82,00

3.6.6 Cálculos para proteger volumen 3:

N/A

3.6.7 Cálculos para proteger volumen 4

Como se ha mencionado anteriormente, el volumen 4 contiene al Flare (o Antorcha) de la instalación, el cual tendrá una altura de 65m. El mismo estará construido de acero, con cañería de 42" de diámetro y 4mm como mínimo de espesor de paredes. Sobre esta estructura se montarán equipos eléctricos/electrónicos tales como el Sistema de balizamiento aeronáutico y

Sensores de temperatura (termocuplas) los cuales deberán ser protegido contra descargas atmosféricas.

En este trabajo se presentará la siguiente forma de protección:

Debido a la altura de este equipo, se deberá considerar la probabilidad de que se sufran descargas laterales. Para mitigar esto será necesario considerar captadores en el 20% superior de la estructura. En este caso se propone colocar Puntas Franklin en la anteúltima plataforma superior montada a 54m sobre el nivel del suelo y la colocación de un mástil con pararrayos Attractor P4500 en la plataforma superior (a 62m de altura sobre el nivel del suelo) quedando el dispositivo de captación 0,5m por debajo del borde de la antorcha, ya que en condiciones operativas de esta última debe quedar al resguardo de la llama. Estos dispositivos se deberán conectar eléctricamente a la estructura del flare (cañería de 42" de diámetro) con cable desnudo de cobre de 25mm² con la trayectoria más corta posible.

En la AEA 92305 - 3 (5.2.5 Componentes naturales) se aclara que se deberá considerar y usarse como componente natural de un sistema de captación y parte de un SPCR la siguiente parte de una estructura: Tuberías metálicas y depósitos que contengan mezclas combustibles o explosivas, siempre y cuando estén contruidos con materiales de espesores no inferiores a los valores apropiados de "t" de la tabla 3 y que el calentamiento de la superficie interior en el punto de impacto no constituya un peligro.

Tabla 20: Espesores mínimos de las chapas metálicas o de las tuberías metálicas en los sistemas de captación

Clase de SPCR	Material	Espesor t [mm] *	Espesor t' [mm] **
I a IV	Plomo	-	2,0
	Acero (inoxidable, galvanizado)	4	0,5
	Titanio	4	0,5
	Cobre	5	0,5
	Aluminio	7	0,65
	Cinc	-	0,7
* t previene de las perforaciones, puntos calientes o inflamaciones			
**t Sólo para chapas metálicas si no es importante prevenir perforaciones, problemas de puntos calientes o de inflamaciones			

De la tabla 3 se obtiene que para NPR I a IV, siendo de material el Acero, el espesor mínimo deberá ser de 4 mm

Se verifica que el espesor de la antorcha es mayor o igual al requerido por la normativa, por lo que se podrá utilizar como bajante natural del SPCR del Flare.

3.7 Selección de materiales

3.7.1 Volumen 1

Descripción	Material	Diámetro [mm]	Cantidad	Unidad
Conductor desnudo de bajada	Cobre	8	25	m
Electrodo PAT L= 1,5m	Cobre	19	1	Unidad
Conector AB 3/4"	Cobre	19	1	Unidad
Soldadura cuproaluminotérmica	Cobre	-	2	Unidad
Pararrayos activos Attractor P4500	-	-	1	Unidad

3.7.2 Volumen 2

Descripción	Material	Diámetro [mm]	Cantidad	Unidad
Conductor desnudo de bajada	Cobre	8	25	m
Electrodo PAT L= 1,5m	Cobre	19	1	Unidad
Conector AB 3/4"	Cobre	19	1	Unidad
Soldadura cuproaluminotérmica	Cobre	-	2	Unidad
Pararrayos activos Attractor P4500	-	-	1	Unidad

3.7.3 Volumen 3

(N/A)

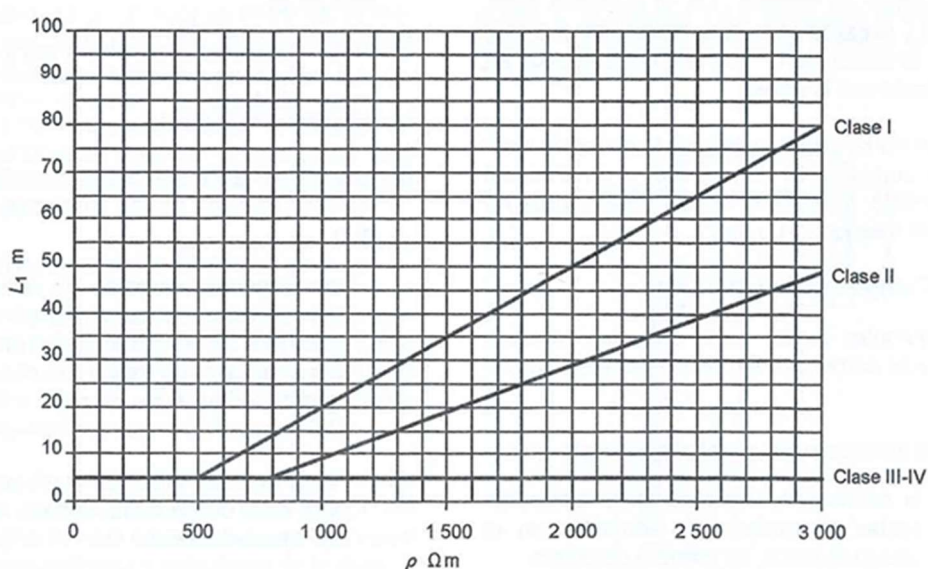
3.7.4 Volumen 4

Descripción	Material	Diámetro [mm]	Cantidad	Unidad
Conductor de interconexión	Cobre	8	32	m
Electrodo PAT L= 1,5m	Cobre	19	2	Unidad
Conector AB 3/4"	Cobre	19	2	Unidad
Soldadura cuproaluminotérmica	Cobre	-	2	Unidad
Punta Franklin	-	-	1	Unidad
Pararrayos activos Attractor P4500	-	-	1	Unidad

3.8 Sistema de puesta a tierra (Según AEA 92305 - 3)

3.8.1 Disposiciones

- a) Tipo A: Formado por electrodos horizontales o verticales instalados en el exterior de la estructura a proteger y conectado con cada conductor de bajada sin formar un bucle cerrado (el N° de conductores NO debe ser inferior a dos). El largo mínimo de cada electrodo de tierra en la base de cada conductor de bajada está en función de la clase de SPCR (que es el mismo que el NPR). Este dato lo extraemos de la siguiente figura:



NOTA. Las clases III y IV son independientes de la resistividad del terreno.

Ilustración 3.6: Largo mínimo L_1 de cada electrodo de tierra en función de la clase del SPCR

Tabla 21: Tabla de parámetros a definir para Puesta a tierra

Disposición del electrodo	Largo mínimo del electrodo de tierra
Para electrodos horizontales	L_1
Para electrodos verticales (o inclinados)	$0,5 \cdot L_1$

- b) Tipo B: Esta disposición comprende o bien un anillo conductor exterior a la estructura a proteger, en contacto con el terreno, como mínimo, en el 80% de su largo, o un electrodo de cimentación formado por un anillo cerrado.

Para el electrodo en anillo (o de cimentación), el radio medio "re" de la superficie cerrada por el electrodo en anillo (o el de cimentación) NO debe ser inferior a L1. es decir,

$re \geq L1$, Donde, L1 también lo obtenemos de la figura 3

Si $re \leq L1$, se debe añadir electrodos horizontales o verticales (o inclinados) con las siguientes longitudes:

$$Lr = L1 - re \quad \text{Y} \quad Lv = \frac{(L1 - re)}{2}$$

Profundidad mínima de enterramiento [m] = 0,5

3.8.2 Elección del sistema de puesta a tierra

Volumen 1:

Disposición adoptada	B
NPR	IV
Resistividad del terreno ρ [$\Omega \cdot m$]	80,98
L1 [m]	5
Profund. de enterramiento 1er anillo [m]	0,5
"re" 1er anillo [m]	2
Lr [m]	3
Lv [m]	1,5

Volumen 2:

Disposición adoptada	B
NPR	III
Resistividad del terreno ρ [$\Omega \cdot m$]	80,98
L1 [m]	5
Profund. de enterramiento 1er anillo [m]	0,5
"re" 1er anillo [m]	2
Lr [m]	3
Lv [m]	1,5

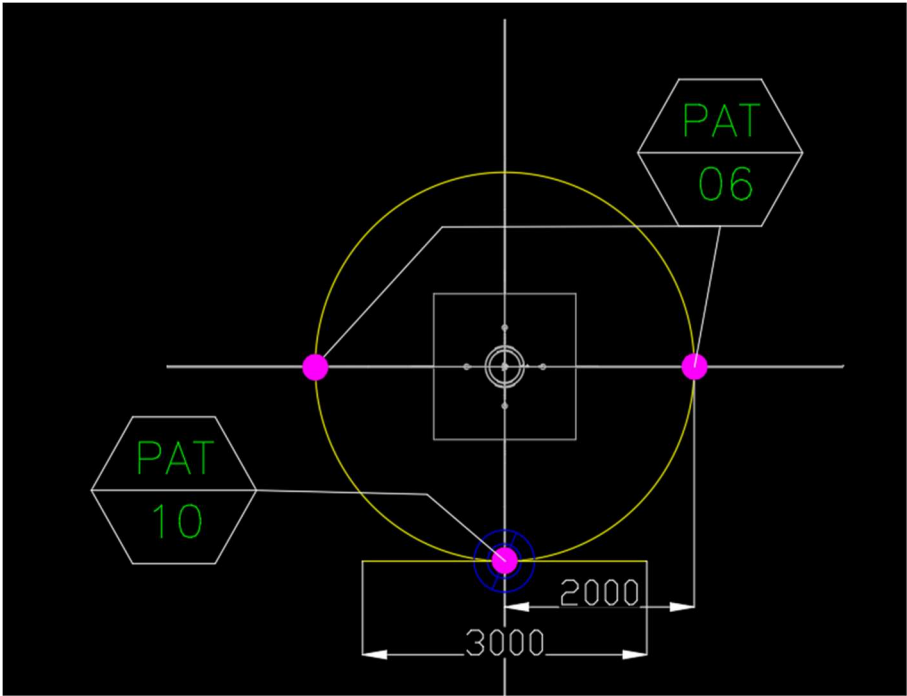
Volumen 3:

N/A

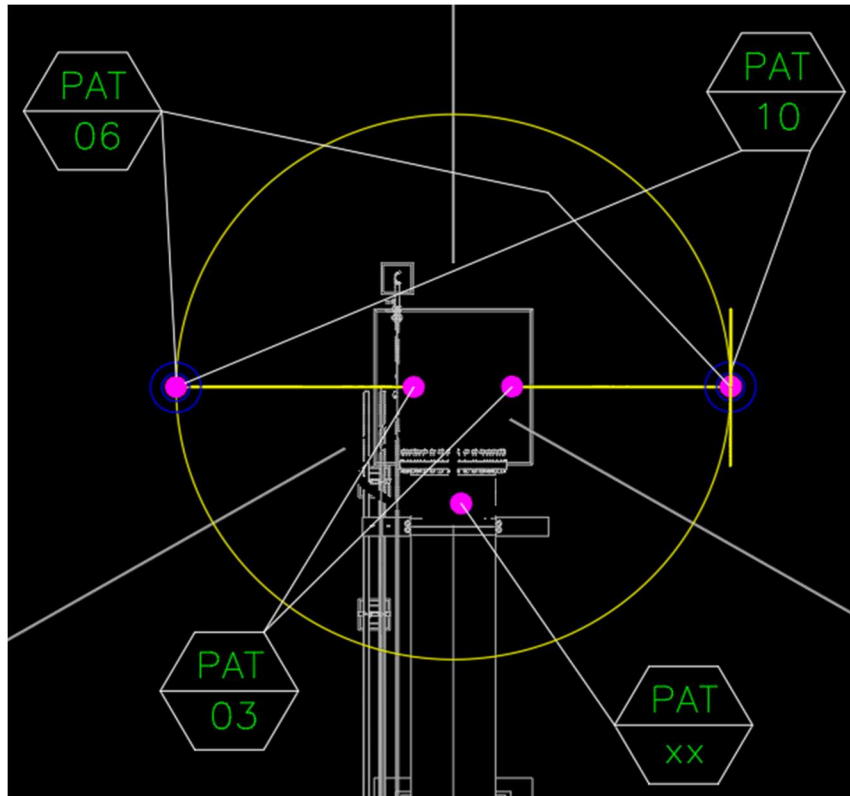
Volumen 4:

Disposición adoptada	B
NPR	I
Resistividad del terreno ρ [Ω .m]	80,98
L1 [m]	5
Profund. de enterramiento 1er anillo [m]	0,5
"re" 1er anillo [m]	4
Lr [m]	1
Lv [m]	0,5

Disposición PAT Volumen 1 y 2



Disposición PAT Volumen 4



3.9 SPCR interno

Con el fin de evitar sobretensiones en las líneas, se deberá prever la instalación de dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS):

Descripción	Tipo	Cantidad	Ubicación	Modelo/Nombre
Limitador de sobretensiones con cartucho enchufable	Con Interruptor integrado	1	TGBT/Barra normal	Acti 9 iRBN/iQuick PRD20r
Cartucho de repuesto para limitadores	Clase II	4	TGBT/Barra normal	C 20-340
Limitador de sobretensiones con cartucho enchufable	Con Interruptor integrado	1	TGBT/Barra de emergencia	Acti 9 iRBN/iQuick PRD20r
Cartucho de repuesto para limitadores	Clase II	4	TGBT/Barra de emergencia	C 20-340
Limitador de sobretensiones con cartucho enchufable	Con Interruptor integrado	1	UPS	Acti 9 iRBN/iQuick PRD20r
Cartucho de repuesto para limitadores	Clase II	4	UPS	C 20-340
Limitador de sobretensiones con cartucho enchufable	Con Interruptor integrado	1	CCM	Acti 9 iRBN/iQuick PRD20r
Cartucho de repuesto para limitadores	Clase II	4	CCM	C 20-340
Limitador de sobretensiones con cartucho enchufable	Con Interruptor integrado	1	CCT	Acti 9 iRBN/iQuick PRD20r
Cartucho de repuesto para limitadores	Clase II	4	CCT	C 20-340

3.10 Conclusiones:

- 1) Montaje de pararrayos: Se deberán instalar tres pararrayos del tipo activo Attractor P4500: dos de ellas sobre estructuras metálicas típicas de PAE; una de ellas estará en cercanías del Shelter de potencia y control y el otro en cercanías del turbogenerador, mientras que el tercer pararrayo se ubicará sobre la pasarela más alta del flare, utilizándose el mismo como bajante natural del SPCR. La zona de interconexión del venteo entre la salida de planta hacia la zona del Flare no requerirá montaje de pararrayo. El posicionamiento de cada uno de los pararrayos se indica en el documento "NQN-AP-C01-EG-105-4.0-NQN-AP-C01-EG-105_4.0 LAYOUT PROTECCION ATMOSFERICA (Propuesta PIP)".
- 2) Conductores de bajada: La interconexión entre el pararrayo y su respectiva puesta a tierra a tierra se deberá realizar con conductor de cobre desnudo de 19 hilos con sección de 50mm², colocado según típico de PAE indicado en "NQN-AP-C01-EG-105-4.0-NQN-AP-C01-EG-105_4.0 LAYOUT PROTECCION ATMOSFERICA (Propuesta PIP)".
- 3) Puesta a tierra: La disipación de la corriente del rayo se realizará mediante un anillo cerrado de radio indicado según "NQN-AP-C01-EG-105-4.0-NQN-AP-C01-EG-105_4.0 LAYOUT PROTECCION ATMOSFERICA (Propuesta PIP)", formado por cable desnudo de cobre 50mm² de sección de 19 hilos ubicado a una profundidad de un metro, cuya tierra circundante deberá mezclarse con bentonita en polvo y agua para mejorar la conductividad del suelo. Para cumplir con la cantidad de conductor enterrado según normativa, se deberá colocar un tramo de conductor del mismo tipo que el mencionado de la forma indicada en el

documento citado anteriormente. Dicha puesta a tierra no se deberá conectar a la Red de puesta a tierra de la planta

- 4) Dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS): El sistema deberá ser provisto de protección contra sobretensiones que se enlacen sobre el sistema electrónico o de potencia, colocándose el modelo Acti 9 iRBN con dispositivo seccionador en los lugares indicados en la tabla de la sección 9 de esta parte del trabajo.
- 5) Cambios constructivos: Como indican los cálculos previos, se prevé que toda la planta esté protegida contra descargas atmosféricas, por lo que se podrá prescindir de los típicos "ES-E-006" (Hoja 3 y Hoja 9), correspondiente a las orejas de PAT que se utilizaban para equipotenciar las estructuras de los Skids, lo que resultaría en un sistema redundante de PAT, aumentando los tiempos y costos de fabricación. Además, se elimina el típico de montaje de PAT de cercos ES-E-003-1-H16 ya que no existe riesgo de electrificación con el sistema adoptado. De manera similar, para un sistema más eficiente se podrá prescindir de las conexiones equipotenciales de las armaduras de las bases civiles (típico ES-E-003-1- H17).

4 Cómputo de materiales

Una de las razones que motivó a realizar este trabajo fue el de la evaluación de los materiales utilizados en el montaje del sistema de puesta a tierra. Para realizar el cómputo se tomó en cuenta el diseño del sistema ejecutado por un lado y el diseño propuesto por otro. En el Anexo III se pueden observar las tablas resultantes con los respectivos precios sacados de referencia de “Distribuidores del Sud”, donde claramente se ve que el material que más pondera es el cable desnudo utilizado para montar la malla subterránea y equipotenciar los diferentes equipos/estructuras de la planta. También se tuvieron en cuenta morsetos para realizar uniones de cables y poder formar las cuadrículas al igual que jabalinas, bentonita para mejorar la resistividad del suelo, cámaras de inspección para jabalinas y terminales para equipotenciar estructuras. Estos últimos no ponderan tanto en el precio unitariamente, sino que toman relevancia cuando la cantidad de cada ítem es grande. Los datos que se tomaron en cuenta para poder calcular los cómputos fueron los siguientes:

Ampliación PC APO 16MMSCMD Ejecutado:

Tabla 22: Cantidades previstas según diseño implementado

Longitud de excavación [mL]	1500
Profundidad de excavación [m]	1
Ancho de excavación [m]	0,4
Volumen de excavación[m3]	600

Ampliación PC APO 16MMSCMD Propuesto:

Tabla 23: Cantidades previstas según diseño propuesto

Longitud de excavación [mL]	136
Profundidad de excavación [m]	1
Ancho de excavación [m]	0,4
Volumen de excavación[m3]	54,4

5 Cómputo de costos de equipamiento y mano de obra

Al igual que el cómputo de materiales, el cómputo de los costos de equipamiento y mano de obra para montar el sistema de puesta a tierra, fue otro de los motivos por el cual se realizó este trabajo, ya que, tanto en los costos como en los tiempos de ejecución, pueden tomar relevancia (esto se resaltarán en las conclusiones generales). Para realizar dicho cómputo, se tomó en cuenta todo el equipamiento necesario para montar tanto el sistema ejecutado como el sistema propuesto:

- Retro-pala (equipo vial): Para realizar la excavación, acopiar el material en zona de acopio y realizar la tapada final (todo esto para poder montar la malla subterránea)
- Mini-cargadora con rolo (equipo vial): Para realizar la compactación final del terreno (montaje de malla subterránea)
- Camión regador (equipo vial): Para humedecer compactación y colocación de bentonita
- Camión con hidrogrúa: Para poder montar el devanador de bobina de cable desnudo
- Camión con semirremolque/carretón: Para movilización de equipos viales anteriormente mencionados y traslado de devanador, bobinas, etc.
- Devanador de bobinas: Para tendido de cable
- Prensa hidráulica para colocación de terminales

Por otro lado, también se tomó en cuenta la mano de obra e infraestructura in situ, tales como:

- Personal operativo: Cuadrillas de excavación considerando el operador de la excavadora como el señalero (para montaje de malla de puesta a tierra); cuadrillas de montaje para el tendido del cable y colocación de terminales y morsetos; también se tomó en cuenta el personal operativo ligado al riego y traslado de equipamiento, así como el ligado a la medición del sistema,
- Personal de supervisión: Las tareas están ligadas al personal de seguridad e higiene laboral, jefatura de obra, calidad y supervisión de los trabajos específicos.
- Infraestructura: Montaje de obrador para que el personal disponga de las comodidades para llevar a cabo las tareas desde 8am a 17hs teniendo su refrigerio al mediodía.

Los datos tomados para calcular los diferentes cómputos respectivos (ejecutado vs propuesto) fueron los siguientes:

Datos del sistema ejecutado:

Longitud de excavación [mL]	1500
Profundidad de excavación [m]	1
Ancho de excavación [m]	0,4
Volumen de excavación[m3]	600
Excavación diaria [mL/día]	100
Fabricación y colocación orejas de PAT [unidades/día]	20
Conexión de terminales [unidades/día]	47

Datos del sistema propuesto:

Longitud de excavación [mL]	136
Profundidad de excavación [m]	1
Ancho de excavación [m]	0,4
Volumen de excavación[m3]	54,4
Excavación diaria [mL/día]	100

Los respectivos cómputos son mostrados en el anexo IV

6 Seguridad laboral y tiempos de ejecución

Lo mencionado en los dos capítulos anteriores repercuten de forma directa en los tiempos de ejecución de los proyectos y en las condiciones del entorno en la que se desenvolverá el personal durante las actividades. Como se planteó en la introducción, una de las grandes razones que motivó a realizar este trabajo fue el de mostrar las condiciones en las que se trabaja cuando se debe realizar un gran mallado en las instalaciones. A continuación, se muestran fotos del sistema ejecutado:



Como se puede observar, uno de los grandes problemas, además del costo ya mencionado, es el entorno en el llevan a cabo las tareas los operarios, pudiendo sufrir caídas a distinto nivel, aprietes por desmoronamiento de suelo, caídas de equipos, etc.

También se observa que la locación, donde se deben implantar diferentes equipos, sufre un movimiento de suelo tal que el compactado ya no será el mismo. Para trabajar de forma segura, se debe acopiar el material por fuera de locación, teniendo que utilizar equipos, operarios y lugar extra con respecto al sistema propuesto, ya que este constará, en el caso de que el sistema de potencia tenga un transformador de MT/BT, con la malla ligada al mismo en un sector cercano al recinto que lo contendrá ocupando no más que una superficie $8 \times 8 \text{ m}^2$, con cuadrículas de $2 \times 2 \text{ m}^2$ (los planos se adjuntan en los anexos).

Los problemas que se han mencionado repercutirán directamente en los tiempos ejecutados del sistema de puesta a tierra. En este trabajo se realizaron la comparación de los tiempos del sistema de puesta a tierra implantado en la realidad con el sistema propuesto, donde el resultado obtenido en el primero fue de treinta y seis (36) días de corrido, mientras que en el segundo se estimó un tiempo de trece (13) días. Estos veintitrés (23) días de diferencia traen consigo un mayor costo asociado a la mano de obra y equipamiento en el primer caso, ya que sostener la estructura in situ es lo que más pondera. En el anexo V se adjuntan los diagramas de Gantt por cada tarea a ejecutar en ambos casos planteados.

7 Resumen, conclusiones generales

A continuación, se muestran las conclusiones entre el sistema implementado y el sistema propuesto tomando como referencia los parámetros mencionados en los capítulos anteriores:

- Seguridad de las personas:

En cuanto a los requerimientos de seguridad eléctrica del sistema, ambos sistemas cumplen con lo requerido (tiempos de actuaciones, equipotencialidad y continuidad de las masas del sistema), solo que en el sistema implementado existe redundancia de protección ya que existirá doble equipotencialidad de equipos (los cables cuentan con conductor PE y además se coloca malla de vinculación en toda la locación) para la implementación del sistema TN-S.

Por otro lado, en cuanto a la seguridad del entorno, el caso propuesto es superador con respecto al implementado: las excavaciones dentro de la locación y por tiempo extenso, puede ser causante de accidentes graves como caídas a distinto nivel (un metro de diferencia de altura), atrapamientos por derrumbes de acopio, visibilidad nula ante vientos causando irritación ocular, etc.

- Tiempos de ejecución:

Como se mencionó, la diferencia en los tiempos de ejecución es casi de tres a uno, siendo un punto clave para disminuir los costos asociados tanto a la mano de obra como a los tiempos de uso de los equipos asociados e infraestructura in situ.

- Costos de equipamiento y mano de obra:

Costo asociado al sistema implementado: \$ 214.557.930,17

Costo asociado al sistema propuesto: \$ 76.104.838,26

Diferencia: \$ 138.453.091,91

Como se puede observar, la relación es de aproximadamente un 280% a favor del sistema propuesto.

- Costos de materiales (Los valores estimados en pesos son del mes de diciembre de 2025):

Costo de materiales del sistema implementado: \$ 48.434.327,40

Costo de materiales del sistema propuesto: \$ 18.097.885,13

Diferencia: \$ 30.336.442,27

En este caso la relación es de aproximadamente un 267% a favor del sistema propuesto

- Costos totales (a diciembre de 2025):

Costos totales del sistema implementado: \$ 262.992.257,57

Costos totales del sistema propuesto: \$ 94.202.723,39

Diferencia: \$ 168.789.534,18

Se puede observar que en este caso la relación es de un 279% a favor del sistema propuesto, el cual tendrá como ventaja, con los mismos recursos, terminar veintitrés días antes las tareas en campo para poder dar comienzo a las siguientes etapas del proyecto.

8 Bibliografía

- 1- AEA 90364-3-2006
- 2- AEA 90364-4-2006
- 3- AEA 92305-3-2015
- 4- AEA 92305-4-2007
- 5- AEA 92305-11-2016
- 6- Benoît de Metz-Noblat, octubre 1998, CT-168-1998 *EL RAYO Y LAS INSTALACIONES ELECTRICAS EN AT* (Schneider Electric)
- 7- Bernard LACROIX y Roland CALVAS, octubre 2000, CT-173-2000 *LOS ESQUEMAS DE LAS CONEXIONES A TIERRA EN EL MUNDO* (Schneider Electric)
- 8- Bernard LACROIX y Roland CALVAS, marzo 2000, CT-172-2000 *LOS ESQUEMAS DE CONEXION A TIERRA BT* (Schneider Electric)
- 9- Carlos Felipe Ramírez, 1991, *SUBESTACIONES DE ALTA Y EXTRA ALTA TENSIPON*, 2da edición
- 10- Jacques Delaballe, septiembre 2003, CT-177-2003 *PERTURBACIONES EN LOS SISTEMAS ELECTRONICOS Y ESQUEMAS A TIERRA* (Schneider Electric)

9 Anexos

9.1 Anexo I: Resistividad relevada en campo



9.2 Anexo II: Resultados barras equipotenciales

Ubicación barras colectoras de PAT									
Normativa: AEA 90364-5. Sección 542.4									
Ubicación al pie o dentro de Tablero:	Material	Sección requerida [mm2]	Tipo de conexión	Corriente de cortocircuito monofásica [A]	Sección seleccionada [mm2]	Precio unit [usd]	Cantidad	Precio total [usd]	Cantidad de bornes
APC-CCM-002	Cobre	11,7080	Potencia	1791,32	23,7		1		18
APC-CCM-002	Cobre	11,7080	Electrónica	1791,32	23,7		1		18
APC-TGBT-002	Cobre	11,9951	Barra Normal	1835,25	23,7		1		30
APC-TGBT-002	Cobre	11,9951	Barra Emerg	1835,25	23,7		1		30
APC-UPS-002	Cobre	11,0529	Potencia	1691,09	23,7		1		20
APC-UPS-002	Cobre	11,0529	Electrónica	1691,09	23,7		1		20
CARGADOR BATERIA SOLAR - APC-BC520-2	Cobre	5,3582	Potencia	819,80	23,7		1		8
CARGADOR BATERIA SOLAR - APC-BC520-2	Cobre	5,3582	Electrónica	819,80	23,7		1		8
PANEL-HE-860 B	Cobre	11,3289	Potencia	1733,32	23,7		1		8
PANEL-HE-860 B	Cobre	11,3289	Electrónica	1733,32	23,7		1		8
PANEL-HE-860 C	Cobre	11,3289	Potencia	1733,32	23,7		1		8
PANEL-HE-860 C	Cobre	11,3289	Electrónica	1733,32	23,7		1		8
APC-AS-005	Cobre	11,3289	Potencia	1733,32	23,7		1		8
APC-AS-005	Cobre	11,3289	Electrónica	1733,32	23,7		1		8
APC-AS-006	Cobre	11,3289	Potencia	1733,32	23,7		1		8
APC-AS-006	Cobre	11,3289	Electrónica	1733,32	23,7		1		8
APC-AS-007	Cobre	11,3289	Potencia	1733,32	23,7		1		8
APC-AS-007	Cobre	11,3289	Electrónica	1733,32	23,7		1		8
APC-AS-008	Cobre	11,3289	Potencia	1733,32	23,7		1		8
APC-AS-008	Cobre	11,3289	Electrónica	1733,32	23,7		1		8
PANEL-HE-860 A	Cobre	11,3289	Potencia	1733,32	23,7		1		8
PANEL-HE-860 A	Cobre	11,3289	Electrónica	1733,32	23,7		1		8
PANEL-HE-861 A	Cobre	11,3289	Potencia	1733,32	23,7		1		8
PANEL-HE-861 A	Cobre	11,3289	Electrónica	1733,32	23,7		1		8
CCT-BEP	Cobre	13,5769	General	2077,26	23,7		1		15
CCT-BPT	Cobre	13,5769	General	2077,26	23,7		1		10
Tablero PLC	Cobre	6,3728	Electrónica	975,04	23,7		1		12

9.3 Anexo III: Cómputo y costos de materiales

AMPLIACIÓN PC APO 16MMSCMD EJECUTADO						
Iter	Descripción	Cantidad	Observaciones	Unitario	Total	Fuente
1	Cable desnudo para malla de PAT 70mm2 [mL]	1471,1	No contiene BPC	\$ 22.771,00	\$ 33.498.418,10	Distribuidores del Sud
2	Cable desnudo 50mm2 [mL]	393	Para BPC	\$ 16.841,10	\$ 6.618.552,30	Distribuidores del Sud
3	Cable para derivación a equipos 35mm2 [mL]	280	Promedio 2m por derivación	\$ 11.421,35	\$ 3.197.978,00	Distribuidores del Sud
4	Morsetos 95mm2 [u]	300		\$ 6.372,15	\$ 1.911.645,00	Distribuidores del Sud
5	Terminales 35mm2[u]	140		\$ 2.044,80	\$ 286.272,00	Distribuidores del Sud
6	Bentonita [Bolsa de 25 kg]	24	Se considera 25kg/m3	\$ 40.000,00	\$ 960.000,00	
7	Jabalinas de cobre 3/4" x 1,5m [u]	12	Con mordaza	\$ 32.788,95	\$ 393.467,40	Distribuidores del Sud
8	Cámaras de inspección [u]	12		\$ 14.700,20	\$ 176.402,40	Distribuidores del Sud
9	Morsetos para jabalina CCD 150	12		\$ 12.884,60	\$ 154.615,20	Distribuidores del Sud
10	Orejas de PAT a Skids y pasarelas [u]	140		\$ 8.835,55	\$ 1.236.977,00	Zeta Metales
Total					\$ 48.434.327,40	

AMPLIACIÓN PC APO 16MMSCMD PROPUESTA						
Iter	Descripción	Cantidad	Observaciones	Unitario	Total	Fuente
1	Cable desnudo para malla de PAT 50mm2 [mL]	141	No contiene BPC	\$ 16.841,10	\$ 2.374.595,10	Distribuidores del Sud
2	Cable desnudo 35mm2 [mL]	100	Equipotencialización de barras	\$ 11.603,40	\$ 1.160.340,00	Distribuidores del Sud
3	Cable desnudo 25mm2 [mL]	393	Para BPC	\$ 8.420,00	\$ 3.309.060,00	Distribuidores del Sud
4	Cable Interconexión 10mm2 [mL]	254	BPC	\$ 3.339,00	\$ 848.106,00	Distribuidores del Sud
5	Cable Interconexión 16mm2 [mL]	72	BPC	\$ 5.256,50	\$ 378.468,00	Distribuidores del Sud
6	Morsetos 95mm2 [u]	40		\$ 6.372,15	\$ 254.886,00	Distribuidores del Sud
7	Terminales 35mm2[u]	30		\$ 2.044,80	\$ 61.344,00	Distribuidores del Sud
8	Bentonita [Bolsa de 25 kg]	2,176	Se considera 25kg/m3	\$ 40.000,00	\$ 87.040,00	
9	Jabalinas de cobre 3/4" x 1,5m [u]	8	Con mordaza	\$ 32.788,95	\$ 262.311,60	Distribuidores del Sud
10	Cámaras de inspección [u]	8		\$ 14.700,20	\$ 117.601,60	Distribuidores del Sud
11	Morsetos para jabalina CCD 150	8		\$ 12.884,60	\$ 103.076,80	Distribuidores del Sud
12	Calcáreo o Cascajo [m3]	7,68		\$ 51.000,00	\$ 391.680,00	Distribuidores del Sud
13	Pararrayos Attractor P4500	1	Colocación en Flare	\$ 5.278.451,03	\$ 5.278.451,03	Casa Blanco
14	DPS [u]	5	Para el SPCR	\$ 694.185,00	\$ 3.470.925,00	Electricidad Serrano SA
Total					\$ 18.097.885,13	

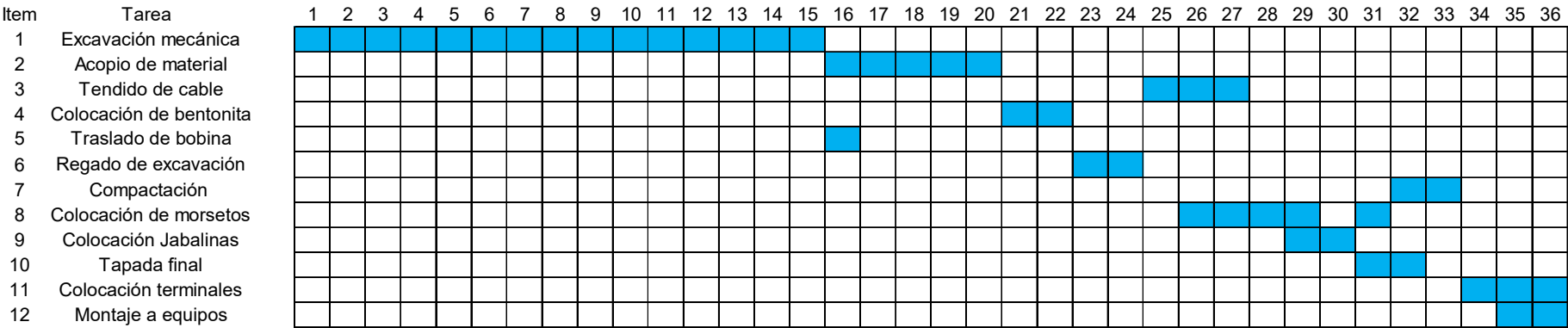
9.4 Anexo IV: Cómputo y costos de mano de obra y equipamiento:

AMPLIACIÓN PC APO 16MMSCMD EJECUTADO								
Item	Equipos/Tareas	Cantidad	Unidad	Observaciones	Persona/cuadrilla [u]	Cuadrillas [u]	Unitario	Total
1	Retropala p/ tendido de malla y jabalina	15	Días		2	1	\$ 1.712.131,11	\$ 25.681.966,65
2	Retropala p/ acopio de material	2	Días		2	1	\$ 1.712.131,11	\$ 3.424.262,22
3	Prensa hidráulica para terminales	1	Unidad	Incluida en cuadrilla	-	-		\$ 0,00
4	Retropala p/ tapada	2	Días		2	1	\$ 1.712.131,11	\$ 3.424.262,22
5	Minicargadora c/ rolo para compactación final	2	Días		2	1	\$ 1.712.131,11	\$ 3.424.262,22
6	Camión regador para humedecer compactación y bentonita	2	Días		4	1	\$ 2.495.612,14	\$ 4.991.224,28
7	Camión con semiremolque para traslado de bobinas	1	Día		4	1	\$ 2.614.762,62	\$ 2.614.762,62
8	Colocación de bentonita y Tendido de cable	7	Días		4	1	\$ 1.969.464,00	\$ 13.786.247,99
9	Camión con hidrogrúa para montaje de bobina en devanador	3	Días		4	1	\$ 2.614.762,62	\$ 7.844.287,86
10	Devanador para tendido de cable	1	Unidad	Incluida en cuadrilla	-	-		\$ 0,00
11	Colocación de morsetos, terminales y jabalinas	9	Días		4	1	\$ 1.969.464,00	\$ 17.725.175,99
12	Montaje a equipos y medición	2	Días		4	1	\$ 1.969.464,00	\$ 3.938.928,00
13	Personal SSA	36	Días		1	1	\$ 843.249,90	\$ 30.356.996,40
14	Personal QAQC	36	Días		1	1	\$ 843.249,90	\$ 30.356.996,40
15	Personal de supervisión	36	Días		1	1	\$ 1.138.387,37	\$ 40.981.945,14
16	Infraestructura en campo	36	Días	Obrador	-	-	\$ 527.018,62	\$ 18.972.670,38
17	Colocación de orejas de PAT a Skids y pasarelas	7	Unidad	Típico ES-E-003-H9	4	1	\$ 1.004.848,83	\$ 7.033.941,81
Total								\$ 214.557.930,17

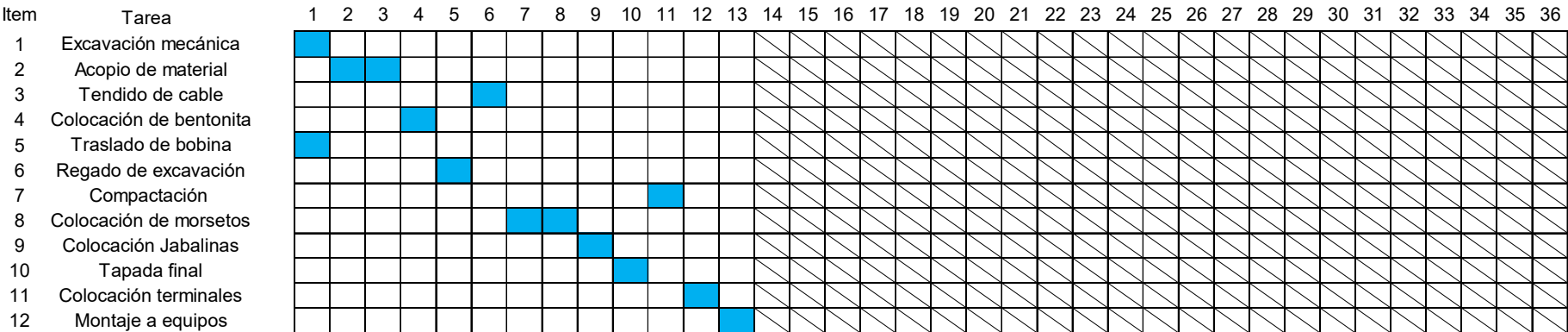
AMPLIACIÓN PC APO 16MMSCMD PROPUESTA								
Item	Descripción	Cantidad	Unidad	Observaciones	Persona/cuadrilla [u]	Cuadrillas [u]	Unitario	Total
1	Retropala p/ tendido de malla y jabalina	1	Días		2	1	\$ 1.712.131,11	\$ 2.328.498,31
2	Retropala p/ acopio de material	1	Días		2	1	\$ 1.712.131,11	\$ 1.712.131,11
3	Prensa hidráulica para terminales	1	Unidad	Incluida en cuadrilla	-	-		\$ 0,00
4	Retropala p/ tapada	1	Días		2	1	\$ 1.712.131,11	\$ 1.712.131,11
5	Minicargadora c/ rolo para compactación final	1	Días		2	1	\$ 1.712.131,11	\$ 1.712.131,11
6	Camión regador para humedecer compactación y bentonita	1	Días		4	1	\$ 2.495.612,14	\$ 2.495.612,14
7	Camión con semiremolque para traslado de bobinas	1	Día		4	1	\$ 2.614.762,62	\$ 2.614.762,62
8	Colocación de bentonita y Tendido de cable	1	Días		4	1	\$ 1.712.577,39	\$ 1.712.577,39
9	Camión con hidrogrúa para montaje de bobina en devanador	1	Días		4	1	\$ 2.614.762,62	\$ 2.614.762,62
10	Devanador para tendido de cable	1	Unidad	Incluida en cuadrilla	-	-		\$ 0,00
11	Colocación de morsetos, terminales y jabalinas	4	Días		4	1	\$ 1.969.464,00	\$ 7.877.855,99
12	Montaje a equipos y medición	1	Días		4	1	\$ 1.969.464,00	\$ 1.969.464,00
13	Personal SSA	13	Días		1	1	\$ 843.249,90	\$ 10.962.248,70
14	Personal QAQC	13	Días		1	1	\$ 843.249,90	\$ 10.962.248,70
15	Personal de supervisión	13	Días		1	1	\$ 1.138.387,37	\$ 14.799.035,75
16	Infraestructura en campo	13	Días	Obrador	-	-	\$ 971.644,52	\$ 12.631.378,71
Total								\$ 76.104.838,26

9.5 Anexo V: Diagrama de Gantt de sistema implementado y sistema propuesto

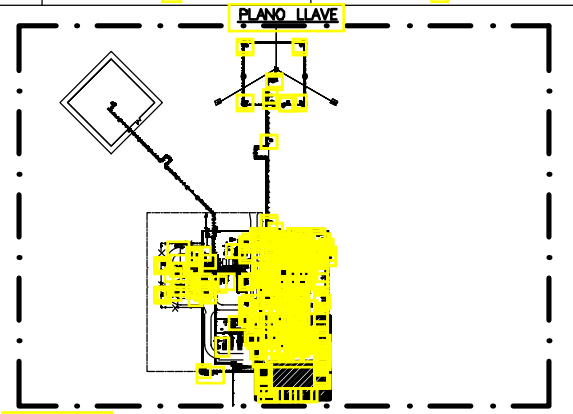
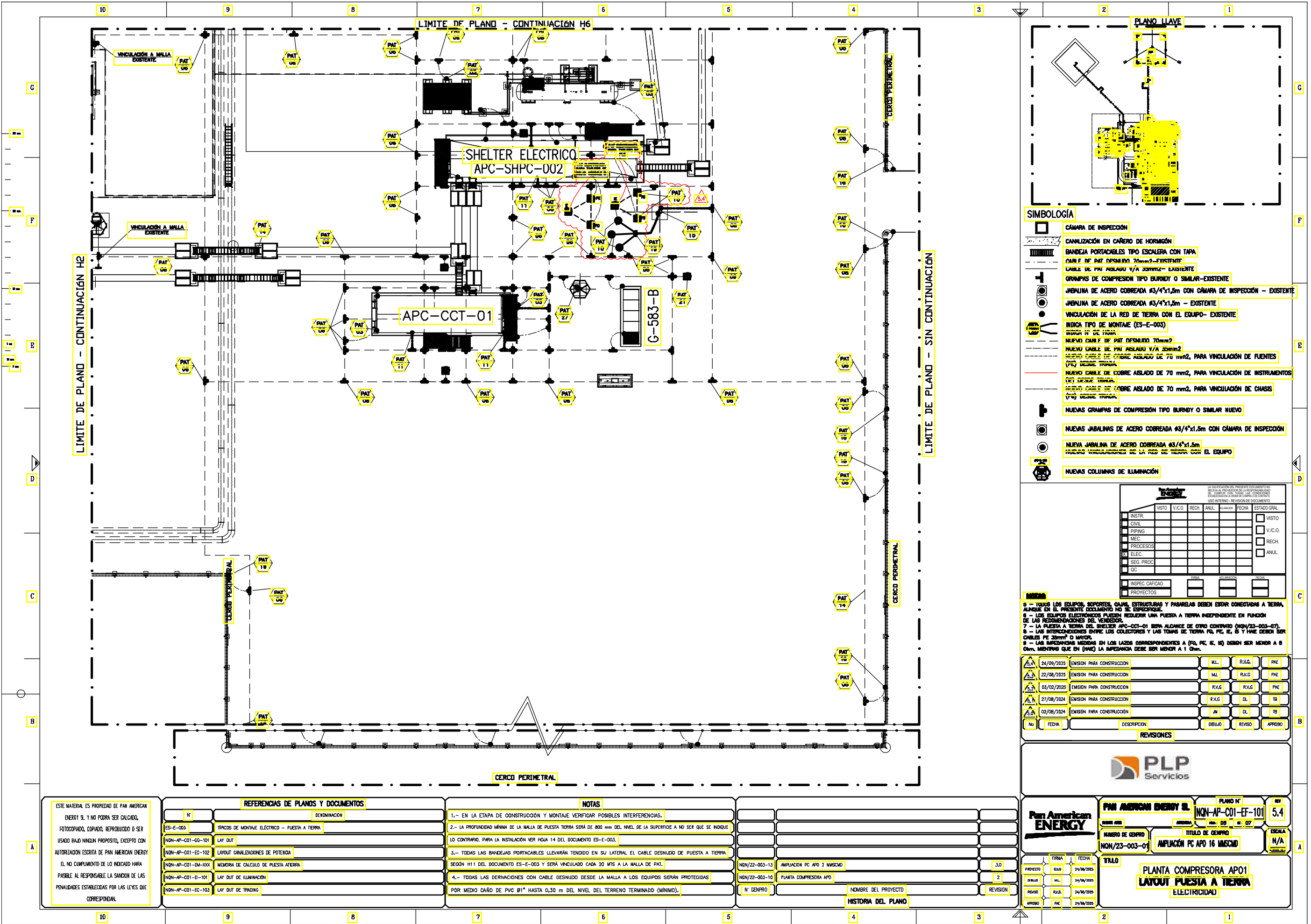
Diagrama de Gantt: Ejecución de tareas en campo



Observaciones: Se cuentan días de corrido



Observaciones: Se cuentan días de corrido



- SIMBOLOGÍA**
- CÁMARA DE INSPECCIÓN
 - CANALIZACIÓN EN CAÑERO DE HORMIGÓN
 - BANDEJA PORTACABLES TIPO ESCALERA CON TAPA
 - CABLE DE PAT DESNUDO 70mm²-EXISTENTE
 - CABLE DE PAT AISLADO V/A 30mm²-EXISTENTE
 - GRAMPAS DE COMPRESIÓN TIPO BURNDY O SIMILAR-EXISTENTE
 - JABALINA DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m CON CÁMARA DE INSPECCIÓN - EXISTENTE
 - JABALINA DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m - EXISTENTE
 - VINCULACIÓN DE LA RED DE TIERRA CON EL EQUIPO- EXISTENTE
 - INDICA TIPO DE MONTAJE (ES-E-003)
 - INDICA TIPO DE MONTAJE
 - INDICA TIPO DE MONTAJE
 - NUEVO CABLE DE PAT DESNUDO 70mm²
 - NUEVO CABLE DE PAT AISLADO V/A 30mm²
 - NUEVO CABLE DE COBRE AISLADO DE 70 mm², PARA VINCULACIÓN DE FUENTES
 - NUEVO CABLE DE COBRE AISLADO DE 70 mm², PARA VINCULACIÓN DE INSTRUMENTOS
 - NUEVO CABLE DE COBRE AISLADO DE 70 mm², PARA VINCULACIÓN DE CHASIS
 - NUEVAS GRAMPAS DE COMPRESIÓN TIPO BURNDY O SIMILAR NUEVO
 - NUEVAS JABALINAS DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m CON CÁMARA DE INSPECCIÓN
 - NUEVA JABALINA DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m
 - NUEVAS VINCULACIONES DE LA RED DE TIERRA CON EL EQUIPO
 - NUEVAS COLUMNAS DE ILUMINACIÓN

REVISIÓN									
INST.	VISTO	V.C.O.	RECH.	ANUL.	FECHA	ESTADO	GRAL.		
CIVIL								VISTO	
MEC.								V.C.O.	
PROCESOS								RECH.	
ELEC.								ANUL.	
SEG. PROC.									
QC									
INSPEC. CAJAS									
PROYECTOS									

NOTAS

5 - TODOS LOS EQUIPOS, SOPORTES, CAJAS, ESTRUCTURAS Y PASARELAS DEBEN ESTAR CONECTADOS A TIERRA, AUNQUE EN EL PRESENTE DOCUMENTO NO SE ESPECIFIQUE.

6 - LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS PUEDEN REQUERIR UNA PUESTA A TIERRA INDEPENDIENTE EN FUNCIÓN DE LAS RECOMENDACIONES DEL VENDEDOR.

7 - LA PUESTA A TIERRA DEL SHELTER APC-CCT-01 DEBE ALCANZAR DE OTRO CONTRATO (NQN/23-003-07).

8 - LAS INTERCONEXIONES ENTRE LOS COLECTORES Y LAS TOMAS DE TIERRA FG, PE, IE, IS Y HAY DEBEN SER CABLES PE 30mm² O MAYOR.

9 - LAS IMPEDANCIAS MEDIDAS EN LOS LAZOS CORRESPONDIENTES A (FG, PE, IE, IS) DEBEN SER MENOR A 5 Ohm, MIENTRAS QUE EN (HAY) LA IMPEDANCIA DEBE SER MENOR A 1 Ohm.

FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISOR	REVISADO	APROBADO
24/09/2023	EMISIÓN PARA CONSTRUCCIÓN	ML	R.V.G.	PAE
22/02/2023	EMISIÓN PARA CONSTRUCCIÓN	ML	R.V.G.	PAE
03/02/2023	EMISIÓN PARA CONSTRUCCIÓN	R.V.G.	R.V.G.	PAE
27/08/2024	EMISIÓN PARA CONSTRUCCIÓN	R.V.G.	DL	TS
02/08/2024	EMISIÓN PARA CONSTRUCCIÓN	JN	DL	TS

REVISIONES		
FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISOR

PAN AMERICAN ENERGY S.L.

PLANO N° **NQN-AP-C01-EF-101**

ESCALA **5.4**

TÍTULO **PLANTA COMPRESORA APO1 LAYOUT PUESTA A TIERRA ELECTRICIDAD**

TRABAJO

PROYECTO

DISEÑO

REVISIÓN

APROBADO

FECHA

24/09/2023

24/09/2023

24/09/2023

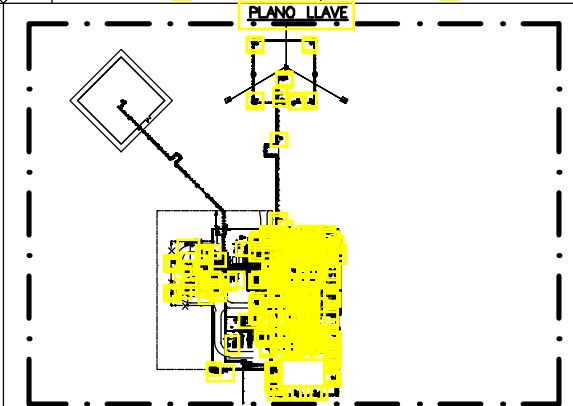
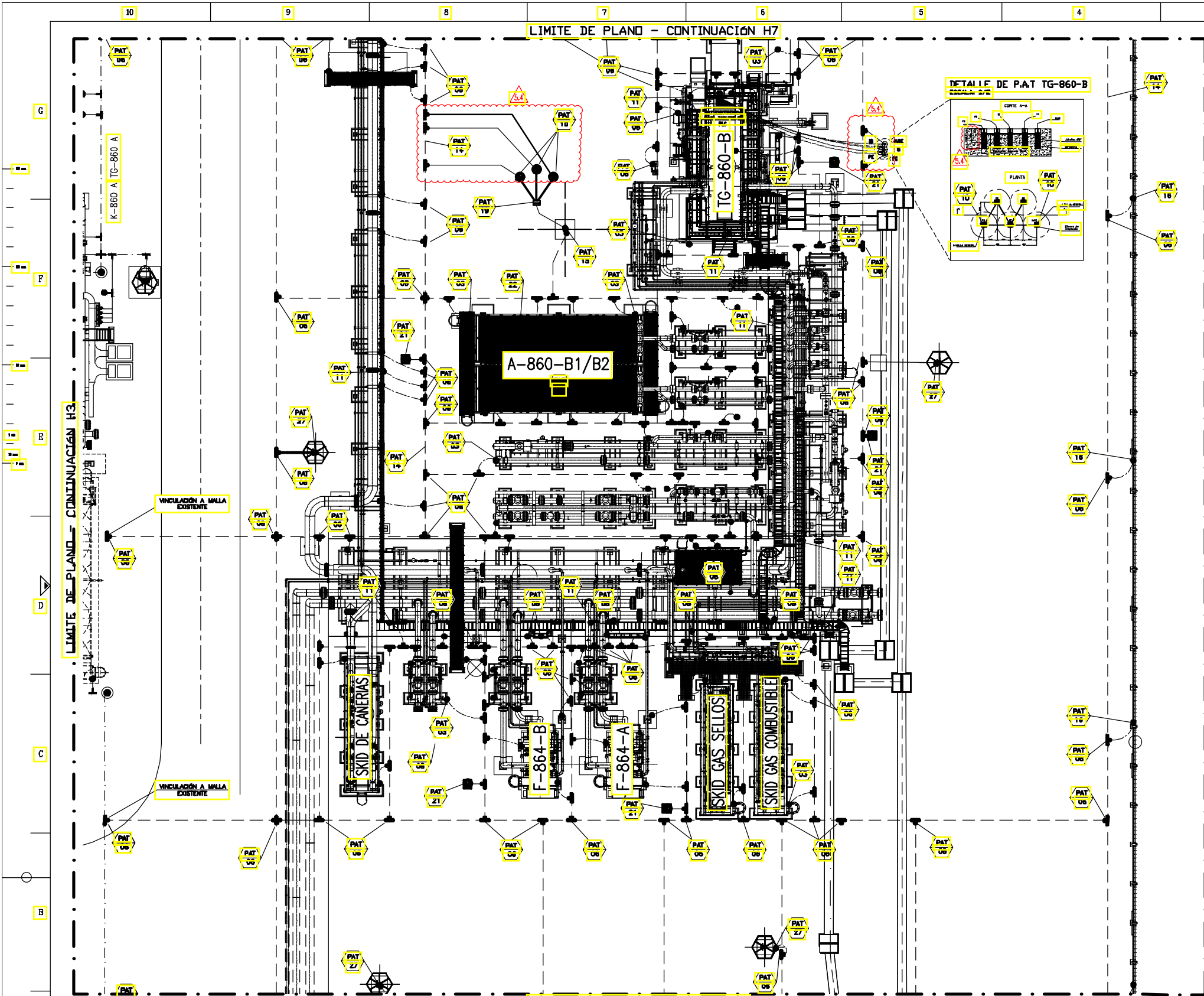
24/09/2023

ESTE MATERIAL ES PROPIEDAD DE PAN AMERICAN ENERGY S.L. Y NO PODRÁ SER CALCO, FOTOCOPIADO, COPIADO, REPRODUCIDO O SER USADO BAJO NINGUN PROPOSITO, EXCEPTO CON AUTORIZACIÓN ESCRITA DE PAN AMERICAN ENERGY. EL NO CUMPLIMIENTO DE LO INDICADO HARÁ PASIBLE AL RESPONSABLE LA SANCIÓN DE LAS PENALIDADES ESTABLECIDAS POR LAS LEYES QUE CORRESPONDAN.

REFERENCIAS DE PLANOS Y DOCUMENTOS	
N	DESIGNACIÓN
ES-E-003	TÍPICOS DE MONTAJE ELÉCTRICO - PUESTA A TIERRA
NQN-AP-C01-GD-101	LAY OUT
NQN-AP-C01-ED-102	LAYOUT CANALIZACIONES DE POTENCIA
NQN-AP-C01-DM-100	MEMORIA DE CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA
NQN-AP-C01-D-101	LAY OUT DE ILUMINACIÓN
NQN-AP-C01-EC-103	LAY OUT DE TRACING

NOTAS	
1.-	EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE VERIFICAR POSIBLES INTERFERENCIAS.
2.-	LA PROFUNDIDAD MÍNIMA DE LA MALLA DE PUESTA TIERRA SERÁ DE 800 mm DEL NIVEL DE LA SUPERFICIE A NO SER QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO. PARA LA INSTALACIÓN VER HOJA 14 DEL DOCUMENTO ES-E-003.
3.-	TODAS LAS BANDEJAS PORTACABLES LLEVARÁN TENDIDO EN SU LATERAL EL CABLE DESNUDO DE PUESTA A TIERRA SEGÚN H11 DEL DOCUMENTO ES-E-003 Y SERÁ VINCULADO CADA 20 MTS A LA MALLA DE PAT.
4.-	TODAS LAS DERIVACIONES CON CABLE DESNUDO DESDE LA MALLA A LOS EQUIPOS SERÁN PROTEGIDAS POR MEDIO CAÑO DE PVC Ø1" HASTA 0,30 m DEL NIVEL DEL TERRENO TERMINADO (MÍNIMO).

HISTORIA DEL PLANO	
N°	GENPRO
1	GENPRO
2	GENPRO
3	GENPRO
4	GENPRO
5	GENPRO
6	GENPRO
7	GENPRO
8	GENPRO
9	GENPRO
10	GENPRO



- SIMBOLOGÍA**
- CÁMARA DE INSPECCIÓN
 - CANALIZACIÓN EN CAÑERO DE HORMIGÓN
 - BANDEJA PORTACABLES TIPO ESCALERA CON TAPA
 - CABLE DE PAT DESNUDO 70mm² - EXISTENTE
 - CABLE DE PAT AISLADO V/A 35mm² - EXISTENTE
 - GRAMPAS DE COMPRESIÓN TIPO BURNDY O SIMILAR - EXISTENTE
 - JABALINA DE ACERO CORREADA #3/4"x1.5m CON CÁMARA DE INSPECCIÓN - EXISTENTE
 - JABALINA DE ACERO CORREADA #3/4"x1.5m - EXISTENTE
 - VINCULACIÓN DE LA RED DE TIERRA CON EL EQUIPO - EXISTENTE
 - INDICA TIPO DE MONTAJE (ES-E-003)
 - INDICA 1" DE TIERRA
 - NUOVO CABLE DE PAT DESNUDO 70mm²
 - NUOVO CABLE DE PAT AISLADO V/A 35mm²
 - NUOVO CABLE DE COBRE AISLADO DE 70 mm², PARA VINCULACIÓN DE FUENTES
 - NUOVO CABLE DE COBRE AISLADO DE 70 mm², PARA VINCULACIÓN DE INSTRUMENTOS
 - NUOVO CABLE DE COBRE AISLADO DE 70 mm², PARA VINCULACIÓN DE CHASIS
 - NUOVO CABLE DE COBRE AISLADO DE 70 mm², PARA VINCULACIÓN DE CHASIS
 - NUOVO CABLE DE COBRE AISLADO DE 70 mm², PARA VINCULACIÓN DE CHASIS
 - NUOVO GRAMPAS DE COMPRESIÓN TIPO BURNDY O SIMILAR NUOVO
 - NUOVAS JABALINAS DE ACERO CORREADA #3/4"x1.5m CON CÁMARA DE INSPECCIÓN
 - NUOVA JABALINA DE ACERO CORREADA #3/4"x1.5m
 - NUOVAS VINCULACIONES DE LA RED DE TIERRA CON EL EQUIPO
 - NUOVAS COLUMNAS DE ILUMINACIÓN

VISTO		V.C.O.	RECH.	ANUL.	FECHA	ESTADO GRAL.
INSTR.	CIVIL					☐ VISTO
	PIPING					☐ V.C.O.
	MEC.					☐ RECH.
	PROCESOS					☐ ANUL.
	ELEC.					
SEG. PROC.						
QC						
INSP. C/FICAO						
PROYECTOS						

NOTAS

5 - TODOS LOS EQUIPOS, SOPORTES, CAJAS, ESTRUCTURAS Y PASARELAS DEBEN ESTAR CONECTADOS A TIERRA, ALAQUE EN EL PRESENTE DOCUMENTO NO SE ESPECIFIQUE.

6 - LOS EQUIPOS ELECTRONICOS PUEDEN REQUERIR UNA PUESTA A TIERRA INDEPENDIENTE EN FUNCIÓN DE LAS RECOMENDACIONES DEL VENDEDOR.

7 - LA PUESTA A TIERRA DEL SHELLER APC-01 SERA ALCANCE DE OTRO CONTRATO (NON/23-003-07).

8 - LAS INTERCONEXIONES ENTRE LOS COLECTORES Y LAS TOMAS DE TIERRA PG, PE, IE, IS Y HAE DEBEN SER CABLES PE 35mm² O MAYOR.

9 - LAS IMPEDANCIAS MEDIDAS EN LOS LAZOS CORRESPONDIENTES A (PG, PE, IE, IS) DEBEN SER MENOR A 8 Ohm, MIENTRAS QUE EN (HAE) LA IMPEDANCIA DEBE SER MENOR A 1 Ohm.

FECHA	DESCRIPCION	REVISOR	REVISO	APROBADO
24/09/2025	EMISION PARA CONSTRUCCION	ML	R.V.G.	PAE
22/08/2025	EMISION PARA CONSTRUCCION	ML	R.V.G.	PAE
03/02/2025	EMISION PARA CONSTRUCCION	R.V.G.	R.V.G.	PAE
27/08/2024	EMISION PARA CONSTRUCCION	R.V.G.	DL	TS
02/08/2024	EMISION PARA CONSTRUCCION	JN	DL	TS



Pan American ENERGY

PLANO N° NON-AP-C01-EF-101

ESCALA 5.4

TITULO PLANTA COMPRESORA APO1 LAYOUT PUESTA A TIERRA ELECTRICIDAD

TRABAJO 24/09/2025

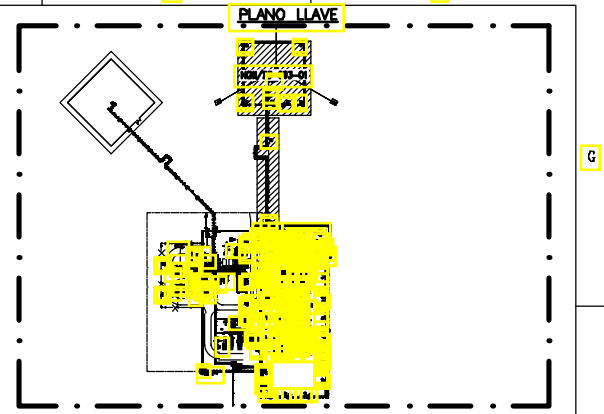
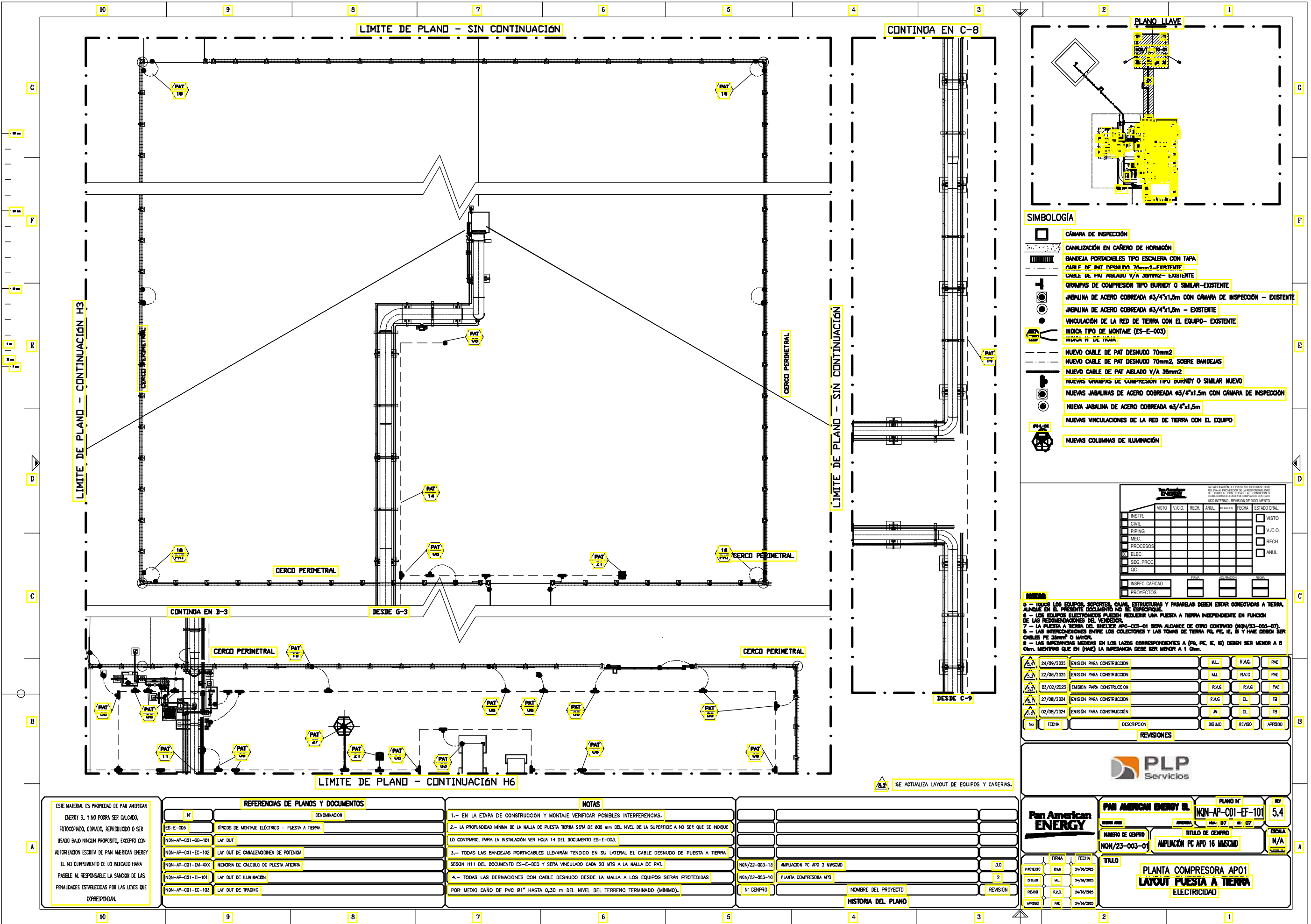
PROYECTO 24/09/2025

DISEÑO 24/09/2025

REVISOR 24/09/2025

APROBADO 24/09/2025

REFERENCIAS DE PLANOS Y DOCUMENTOS		NOTAS	
N	DESIGNACION	1.- EN LA ETAPA DE CONSTRUCCION Y MONTAJE VERIFICAR POSIBLES INTERFERENCIAS.	
ES-E-003	TIPICOS DE MONTAJE ELECTRICO - PUESTA A TIERRA	2.- LA PROFUNDIDAD MINIMA DE LA MALLA DE PUESTA TIERRA SERA DE 800 mm DEL NIVEL DE LA SUPERFICIE A NO SER QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO. PARA LA INSTALACION VER HOJA 14 DEL DOCUMENTO ES-E-003.	
NON-AP-C01-GD-101	LAY OUT	3.- TODAS LAS BANDEJAS PORTACABLES LLEVARAN TENDIDO EN SU LATERAL EL CABLE DESNUDO DE PUESTA A TIERRA SEGUN H11 DEL DOCUMENTO ES-E-003 Y SERA VINCULADO CADA 20 MTS A LA MALLA DE PAT.	3.0
NON-AP-C01-ED-102	LAYOUT CANALIZACIONES DE POTENCIA	4.- TODAS LAS DERIVACIONES CON CABLE DESNUDO DESDE LA MALLA A LOS EQUIPOS SERAN PROTEGIDAS POR MEDIO CAJO DE PVC Ø1" HASTA 0.30 m DEL NIVEL DEL TERRENO TERMINADO (MINIMO).	2
NON-AP-C01-DM-100	MEMORIA DE CALCULO DE PUESTA A TIERRA		
NON-AP-C01-D-101	LAYOUT ILUMINACION		
NON-AP-C01-EC-103	LAYOUT TRACING		



- SIMBOLOGÍA**
- CÁMARA DE INSPECCIÓN
 - CANALIZACIÓN EN CAÑERO DE HORMIGÓN
 - BANDEJA PORTABLES TIPO ESCALERA CON TAPA
 - CABLE DE PAT DESNUDO 70mm² - EXISTENTE
 - CABLE DE PAT AISLADO V/A 30mm² - EXISTENTE
 - GRAMPAS DE COMPRESIÓN TIPO BURNDY O SIMILAR-EXISTENTE
 - JABALINA DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m CON CÁMARA DE INSPECCIÓN - EXISTENTE
 - JABALINA DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m - EXISTENTE
 - VINCULACIÓN DE LA RED DE TIERRA CON EL EQUIPO- EXISTENTE
 - INDICA TIPO DE MONTAJE (ES-E-003)
 - INDICA N° DE FOLIO
 - NUEVO CABLE DE PAT DESNUDO 70mm²
 - NUEVO CABLE DE PAT DESNUDO 70mm² SOBRE BANDEJAS
 - NUEVO CABLE DE PAT AISLADO V/A 30mm²
 - NUEVAS GRAMPAS DE COMPRESIÓN TIPO BURNDY O SIMILAR NUEVO
 - NUEVAS JABALINAS DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m CON CÁMARA DE INSPECCIÓN
 - NUEVA JABALINA DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m
 - NUEVAS VINCULACIONES DE LA RED DE TIERRA CON EL EQUIPO
 - NUEVAS COLUMNAS DE ILUMINACIÓN

REVISIÓN									
INST.	VISTO	V.C.O.	RECH.	ANUL.	FECHA	ESTADO	GRAL.		
CIVIL								☐	VISTO
PIPING								☐	V.C.O.
MEC.								☐	RECH.
PROCESOS								☐	ANUL.
ELEC.								☐	
SEG. PROC.								☐	
QC								☐	
INSPECCIÓN									
PROYECTOS									

NOTAS

5 - TODOS LOS EQUIPOS, SOPORTES, CAJAS, ESTRUCTURAS Y PASARELAS DEBEN ESTAR CONECTADOS A TIERRA, ANQUE EN EL PRESENTE DOCUMENTO NO SE ESPECIFIQUE.

6 - LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS PUEDEN REQUERIR UNA PUESTA A TIERRA INDEPENDIENTE EN FUNCIÓN DE LAS RECOMENDACIONES DEL VENDEDOR.

7 - LA PUESTA A TIERRA DEL SHELLER APC-CCT-01 DEBE ALCANZAR DE OTRO CONTRATO (NQN/23-003-07).

8 - LAS INTERCONEXIONES ENTRE LOS COLECTORES Y LAS TOMAS DE TIERRA PG, PE, IE, IS Y HUE DEBEN SER CABLES PE 30mm² O MAYOR.

9 - LAS IMPEDANCIAS MEDIDAS EN LOS LAZOS CORRESPONDIENTES A (PG, PE, IE, IS) DEBEN SER MENOR A 5 Ohm, SIEMPRE QUE EN (HUE) LA IMPEDANCIA DEBE SER MENOR A 1 Ohm.

Nº	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISOR	REVISADO	APROBADO
5.1	24/09/2025	EMISIÓN PARA CONSTRUCCIÓN	ML	R.V.G.	PAE
5.2	22/08/2025	EMISIÓN PARA CONSTRUCCIÓN	ML	R.V.G.	PAE
5.3	03/02/2025	EMISIÓN PARA CONSTRUCCIÓN	R.V.G.	R.V.G.	PAE
5.4	27/08/2024	EMISIÓN PARA CONSTRUCCIÓN	R.V.G.	DL	TS
5.5	02/08/2024	EMISIÓN PARA CONSTRUCCIÓN	JN	DL	TS

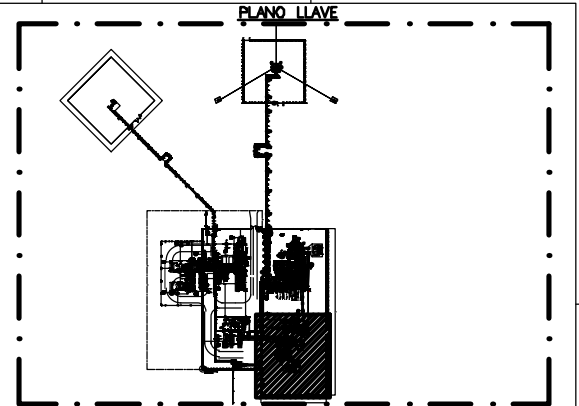
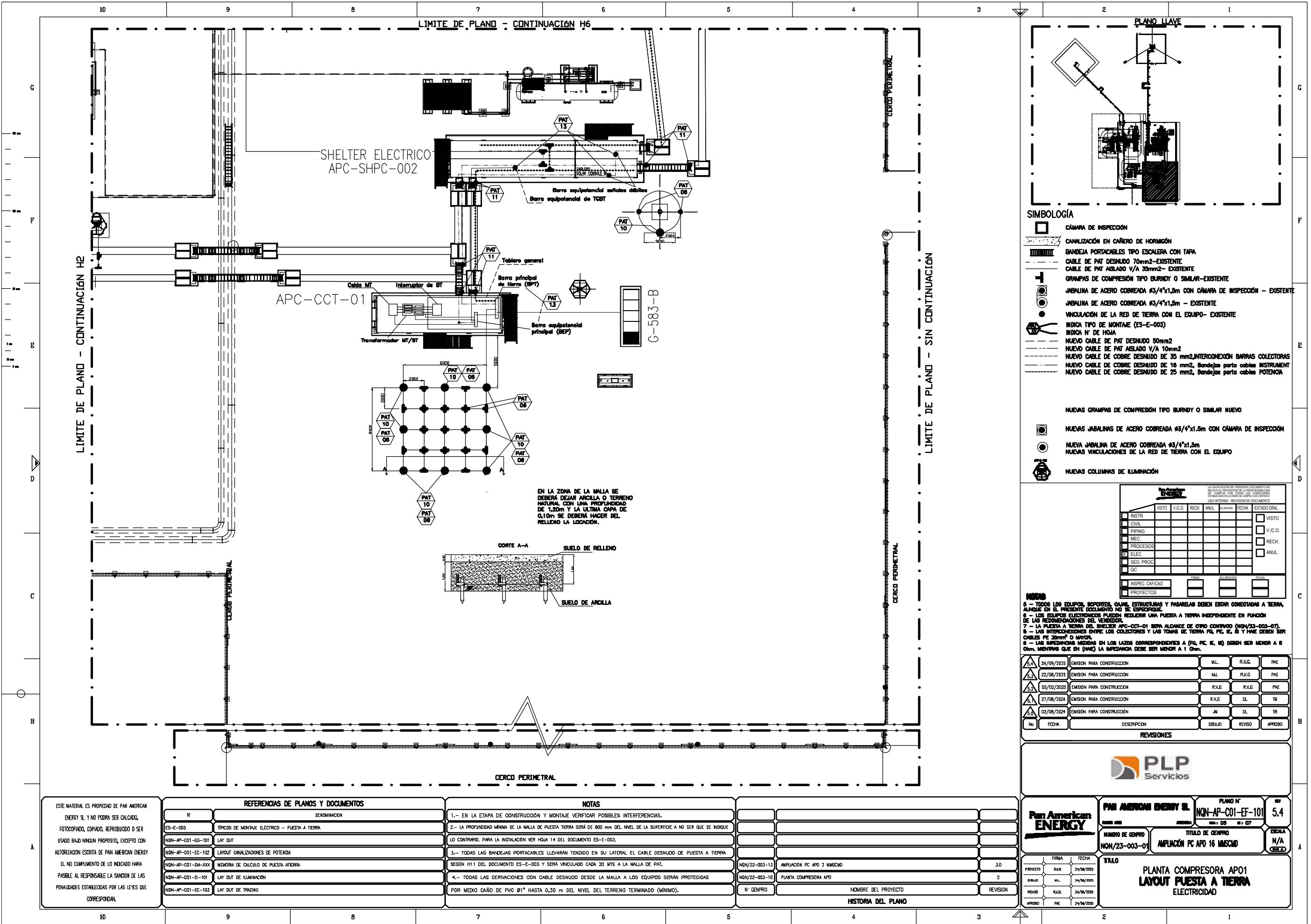
REVISIONES

Pan American ENERGY

PLANO N° **NQN-AP-C01-EF-101**

ESCALA **5.4**

TÍTULO **PLANTA COMPRESORA APO1 LAYOUT PUESTA A TIERRA ELECTRICIDAD**



- SIMBOLOGÍA**
- CÁMARA DE INSPECCIÓN
 - CANALIZACIÓN EN CAÑERO DE HORMIGÓN
 - BANDEJA PORTACABLES TIPO ESCALERA CON TAPA
 - CABLE DE PAT DESNUDO 70mm²-EXISTENTE
 - CABLE DE PAT AISLADO V/A 35mm²-EXISTENTE
 - GRAMPAS DE COMPRESIÓN TIPO BURNDY O SIMILAR-EXISTENTE
 - JABALINA DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m CON CÁMARA DE INSPECCIÓN - EXISTENTE
 - JABALINA DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m - EXISTENTE
 - VINCULACIÓN DE LA RED DE TIERRA CON EL EQUIPO- EXISTENTE
 - INDICA TIPO DE MONTAJE (ES-E-003)
 - INDICA N° DE HOJA
 - NUOVO CABLE DE PAT DESNUDO 50mm²
 - NUOVO CABLE DE PAT AISLADO V/A 10mm²
 - NUOVO CABLE DE COBRE DESNUDO DE 35 mm²INTERCONEXIÓN BARRAS COLECTORAS
 - NUOVO CABLE DE COBRE DESNUDO DE 16 mm² Bandejas porta cables INSTRUMENT
 - NUOVO CABLE DE COBRE DESNUDO DE 25 mm² Bandejas porta cables POTENCIA

- NUOVAS GRAMPAS DE COMPRESIÓN TIPO BURNDY O SIMILAR NUOVO**
- NUOVAS JABALINAS DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m CON CÁMARA DE INSPECCIÓN
 - NUOVA JABALINA DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m
 - NUOVAS VINCULACIONES DE LA RED DE TIERRA CON EL EQUIPO
 - NUOVAS COLUMNAS DE ILUMINACIÓN

REVISIÓN									
NO	FECHA	DESCRIPCION	REVISOR	REVISADO	FECHA	ESTADO	GRAL		
1	24/09/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION	ML	R.V.G.	P.A.E.				
2	22/08/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION	ML	R.V.G.	P.A.E.				
3	03/02/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION	R.V.G.	R.V.G.	P.A.E.				
4	27/08/2024	EMISION PARA CONSTRUCCION	R.V.G.	DL	IB				
5	02/08/2024	EMISION PARA CONSTRUCCION	J.N	DL	IB				

NOTAS

5 - TODOS LOS EQUIPOS, SOPORTES, CAJAS, ESTRUCTURAS Y PASARELAS DEBEN ESTAR CONECTADOS A TIERRA, ALIQUO EN EL PRESENTE DOCUMENTO NO SE ESPECIFIQUE.

6 - LOS EQUIPOS ELECTRONICOS PUEDEN REQUERIR UNA PUESTA A TIERRA INDEPENDIENTE EN FUNCION DE LAS RECOMENDACIONES DEL VEICULO.

7 - LA PUESTA A TIERRA DEL SHELTER APC-CCT-01 SERA ALCANCE DE OTRO CONTRATO (NQN/23-003-07).

8 - LAS INTERCONEXIONES ENTRE LOS COLECTORES Y LAS TOMAS DE TIERRA PG, PE, IE, IS Y HAE DEBEN SER CABLES PE 35mm² O MAYOR.

9 - LAS IMPEDANCIAS MEDIDAS EN LOS LAZOS CORRESPONDIENTES A (PG, PE, IE, IS) DEBEN SER MENOR A 5 Ohm, SIEMPRE QUE EN (HAE) LA IMPEDANCIA DEBE SER MENOR A 1 Ohm.

NO	FECHA	DESCRIPCION	REVISOR	REVISADO	FECHA	ESTADO	GRAL
1	24/09/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION	ML	R.V.G.	P.A.E.		
2	22/08/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION	ML	R.V.G.	P.A.E.		
3	03/02/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION	R.V.G.	R.V.G.	P.A.E.		
4	27/08/2024	EMISION PARA CONSTRUCCION	R.V.G.	DL	IB		
5	02/08/2024	EMISION PARA CONSTRUCCION	J.N	DL	IB		



Pan American ENERGY

PROYECTO: R.V.G. 24/09/2023

DISEÑO: M.L. 24/09/2023

REVISADO: R.V.G. 24/09/2023

APROBADO: P.A.E. 24/09/2023

PAN AMERICAN ENERGY S.L.

PLANO N°: NQN-AP-C01-EF-101

ESCALA: 1:50

NUMERO DE GENPIO: NQN/23-003-01

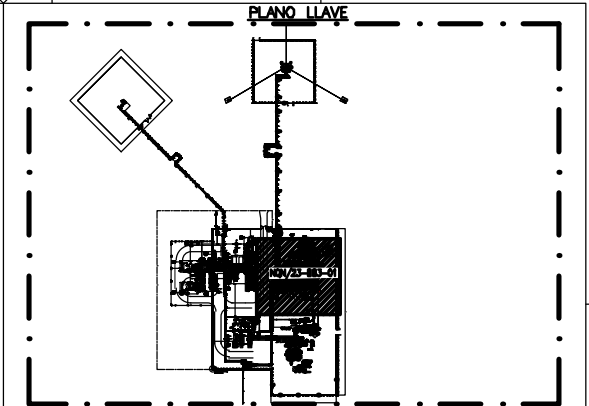
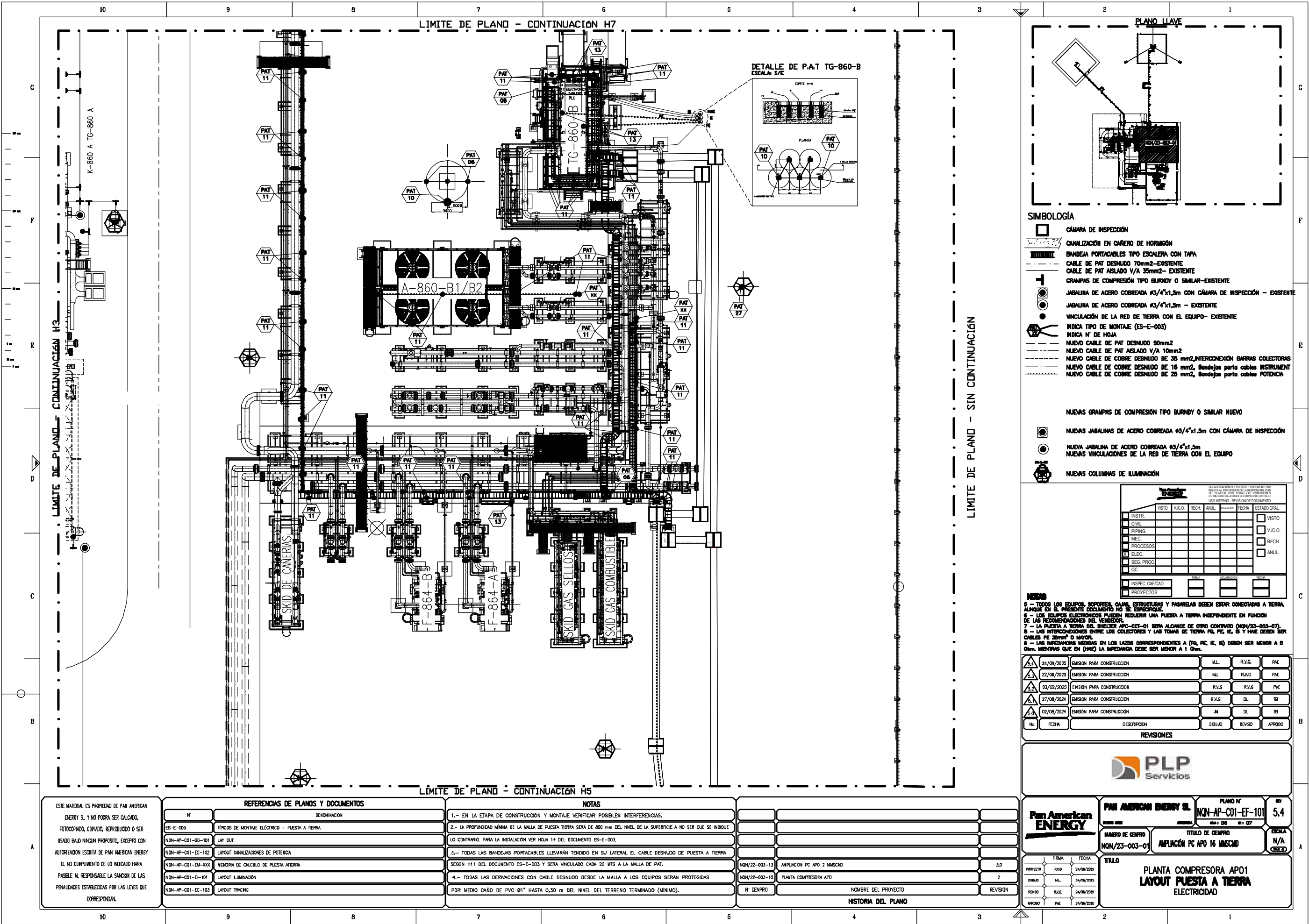
TITULO DE GENPIO: AMPLIACION PC APO 16 MISCMD

ESCALA: N/A

PLANTA COMPRESORA APO1

LAYOUT PUESTA A TIERRA

ELECTRICIDAD



- SIMBOLOGÍA**
- CÁMARA DE INSPECCIÓN
 - CANALIZACIÓN EN CARERO DE HORMIGÓN
 - BANDEJA PORTABLES TIPO ESCALERA CON TAPA
 - CABLE DE PAT DESNUDO 70mm2-EXISTENTE
 - CABLE DE PAT AISLADO V/A 35mm2- EXISTENTE
 - GRAMPAS DE COMPRESIÓN TIPO BURNDY O SIMILAR-EXISTENTE
 - JABALINA DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m CON CÁMARA DE INSPECCIÓN - EXISTENTE
 - JABALINA DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m - EXISTENTE
 - VINCULACIÓN DE LA RED DE TIERRA CON EL EQUIPO- EXISTENTE
 - INDICA TIPO DE MONTAJE (ES-E-003)
 - INDICA N° DE HOJA
 - NUOVO CABLE DE PAT DESNUDO 80mm2
 - NUOVO CABLE DE PAT AISLADO V/A 10mm2
 - NUOVO CABLE DE COBRE DESNUDO DE 35 mm2,INTERCONEXIÓN BARRAS COLECTORAS
 - NUOVO CABLE DE COBRE DESNUDO DE 16 mm2, Bandejas porta cables INSTRUMENT
 - NUOVO CABLE DE COBRE DESNUDO DE 25 mm2, Bandejas porta cables POTENCIA

- NUOVAS GRAMPAS DE COMPRESIÓN TIPO BURNDY O SIMILAR NUOVO
- NUOVAS JABALINAS DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m CON CÁMARA DE INSPECCIÓN
- NUOVA JABALINA DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m
- NUOVAS VINCULACIONES DE LA RED DE TIERRA CON EL EQUIPO
- NUOVAS COLUMNAS DE ILUMINACIÓN

REVISIÓN						
VISTO	V.C.O.	RECH.	ANUL.	FECHA	ESTADO GRAL.	
INSTR.					☐ VISTO	
CIVIL					☐ V.C.O.	
PIPING					☐ RECH.	
MEC.					☐ ANUL.	
PROCESOS						
ELEC.						
SEG. PROC.						
QC						
INSPEC. C/FICAO						
PROYECTOS						

NOTAS

5 - TODOS LOS EQUIPOS, SOPORTES, CAJAS, ESTRUCTURAS Y PASARELAS DEBEN ESTAR CONECTADOS A TIERRA, ALIQUÉ EN EL PRESENTE DOCUMENTO NO SE ESPECIFICÓ.

6 - LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS PUEDEN REQUERIR UNA PUESTA A TIERRA INDEPENDIENTE EN FUNCIÓN DE LAS RECOMENDACIONES DEL VENDEDOR.

7 - LA PUESTA A TIERRA DEL SHELLER APC-CCT-01 SERÁ ALCANCE DE OTRO CONTRATO (NNQ/23-003-07).

8 - LAS INTERCONEXIONES ENTRE LOS COLECTORES Y LAS TOMAS DE TIERRA PG, PE, IE, IS Y HNE DEBEN SER CABLES PE 35mm² O MAYOR.

9 - LAS IMPEDANCIAS MEDIDAS EN LOS LAZOS CORRESPONDIENTES A (PG, PE, IE, IS) DEBEN SER MENOR A 8 Ohm, MIENTRAS QUE EN (HNE) LA IMPEDANCIA DEBE SER MENOR A 1 Ohm.

Nº	FECHA	DESCRIPCION	REVISOR	REVISADO	APROBADO
5.1	24/09/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION	ML	R.V.G.	PAE
5.2	22/08/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION	ML	R.V.G.	PAE
5.3	03/02/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION	R.V.G.	R.V.G.	PAE
5.4	27/08/2024	EMISION PARA CONSTRUCCION	R.V.G.	DL	IB
5.0	02/08/2024	EMISION PARA CONSTRUCCION	JM	DL	IB



Pan American ENERGY

PROYECTO: R.V.G. 24/09/2023

DISEÑO: ML 24/09/2023

REVISADO: R.V.G. 24/09/2023

APROBADO: PAE 24/09/2023

PAN AMERICAN ENERGY S.L.

PLANO N°: NNQ-AP-C01-EF-101

REVISOR: ML 08 07

REVISADO: R.V.G. 08 07

APROBADO: PAE 08 07

TÍTULO

PLANTA COMPRESORA APO1

LAYOUT PUESTA A TIERRA

ELECTRICIDAD

ESCALA

N/A

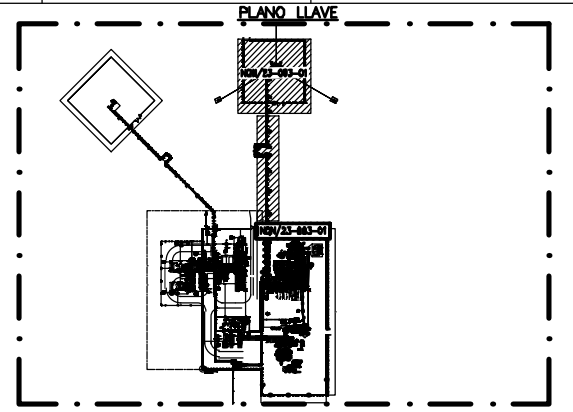
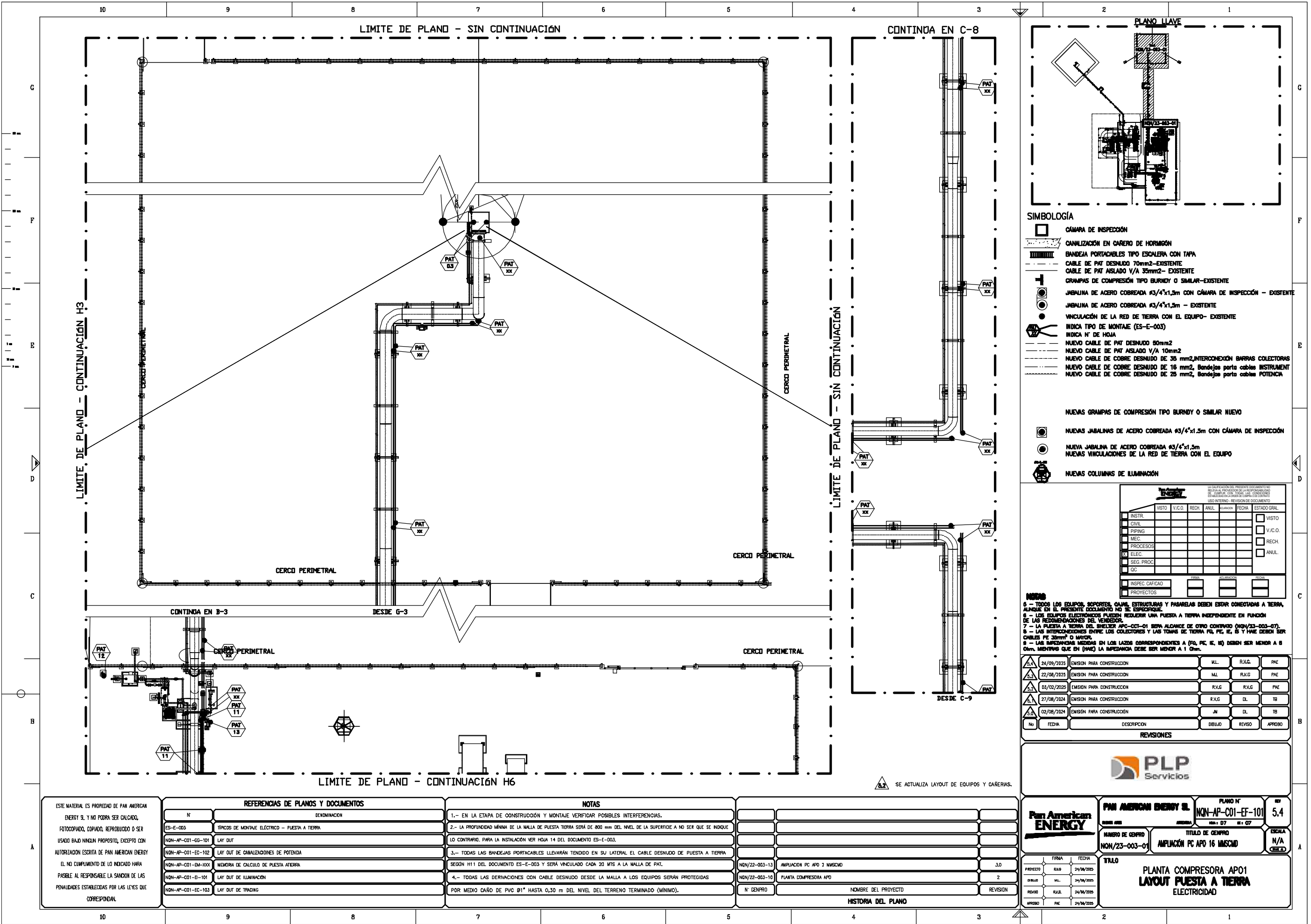
REFERENCIAS DE PLANOS Y DOCUMENTOS		NOTAS	
N	DESIGNACIÓN		
ES-E-003	TÍPICOS DE MONTAJE ELÉCTRICO - PUESTA A TIERRA	1.- EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE VERIFICAR POSIBLES INTERFERENCIAS.	
NON-AP-C01-GD-101	LAY OUT	2.- LA PROFUNDIDAD MÍNIMA DE LA MALLA DE PUESTA TIERRA SERÁ DE 800 mm DEL NIVEL DE LA SUPERFICIE A NO SER QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO, PARA LA INSTALACIÓN VER HOJA 14 DEL DOCUMENTO ES-E-003.	
NON-AP-C01-ED-102	LAYOUT CANALIZACIONES DE POTENCIA	3.- TODAS LAS BANDEJAS PORTACABLES LLEVARÁN TENDIDO EN SU LATERAL EL CABLE DESNUDO DE PUESTA A TIERRA	
NON-AP-C01-DM-100	MEMORIA DE CALCULO DE PUESTA A TIERRA	SEGÚN H11 DEL DOCUMENTO ES-E-003 Y SERÁ VINCULADO CADA 20 MTS A LA MALLA DE PAT.	NNQ/22-003-13
NON-AP-C01-D-101	LAYOUT ILUMINACIÓN	4.- TODAS LAS DERIVACIONES CON CABLE DESNUDO DESDE LA MALLA A LOS EQUIPOS SERÁN PROTEGIDAS	NNQ/22-003-10
NON-AP-C01-EC-103	LAYOUT TRACING	POR MEDIO CARO DE PVC Ø1" HASTA 0,30 m DEL NIVEL DEL TERRENO TERMINADO (MÍNIMO).	N° GENPRO

ESTE MATERIAL ES PROPIEDAD DE PAN AMERICAN ENERGY S.L. Y NO PODRÁ SER CALCO, FOTOCOPIADO, COPIADO, REPRODUCIDO O SER USADO BAJO NINGUN PROPOSITO, EXCEPTO CON AUTORIZACION ESCRITA DE PAN AMERICAN ENERGY EL NO CUMPLIMIENTO DE LO INDICADO HARÁ PASIBLE AL RESPONSABLE LA SANCION DE LAS PENALIDADES ESTABLECIDAS POR LAS LEYES QUE CORRESPONDAN.

HISTORIA DEL PLANO

NOMBRE DEL PROYECTO: PLANTA COMPRESORA APO1

REVISIÓN: 2



- SIMBOLOGÍA**
- CÁMARA DE INSPECCIÓN
 - CANALIZACIÓN EN CARERO DE HORMIGÓN
 - BANDEJA PORTACABLES TIPO ESCALERA CON TAPA
 - CABLE DE PAT DESNUDO 70mm²-EXISTENTE
 - CABLE DE PAT AISLADO V/A 35mm²- EXISTENTE
 - GRAMPAS DE COMPRESIÓN TIPO BURNDY O SIMILAR-EXISTENTE
 - JABALINA DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m CON CÁMARA DE INSPECCIÓN - EXISTENTE
 - JABALINA DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m - EXISTENTE
 - VINCULACIÓN DE LA RED DE TIERRA CON EL EQUIPO- EXISTENTE
 - INDICA TIPO DE MONTAJE (ES-E-003)
 - INDICA N° DE HOJA
 - NUOVO CABLE DE PAT DESNUDO 80mm²
 - NUOVO CABLE DE PAT AISLADO V/A 10mm²
 - NUOVO CABLE DE COBRE DESNUDO DE 38 mm²,INTERCONEXIÓN BARRAS COLECTORAS
 - NUOVO CABLE DE COBRE DESNUDO DE 16 mm², Bandejas porta cables INSTRUMENT
 - NUOVO CABLE DE COBRE DESNUDO DE 28 mm², Bandejas porta cables POTENCIA

- NUOVAS GRAMPAS DE COMPRESIÓN TIPO BURNDY O SIMILAR NUOVO
- NUOVAS JABALINAS DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m CON CÁMARA DE INSPECCIÓN
- NUOVA JABALINA DE ACERO COBREADA #3/4"x1.5m
- NUOVAS VINCULACIONES DE LA RED DE TIERRA CON EL EQUIPO
- NUOVAS COLUMNAS DE ILUMINACIÓN

	VISTO	V.C.O.	RECH.	ANUL.	FECHA	ESTADO GRAL.
INSTR.						☐ VISTO
CIVIL						☐ V.C.O.
PIPING						☐ RECH.
MEC.						☐ ANUL.
PROCESOS						
ELEC.						
SEG. PROC.						
QC						
INSPEC. C/FICAO						
PROYECTOS						

NOTAS

5 - TODOS LOS EQUIPOS, SOPORTES, CAJAS, ESTRUCTURAS Y PASARELAS DEBEN ESTAR CONECTADOS A TIERRA, INCLUSIVE EN EL PRESENTE DOCUMENTO NO SE ESPECIFIQUE.

6 - LOS EQUIPOS ELECTRONICOS PUEDEN REQUERIR UNA PUESTA A TIERRA INDEPENDIENTE EN FUNCIÓN DE LAS RECOMENDACIONES DEL VELOCIDAD.

7 - LA PUESTA A TIERRA DEL SHELL APC-CCT-01 SERA ALCANCE DE OTRO CONTRATO (NQN/23-003-07).

8 - LAS INTERCONEXIONES ENTRE LOS COLECTORES Y LAS TOMAS DE TIERRA PG, PE, IE, IS Y HAE DEBEN SER CABLES PE 35mm² O MAYOR.

9 - LAS IMPEDANCIAS MEDIDAS EN LOS LAZOS CORRESPONDIENTES A (PG, PE, IE, IS) DEBEN SER MENOR A 8 Ohm, MIENTRAS QUE EN (HAE) LA IMPEDANCIA DEBE SER MENOR A 1 Ohm.

5.1	24/09/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION	ML	R.V.G.	PAE
5.2	22/08/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION	ML	R.V.G.	PAE
5.3	03/02/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION	R.V.G.	R.V.G.	PAE
5.4	27/08/2024	EMISION PARA CONSTRUCCION	R.V.G.	DL	IB
5.5	02/08/2024	EMISION PARA CONSTRUCCION	JM	DL	IB
No	FECHA	DESCRIPCION	DEJAO	REVISO	APROBO

REVISIONES

REVISIONES

PAN AMERICAN ENERGY S.L.

PLANO N° **NQN-AP-C01-EF-101**

ESCALA **5.4**

NUMERO DE GENPRO **NQN/23-003-01**

TITULO DE GENPRO **AMPLIACION PC APO 16 MISCMD**

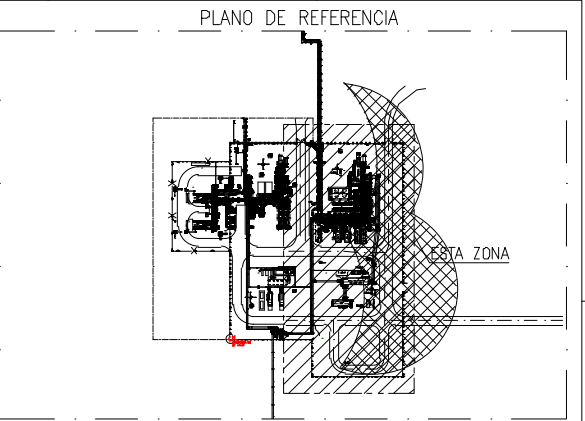
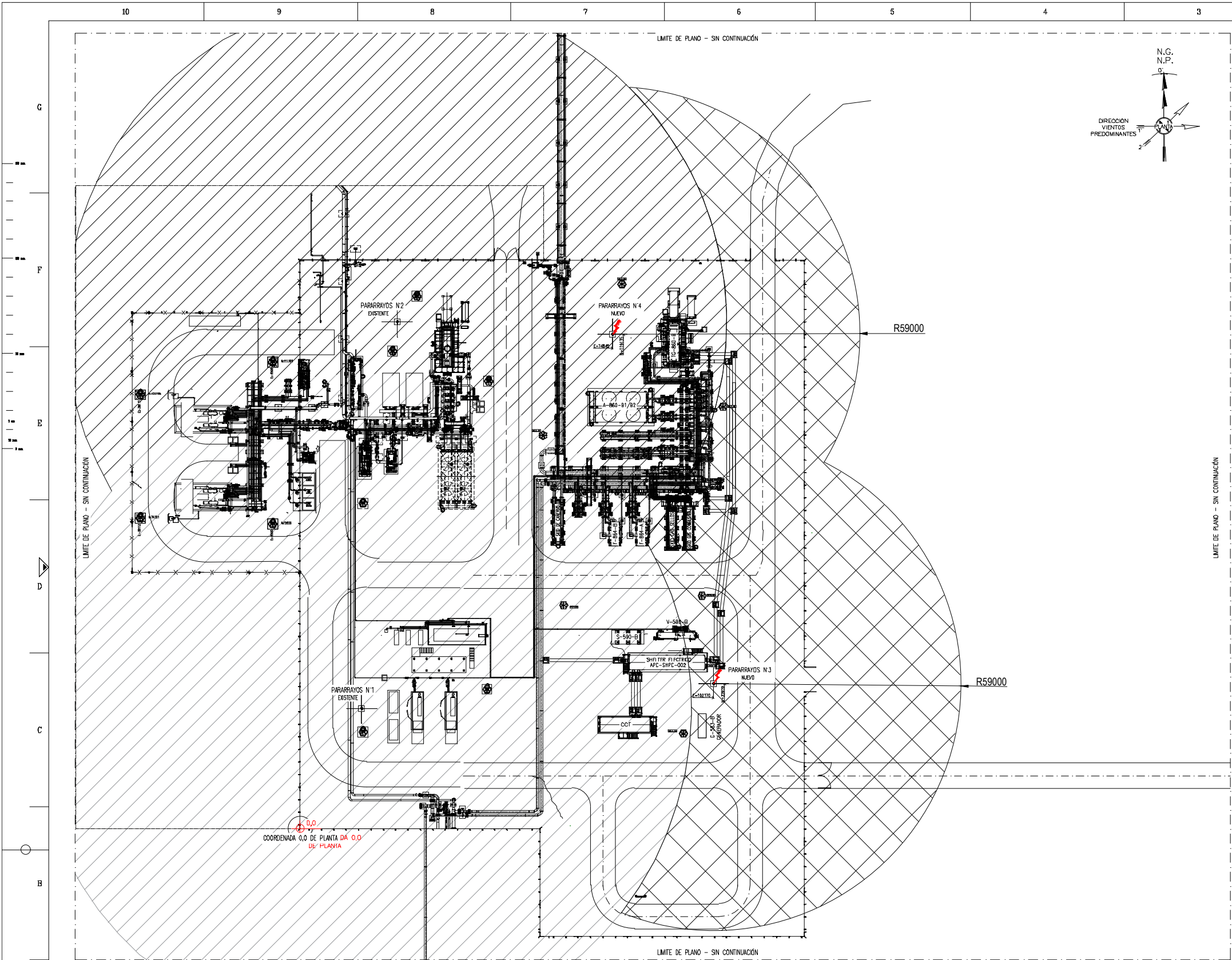
ESCALA **N/A**

TRILLO

PLANTA COMPRESORA APO1

LAYOUT PUESTA A TIERRA

ELECTRICIDAD



- SIMBOLOGÍA**
- COLUMNA NUEVA CON CAPTOR IÓNICO ALTURA LIBRE 20 METROS SEGÚN TÍPICO P.A.E.
 - TORRE EXISTENTE VERTICAL, ALTURA 20 MTS. DE ACUERDO AL TÍPICO DOC. ES-E-003 (H0JA19).
 - PARARRAYOS ACTIVO ATTRACTOR P4500.
 - NUEVA ZONA DE PROTECCIÓN ATMOSFÉRICA - PARARRAYOS ACTIVO ATTRACTOR P4500. NIVEL DE PROTECCIÓN I, RADIO=59 METROS.
 - ZONA DE PROTECCIÓN ATMOSFÉRICA EXISTENTE. PROTECCIÓN PARARRAYOS ACTIVO NIVEL I, TIEMPO CEBADO 60 s-RADIO DE 79m.
 - INSTALACIÓN NUEVA - PROYECTO NQN/23.003.01-AMPLIACIÓN PC APO 16 MMSCMD.
 - INSTALACIÓN EXISTENTE.

- NOTAS:**
- EN LA INSTALACIÓN EXISTENTE SE CUENTA CON DOS PARARRAYOS (PARARRAYOS N1 Y N2). EN EL PROYECTO ACTUAL (NQN/23.003.01) SE AGREGAN DOS (2) PARARRAYOS (PARARRAYOS N3 Y N4).
 - EN ESTA HOJA SE OBSERVA EL ÁREA DE PROTECCIÓN NIVEL I DE LA TOTALIDAD DE LOS PARARRAYOS (EXISTENTES + NUEVOS).

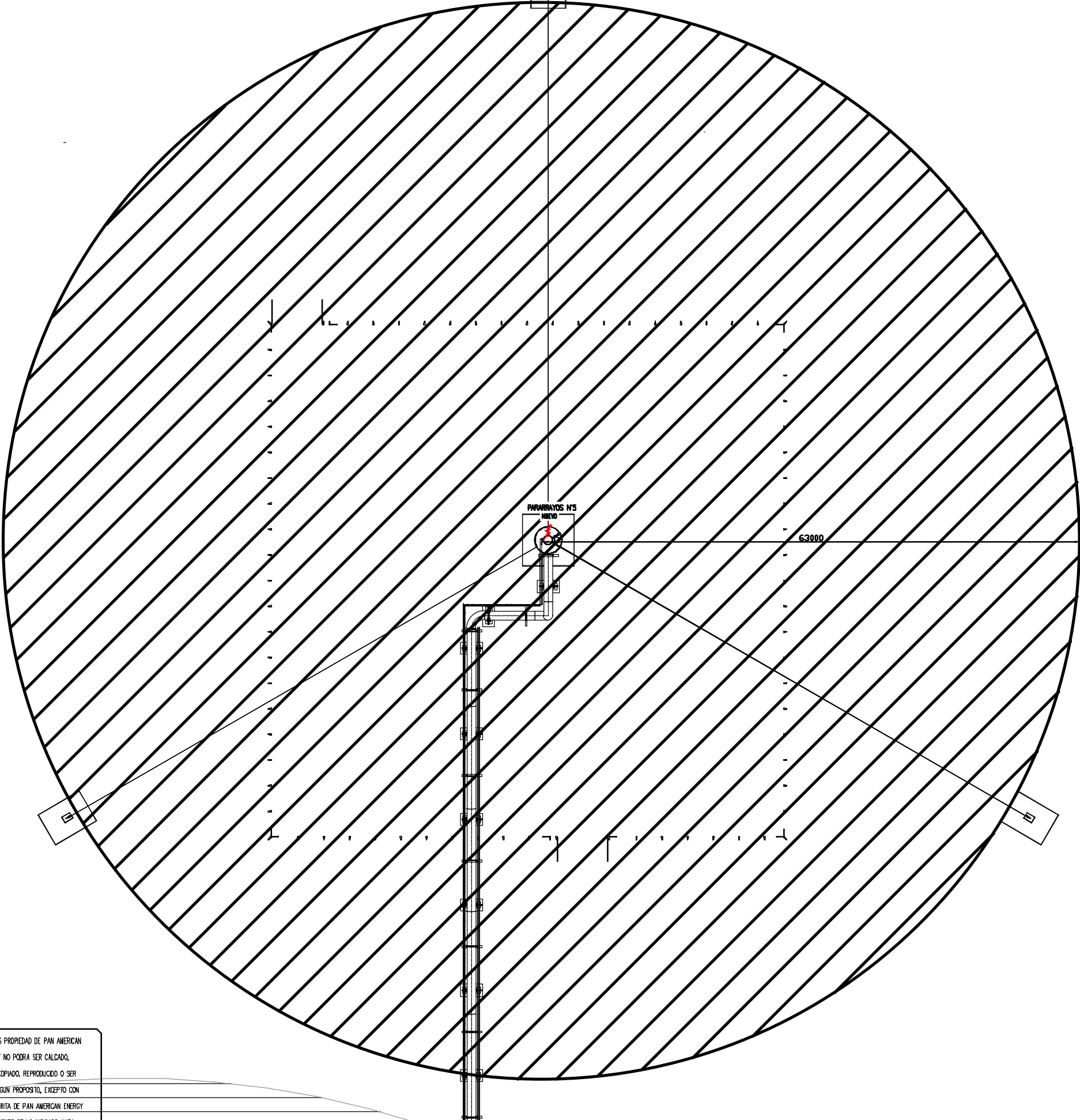
LA CALIFICACIÓN DEL PRESENTE DOCUMENTO ES UNA RESPONSABILIDAD DEL RESPONSABLE DEL PROYECTO. EL PROYECTO DEBE SER REVISADO POR EL RESPONSABLE DEL PROYECTO. EL PROYECTO DEBE SER REVISADO POR EL RESPONSABLE DEL PROYECTO.					
INSTR.	VISTO	V.C.O.	RECH.	ANUL.	FECHA
☐	☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐	☐

INSTR.	VISTO	V.C.O.	RECH.	ANUL.	FECHA
☐	☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐	☐

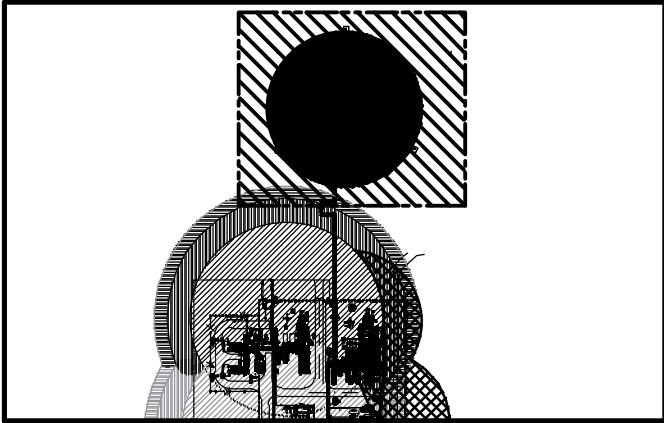
4.0	01/07/2024	EMISION PARA CONSTRUCCIÓN	JN	DL	TB
4.0	08/04/2024	EMISION PARA APROBACIÓN	DNG	DNG	PAC
4.0	31/08/2024	EMISION PARA APROBACIÓN	DAA	APC	INR
No	FECHA	DESCRIPCION	REVISOR	REVISOR	APROBADO



Pan American ENERGY	PAN AMERICAN ENERGY SL	PLANO N°	REV
	NÚMERO DE PROYECTO	NQN-AP-C01-EG-105	4.0
	TÍTULO DE PROYECTO	AMPLIACIÓN PC APO 16 MMSCMD	ESCALA
			N/A
	TÍTULO	PLANTA COMPRESORA APO1	
		LAY OUT DE PROTECCIÓN ATMOSFÉRICA	
		ELECTRICIDAD	



PLANO DE REFERENCIA



SIMBOLOGIA

- COLUMNA NUEVA CON CAPTOR IONICO ALTURA LIBRE 20 METROS SEGUN TIPO P.A.E.
- TORRE EXISTENTE VERTICAL, ALTURA 20 MTS. DE ACUERDO AL TIPO DCC. ES-E-003 (H0A119).
- PARARRAYOS ACTIVO ATTRACTOR P4500.
- NUEVA ZONA DE PROTECCION ATMOSFERICA - PARARRAYOS ACTIVO ATTRACTOR P4500. NIVEL DE PROTECCION I, RADIO=59 METROS.
- ZONA DE PROTECCION ATMOSFERICA EXISTENTE. PROTECCION PARARRAYOS ACTIVO NIVEL I, TIEMPO CEBADO 60 μS-RADIO DE 79m.
- INSTALACION NUEVA - PROYECTO NQN/23.003.01-AMPLIACION PC APO 16 MMSOCD.
- INSTALACION EXISTENTE.

NOTAS:

- 1) EN LA INSTALACION EXISTENTE SE CUENTA CON DOS PARARRAYOS (PARARRAYOS N°1 Y N°2). EN EL PROYECTO ACTUAL (NQN/23.003.01) SE AGREGAN DOS (2) PARARRAYOS (PARARRAYOS N°3 Y N°4).
- 2) EN ESTA HOJA SE OBSERVA EL AREA DE PROTECCION NIVEL I DE LA TOTALIDAD DE LOS PARARRAYOS (EXISTENTES + NUEVOS).

		VISTO	V.C.O.	RECH.	ANUL.	FECHA	ESTADO GRAL.
INSTR.							☐ VISTO
CIVIL							☐ V.C.O.
PIPING							☐ RECH.
MEC.							☐ ANUL.
PROCESOS							
ELEC.							
SEG. PROC.							
QC							

No.	FECHA	DESCRIPCION	DIBUJO	REVISO	APROBO
4.0	01/07/2024	EMISION PARA CONSTRUCCION	JM	DL	TB
4.5	08/04/2024	EMISION PARA APROBACION	DWG	DWG	PAE
4.0	31/08/2024	EMISION PARA APROBACION	DAA	ARC	IMR
REVISIONES					

PIARTEC
CONSULTORA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Pan American ENERGY	PAN AMERICAN ENERGY SL		PLANO N° NQN-AP-C01-EG-105		REV 4.0
	DESIGNA AREA		MODIFICACION		HOJA: 06 DE: 06
	NUMERO DE GENERIO NQN/23-003-01		TITULO DE GENERIO AMPLIACION PC APO 16 MMSOCD		
			ESCALA N/A		
			(COTEJ 13)		
FIRMA		FECHA			
PROYECTO	JM	27/06/24			
DEBIDO	JM	27/06/24			
REVISO	DL	27/06/24			
APROBADO	TB	27/06/24			
TITULO					
PLANTA COMPRESORA APO1					
LAY OUT DE PROTECCIÓN ATMOSFÉRICA					
ELECTRICIDAD					

ESTE MATERIAL ES PROPIEDAD DE PAN AMERICAN ENERGY SL. Y NO PODRA SER CALCADO, FOTOCOPIADO, COPIADO, REPRODUCIDO O SER USADO BAJO NINGUN PROPOSITO, EXCEPTO CON AUTORIZACION ESCRITA DE PAN AMERICAN ENERGY. EL NO CUMPLIMIENTO DE LO INDICADO HARA PASIBLE AL RESPONSABLE LA SANCION DE LAS PENALIDADES ESTABLECIDAS POR LAS LEYES QUE CORRESPONDAN.