



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

VI PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“DISEÑO DE UNA LINEA SUBTERRANEA DE 60
kV DESDE LA SET MALVINAS HASTA LA SET
PERSHING EN LIMA”**

Autor:

Bach. CUEVA ESPINOZA JORGE LUIS

Asesor:

Dr. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO

LAMBAYEQUE – PERÚ

Agosto del 2019



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

VI PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

**TRABAJO DE SUFICIENCIA
PROFESIONAL**

**Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“DISEÑO DE UNA LINEA SUBTERRANEA DE 60 kV
DESDE LA SET MALVINAS HASTA LA SET PERSHING**

Autor:

Bach. CUEVA ESPINOZA JORGE LUIS

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE: M.Sc Carlos Augusto Chambergo Larrea.

SECRETARIO: M.Sc Juan Antonio Tumialan Hinostroza

MIEMBRO: Ing. Héctor Antonio Oviden Núñez

ASESOR: Dr. Daniel Carranza Montenegro

Lambayeque – Perú

Agosto del 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

VI PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

TITULO

**“DISEÑO DE UNA LINEA SUBTERRANEA DE 60 KV DESDE LA SET
MALVINAS HASTA LA SET PERSHING EN LIMA”**

CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

AUTOR: Bach. CUEVA ESPINOZA JORGE LUIS

M.Sc Carlos A. Chamberg Larrea
PRESIDENTE

M.Sc Juan Antonio Tumialian Hinostroza
SECRETARIO

Ing. Héctor Antonio Oviden Nuñez
MIEMBRO

Dr. Daniel Carranza Montenegro
ASESOR

Lambayeque – Perú

Agosto del 2019

DEDICATORIA

*ESTA DEDICADO A MI PADRE CELSO
CUEVA CARHUATANTA QUE NOS SUPO
INCULCAR BUENOS VALORES Y HACERNOS
PERSONAS DE BIEN Y AHORA DESDE EL
CIELO SEGUIRA GUIANDO A TODOS SUS
SERES QUERIDOS Y SIEMPRE VIVIRA EN
NUESTROS CORAZONES*

AGRADECIMIENTO

*DOY GRACIAS A DIOS POR
BRINDARME SALUD Y SABIDURIA, DOY
GRACIAS A MI MADRE BERSA ADELINA
ESPINOZA NUÑEZ POR SU APOYO
INCONDICIONAL Y SU ESPIRITU DE LUCHA
Y SACRIFICIO PARA SER DE MI UNA
PERSONA DE BIEN. DOY GRACIAS A MI
PADRE POR SUS BUENAS ORIENTACIONES.*

*A MI ASESOR Dr. DANIEL CARRANZA
MONTENEGRO POR SU APOYO
INCONDICIONAL PARA LA CULMINACION
DE ESTE TRABAJO DE SUFICIENCIA
PROPFESIONAL*

RESUMEN

El objetivo general del presente trabajo de suficiencia es diseñar una línea subterránea de 60 kV desde la SET Malvinas hasta la SET Pershing en Lima, en el cual se realizó el trazado de la línea subterránea en 60 kV tal como se muestra en el ANEXO 01. Se ha calculado la capacidad del cable a diferentes profundidades lo cual conlleva usar diferentes tipos de ductos además de distintas distancias entre fases y circuitos, demostrando que en las condiciones más críticas la capacidad de carga es de 102 MVA, lo cual es superior a 100 MVA requerido por el proyecto. Se calculó los valores de tensión inducida en operación normal que van de 106 a 126 V, son aceptables de acuerdo a la práctica internacional, según como se muestra en el siguiente extracto de la IEEE Std 575, que admite valores máximos de tensión inducida en el rango de 100-200 V. La sección del conductor según las Especificaciones Técnicas es de $1\,200\text{ mm}^2$, la cual es superior a la mínima sección obtenida por cortocircuito que es 155 mm^2 , por lo tanto, cumple. La sección de la pantalla según las Especificaciones Técnicas es de 225 mm^2 , la cual es superior a la mínima sección obtenida por cortocircuito que es 173 mm^2 , por lo tanto, cumple. Los valores del gradiente que se obtuvieron son los siguientes $G_i = 3,66\text{ kV/mm}$; $G_e = 2,50\text{ kV/mm}$, los valores resultantes de gradientes interno y externo están por debajo de los límites establecidos en la Norma AEIC CS9-06, que prescribe un valor de 6 kV/mm

La alternativa seleccionada (línea subterránea) tiene un costo referencial de S/. 11 016 208,914

Palabras claves: línea subterránea, cortocircuito, tensión inducida.

ABSTRACT

The general objective of this sufficiency work was to design a 60 kV underground line from the Malvinas set to the Pershing set in Lima. In which the drawing of the underground line was made in 60 kV as shown in ANNEX 01, the cable capacity at different depths has been calculated which leads to using different types of ducts in addition to different distances between phases and circuits, demonstrating that under the most critical conditions the load capacity is 102 MVA, which is greater than 100 MVA required by the project. The values of induced voltage in normal operation were calculated that go from 106 to 126 V, are acceptable according to international practice, as shown in the following extract of the IEEE Std 575, which admits maximum values induced voltage in the range 100-200 V. The section of the conductor according to the Technical Specifications is $1\,200\text{ mm}^2$, which is greater than the minimum section obtained by short circuit which is 155 mm^2 , therefore, it complies. The section of the screen according to the Technical Specifications is 225 mm^2 , which is higher than the minimum section obtained by short circuit which is 173 mm^2 , therefore, it complies. The gradient values that were obtained are the following $G_i = 3,66\text{ kV} / \text{mm}$; $G_e = 2,50\text{ kV} / \text{mm}$, the resulting values of internal and external gradients are below the limits established in the AEIC CS9-06 Standard, which prescribes a value of $6\text{ kV} / \text{mm}$

The selected alternative (underground line) has a referential cost of S /. 11,016 208,914

Keywords: underground line, short circuit, induced voltage.

INDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT.....	iv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.1 Realidad Problemática.....	2
1.2 Formulación Del Problema	2
1.3 Delimitación de la Investigación.....	2
1.3.1 Delimitación espacial	2
1.3.2 Delimitación temporal	4
1.4 Justificación e Importancia de la Investigación	4
1.5 Limitaciones de la Investigación.....	5
1.5.1 Objetivo General	5
1.5.2 Objetivos Específicos	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes de Estudios.....	6
2.2 Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado	9
2.2.1 Líneas subterráneas	9
2.2.2 Códigos y Normas	26
2.3 Definición conceptual de la terminología empleada	30
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	33
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	33
3.2 Hipótesis.....	33

3.3 Variables – Operacionalización	33
3.4 Métodos y Técnicas de investigación.....	35
3.5 Descripción de los instrumentos utilizados.....	35
3.6 Análisis Estadístico e interpretación de los datos	36
CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	37
4.1 Propuesta de la investigación	37
4.1.1 Características generales de la Línea Subterránea 60 kV Malvinas Pershing propuesto	37
CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	39
5.1 Trazado del recorrido de la línea subterránea	39
5.1.1 Salida de la S.E. Malvinas	39
5.1.2 Recorrido por el Jr. Diego Ferré (Elizalde)	39
5.1.3 Cruce de la Av. Argentina	40
5.1.4 Recorrido por el Jr. Diego Ferré (Elizalde)	41
5.1.5 Recorrido por Av. Oscar R. Benavides	41
5.1.6 Recorrido por Av. Tingo María	41
5.1.7 Recorrido por Plaza de la bandera	44
5.1.8 Recorrido por Av. Paso de los Andes.....	44
5.1.9 Recorrido por Av. Brasil	46
5.1.10 Recorrido por Av. de la Policía	46
5.1.11 Recorrido por Jr. Caracas	46
5.1.12 Recorrido por Pasaje Quiñones.	46
5.1.13 Ingreso a la SET Pershing.	47
5.2 Cálculo de la capacidad de transporte de la línea de transmisión subterránea a 60 kV. 50	
5.2.1 Condiciones ambientales	50
5.2.2 Condiciones de Servicio	51

5.2.3 Condiciones constructivas	51
5.2.4 Capacidad de corriente en Régimen continuo	52
5.2.5 Capacidad de corriente en Régimen cíclico	53
5.2.6 Instalación del cable	54
5.2.7 Configuración en simple terna.....	54
5.2.8 Puesta a tierra de la pantalla metálica.....	55
5.2.9 Resumen de resultados	56
5.3 Cálculo de la tensión que se induce en la pantalla conductora de los cables	57
5.3.1 Tipo de ducto.....	58
5.3.2 Procedimiento de cálculo	59
5.3.3 Sistema de puesta a tierra	59
5.3.4 Resultados.....	62
5.4 Parámetros de la línea subterránea	65
5.4.1 Circuito equivalente y longitud	65
5.4.2 Cálculo de impedancias serie	66
5.4.3 Impedancia de secuencia positiva	67
5.4.4 Impedancia de secuencia cero	68
5.4.5 Cálculo de impedancia paralela.....	69
5.4.6 Resumen de impedancias	70
5.5 Cálculo de cortocircuito	70
5.6 Cálculo del gradiente.....	75
5.6.1 Procedimiento de cálculo	75
5.7 Cálculo de los niveles de campo magnético debido a la circulación de corriente en el cable.....	77
5.7.1 Procedimiento de cálculo	78
5.7.2 Resultados.....	80

5.8 Cámara de empalme	81
5.8.1 Materiales y condiciones del suelo	81
5.8.1.3 Cargas de diseño	82
5.9 Metrado y Presupuesto	87
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
6.1 Conclusiones	88
6.2 Recomendaciones.....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	90
ANEXOS.....	91

INDICE DE TABLAS

Tabla1. Ubicación de la línea subterránea	3
Tabla2. Características del cable subterráneo	11
Tabla3. Distancias de Seguridad a Servicios Públicos	26
Tabla4. Operacionalización de variables	34
Tabla5. Técnicas e instrumentos.....	35
Tabla6. Coordenadas del recorrido de la línea subterránea	48
Tabla7. Cuadro Resumen de Ampacidad – Tresbolillo Convencional.....	57
Tabla 8. Tensiones inducidas en las pantallas del cable	63
Tabla 9. Tabla resumen de cálculo de tensiones inducidas	64
Tabla10. Datos para el cálculo de parámetros de la línea subterránea	66
Tabla11. Cálculo de impedancia paralelo	69
Tabla12. Resumen de impedancias.....	70
Tabla13. Propiedades para el conductor de Cobre.....	73
Tabla 14. Propiedades para el conductor de Aluminio	73
Tabla15. Sección mínima del conductor en condiciones de cortocircuito trifásico	74
Tabla16. Sección mínima de la pantalla en condiciones de cortocircuito trifásico	74
Tabla17. Datos para el cálculo del gradiente	76
Tabla18. Campo magnético limite.....	77
Tabla19. Niveles de campo magnético	80

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Trazo de ruta de la LT 60 kV Malvinas Pershing	3
Figura 2. Cable de 1200 mm ² Cu	10
Figura 3. Disposición típica de cables simple terna.....	13
Figura 4. Disposición típica de cables doble terna	14
Figura 5. Composición de terminales	16
Figura 6. Esquema de conexión L.T. 60 kV Malvinas - Pershing	20
Figura 7. Diagrama de carga	54
Figura 8. Ducto típico para ducto en concreto con tubería HDPE.....	55
Figura 9. Ducto típico para ducto en concreto con tubería HDPE.....	58
Figura 10. Esquema Single-Bonding	60
Figura 11. Esquema Cross-Bonding	61
Figura 12. Circuito equivalente.....	65
Figura 13. Campo magnético generado en un punto cualquiera.....	78
Figura 14. Camión de Diseño	83
Figura 15. Diagrama de cuerpo libre	86
Figura 16. Diagrama de momento en marco.....	87
Figura 17. Diagrama de cortante en marco	87

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de suficiencia profesional lleva por título **“DISEÑO DE UNA LINEA SUBTERRANEA DE 60 kV DESDE LA SET MALVINAS HASTA LA SET PERSHING EN LIMA”**. El desarrollo de dicho trabajo se consigna en VI capítulos que se presentan a continuación:

En el capítulo I se explica el planteamiento del problema, formando parte de ello la descripción de la situación actual, la delimitación y los objetivos.

En el capítulo II se detalla el marco teórico de la investigación, la temática desarrollada producto de la revisión de literatura de acuerdo a las variables e indicadores.

En el Capítulo III se explica la metodología de la investigación tomando en consideración los siguientes puntos: El tipo de investigación, técnicas de investigación, así como el análisis estadístico de los datos.

Capítulo IV, se presenta la propuesta que dará solución a la realidad problemática.

En el capítulo V se presenta los cálculos, análisis e interpretación de los resultados.

Finalmente, en el capítulo VI se da a conocer las conclusiones a las que se llegaron, adjuntándose además los respectivos anexos.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Realidad Problemática

Debido a la demanda creciente de energía eléctrica en los distritos de Breña, Cercado de Lima, Jesús María, Magdalena del Mar y Pueblo Libre, en 2016, ENEL Distribución Perú incrementó la potencia total instalada en 295 MVA mediante el ingreso de las nuevas subestaciones, entre las cuales se encuentra la SET Malvinas 220/60 kV y SET PERSHING 60/22.9/10 kV en el Cercado de Lima y la línea existente no tiene la capacidad para atender dicho aumento de demanda, ocasionando interrupciones no programadas generando pérdidas económicas y por ende es necesario dimensionar conductores eléctricos para transportar la energía. En este trabajo de suficiencia profesional se propone una línea subterránea de 60 kV, debido a la alta complejidad de interferencias aéreas ya sea por líneas eléctricas aéreas existentes o por la construcción de grandes edificios residenciales.

1.2 Formulación Del Problema

¿Cómo dimensionaremos una línea subterránea de 60 kV que va desde la SET MALVINAS 220/60 kV y SET PERSHING 60/22,9/10 kV en el Cercado de Lima?

1.3 Delimitación de la Investigación

1.3.1 Delimitación espacial

La línea Subterránea objeto de este Proyecto, durante su recorrido se ubica en los distritos de Cercado, Breña y Pueblo Libre en la Provincia de Lima; y comprende el trazo entre las SET Malvinas y SET Pershing. Las coordenadas de los puntos referenciales del Proyecto, se indican a continuación:

Tabla1.
Ubicación de la línea subterránea

UBICACIÓN	COORDENADAS UTM		COTA (m.s.n.m.)
	WGS 84		
	(m)		
	NORTE (m)	ESTE (m)	
Subestación Malvinas-60 kV.	8668043,29	276358,45	141,53
Subestación Pershing-60 kV.	8662857,97	275779,50	84,51

Fuente: Elaboración propia

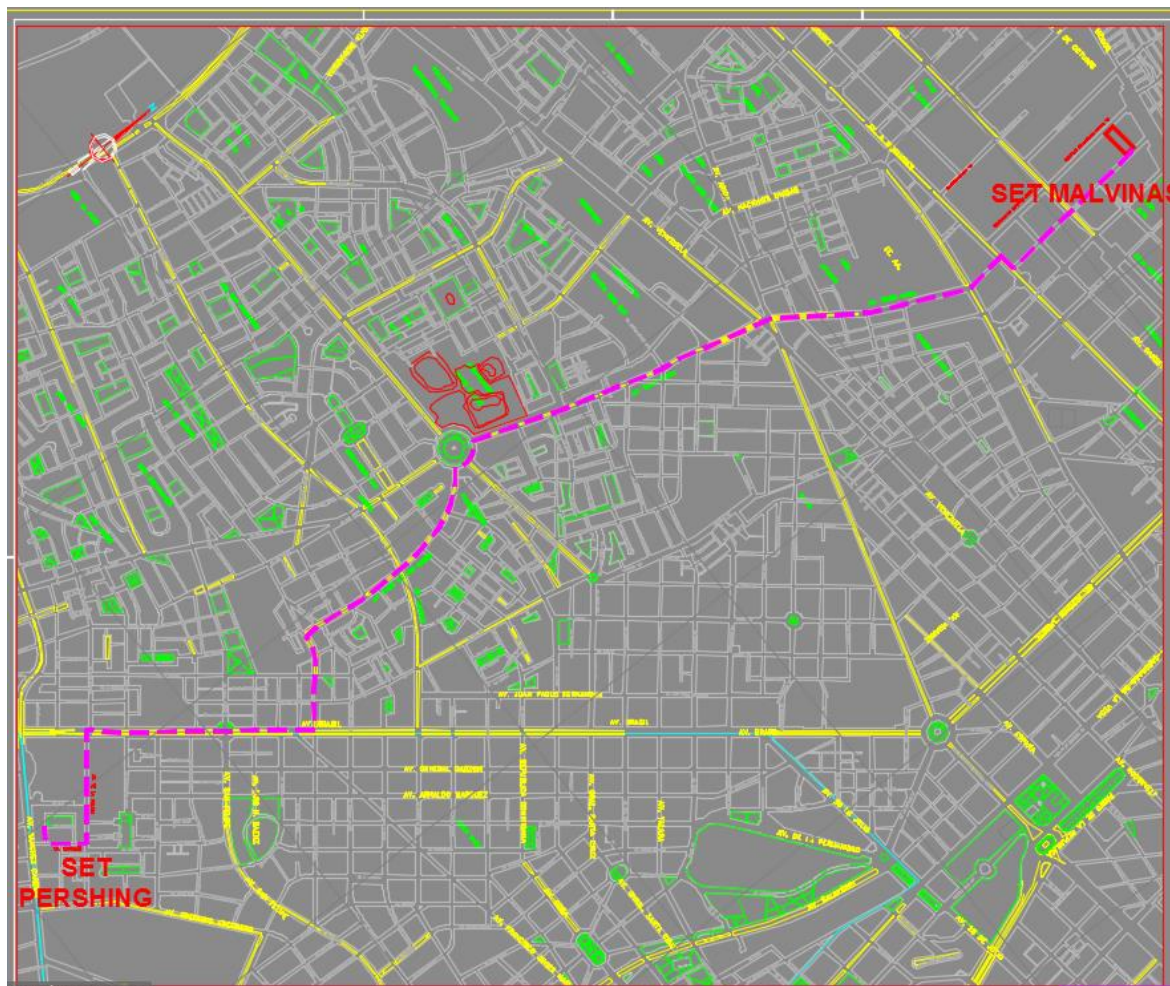


Figura 1. Trazo de ruta de la LT 60 kV Malvinas Pershing

1.3.1.1 Condiciones ambientales.

Los valores ambientales son los siguientes:

Temperatura mínima	: 8°C
Temperatura promedio	: 20°C
Temperatura máxima	: 32°C
Humedad Relativa	: 90-95%
Polución Ambiental	: severa
Velocidad del Viento	: 50 km
Altitud sobre el nivel del Mar	: Entre 0 – 250 msnm
Nivel Isoceraúnico	: 0

1.3.2 Delimitación temporal

El presente trabajo de suficiencia profesional tuvo una duración de 06 meses.

1.4 Justificación e Importancia de la Investigación

Justificación vital

Si partimos del derecho fundamental que es la vida del ser humano y teniendo conocimiento que una falla por sobrecarga en la línea existente puede ocasionar pérdidas humanas por el que es necesario el diseño de una Línea Subterránea de 60 kV Set Malvinas – Set Pershing”. que cumpla con los estándares requeridos en el CNE vigente.

Justificación económica

Las averías o fallas en la línea debido a sobrecarga en la línea existente pueden sacar fuera de servicio una línea de transmisión ocasionando pérdidas que se traducirán en penalización económica.

Justificación técnica.

Las aplicaciones de tecnologías nuevas en el proceso de modernización ayudan mucho en el fortalecimiento de líneas de transmisión, permitiendo la aplicación de sistemas modernos de control, medición y protección que reanudan a un sistema ambiental más seguro y con menor impacto.

1.5 Limitaciones de la Investigación

Limitada información sobre líneas subterráneas de 60 kv.

1.5.1 Objetivo General

Dimensionar una línea subterránea de 60 kV desde la SET Malvinas hasta la SET Pershing en Lima.

1.5.2 Objetivos Específicos

- a. Trazar el recorrido óptimo de la línea de transmisión subterránea a 60 kV. para realizar los cálculos eléctricos.
- b. Determinar la capacidad de transporte de potencia de la línea de transmisión subterránea a 60 kV, utilizando el software CYMCAP para la sección adecuada del conductor.
- c. Establecer los parámetros de la línea subterránea.
- d. Calcular el nivel de tensión que se induce en la pantalla conductora de los cables.
- e. Calcular la capacidad de cortocircuito del cable, determinando la sección del conductor y la sección de la pantalla conductora.
- f. Calcular los niveles de gradientes que se generan por la corriente circulante en el conductor, tanto en el radio interior y exterior del aislamiento.
- g. Determinar el metrado y presupuesto para el financiamiento de dicha obra.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de Estudios

Cito a los siguientes autores en cada uno de los contextos siguientes:

Contexto Internacional

Sac de Paz (2005) en su tesis titulada “Estudio de factibilidad para el sistema de distribución de energía eléctrica en el centro histórico de Quetzaltenango con líneas subterráneas”, en su resumen nos informa que Los sistemas de distribución subterráneos son utilizados en lugares donde se requiere que los conductores del suministro eléctrico no queden expuestos al usuario, es por ello que se instalan debajo del nivel de suelo.

La implementación de estos sistemas en zonas urbanas es requerida cuando las líneas aéreas de conducción eléctrica representan un peligro para los usuarios o el entorno urbano no sea el adecuado y la única forma de suministrar energía eléctrica sea por debajo de los inmuebles.

Las ciudades en crecimiento dan mucha importancia a las áreas que formaron ésta en sus inicios, naciendo así las zonas que, comúnmente, se llaman centros históricos, dentro de las mismas ciudades.

La conservación de los centros históricos es un factor determinante al considerar implementar una red de distribución subterránea en un centro urbano, pues esta ofrece toda la versatilidad y maniobrabilidad de las redes aéreas, siempre que se utilicen los equipos y accesorios adecuados.

Actualmente, el Centro Histórico de la ciudad de Quetzaltenango es un área de estudio para la implementación de una red de distribución subterránea, ya que, la existente es una red

aérea y representa un peligro para los usuarios y la propia red, sin olvidar el impacto visual de las líneas aéreas. (Sac de Paz, 2005)

Según Cabaña (2011) en su tesis: Instalación de línea subterránea de 20 kV, centro de transformación interior de 400 kVA y red subterránea de baja tensión para edificio de 24 viviendas.

El presente proyecto consiste en el diseño de la instalación de una red de distribución destinada al suministro eléctrico para un edificio de nueva construcción que albergará 24 viviendas. Para ello se estudian, calculan, justifican y dimensionan las instalaciones eléctricas necesarias para garantizar dicho suministro. La red de distribución incluye una línea subterránea de media tensión de 20 kV, un centro de transformación interior de 400 KVA y una red subterránea de baja tensión.

A partir de la potencia necesaria en la instalación, se calculan el resto de los parámetros eléctricos necesarios para el diseño de todos los elementos que se incluyen en el proyecto.

La Red de Media Tensión proyectada que alimenta al Centro de Transformación proyectado, es subterránea, en canalización bajo tubo, partiendo de un punto de encuentro con la red existente, también subterránea, de la compañía suministradora, Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U.

El Centro de Transformación es integral de interior de tipo compañía, con un transformador suficiente para dotar de la energía eléctrica demandada, sin necesidad de medición de la misma.

La Red de Baja Tensión es subterránea, enterrada bajo tubo, con inicio en el Centro de Transformación proyectado, y final en las diferentes cajas generales de protección de los bloques de viviendas, necesitando para ello de dos líneas. El presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de 61 301,98 €. (Cabaña, 2011)

Contexto Nacional

Según Añorga (1989) en su tesis titulado: Estudio definitivo de línea de subtransmisión 60 kV, entre la subestación Trujillo Norte y parte oeste de la ciudad de Trujillo. El tesista explica que los motivos principales que le llevaron a elaborar este proyecto, fueron los continuos problemas de Distribución de Energía eléctrica, a nivel de media tensión (10 kV) en la ciudad de Trujillo y a la Saturación de la Subestación de transformación Trujillo-Sur, que actualmente ha llegado su límite de 30 MVA con refrigeración exterior forzada. Estos problemas han llevado a la Unidad Zonal de Hidroandina S.A., a negar las solicitudes de Factibilidad Eléctrica desde las Redes de Distribución Primaria, alimentados por la Subestación Trujillo-Sur; lo que ha traído como consecuencia una seria restricción en todos los proyectos, tanto industriales, comerciales y habitacionales que estaban programados ejecutarse en la zona de influencia de este referido Centro de Transformación. (Añorga, 1989)

Es así que Viacava (1997) en su tesis titulado: “Línea de subtransmisión subterránea en 60 kV desde set puente 60/10 kV al km 4,20 de la carretera central” nos indica que: grandes y medianas empresas con tendencia seguir creciendo disponen de una demanda actual y futura que supera la capacidad de transporte de la red primaria de 10 kV en la provincia de Lima y alrededores. Por consiguiente, su alimentación deberá ser con una tensión inmediata superior formalmente establecida que es de 60 kV. A lo anterior se incluye instalaciones existentes con más de 25 años y con tecnologías antiguas que ocasionan mal servicio, grandes pérdidas y ya deben ser actualizadas y repotenciadas. El nivel de tensión de 60 kV, lo más adecuado técnica y económicamente, es una línea aérea pero debido a la existencia de líneas en 10 kV, 60 kV, 220 kV, y al desarrollo de la ciudad de Lima que limita progresivamente el empleo de líneas aéreas es que obligan cada vez más a emplear cables subterráneos. Como es sabido esto implica costo muy elevados, así como una tecnología avanzada de fabricación.

2.2 Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado

2.2.1 Líneas subterráneas

El cable a 60 kV consiste de un conductor de cobre electrolítico recocido, compactado, obturado, de sección circular, con la capacidad especificada, aislado mediante un proceso de vulcanización continua por extrusión, aplicando simultáneamente una pantalla semiconductora sobre el conductor, un dieléctrico aislante termoestable y una pantalla semiconductora sobre el núcleo, de acuerdo a la Norma IEC 60228.

El núcleo este envuelto en una pantalla metálica y protegido con una cubierta exterior polimérico continúa extruida. Deberá aplicarse una capa delgada de grafito o polímero semiconductor completo en general y firmemente unido para permitir las pruebas de la cubierta exterior del cable. El cable deberá ser 100 % impermeable, ignífugo y libre de halógenos.

La capacidad de corriente permanente máxima se debe calcular en base en la norma IEC 60287, con todas las condiciones del sitio.

2.2.1.1 Características, composición y dimensiones de los cables.

Cable de alta tensión

Conductor segmentado de cobre, tipo Milliken

Aislamiento de XLPE, tripla extrusión, 'dry curing'

Pantalla metálica obturada de hilos y cinta de cobre

Cubierta exterior formada por:

- cinta longitudinal de Al/PE adherida
- cubierta exterior de HDPE (tipo ST7) con camada semiconductora extruida

Normas

IEC 60228
IEC 60840 + ENERSIS E-LT-003 (Nro. 1 – ENE 2001)

Tensión asignada

U_o/U (U_m) – 36 / 60 (72,5) kV

Color exterior

Negro

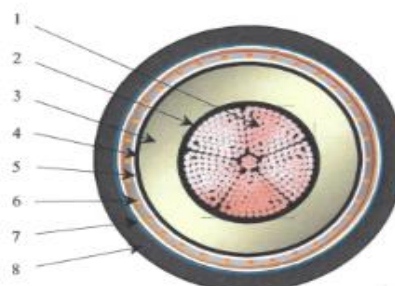
Marcado

En relieve en la cubierta, a excepción del marcado métrico en tinta (inkjet), con la siguiente información:

ENEL PERU 36/60kV XLPE 1x1200/225 Cu CABELTE AÑO(xx)
M.M.

M.M. = Marcado métrico

XHIOLE(be) 1x1200/225 36/60kV



Diseño esquemático

Legenda:

- 1 – Conductor segmentado (tipo Milliken) de cobre, circular, multifilar, compacto, de la clase 2 según la norma IEC 60228. Encintado con cinta semiconductora.
- 2 – Compuesto semiconductor.
- 3 – Aislamiento de XLPE.
- 4 – Compuesto semiconductor.
- 5 – Cinta semiconductora hinchable, aplicada en hélice.
- 6 – Corona de alambres de cobre recocido, dispuestos en hélice abierta. Sobre los alambres, se aplica un fleje de cobre, en hélice abierta.
- 7 – Cinta semiconductora hinchable, aplicada en hélice.
- 8 – Cubierta exterior de lámina de aluminio adherida al HDPE, con camada semiconductora extruida.

Figura 2. Cable de 1200 mm² Cu

Tabla2.
Características del cable subterráneo

ITEM	DESCRIPCION	Unidad	SOLICITADO 60 kV	OFRECIDO	Observación
13	Modelo (designación de fábrica)	-		XHIOLE(be)	(**)
14	Norma de construcción y ensayos	-	IEC 60840	IEC 60840	(**)
15	Tensión nominal entre fases	KV	60	60	(**)
16	Tensión máxima entre fases	kV	72,5	72,5	(**)
17	Tensión nominal entre conductor y tierra	KV	36	36	(**)
18	Frecuencia nominal de la tensión de servicio	Hz	60	60	(**)
19	Cantidad de ternas por zanja	-	2	2	(**) s/pedido
20	Disposición de las ternas	-	Trebolillo/Flat	Trebolillo	Ver Esquemas
21	Factor de carga de las ternas	-	Ver Diagrama de cargas		
22	Corriente a transmitir por terna (con las dos en servicio a tensión nominal)	MVA	104	104,2	(**) s/pedido
23	Potencia aparente nominal a transmitir por terna a tensión nominal (estando una de ellas fuera de servicio)	MVA	120	123	(**)
24	Tensión resistida de impulso atmosférico con onda 1,2 / 50 mseg	KVcr	325	325	(**)
25	Tensión resistida a frecuencia industrial	KVef	Inf. Fabricante	90, 30min	(**)
26	Tensión máxima inducida en cualquier punto de la vaina metálica	V	85	134V/km (85V, 634m)	(**) s/pedido
27	Tensión a la tracción admisible del cable	Kg/mm ²	Inf. Fabricante	5	(*)
28	Tiro máximo de la cabeza de tiro del cable	Kg	Inf. Fabricante	6000	(*)
29	Radio mínimo de curvatura del cable				
	29.1 - Cuando esté sometido a tracción (durante el tendido)	mm	Inf. Fabricante	2580	(**)
	29.2 - Cuando no esté traccionado (ejecución del terminal exterior)	mm	Inf. Fabricante	2580	(**)
30	Diámetro exterior del cable	mm	Inf. Fabricante	86	(*)
31	Conductor				
	31.1 - Material	-	Cobre electrolítico	Cobre electrolítico	(**)
	31.2 - Forma y tipo	-	segmentado compactado	Milliken	(**)
	31.3 - Sección nominal	mm ²	1200	1200	(**)
	31.4 - Diámetro exterior	mm	Inf. Fabricante	42,5	(*)
	31.5 - Número de hilos o planchuelas por capa		Inf. Fabricante	(1+6) + 5 x (1+6+12+18+24+29)	(**)
	31.6-Dimensiones de hilos o planchuelas antes del cableado	mm ²	Inf. Fabricante	7 / 2,9	(*)
	31.7 - Resistencia máxima a la tracción de los hilos o planchuelas antes de compactar	N/mm ²	Inf. Fabricante	205	(*)
	31.8 - Resistencia eléctrica en corriente continua a 20°C	Ohm. km	Inf. Fabricante	0,0151	(**)
32	Cinta termoplástica sobre el conductor				
	32.1 - Material	-	Compuesto termoestable	Compuesto termoestable	(*)
	32.2 - Espesor nominal	mm	Inf. Fabricante	0,2	(*)
	32.3 - Ancho	mm	Inf. Fabricante	50	(*)
	32.4 - Solapado referido al ancho	%	Inf. Fabricante	50	(*)
	32.5 - Resistividad volumétrica (máxima a 20 °C)	Ohm.m	Inf. Fabricante	500	(*)

ITEM	DESCRIPCION	Unidad	SOLICITADO	OFRECIDO	Observación
			60 kV		
33	Vaina semiconductora interna sobre la cinta termoplástica				
	33.1 - Material	-	XLPE semiconductor	XLPE semiconductor	(**)
	33.2 - Espesor Mínimo	mm	Inf. Fabricante	1,5	(*)
	33.3 - Espesor Nominal	mm	Inf. Fabricante	1,8	(*)
	33.4 - Espesor Máximo	mm	Inf. Fabricante	2,1	(*)
	33.5 - Resistividad volumétrica (máxima a 23°C)	Ohm.m	Inf. Fabricante	1	(**)
	33.6 - Máximo alargamiento bajo carga	%	Inf. Fabricante	175	(*)
	33.7 - Máximo alargamiento remanente luego del envejecimiento	%	Inf. Fabricante	15	(*)
	33.8 - Densidad a 20°C	kg/cm ³	Inf. Fabricante	1,135x10 ⁻³	(*)
34	Aislación				
	34.1 - Material	-	XLPE (ver 5.3.4)	XLPE	(**)
	34.2 - Permitividad relativa a 20 °C		Inf. Fabricante	2,5	(**)
	34.3 - Gradiente de potencial máximo	kV/mm	3,3	3,3	(**)
	34.4 - Espesor máximo	mm	Inf. Fabricante	11,5	(*)
	34.5 - Espesor nominal	mm	11	11,0	(*)
	34.6 - Espesor mínimo	mm	Inf. Fabricante	10,5	(*)
	34.7 - Máximo alargamiento bajo carga	%	Inf. Fabricante	175	(*)
	34.8 - Máximo alargamiento remanente	%	Inf. Fabricante	15	(*)
	34.9 - Mínimo alargamiento de rotura	%	Inf. Fabricante	200	(*)
	34.10 - Alargamiento de rotura después del envejecimiento como porcentaje del valor inicial	%	Inf. Fabricante	±25	(*)
	34.11 - Mínima resistencia a la tracción	N/mm ²	Inf. Fabricante	12,5	(*)
	34.12 - Resistencia a la tracción luego del envejecimiento como porcentaje del valor inicial	%	Inf. Fabricante	±25	(**)
	34.13 - Densidad a 20 °C	Kg/cm ³	Inf. Fabricante	0,922x10 ⁻³	(**)
35	Vaina semiconductora sobre la aislación				
	35.1 - Material	-	XLPE semiconductor	XLPE semiconductor	(**)
	35.2 - Espesor Mínimo	mm	Inf. Fabricante	1,0	(*)
	35.3 - Espesor Nominal	mm	Inf. Fabricante	1,2	(*)
	35.4 - Espesor Máximo	mm	Inf. Fabricante	1,5	(*)
	35.5 - Resistividad volumétrica (máxima a 20 °C)	Ohm.m	Inf. Fabricante	1	(**)
	35.6 - Máximo alargamiento bajo carga	%	Inf. Fabricante	175	(*)
	35.7 - Máximo alargamiento remanente luego del envejecimiento	%	Inf. Fabricante	15	(*)
	35.8 - Densidad a 20 °C	kg/cm ³	Inf. Fabricante	1,135x10 ⁻³	(*)
36	Barrera semiconductora contra la propagación de la humedad				
	36.1 - Materiales constructivos	-	Cinta higroscópica	Cinta higroscópica	(**)
	36.2 - Dimensiones				
	36.2.1 - Espesor nominal	mm	Inf. Fabricante	0,41	(*)
	36.2.2 - Ancho	mm	Inf. Fabricante	50	(*)
	36.2.3 - Solapado referido al ancho	%	Inf. Fabricante	15	(*)
	36.3- Resistividad volumétrica (máxima a 20 °C)	Ohm.m	Inf. Fabricante	1000	(*)
37	Pantalla metálica				
	37.1 - Extruida	-	No	No	(**)
	37.2 - Material	-	Hilos de Cobre y film de Aluminio	Hilos de Cobre	(**)
	37.3 - Espesor nominal	mm	Inf. Fabricante	Ø hilos = 2,19	(*)
	37.4 - Espesor mínimo	mm	Inf. Fabricante	2,185	(*)
	37.5 - Sección nominal	mm ²	Inf. Fabricante	225	(*)
	37.6 - Diámetro exterior	mm	Inf. Fabricante	76	(*)
	37.7 - Resistencia ohmica en corriente continua a 20°C	ohm/km	Inf. Fabricante	0,081	(*)
38	Vaina o envoltura exterior				
	38.1 - Material de terminación de HDPE	-	Capa de grafito	HDPE + Capa semiconductora extruida	(**)
	38.2 - Espesor nominal	mm	Inf. Fabricante	3,7 + 0,3	(*)
	38.3 - Espesor mínimo	mm	Inf. Fabricante	3,06 + 0,1	(*)
	38.4 - Resistencia a la tracción (mínima)	N/mm ²	Inf. Fabricante	12,5	(*)
	38.5 - Resistencia a la tracción luego de envejecimiento como porcentaje del valor inicial	%	Inf. Fabricante	No aplica	(*)
	38.6 - Alargamiento de rotura (mínimo)	%	Inf. Fabricante	300	(*)
	38.7 - Alargamiento de rotura luego de envejecimiento como porcentaje del valor inicial	%	Inf. Fabricante	No aplica (mínimo 300%)	(*)
	38.8 - Color	-	Negro	Negro	(**)
	38.9 - Densidad a 20 °C	kg/cm ³	Inf. Fabricante	0,958x10 ⁻³	(*)
	38.10 - Resistividad térmica	°C.m/W	Inf. Fabricante	3,5	(*)

2.2.1.2 Disposición de los cables.

Las fases estarán dispuestas en Tresbolillo, y cada uno de los cables irá por el interior de un tubo de polietileno de alta densidad (HDPE) de 160 mm de diámetro exterior, quedando todos los tubos embebidos en un prisma de concreto (ductos de concreto).

La profundidad de la zanja a realizar para el soterramiento de la línea subterránea de alta tensión, salvo cruzamientos con otras canalizaciones que obliguen a variar la profundidad típica de la línea, será de 1,50 metros y la anchura de la zanja será de 0,60 m para simple terna y 1,20 m para doble terna.

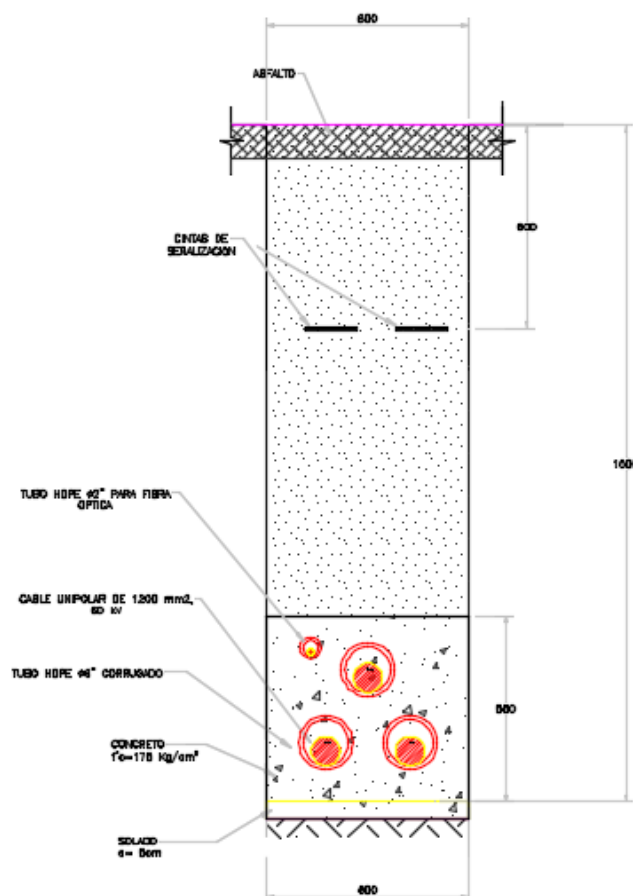


Figura 3. Disposición típica de cables simple terna

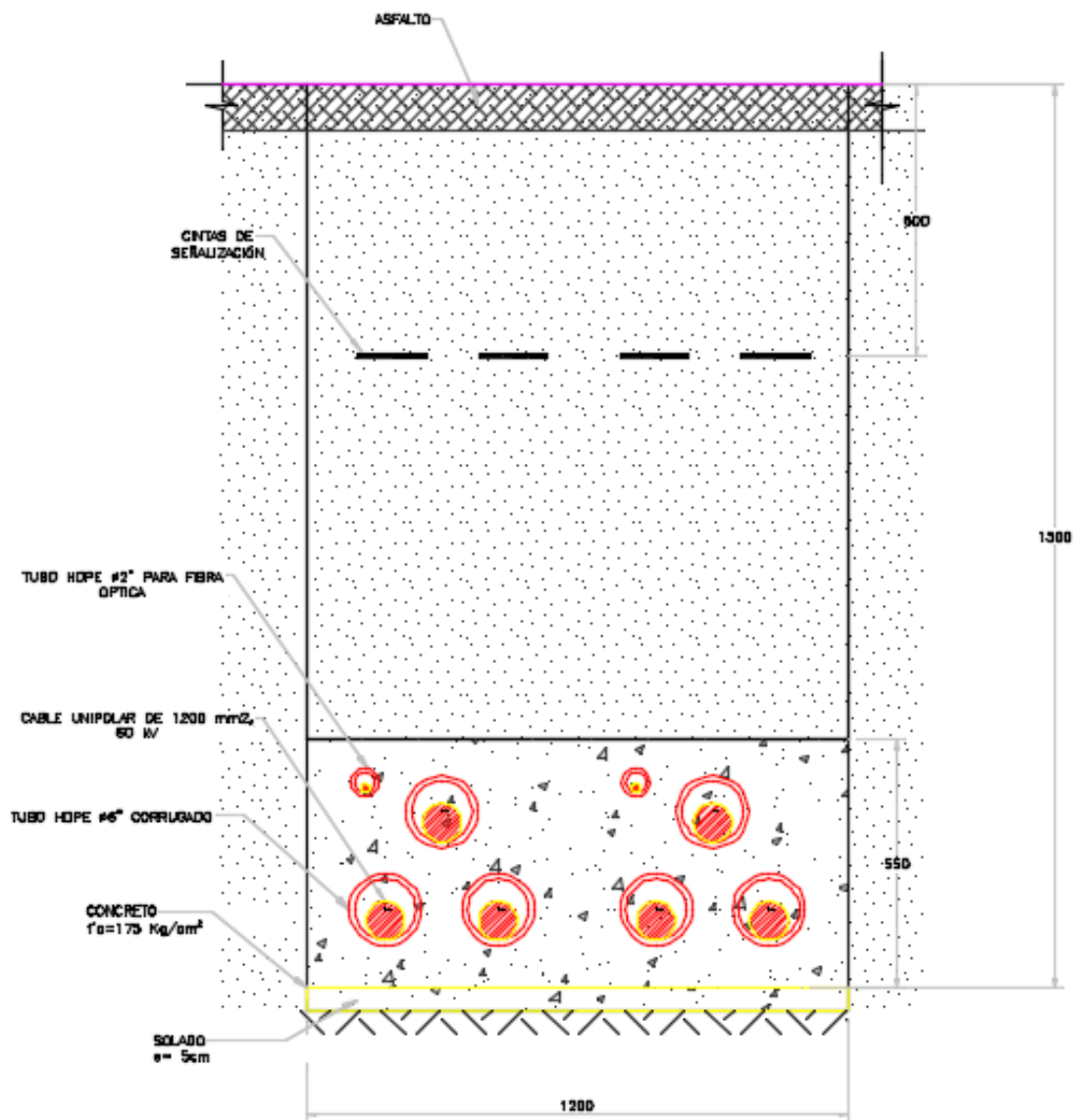


Figura 4. Disposición típica de cables doble terna

2.2.1.3 Empalmes.

Las características técnicas de los empalmes deberán ser compatibles con los cables que unen, así como con el sistema subterráneo global y condiciones de operación de la instalación a la que van destinados.

Los empalmes serán probados en fábrica previamente al montaje para cada cable en particular. Proporcionarán al menos las mismas características eléctricas y mecánicas que los

cables que unen. Tendrán al menos la misma capacidad de transporte, nivel de aislamiento, corriente de cortocircuito, protección contra entrada de agua, protección contra degradación, etc.

La conexión del conductor deberá realizarse con una boquilla de compresión. Sólo se aceptarán los siguientes tipos de empalme:

- Premoldeado de una sola pieza
- Moldeado tipo extrusión
- Prefabricados de tres piezas

Cada juego de empalmes se suministrará con todos los accesorios y pequeño material necesarios para la confección y conexionado de pantallas.

Características eléctricas

Corriente:	Alterna trifásica
Frecuencia:	60 Hz
Tensión nominal:	60 kV
Tensión más elevada para el material:	72,5 kV
Tensión soportada a impulso tipo rayo:	350 kV

Composición

La composición general de los empalmes para cables unipolares de aislamiento seco 60/72,5 kV será la siguiente:

Cubierta de protección y material de protección sobre la pantalla

Pantalla del empalme y perfil de control de gradiente

Reconstitución del aislamiento

Conexión de los conductores y electrodo de unión

Accesorios y pequeño material

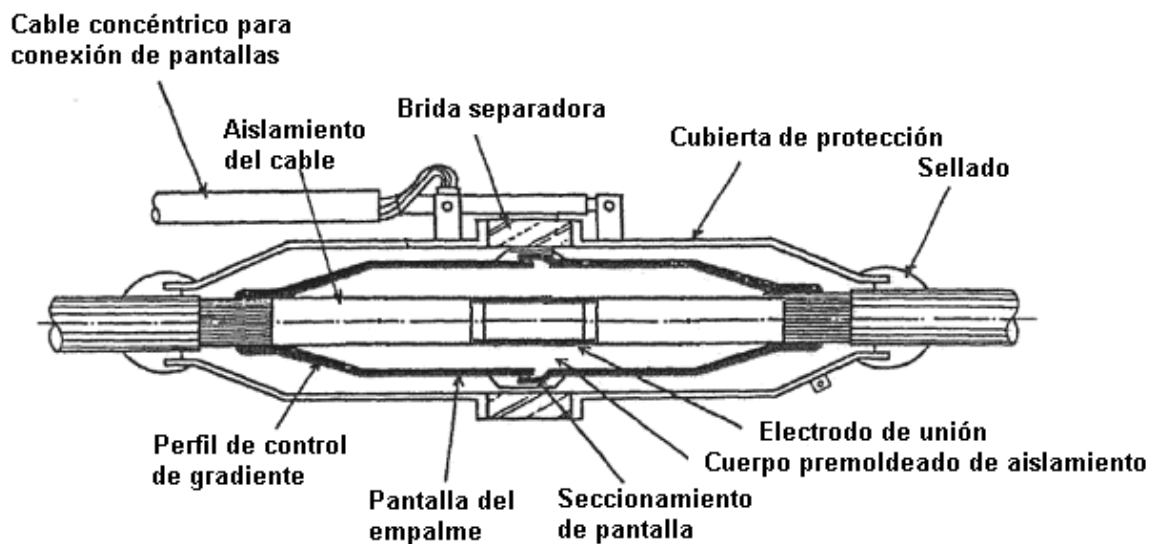


Figura 5. Composición de terminales

Características constructivas

Los empalmes deberán ser diseñados y probados para cada cable aislado de 60/72,5 kV en particular. Se comprobará especialmente las compatibilidades con respecto a:

Tipo de construcción del cable

Dimensiones (diámetro, área, excentricidades, tolerancias máximas)

Temperatura máxima de operación (tanto en continuo como bajo sobrecargas y cortocircuito)

Aislamiento y capas semiconductoras (compatibilidad física y química)

Esfuerzos mecánicos y de cortocircuito

Gradiente máximo de campo eléctrico

Tipo de instalación a la que se destina

Cubierta de protección

Protegerá el empalme, soportará los esfuerzos mecánicos y proporcionará estanqueidad total frente a la entrada de agua. En caso de empalme con separador de pantallas, la cubierta protectora deberá estar provista de una salida para el cable concéntrico de conexión de pantallas y una brida aislada separadora. Se tendrá en cuenta el tipo de instalación a la que se destina (en galería o enterrada).

En la zona de unión con el cable deberá disponerse de protección mecánica adecuada para evitar daños causados por la transmisión de esfuerzos (tanto axiales como transversales) y garantizar la completa estanqueidad de la unión (barrera contra la penetración radial y longitudinal de agua).

Como protección de la pantalla dentro de la carcasa exterior se emplearán materiales adecuados para evitar la entrada de agua, como relleno de material sellador anti humedad, manguito retráctil, etc.

Pantalla del empalme

Permitirá la conexión de pantallas sin suponer una disminución de la sección efectiva de las mismas. Se dispondrá del adecuado perfil de control de gradiente. En caso de empalme con separador de pantallas, las pantallas y semiconductoras exteriores quedarán separadas mediante un anillo seccionador aislante.

Reconstitución del aislamiento

Estará formado por las siguientes capas:

Capa semiconductor interna sobre la conexión de conductores.

Aislamiento: Cuerpo premoldeado de una o varias piezas, probado en fábrica.

Capa semiconductor externa sobre aislamiento.

2.2.1.4 Conexión de las pantallas de los cables y terminal.

Con objeto de minimizar las pérdidas por circulación de corrientes en las pantallas metálicas se realizará un conexionado de las pantallas. El conexionado de las pantallas se encuentra indicado de forma detallada en el plano “P1708045-ID-LT-PL-EL-05 Esquema Unifilar 60 kV”.

Sistema Cross Bonding

Para la presente línea se utilizará el sistema de puesta a tierra de las pantallas metálicas denominado “Cross Bonding”. Este tipo de conexión de las pantallas consiste en interrumpir las pantallas y transponer ordenadamente las conexiones de las mismas, intentando neutralizar la tensión inducida en el total de los tres tramos consecutivos, y poniendo a tierra ambos extremos de la línea.

Para ello, se divide la longitud total de la línea en secciones independientes conectadas en serie, constituidas cada una por tres tramos elementales. El número de tramos elementales debe ser múltiplo de tres y las longitudes de los tramos que componen cada sección independiente deben ser sensiblemente iguales para que el sistema quede equilibrado.

En la unión de dos secciones independientes y en ambos extremos de la línea, las pantallas se conectan rígidamente a tierra, aunque en la unión de dos secciones independientes sea una tierra local.

En los empalmes intermedios de los tramos elementales que componen cada sección independiente se realiza la permutación de las fases y de las pantallas y se conectan las pantallas de los tres cables a tierra a través de descargadores de tensión.

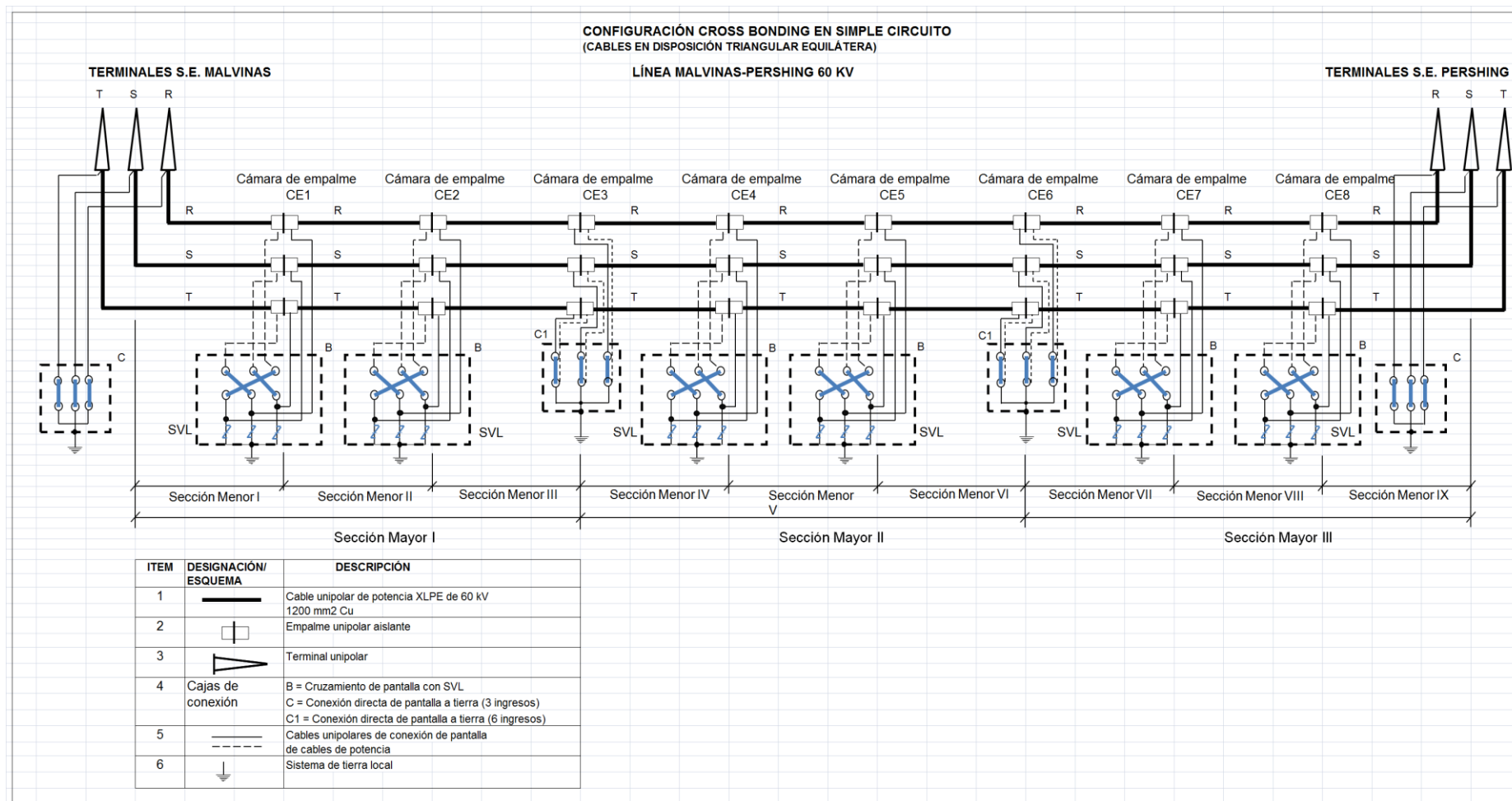


Figura 6. Esquema de conexión L.T. 60 kV Malvinas - Pershing

2.2.1.5 Cable unipolar.

Se emplea para las cajas de cruzamiento de pantallas (cross-bonding); esta condición dependerá de la longitud permisible entre cámaras de empalme, según el nivel de tensión inducida. Deberán tener un aislamiento de XLPE apropiado para soportar las tensiones inducidas, una cubierta de PVC o PE y una sección de conductor capaz de soportar las corrientes de cortocircuito, el aislamiento debe soportar tensiones mayores a 3 kV en cortocircuito 3 ϕ .

2.2.1.6 Cable para conexión de pantalla (unipolar).

Se emplearán un cable unipolar para conectar a tierra las pantallas del cable. Deberán tener un aislamiento de XLPE apropiado para soportar las tensiones inducidas, una cubierta de PVC o PE y una sección de conductor capaz de soportar las corrientes de cortocircuito.

Los espesores del aislamiento y la cubierta se indican en coordinación con El propietario, el aislamiento debe soportar tensiones mayores a 3 kV en cortocircuito 3 ϕ .

2.2.1.7 Características de la obra civil

Características de la zanja

En la zanja las fases estarán dispuestas en planta. Cada uno de los cables irá por el interior de un tubo de polietileno de alta densidad (HDPE), quedando todos los tubos embebidos en un prisma de concreto (ductos en concreto) que sirve de protección a los tubos y provoca que éstos estén rodeados de un medio de propiedades de disipación térmica definida y estable en el tiempo.

El tubo de polietileno de alta densidad (HDPE) que se dispone para los cables de potencia tendrá un diámetro exterior de 160 mm. También se instalará un tubo liso de

polietileno de alta densidad de 50 mm de diámetro para la colocación de los cables de comunicaciones de fibra óptica.

Los cambios de dirección del trazado de la línea subterránea se realizarán con radios de curvatura no inferiores a 10,0 m (60 veces el diámetro exterior del tubo) con motivo de facilitar la operación de tendido.

Se deberá tener especial cuidado en la colocación de los tubos evitando rebabas y hendiduras producidas por el transporte de los mismos, realizando una inspección visual antes de montar cada tubo, desechando los tubos que presenten fisuras, aplastamiento o cualquier tipo de defecto.

Las uniones de los tubos deberán tener un sellado eficaz con objeto de evitar que a través de las mismas puedan penetrar materiales sólidos o líquidos procedentes de los trabajos a realizar durante la obra civil o posteriormente que pudieran dificultar el desarrollo normal de las operaciones de tendido de los cables (agua, barro, concreto, etc.).

Durante el trabajo de colocación de los tubos se deberá instalar en su interior una cuerda guía para facilitar el posterior mandrilado de los tubos. Estas guías deberán ser de nylon de diámetro no inferior a 10 mm.

Los tubos irán colocados en un ducto, en cada terna estarán separados 0,25 y 0,30 m de eje a eje, y entre ternas estarán separados 0,35 para una profundidad de 1.50m y 0,30 m para profundidades desde 2.50 hasta 3.50 m, para luego ser embebidos en concreto de 175 kg/cm².

El material de relleno debe estar libre de raíces, materiales de desecho de la construcción u otros materiales objetables, este material de relleno deberá ser de material afirmado.

Todas las canalizaciones llevarán una cinta preventiva de polietileno de color rojo, con dimensiones mínimas de 100 milímetros de ancho, espesor 0.10 mm, con una nota: CABLES DE 60.000 VOLTIOS – ENEL” en letras de color negro, impresas a intervalos como máximo cada 200 milímetros a lo largo de ésta. La cinta se colocará a una profundidad de 500 milímetros de la superficie y debe ubicarse 03 cintas en lo ancho del ducto.

En calle, cruces de calle y en acera, se debe usar concreto como relleno fluido previo, con resistencia de 50 kg/cm².

El acabado de la superficie de la canalización será igual o mejor al que tenía el sitio antes de la obra.

Una vez finalizadas todas las obras de construcción civil, el constructor o contratista deberá verificar todos los conductos, pasando un cilindro metálico para comprobar que no estén obstruidos o deformados. Éste mandrilado se realizará en los dos sentidos de todos los tubos, tanto los tubos de los cables de potencia como los tubos de telecomunicaciones (incluido el de reserva). Posterior a este paso, se debe soplar, limpiar y sellar cada uno de ellos, dichos sellos serán retirados únicamente de los conductos donde se instalarán los cables. El tamaño de los dispositivos de verificación y limpieza deben ser aptos para el diámetro de tubo por verificar.

Mandrilado

Para realizar dicho mandrilado se emplearán mandriles adecuados a las dimensiones de cada tubo.

El mandril deberá recorrer la totalidad de los tubos y deslizarse por ellos sin aparente dificultad. El mandril deberá arrastrar una cuerda guía que servirá para el tendido del piloto que se empleará posteriormente en el tendido de los cables. La cuerda guía deberá ser de nylon

de diámetro no inferior a 10 mm para los tubos de los cables de potencia y de diámetro no inferior a 5 mm para los tubos de telecomunicaciones.

Una vez hayan sido mandrilados todos los tubos sus extremos deberán ser sellados con espuma de poliuretano o tapones para evitar el riesgo de que se introduzca cualquier elemento (agua, barro, roedores, etc.) hasta el momento en que vaya a ser realizado el tendido de los cables.

Cámaras de empalme

Las cámaras de empalme estarán dispuestas a lo largo del trazado y serán ejecutadas para albergar los empalmes de los cables de potencia y las cajas de conexión de pantallas, en base a los planos.

2.2.1.8 Tendido.

El tendido de los cables consiste en desplegar los mismos a lo largo de la línea, pasándolos por los rodillos o tubos situados en la canalización.

Antes de empezar el tendido de los cables habrá que limpiar el interior del tubo, asegurar que no haya cantos vivos, aristas y que los tubos estén sin taponamientos. Con este fin se realizará un nuevo mandrilado de todos los tubos de la instalación utilizando los mandriles adecuados a las dimensiones de cada tubo.

Igualmente, antes de empezar el tendido de los cables se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el mismo y así mismo poder asignar el extremo de la instalación desde donde se debe realizar el esfuerzo de tiro.

En el caso de trazado con pendiente es preferible realizar el tendido en sentido descendente.

Las bobinas se situarán alineadas con la traza de la línea. El ángulo de tiro del cable con la horizontal no será superior a 10°.

Si existiesen curvas o puntos de paso dificultoso, próximos a uno de los extremos de la canalización, es preferible situar la bobina en el otro extremo a fin de que durante el tendido queda afectada la menor longitud del cable posible.

Para realizar el tendido de los cables se empleará el sistema de tiro con freno y cabestrante. Tanto el cabestrante como la máquina de frenado deberán estar anclados sólidamente al suelo para que no se desplacen ni muevan en las peores condiciones de funcionamiento.

La máquina de frenado estará compuesta por un sistema de gatos hidráulicos, eje soporte de bobina y dispositivo hidráulico de frenado, debiendo elevar la bobina del orden de 0,10 a 0,15 m respecto del suelo para hacer posible el giro de la misma. Los pies de soporte del eje deberán estar dimensionados para asegurar la estabilidad de la bobina durante su rotación. El dispositivo de frenado deberá ser reversible, poder actuar de cabestrante en caso de necesidad y disponer de dinamómetro. El cable al salir de la bobina se mantendrá a la tensión mecánica suficiente para que no se produzcan flojedades.

2.2.1.9 Cruzamientos.

La separación entre un sistema de conductos y otras estructuras subterráneas puestas en paralelo, será lo suficientemente amplia para que permita el mantenimiento del sistema sin ocasionar daños a las estructuras puestas en paralelo.

Un conducto que cruce sobre otra estructura subterránea o cimiento tendrá una separación suficiente para limitar las posibilidades de daño a cada estructura.

Toda instalación de acometida subterránea quedará ubicada en el lado exterior del inmueble y a una profundidad no menor de 1,50 m. (Regla 070-012 y Tabla 53 CNE-Utilización).

Para la definición de las distancias mínimas de seguridad, hacia las instalaciones subterráneas de terceros, se tomará en cuenta el Código Nacional de Electricidad (CNE – Utilización, Suministro), Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), así como las recomendaciones dadas por las mismas Empresas de Servicios Públicos, en función a ello, se ha elaborado la siguiente Tabla:

Tabla3.
Distancias de Seguridad a Servicios Públicos

ITEM	SEDAPAL	TELEFÓNICA	ENEL	CÁLIDDA
CNE – Suministro 2011(*)	> 300 mm (*)	> 300 mm (*)	> 300 mm (*)	> 500 mm (*)
IM3 (**)	300 mm	300 mm	300 mm	600 mm

2.2.2 Códigos y Normas

Los códigos y Normas a aplicar serán, como requerimiento mínimo, las últimas ediciones y/o enmiendas indicadas en:

- Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Ley N° 25844
- Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas (D.S. N° 009-93-EM).
- Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas, aprobado por Decreto Supremo N° 0229-94-EM.

- Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades Eléctricas, aprobado por Resolución Ministerial N° 161-2007-EM/DM.
- El Código Nacional de Electricidad, Suministro 2011 aprobado por Resolución Ministerial N° 214-2011-MEM/DM.
- Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Normas Técnicas del Seguro Complementario de Trabajo de Riesgos D.S. 003 – 98 –SA
- Código Nacional de Electricidad – Utilización, aprobado por Resolución Ministerial N° 37-2006-MEM-DM DEL 17/01/06.
- Norma DGE – Terminología en Electricidad, aprobada por Resolución Ministerial N° 091-2002-EM/VME.
- Norma DGE – Símbolos Gráficos en Electricidad, aprobada por Resolución Ministerial N° 091-2002-EM/VME.
- Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas (D.S. N° 027-2011-EM del 11/06/11).
- Ley que regula la Seguridad y Salud en el Trabajo Ley N° 29783.
- Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad, aprobado por Resolución Ministerial N° 111-2013-MEM/DM del 21/03/13.
- Ordenanza N° 203 de la Municipalidad Provincial de Lima – Reglamento para la ejecución de obras en áreas de uso público.
- Ordenanza N° 059 de la Municipalidad Provincial de Lima – Ordenanza por la que se reglamenta la interferencia de vías públicas que impliquen la alteración del tránsito de vehículos en la Provincia de Lima.
- Sistema Metropolitano de Gestión de Residuos Sólidos, aprobado por la Municipalidad Metropolitana de Lima mediante Ordenanza N° 295.

- Reglamento de la Ordenanza N° 295 de la Municipalidad Metropolitana de Lima, aprobado por Decreto de Alcaldía N° 147.
- Procedimiento para la Supervisión Ambiental de las Empresas Eléctricas aprobado por Resolución de Consejo Directivo N° 245-2007-OS/CD.
- Ley General del Ambiente – Ley N° 28611.
- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, aprobado por Decreto Supremo N° 085-2003-PCM.
- Ley de Modernización de la Salud – Ley N° 26790.
- Reglamento de la Ley de Modernización de la Salud, aprobado por Decreto Supremo N° 009-97-SA.
- Reglamento de Fiscalización Actividades Energéticas por Terceros (D.S. N° 029-97 EM).
- Reglamento de Seguridad e Higiene Ocupacional del Sub Sector de Electricidad (R.M. N° 263-2001-EM/VME).
- Ley General de Residuos Sólidos N° 27314.
- Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos, aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-PCM.
- Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, Ley N° 28256.
- Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, aprobado por Decreto Supremo N° 021-2008-MTC.
- Normas del OSINERGMIN.
- Otras disposiciones legales de aplicación.

- Norma IEC 60287, 1994, Cálculo de la Capacidad de Corriente de Cables en Régimen Continuo (Factor de Carga del 100 %). Esta norma es aplicable en el cálculo de la capacidad de transmisión de la línea subterránea.
- Norma UNE 21-191-92, Cálculo de las Capacidades de Transporte de los Cables para Regímenes de Carga Cíclicos y Sobrecarga de Emergencia.
- Esta norma es aplicable en el cálculo de la capacidad de transmisión de la línea subterránea.
- IEC-853-2 “Calculation of the cyclic and emergency current rating of cable – Part 2 : Cyclic rating of cables greater than 18/30 (36)kV and emergency rating for cables of all voltages.
- Norma IEC 60853-3, 2012 “Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables - Part 3: Cyclic rating factor for cables of all voltages, with partial drying of the soil”.
- Norma IEC 60949, 1988 “Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects”.
- AEIC CS9 e ICEA S-108-720
- Norma ANSI/IEEE Std 575-1 988, Guía para la aplicación de Métodos de Conexión de Pantalla en Cables Unipolares y Cálculo de Tensiones y Corrientes Inducidas en Pantalla de Cables. Esta norma es aplicable en los cálculos de tensión inducida en la pantalla conductora de los cables.
- IEC 60840, 2011 Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltajes above 30 kV ($U_m = 36$ kV) up to 150 kV ($U_m = 170$ kV) – Test methods and requirements.

Para los casos no contemplados en los documentos anteriores, se podrá aplicar las recomendaciones prescritas en las últimas ediciones y/o enmiendas indicadas en los siguientes documentos:

- DIN Deutsche Industrie Normen
- NESC National Electrical Safety Code
- CSA Canadian Standards Association
- NFPA National Electrical Fire Protection Association
- OSHA Occupational Safety and Health Administration
- AISI American Iron and Steel Institute

2.3 Definición conceptual de la terminología empleada

Aislamiento. Es el conjunto de aislantes aplicados alrededor de los conductores y destinados a aislarlos eléctricamente.

Aislado (apartado). No accesible fácilmente a personas a menos que se utilicen medios especiales de acceso.

Aislado eléctricamente. Separado de otras superficies conductoras por un dieléctrico (incluyendo el aire) que ofrece una alta resistencia al paso de la corriente. NOTA: Cuando se dice que un objeto está aislado se entiende que está aislado para las condiciones a las cuales está normalmente sujeto. De lo contrario para fines de estas reglas se le designa como no aislado eléctricamente.

Aislamiento (aplicado a cables). Lo que permite aislar un conductor de los otros conductores o de partes conductoras o de la tierra.

Aislante. Es un material cuya conductividad eléctrica es nula o muy pequeña.

Alambre. Es el producto de cualquier sección maciza, obtenido a partir del alambión por trefilación, laminación en frío o ambos procesos combinados, resultando un cuerpo de metal estirado, generalmente de forma cilíndrica y de sección circular.

Armadura. Es la protección metálica contra efectos mecánicos, constituida por alambres de sección circular o rectangular, flejes (bandas) o trenzas colocadas sobre un cable.

Buzón de inspección. Un recinto subterráneo en el cual el personal puede entrar y que es utilizado con el propósito de instalar, operar y mantener equipos y cables subterráneos.

Buzón de registro. Una abertura de acceso, prevista en un equipo o en un recinto subterráneo relacionado con líneas subterráneas, en el cual el personal puede tener acceso sin poder entrar, con el propósito de instalar, operar o mantener equipos, o cables o ambos. **Cable.** Un conductor con aislamiento, o un conductor con varios hilos trenzados, con o sin aislamiento y otras cubiertas (cable monopolar o unipolar) o una combinación de conductores aislados entre sí (cable de múltiples conductores o multipolar).

Cable subterráneo. Conjunto de conductores aislados entre sí, con una o más cubiertas y que puede ir directamente enterrado.

Calzada. La porción de una calle o autopista incluyendo los carriles de parada de emergencia para uso vehicular.

Cámara. Un recinto estructuralmente sólido situado encima o debajo del suelo con acceso restringido a personal calificado para instalación, mantenimiento, operación, e inspección del equipo o cables alojados en el recinto, El recinto puede tener aberturas para ventilación, acceso del personal, entrada de cables, y otras aberturas necesarias para la operación de los equipos alojados en la cámara.

Canalización. Cualquier canal diseñado expresamente para ser utilizado con el único propósito de alojar conductores.

Capacidad de corriente. Es la capacidad de conducir corriente de un conductor eléctrico bajo condiciones térmicas establecidas, expresada en amperes.

Cinta señalizadora. Cinta de material resistente y duradero a los agentes ambientales, llama la atención y señala el peligro y cuidados a tener con el material o producto que está después de ella y que podría ocasionar riesgo o accidente sino se tiene en cuenta su leyenda.

Conductor. Un material, usualmente en forma de alambre, cable o barra capaz de conducir corriente eléctrica.

Conductor aislado. Un conductor cubierto con un dieléctrico diferente al aire y que tenga un nivel de aislamiento igual o superior a la tensión de utilización del circuito.

Distancia mínima de acercamiento. La distancia más cercana a la que un empleado calificado se le permite acercarse a un objeto energizado o puesto a tierra, según corresponda al método de trabajo utilizado.

Línea. Es una disposición de conductores, materiales aislantes y accesorios para transmitir electricidad entre dos puntos de un sistema.

Pantalla sobre la aislación. Una envoltura que encierra el aislamiento de un cable y proporciona una superficie equipotencial en contacto con el aislamiento del cable.

Puesto a tierra. Conectado a tierra o en contacto con ella o conectado a un cuerpo conductivo que actúe como la tierra.

dada de tensión con el fin de tener una designación adecuada. La tensión de operación del sistema puede variar por encima o por debajo de este valor.

Tensión de jalado de cable. La fuerza longitudinal ejercida en un cable durante su instalación.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación es Aplicada: Por qué se trata de utilizar los conocimientos teóricos de líneas subterráneas para solucionar un problema concreto que es el aumento creciente de la demanda eléctrica. **El diseño de la investigación es no experimental:** En la investigación no se va a alterar las variables de estudio.

3.2 Hipótesis

Si dimensionamos una línea subterránea en 60 kV entonces se podrá atender a la creciente demanda de energía eléctrica en los distritos de Breña, Cercado de Lima, Jesús María, Magdalena del Mar y Pueblo Libre.

3.3 Variables – Operacionalización

X: Variable independiente:

Diseño de una línea subterránea

Y: Variable dependiente:

Energía eléctrica

Tabla4.

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
Independiente: Línea subterránea	Una línea eléctrica subterránea es un conjunto de cables diseñados para la transmisión de energía eléctrica y su instalación es subterránea. Esto se realiza típicamente por propósitos estéticos, normalmente en el entorno urbano, pero también puede tener el propósito adicional de hacer las líneas de energía menos susceptibles a las interrupciones	Diseño de una línea subterránea en 60 kV.	-Capacidad de ampacidad. -Cálculo de tensiones inducidas. -Cálculo de cortocircuito. - Calculo del gradiente. -Cálculo de los niveles de campo magnético
Dependiente: Energía eléctrica	La energía eléctrica Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico	Determinar la potencia requerida	Potencia (MVA)

3.4 Métodos y Técnicas de investigación

El Método de investigación que se ha utilizado es el deductivo porque se ha considerado los conocimientos e investigaciones para aplicarlos a un lugar específico.

Las técnicas que se usaron fueron las siguientes:

a. Observación

Con esta técnica nos permitió realizar una inspección visual y lograr el tazado del recorrido de la línea subterránea de la mejor manera.

b. Análisis de documentos

Se obtuvo información en libros con relación al tema de investigación, también analizar los diferentes trabajos realizados en tesis, manuales, publicaciones en distintas páginas confiables de internet.

3.5 Descripción de los instrumentos utilizados

De acuerdo a la técnica utilizada tenemos los siguientes instrumentos

Tabla5.

Técnicas e instrumentos

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Observación directa	Cuaderno de apuntes, fichas de campo, fotografías.
Análisis de contenido	Libros, tesis, revistas, páginas web de internet

3.6 Análisis Estadístico e interpretación de los datos

En esta etapa y con el conocimiento necesario para hacer frente a la demanda de energía eléctrica se necesita una línea subterránea con una capacidad de 100 MVA para lo cual se propuso el cable de energía con la sección de XLPE - 1200 mm² que se verificará por medio de hojas de cálculo en Excel y el software CYMCAP.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

4.1 Propuesta de la investigación

Debido a la problemática existente y con la finalidad de atender la creciente demanda, en los distritos de Breña, Cercado de Lima, Jesús María, Magdalena del Mar y Pueblo Libre, en 2016, ENEL Distribución Perú incrementó la potencia total instalada en 295 MVA mediante el ingreso de las nuevas subestaciones, entre las que se encuentra la SET Malvinas 220/60 kV y SET Pershing 60/22.9/10 kV en el Cercado de Lima.

Se propone, transportar la energía a los distritos de Pueblo Libre y Jesús María desde la SET Malvinas, con el dimensionamiento de una nueva Línea Subterránea simple terna en 60 kV, cuyo trazo terminará en la SET Pershing.

La forma de instalación de la Línea Subterránea será en simple terna (1 circuito) desde la SET Malvinas hasta la SET Pershing.

4.1.1 Características generales de la Línea Subterránea 60 kV Malvinas Pershing propuesto

Las principales características de la Línea de Transmisión son:

Nivel de tensión	:	60 kV
Máxima tensión	:	72,5 kV
Frecuencia	:	60 Hz
Sistema	:	trifásico
Configuración	:	Simple terna
Instalación	:	Subterránea en ductos de concreto con tubería HDPE

Disposición de conductores : Tresbolillo

Longitud promedio : 6250 m

Cable de potencia : XLPE - 1200 mm²

Se propone entonces el cable de energía con la sección de 1200 mm² el cual será verificado mediante cálculos.

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Trazado del recorrido de la línea subterránea

Tal como se muestra en el ANEXO 01 el recorrido de la línea subterránea realizado por el área de topografía con la ayuda de un aparato electro-óptico estación total GTS-252 2" marca TTQ. Dicho recorrido se describe a continuación.

5.1.1 Salida de la S.E. Malvinas

- La línea Malvinas-Pershing 60 kV, partirá desde sus respectivas celdas GIS en la S.E. Malvinas, con los cables soportados en estructuras metálicas similares a las existentes.
- El recorrido al interior de esta subestación se hará sobre estructuras metálicas tipo H sobre el piso, ubicadas junto a la pared derecha de la Sala GIS, en el sentido progresivo hacia la S.E. Pershing; estas estructuras serán las existentes, nuevas y existentes adaptadas. Los cables de Malvinas-Pershing irán en el cuarto nivel.
- Los cables seguirán de esta forma hasta llegar a la ventana de salida ubicada en la cámara debajo del Jr. Diego Ferré, que será el punto de salida de la línea.

5.1.2 Recorrido por el Jr. Diego Ferré (Elizalde)

- La línea inicia de la S.E. Malvinas con un giro a la derecha de 90° aproximadamente. El recorrido prosigue por el Jr. Diego Ferré yendo inicialmente, entre la actual línea Malvinas-Mirones 60 kV y la proyectada Malvinas-Tacna 60 kV. Así mismo, en este tramo las líneas recorren paralelamente y al lado derecho

de una línea de alcantarillado. La otra línea existente, Malvinas-Pando 60 kV recorre por el lado izquierdo de esta arteria.

- El recorrido así descrito se mantiene hasta aproximadamente la mitad del tramo que llega a la Av. Argentina. A partir de este punto la actual línea Malvinas-Pando 60 kV se acerca al centro del Jr. Diego Ferré cruzando el trazo de la Malvinas-Tacna 60 kV y el alcantarillado, para situarse cerca y al lado izquierdo de la línea Malvinas-Mirones 60 kV. El espacio entre estas dos líneas es el espacio disponible para las líneas.
- El recorrido de la línea prosigue por la estrecha franja disponible señalada, hasta llegar a la intersección con la Av. Argentina, donde existe la cámara de paso (CP-01) de la línea Malvinas-Mirones 60 kV.

5.1.3 Cruce de la Av. Argentina

- El cruce de esta avenida se efectúa desde el punto ubicado a la altura de la CP-01, siguiendo por el lado derecho de la Malvinas-Pando 60 kV. El trazo tendrá una forma sinuosa por la presencia de un buzón de alcantarillado en la Av. Argentina y, por la rigidez ubicación del punto inicial de cruce.
- Es más, el punto final del recorrido debe quedar al lado izquierdo del Jr. Diego Ferré pasando la Av. Argentina, por lo que será necesario cruzar la actual línea Malvinas Pando 60 kV, para llegar al indicado punto final.
- Por lo anterior el cruce de la Av. Argentina debe efectuarse a una profundidad adecuada para efectuar los cruces del sistema de alcantarillado y de la línea Malvinas Pando 60 kV.

5.1.4 Recorrido por el Jr. Diego Ferré (Elizalde)

- Luego de cruzar la Av. Argentina el recorrido prosigue por el lado derecho del Jr. Diego Ferré, unos 30 m para efectuar un giro de 30° a la izquierda y cruzar esta arteria.
- Luego de este cruce se efectúa otro giro de 30° a la derecha para ubicarse al lado izquierdo del Jr. Diego Ferré y llegar hasta el vértice V-4 en la intersección con la Av. Oscar R. Benavides, donde se proyecta ejecutar una cámara ciega CC-01 por el ángulo que hace el trazo proyectado de $88^\circ 17' 25''$.

5.1.5 Recorrido por Av. Oscar R. Benavides

Desde el vértice V11 continua por la Av. Oscar R. Benavides, haciendo un ángulo de $89^\circ 47' 04''$ a la derecha y a 63,18 m se ubica el vértice V12 en la intersección con la Av. Oscar R. Benavides, donde se proyecta ejecutar una cámara de paso CP-01.

5.1.6 Recorrido por Av. Tingo María

Desde el vértice V13, haciendo un ángulo de $90^\circ 24' 37''$ a la izquierda, se cruza la Av. Oscar R. Benavides; continuando por la Av. Tingo María y a 170.86 m se ubica el vértice V15 en la intersección con la Av. José María Zorritos.

Desde el vértice V15, haciendo un ángulo de $8^\circ 31' 42''$ a la derecha continuando por la Av. Tingo María, se cruza la Av. José María Zorritos y a 36.90 m se ubica el vértice V-16, donde se proyecta ejecutar una cámara de paso CP-02.

Desde el vértice V16 haciendo un ángulo de $22^\circ 8' 34''$ a la derecha debido a la curvatura de la calle a 87.88 m se ubica el vértice V17.

Desde el vértice V17 haciendo un ángulo de $01^{\circ}35'17''$ por la curvatura de la calle a 108,40 m se ubica el vértice V18.

Desde el vértice V18 haciendo un ángulo de $10^{\circ}6'35''$ a la izquierda y a 57,21 m se ubica el vértice V19, el cual es considerado por la curvatura de la calle.

Desde el vértice V19 haciendo un ángulo de $10^{\circ}37'34''$ a la derecha y a 150,46 m se ubica el vértice V20, el cual es considerado por la curvatura de la calle. En este tramo que cruza la Calle Pariacoto se proyecta ejecutar una cámara de empalme CE-02.

Desde el vértice V20 haciendo un ángulo de $9^{\circ}49'15''$ a la derecha y a 101,28 m se ubica el vértice V21, el cual es considerado por la curvatura de la calle, este tramo cruza la Calle Aija.

Desde el vértice V21, haciendo un ángulo de $01^{\circ}00'01''$ a la izquierda y a 77,73 m se ubica el vértice V-22, el cual es considerado por la curvatura de la calle. Este tramo cruza la Calle Marcara.

Desde el vértice V22, haciendo un ángulo de $23^{\circ}40'57''$ a la derecha y a 27,44 m se ubica el vértice V23, el cual es necesario para que el trazo proyectado recorra por la berma central de la pista inferior del cruce a desnivel.

Desde el vértice V23 continua por la berma central de la Av. Tingo María, haciendo un ángulo de $23^{\circ}32'21''$ a la izquierda y a 159,67 m se ubica el vértice V24. Este tramo continúa por la berma central pista inferior del cruce a desnivel de la Av. Tingo María con la finalidad de evitar las interferencias con tuberías de sedapal y los muros del puente.

Desde el vértice V24 continua por la berma central de la Av. Tingo María, haciendo un ángulo de $10^{\circ}15'00''$ a la izquierda y a 90,59 m se ubica el vértice V25, el cual es considerado por la curvatura de la calle.

Desde el vértice V27 continua por la berma central de la Av. Tingo María, haciendo un ángulo de $12^{\circ}54'16''$ a la izquierda y a 94.12 m se ubica el vértice V17, el cual es considerado por la curvatura de la calle.

Desde el vértice V28 continuando por la berma central de la Av. Tingo María, haciendo un ángulo de $01^{\circ}21'43''$ a la derecha y a 53,10 m se ubica el vértice V18, el cual es considerado por la curvatura de la calle.

Desde el vértice V29 continuando por la berma central de la Av. Tingo María, haciendo un ángulo de $02^{\circ}57'50''$ a la derecha y a 76,68 m se ubica el vértice V30, el cual es considerado por la curvatura de la calle.

Desde el vértice V30, haciendo un ángulo de $5^{\circ}32'3''$ a la izquierda y a 51,56 m se ubica el vértice V31, el cual es ubicado para cambiar el rumbo del trazo y pasar de la berma central al lado izquierdo de la Av. Tingo María. En este último se proyecta ejecutar una cámara de empalme CE-03.

Desde el vértice V31, el trazo proyectado avanza en el lado izquierdo de la avenida y a 163.56 m se ubica el vértice V32, el cual es considerado por la curvatura de la Av. Tingo María. Este tramo cruza la Calle General Orbegoso.

Desde el vértice V34, haciendo un ángulo de $7^{\circ}47'46''$ a la derecha y a 145,33 m se ubica el vértice V35, el cual es considerado por la curvatura de la Av. Tingo María.

Desde el vértice V35, haciendo un ángulo de $1^{\circ}54'1''$ a la derecha y a 123,49 m se ubica el vértice V36, el cual es considerado por la curvatura de la Av. Tingo María.

Desde el vértice V36, haciendo un ángulo de $1^{\circ}54'22''$ a la derecha y a 63,28 m se ubica el vértice V37, el cual es considerado por la curvatura de la Av. Tingo María.

Desde el vértice V37, haciendo un ángulo de $0^{\circ}58'8''$ a la izquierda y a 499,05 m se ubica el vértice V38, en donde se proyecta ejecutar una cámara ciega CC-02. Asimismo, a la altura de la Av. Pedro Donofrio la línea cruza con la LT 60 kV existente Pershing Pando y posteriormente se instalará una cámara de empalme CE-04. Es necesario indicar que en este tramo en el lado derecho se encuentra el complejo arqueológico Mateo Salado, por lo cual el monitoreo arqueológico durante la obra será importante.

5.1.7 Recorrido por Plaza de la bandera

El vértice V38 se encuentra ubicado en la plaza de la bandera y hace un ángulo de $76^{\circ}32'52''$ con el siguiente vértice V39, tiene una longitud de 142,78 m y se tiene previsto la ejecución de una cámara de paso CP-03 en el mismo vértice V44.

5.1.8 Recorrido por Av. Paso de los Andes

Desde el vértice V44 hace un ángulo de $69^{\circ}7'17''$ con el vértice V-45 y tiene una longitud de 175,71 m. La línea estará ubicada en la pista adyacente al sardinel central, para evitar interferencias con las raíces de los árboles.

Desde el vértice V48 hace un ángulo de $5^{\circ}35'48''$ con el vértice V49 y tiene una longitud de 103,2 m, en este tramo se ubicará la cámara de empalme CE-05 entre los cruces con la avenida Colombia y el jirón J.J. Pasos Desde el vértice V51 hace un ángulo de $0^{\circ}20'23''$ con el vértice V52 y tiene una longitud de 99.37 m y cruza el Jr. Copacabana.

Desde el vértice V52 hace un ángulo de $3^{\circ}31'5''$ con el vértice V53 y tiene una longitud de 99,37 m.

El tramo V53-V54 cruza la Av. Bolívar, tendrá una longitud de 39 m.

El tramo V53-V54 tiene una longitud de 166.38 m desde el vértice V54 hacia el vértice V54 y hace un ángulo de $3^{\circ}29'59''$, su recorrido se desplazará por la avenida los Andes hasta el cruce con la calle Rodríguez de Mendoza.

El tramo V32-V33 tiene una longitud de 137 m, su recorrido va paralelo al sardinel central de la avenida Paso los Andes y cruza a las calles Los Olivos y san Lorenzo.

En el tramo V60-V61 se ubica la cámara de empalme CE-06 a la altura del cruce con la calle Clement y paseo de los andes, en su recorrido la línea subterránea cruzará transversalmente el sardinel central con afectación de un árbol, el cual deberá ser reubicado, continua y llega al vértice V62 donde se instalará la cámara ciega CC-03, dicho tramo tendrá una longitud 103,58 m.

El tramo V62 – V63 es corto de una longitud de 16.62 m y hará un ángulo de $52^{\circ}24'57''$.

En el tramo V63 – V64 la línea subterránea recorrerá por la vía asfaltada una longitud de 49,55 m y hará un ángulo de $15^{\circ}24'3''$ entre los vértices V63 y V64, dicha línea será paralela al sardinel central. El tramo V64 – V65 se ubicará en una curva que hará un ángulo de $1^{\circ}34'11''$ con una longitud de 32,4 m, el recorrido de la línea será por el centro de la vía asfaltada. Desde el vértice V66 haciendo un ángulo de $0^{\circ}51'28''$ a una distancia de 61.61 m se encuentra el vértice V38, recorrerá por el centro de la vía asfaltada hasta llegar a la caseta de Serenazgo.

Desde el vértice V67 continúa haciendo un ángulo de $1^{\circ}41'41''$ a la derecha y a 26.8 m se ubica el vértice V-68 cruzando la calle José Santiago Wagner.

Entre los vértices V68 y V69 la línea subterránea continuará por el lado derecho de la calzada de la Av. Paso de los andes hasta llegar a la intersección con la av. Brasil, este tramo tendrá un recorrido de 198.20 m y hará un ángulo entre vértices de $1^{\circ}10'40''$.

5.1.9 Recorrido por Av. Brasil

Desde el vértice V70 el trazo hace un ángulo entre vértices de $91^{\circ}41'14''$; por lo cual se ha proyectado construir la cámara de paso CP-04, este tramo ira paralelo a la avenida Brasil por la calle auxiliar por el lado derecho de la vía asfaltada para no interrumpir el tránsito en su totalidad, recorriendo una longitud de 918,83 m llegando al vértice V71, asimismo en este tramo se ubicarán la cámara de empalme CE-07.

5.1.10 Recorrido por Av. de la Policía

Desde el vértice V73 el trazo proyectado hace un ángulo de $89^{\circ}54'20''$; por lo cual se ha proyectado construir la cámara de paso CP-05, además se instalará la cámara de empalme CE-08, este tramo tendrá una longitud de 461,75 m.

5.1.11 Recorrido por Jr. Caracas

Desde el vértice V74 el trazo proyectado hace un ángulo de $89^{\circ}19'11''$; por lo cual se ha proyectado construir la cámara de paso CP-06, este tramo tendrá una longitud de 46,95 m y su recorrido ira por el jirón Caracas hasta llegar al pasaje Quiñones, la línea subterránea se instalará por el centro de la calzada para evitar las interferencias con las tuberías existentes.

5.1.12 Recorrido por Pasaje Quiñones.

Desde el vértice V75 el trazo proyectado hace un ángulo de $90^{\circ}17'31''$; por lo cual se ha proyectado construir la cámara ciega CC-04, tendrá un recorrido corto de 64,42 m, y recorrerá por la vía asfalta del pasaje Quiñones hasta llegar al vértice V76.

5.1.13 Ingreso a la SET Pershing.

Desde el vértice V77 el trazo proyectado hace un ángulo de $90^{\circ}4'$; por lo cual se ha proyectado construir la cámara ciega CC-05, hasta el vértice V78 tiene una longitud de 110,17 m y tiene un recorrido paralelo al parque Pedro la Rosa por el lado derecho de la calzada, de esta manera evita interferir con la cámara de paso existente y cruza la línea existente 60 kV Pershing Pando, llegando al vértice V79, desde donde hace un ángulo de $19^{\circ}15'46''$, para ingresar a la galería subterránea de la SET Pershing, recorriendo una longitud de 14 m, y llegar al vértice V80 y con un ángulo de $19^{\circ}28'10''$ llega a la bahía de la SET Pershing.

Tabla6.

Coordenadas del recorrido de la línea subterránea

VERTICE	COORDENADAS UTM WGS-84 ZONA 18L (m)		DISTANCIA ADELANTE (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	CAMARAS	ANGULO
	ESTE	NORTE				
	276368.48	8668043.67	32.01	5.00	BAHIA DE SALIDA	
V1	276400.46	8668044.96	14.44	37.01	CP-01 SATEL	90°2'15"
V2	276402.86	8668030.72	9.28	51.45		08°15'22"
V3	276405.09	8668021.71	314.33	60.73		-08°20'55"
V4	276437.22	8667709.03	7.10	375.06		21°18'47"
V5	276435.67	8667702.10	21.02	382.16		-21°35'07"
V6	276437.96	8667681.21	14.03	403.17		-26°13'25"
V7	276445.14	8667669.16	36.11	417.20		24°31'19"
V8	276450.26	8667633.41	10.85	453.31		01°27'53"
V9	276451.03	8667622.59	4.64	464.16		
V10	276450.01	8667618.06	218.28	468.80		
	276474.02	8667401.11	17.11	687.08	CE-01 CROSSBONDING	
V11	276475.93	8667384.11	14.17	704.19	CC-01	89°47'04"
V12	276467.09	8667373.03	53.21	718.36		
V13	276414.21	8667367.20	3.75	771.57	CP-01	-90°24'37"
V14	276411.89	8667364.25	162.91	775.31		
V15	276427.83	8667202.12	36.20	938.23		-8°31'42"
V16	276425.83	8667165.97	88.41	974.43	CP-02	-22°8'34"
V17	276388.46	8667086.95	110.06	1062.84		-0°38'13"
V18	276342.07	8666988.81	57.25	1172.89		-10°6'35"
V19	276327.07	8666933.56	146.58	1230.14		10°37'34"
	276263.68	8666802.50	4.72	1376.72	CE-02 CROSSBONDING	
V20	276261.63	8666798.25	107.27	1381.44		9°49'15"
V21	276200.00	8666712.29	73.39	1488.72		-1°02'38"
V22	276158.03	8666652.08	27.44	1562.11		23°35'26"
V23	276134.64	8666637.73	159.68	1589.55		-23°32'21"
V24	276043.21	8666506.82	30.73	1749.23		-10°15'00"
V25	276026.11	8666481.29	17.91	1779.96		
V26	276018.38	8666465.14	42.67	1797.86		
V27	276005.38	8666424.50	94.12	1840.53		-12°54'16"
V28	275986.17	8666332.36	53.10	1934.65		1°21'43"
V29	275974.10	8666280.65	76.69	1987.75		2°57'50"
V30	275952.83	8666206.97	9.09	2064.44		-5°32'3"
	275950.47	8666198.19	42.51	2073.53	CE-03	
V31	275943.02	8666156.34	44.14	2116.04		-8°17'25"
V32	275929.09	8666114.45	35.40	2160.18		
V33	275922.36	8666079.69	84.02	2195.58		
V34	275911.35	8665996.40	152.99	2279.60		7°47'46"
V35	275870.91	8665848.85	115.82	2432.59		1°54'1"
V36	275836.61	8665738.23	63.68	2548.41		1°54'22"
V37	275815.74	8665678.07	157.35	2612.09		-0°58'8"
	275766.69	8665528.56	319.94	2769.44	CE-04 CROSSBONDING	
V38	275666.95	8665224.56	12.35	3089.38	CC-02	76°32'52"
V39	275671.35	8665213.01	23.62	3101.74		
V40	275689.62	8665198.04	30.34	3125.36		
V41	275705.51	8665172.19	17.35	3155.70		

VERTICE	COORDENADAS UTM WGS-84 ZONA 18L (m)		DISTANCIA ADELANTE (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	CAMARAS	ANGULO
	ESTE	NORTE				
V42	275709.92	8665155.40	14.30	3173.06		
V43	275710.81	8665141.14	38.03	3187.35		
V44	275701.00	8665104.40	6.66	3225.38	CP-03	69°7'17"
V45	275702.45	8665097.90	90.73	3232.04		
V46	275769.53	8665036.80	27.90	3322.77		
V47	275788.11	8665015.98	58.89	3350.67		
V48	275820.34	8664966.70	26.92	3409.56		5°35'48"
V49	275832.09	8664942.47	24.91	3436.49		
	275841.15	8664919.27	24.29	3461.39	CE-05 CROSSBONDING	
V50	275848.27	8664896.06	27.06	3485.68		
V51	275854.16	8664869.64	99.37	3512.74		0°20'23"
V52	275872.91	8664772.05	92.60	3612.12		3°3'15"
V53	275884.77	8664680.21	39.06	3704.72		4°38'30"
V54	275886.62	8664641.19	162.66	3743.78		3°29'59"
V55	275884.40	8664478.54	24.64	3906.45		3°40'26"
V56	275882.53	8664453.97	37.96	3931.09		
V57	275878.56	8664416.21	31.16	3969.06		
V58	275874.30	8664385.35	43.72	4000.21		
V59	275866.81	8664342.28	43.31	4043.93		0°3'28"
V60	275859.15	8664299.66	68.65	4087.23		
	275849.68	8664231.66	36.42	4155.89	CE-06	
V61	275847.01	8664195.34	0.00	4192.31		
V62	275847.01	8664195.34	16.21	4192.31	CC-03	-52°24'47"
V63	275859.96	8664185.57	49.31	4208.52		-15°24'3"
V64	275908.51	8664176.94	16.13	4257.83		1°34'11"
V65	275923.93	8664172.19	16.14	4273.97		
V66	275937.61	8664163.63	69.48	4290.10		0°51'28"
V67	275992.05	8664120.46	27.84	4359.59		1°41'41"
V68	276013.56	8664104.41	122.51	4387.42		-1°10'40"
V69	276109.47	8664029.82	78.41	4509.93		-1°2'13"
V70	276170.94	8663982.76	217.23	4588.34	CP-04	91°41'41"
V71	276036.87	8663813.11	47.57	4805.58		0°29'54"
	276006.95	8663776.13	107.44	4853.14	CE-07 CROSSBONDING	
V72	275939.92	8663693.45	559.75	4960.58		0°28'25"
V73	275591.56	8663256.19	29.04	5520.33	CP-05	89°54'20"
	275613.59	8663237.55	432.82	5549.37	CE-08 CROSSBONDING	
V74	275949.00	8662967.18	42.45	5982.19	CP-06	89°19'11"
V75	275924.93	8662934.67	16.26	6024.64	CC-04	90°17'16"
V76	275910.77	8662932.92	51.78	6040.90		
V77	275870.22	8662965.12	14.18	6092.68	CC-05	-90°4'0"
V78	275856.14	8662963.47	102.95	6106.86		
V79	275792.22	8662882.77	11.64	6209.81		19°15'46"
V80	275782.01	8662877.17	24.38	6221.45		-19°28'10"
V81	275767.15	8662858.48		6245.83	SET Pershing	

5.2 Cálculo de la capacidad de transporte de la línea de transmisión subterránea a 60 kV.

El presente ítem tiene por finalidad verificar mediante cálculos eléctricos, indicados en normas nacionales e internacionales tal como se muestra a continuación

- a. Código Nacional de Electricidad – Utilización, aprobado por Resolución Ministerial N° 37-2006-MEM-DM DEL 17/01/06.
- b. Código Nacional de Electricidad – Suministro, aprobado por Resolución Ministerial N° 214-2011-MEM-DM DEL 29/04/11.
- c. Norma IEC 60287, 1994, Cálculo de la Capacidad de Corriente de Cables en Régimen Continuo (Factor de Carga del 100 %).
- d. Norma IEC 60853-3, 2012 “Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables - Part 3: Cyclic rating factor for cables of all voltages, with partial drying of the soil”.
- e. Norma UNE 21-191-92, Cálculo de las Capacidades de Transporte de los Cables para Regímenes de Carga Cíclicos y Sobrecarga de Emergencia. Esta norma es aplicable en el cálculo de la capacidad de transmisión de la línea subterránea.

Para los cálculos de verificación del cable de energía se está considerando el cable propuesto de sección de 1 200 mm².

5.2.1 Condiciones ambientales

Elevación sobre el nivel del mar	:	menor a 250 m
Temperatura mínima absoluta	:	8 °C
Temperatura media	:	20 °C
Temperatura máxima absoluta	:	32 °C

Velocidad de viento	:	50 km/h
Humedad relativa	:	90 – 95%
Contaminación ambiental	:	Severa, del tipo industrial y ambiental salino por cercanía al mar. Muy poca presencia de lluvia.

Datos obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, para los años entre 2005 y 2018.

5.2.2 Condiciones de Servicio

Tensión nominal	:	60 kV
Frecuencia de la red	:	60 Hz
Tensión máxima de operación	:	72,5 kV
Instalación	:	Subterránea en ductos de concreto con tubería HDPE
Número de ternas	:	Una (1)
Longitud Promedio	:	6.245 km (aproximadamente)
Cable de Potencia	:	XLPE, 1200 mm ² Cu
Cable de fibra óptica	:	48 hilos G.652D-ADSS

5.2.3 Condiciones constructivas

Se consideran las siguientes condiciones ambientales y constructivas:

- Resistividad térmica del terreno* : 1,5 K•m/W

- Resistividad térmica del concreto : 0,9 K·m/W

5.2.4 Capacidad de corriente en Régimen continuo

Se utilizará conductor de cobre con una sección de 1200mm² para 60 kV

El método de cálculo a emplear se basa en la Norma Internacional IEC 60287, “Calculation of the Continuous Current Rating of Cables”.

La capacidad de transmisión de un circuito de cables (con un factor de carga igual a 1), se determina por la siguiente expresión:

$$I = \left[\frac{\Delta\theta - Wd \cdot \{ 0,5 \cdot T_1 + \eta \cdot (T_2 + T_3 + T_4) \}}{R \cdot T_1 + \eta \cdot R \cdot (1 + \lambda_1) \cdot T_2 + \eta \cdot R \cdot (1 + \lambda_1 + \lambda_2) \cdot (T_3 + T_4)} \right]^{1/2} \dots(1)$$

Dónde:

- I : Intensidad de corriente que circula en un conductor (A)
- $\Delta\theta$: Gradiente de temperatura, entre el conductor y el medio ambiente, sin degradar el aislamiento (°C)
- R : Resistencia del conductor bajo los efectos de la corriente alterna, por unidad de longitud, a la temperatura máxima de operación (ohm / m)
- Wd : Perdidas dieléctricas, por unidad de longitud, del aislamiento circundante al conductor (W / m)
- T1 : Resistencia térmica, por unidad de longitud, entre el conductor y la pantalla (K·m/W)
- T2 : Resistencia térmica, por unidad de longitud, del relleno de asiento entre la pantalla y la armadura, (K·m/W)

T3	: Resistencia térmica por unidad de longitud de la capa externa del cable, (K·m/W)
T4	: Resistencia térmica, por unidad de longitud, entre la superficie del cable y el medio circundante, (K·m/W).
N	: Número de conductores aislados en servicio, dentro del cable ($n = 1$, dato particular del proyecto: un conductor por cable)
λ_1	: Relación de las pérdidas en la pantalla metálica con respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de ese cable.
λ_2	: Relación de las pérdidas en la armadura respecto a las pérdidas totales en todos los conductores del cable ($\lambda_2 = 0$, el cable no presenta armadura)

5.2.5 Capacidad de corriente en Régimen cíclico

En los Sistemas Subterráneos de transmisión el valor determinante es la capacidad cíclica de transmisión, vale decir la capacidad de transmisión bajo el régimen de carga atendida, que por lo general tendrá un factor de carga menor del 100 %. Esta es la característica de los enlaces subterráneos urbanos que presentan la máxima demanda en las horas punta del servicio.

El cálculo de capacidad de transporte en carga cíclica con cables de conductor de cobre se realiza para verificar la intensidad máxima que son capaces de soportar los cables sin sobrepasar la temperatura máxima de 90°C.

Este cálculo se ha realizado con el programa CYMCAP que se basa en la Norma IEC 60853 “Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables”. El resultado es el siguiente:

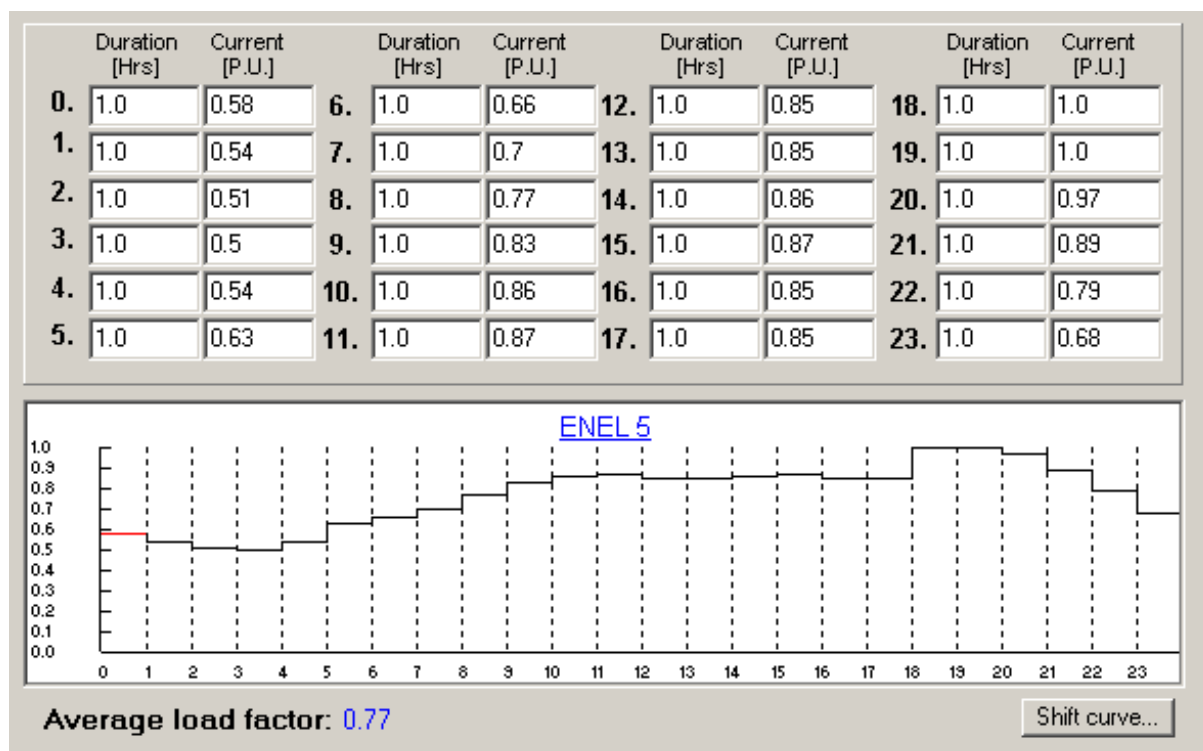


Figura 7. Diagrama de carga

5.2.6 Instalación del cable

A continuación, se muestran las características de físicas y eléctricas de la configuración evaluada:

5.2.7 Configuración en simple terna

La configuración corresponde a bancada en tresbolillo convencional en simple terna, la profundidad de instalación al punto más bajo del ducto es variable desde: 1,65 m hasta 3, 65m.

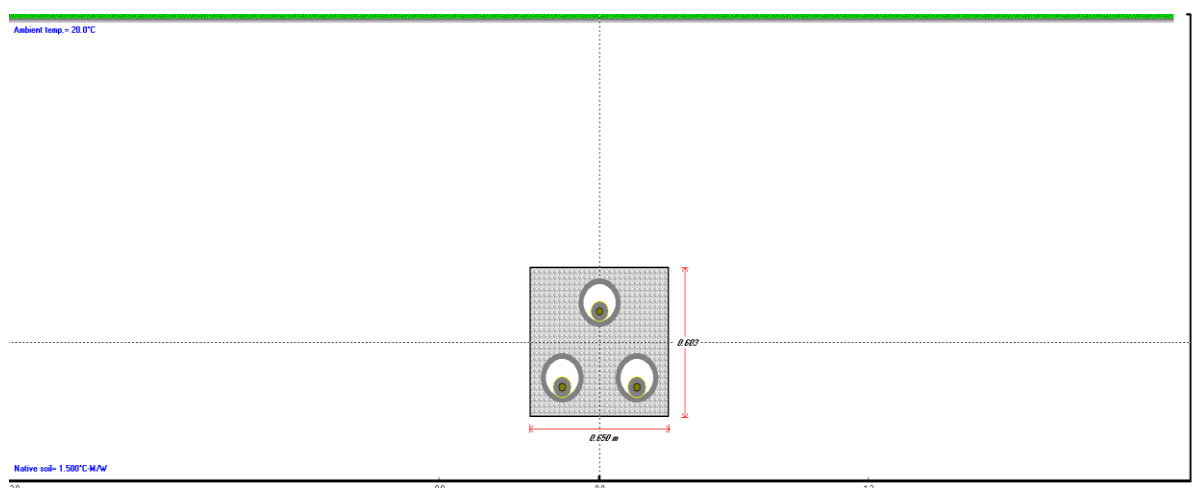


Figura 8. Ducto típico para ducto en concreto con tubería HDPE

Cables unipolares de 60 kV en ductos corrugados HDPE de 8'' Φ (160 mm diámetro exterior; 137 mm diámetro interior), en forma triangular equilátera

Ancho de zanja y de bloque de concreto: 0,650 m

Profundidad del ducto: variable según la profundidad de instalación necesaria, que se encuentre en el recorrido de la línea subterránea 1,65; 2,15; 2,65, 3,15; 3,65 m

Separación entre fases: 0,35 m

5.2.8 Puesta a tierra de la pantalla metálica

En los cables aislados, al disponer de una pantalla formada por alambres de cobre, aparecen tensiones inducidas. Según el sistema de conexionado a tierra de las pantallas pueden aparecer corrientes inducidas que disminuyen la intensidad máxima admisible del cable, o también, aunque no circulen corrientes longitudinales por las pantallas, las tensiones inducidas pueden alcanzar valores elevados que deben ser controlados, ya que en algunos puntos las personas pueden estar expuestas al contacto con las pantallas.

Debido a la longitud de la línea, para la presente línea se utilizará el sistema de puesta a tierra de las pantallas metálicas denominado “Cross-Bonding”. Este tipo de conexión de las pantallas consiste en interrumpir las pantallas y transponer ordenadamente las conexiones de las mismas, intentando neutralizar la tensión inducida en el total de los tres tramos consecutivos, y poniendo a tierra ambos extremos de la línea.

Para ello, se divide la longitud total de la línea en secciones independientes conectadas en serie, constituidas cada una por tres tramos elementales. El número de tramos elementales debe ser múltiplo de tres y las longitudes de los tramos que componen cada sección independiente deben ser sensiblemente iguales para que el sistema quede equilibrado.

En la unión de dos secciones independientes y en ambos extremos de la línea, las pantallas se conectan rígidamente a tierra, aunque en la unión de dos secciones independientes sea una tierra local.

En los empalmes intermedios de los tramos elementales que componen cada sección independiente se realiza la permutación de las fases y de las pantallas y se conectan las pantallas de los tres cables a tierra a través de descargadores de tensión.

5.2.9 Resumen de resultados

A continuación, se muestra el cuadro resumen con las características geométricas principales que se empleará a lo largo del trazo de ruta entre la avenida Argentina y la SET Pershing, variando la profundidad de instalación.

Tabla7.

Cuadro Resumen de Ampacidad – Tresbolillo Convencional

Configuracion	Profundidad de instalacion del cable mas bajo	Profundidad de instalacion del punto mas bajo del ducto	Distancia entre fases (m)	Ancho del ducto de concreto (m)	Alto del ducto de concreto (m)	Corriente en regimen estable (A)	Potencia en regimen estable (MVA)	Corriente en regimen ciclico (A)	Potencia en regimen ciclico (MVA)
Tresbolillo convencional simple terna, en ducto	1.50	1.65	0.35	0.65	0.603	1106	114.9	1195	124.2
	2.00	2.15	0.35	0.65	0.603	1060	110.2	1148	119.3
	2.50	2.65	0.35	0.65	0.603	1028	106.8	1116	116.0
	3.00	3.15	0.35	0.65	0.603	1004	104.3	1092	113.5
	3.50	3.65	0.35	0.65	0.603	985	102.4	1076	111.8

De la Tabla N° 7 se ha determinado la capacidad de cable a diferentes profundidades lo cual con lleva usar diferentes tipos de ductos además de distintas distancias entre fases y circuitos, demostrando que en las condiciones más críticas la capacidad de carga es de 102 MVA, lo cual es superior a 100 MVA requerido por el proyecto.

5.3 Cálculo de la tensión que se induce en la pantalla conductora de los cables

Los cálculos de tensiones inducidas en las pantallas fueron efectuados considerando la intensidad máxima admisible por los cables en régimen cíclico y para una configuración de instalación Tresbolillo, para simple terna y para profundidad de instalación típica de 1,7 m (al final del ducto).

El cálculo se ha elaborado tomando como base la norma ANSI/IEEE Std. 575 la cual establece los criterios para la obtención de las tensiones inducidas y recomienda valores máximos de acuerdo a las Tabla C.1 del Anexo C del mismo estándar.

La tensión inducida en la condición de carga normal y régimen cíclico tendrá como límite entre 100 - 150 V, a fin de no representar peligro para el personal que manipule los cables.

La tensión inducida en la condición de cortocircuito tendrá como límite la rigidez dieléctrica de la cubierta exterior del cable y la capacidad de descarga de los limitadores de tensión (en kV) que puedan emplearse.

5.3.1 Tipo de ducto

El tipo de ducto a instalar, es en simple terna con ductos de 6 pulgadas embebidos en concreto con una profundidad de 1,70 a 2,00 m (desde el nivel del piso hasta la parte inferior del ducto), tal como se muestra a continuación

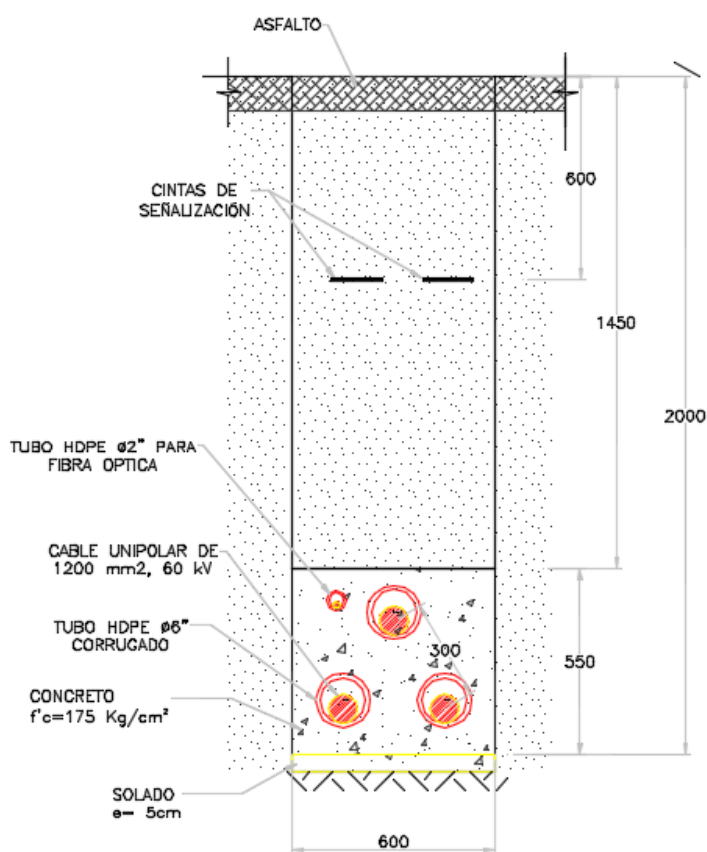


Figura 9. Ducto típico para ducto en concreto con tubería HDPE

5.3.2 Procedimiento de cálculo

Cualquier conductor en paralelo con un conjunto de tres conductores que llevan corrientes balanceadas en sus tres fases generan una tensión inducida a lo largo de su longitud y esto mismo se cumple en el caso de las pantallas. Es por ello que es necesario limitar esta tensión producida.

Según la norma IEEE 575, debido a la infinita variedad de arreglos en las configuraciones de múltiples circuitos, no se puede dar una solución universal que abarque la solución a las tensiones inducidas en las pantallas, sin embargo, es posible calcular las tensiones inducidas para un simple circuito si se tienen las siguientes consideraciones:

- Cables se conectan en circuitos trifásicos.
- Todas las corrientes de los conductores son iguales en magnitud.
- Para tres conductores cualquier arreglo es permitido.

5.3.3 Sistema de puesta a tierra

De acuerdo a los resultados de las tensiones inducidas y la longitud máxima permitida para no superar los 130 V entre cámaras, se determinará el sistema de puesta a tierra a emplearse en el trazo subterráneo.

Los sistemas que pueden ser empleados a lo largo del trazo subterráneo son los siguientes:

5.3.3.1 Sistema Single-Bonding.

Se empleo este tipo de conexión porque con este sistema se aprovechará al máximo la intensidad admisible del conductor sin las limitaciones que provocan las corrientes de pantalla

Este sistema Single-Bonding de acuerdo a su conexión es Single-Point.

En este tipo de conexión, las pantallas están conectadas directamente a tierra en un extremo de la línea, conectando el otro extremo a tierra a través de descargadores. La tensión inducida en la pantalla tendrá valor de 0 en el punto de conexión rígida a tierra, y se irá incrementando de forma proporcional a la longitud del circuito, a la intensidad que pase por el conductor y a la separación entre cables hasta alcanzar el valor máximo en el punto más alejado de la conexión a tierra.

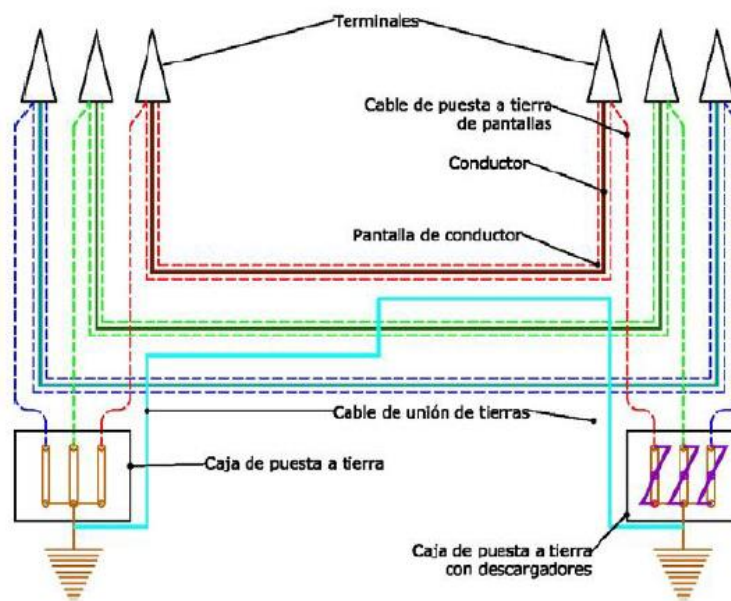


Figura 10. Esquema Single-Bonding

5.3.3.2 Sistema Cross-Bonding.

Se emplea este sistema debido a que permite eliminar las corrientes de pantalla.

El sistema Cross-Bonding consiste en la distribución de las pantallas de cable en secciones elementales llamadas secciones menores, y cruzando las pantallas de tal manera que se neutralice la totalidad del voltaje inducido en tres secciones consecutivas.

Las pantallas se unirán entre sí y a tierra en los extremos del circuito y en los extremos de todas las secciones mayores.

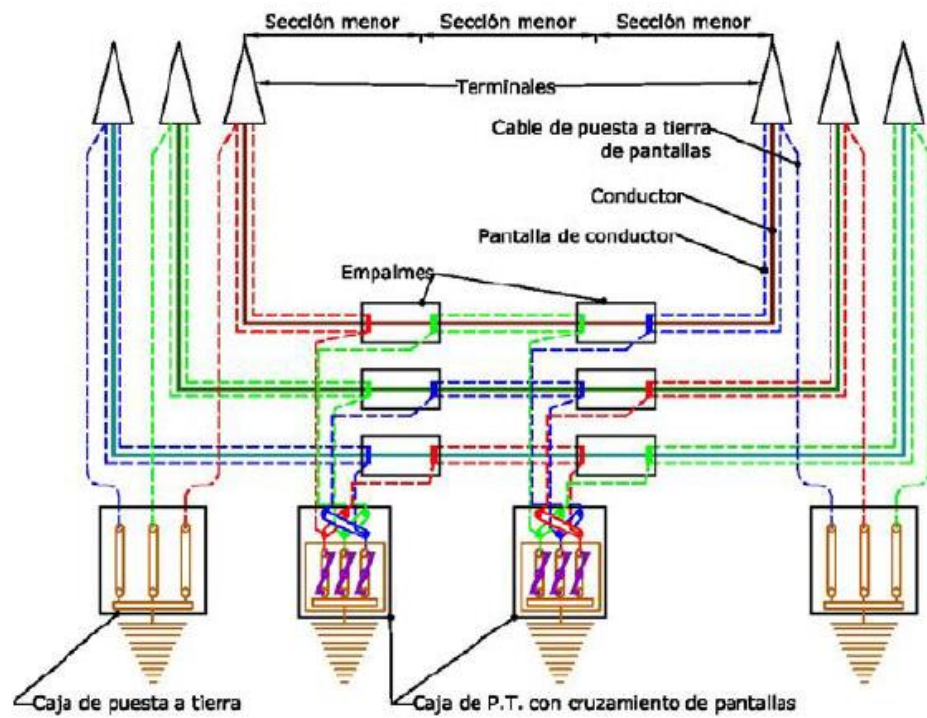


Figura 11. Esquema Cross-Bonding

5.3.4 Resultados

La tensión inducida en la pantalla para una carga balanceada es:

$$E_R = j \omega I (2 \times 10^{-7}) [-0,5 + j(\sqrt{3}/2)] \ln(2S/dm) \quad \text{V/m...}(2)$$

$$E_S = j \omega I (2 \times 10^{-7}) \ln(2S/dm) \quad \text{V/m}(3)$$

$$E_T = j \omega I (2 \times 10^{-7}) [-0,5 - j(\sqrt{3}/2) \ln(2S/dm)] \quad \text{V/m..}(4)$$

Para 09 tramos:

$$I = 1\,160 \text{ A (régimen cíclico)}$$

$$I_{3cc} = 31,5 \text{ kA}$$

$$S = 300 \text{ mm (distancia entre fases)}$$

$$d_m = 56,13 \text{ mm}$$

$$r = 28,07$$

$$L = 628 \text{ m}$$

Para la disposición trefoil reemplazando los presentes datos, en las ecuaciones mostradas anteriormente, se obtiene la siguiente tabla, la misma que muestra las tensiones inducidas en cada fase del circuito:

Tabla 8.

Tensiones inducidas en las pantallas del cable

Valores de Tensión Inducida en la Pantalla del Cable		
Operación normal (V)		
E_R	E_S	E_T
113	126	113

Valores de Tensión Inducida en la Pantalla del Cable - Costocircuito (kV)		
Three phase symmetrical fault		
E_R	E_S	E_T
3.08	3.42	3.08

Para 10 tramos:

$$I = 1\,160 \text{ A (régimen cíclico)}$$

$$I_{3cc} = 31,5 \text{ kA}$$

$$S = 300 \text{ mm}$$

$$d_m = 56,13 \text{ mm}$$

$$r = 28,07$$

$$L = 628 \text{ m}$$

Para la disposición trefoil reemplazando los presentes datos, en las ecuaciones mostradas anteriormente, se obtiene la siguiente tabla, la misma que muestra las tensiones inducidas en cada fase del circuito:

Valores de Tensión Inducida en la Pantalla del Cable		
Operación normal (V)		
E_R	E_S	E_T
102	113	102

Valores de Tensión Inducida en la Pantalla del Cable - Cortocircuito (kV)		
Three phase symmetrical fault		
E_R	E_S	E_T
2,77	3,08	2,77

Del presente estudio se puede concluir que las longitudes máximas entre cámaras de empalme para cumplir con las máximas tensiones inducidas resultan ser las obtenidas para el estudio de un único circuito a máxima transferencia en régimen cíclico, el cual se muestra a continuación un en la Tabla N° 6 de los resultados obtenidos:

Tabla 9.

Tabla resumen de cálculo de tensiones inducidas

Operación	Alternativa 1	Alternativa 2	
	9 tramos	10 tramos	
	L = 693.8 m	L = 628 m	
	CB	CB	SB
Régimen permanente	117 V	106 V	107 V
Régimen cíclico	126 V	113 V	107 V
Cortocircuito trifásico (1 circuito)	3420 V	3080 V	3080 V

Los valores obtenidos en operación normal que van de 106 a 126 V, son aceptables de acuerdo a la práctica internacional, según como se muestra en el siguiente extracto de la IEEE Std 575.

Los valores en condición de cortocircuito también son aceptables, toda vez que se tiene:

En sistema CB : para el valor máximo de 3 420 V se puede emplear un SVL de 5 kV.

5.4 Parámetros de la línea subterránea

Se determina los parámetros de línea de secuencia positiva y secuencia cero, considerando la conexión cross bonding de las pantallas conductoras de los cables.

Se sigue el procedimiento de cálculo indicado en la referencia EPRI Underground Transmission Systems Reference Book.

5.4.1 Circuito equivalente y longitud

La línea subterránea se representa con el circuito equivalente π nominal, mostrado en la.

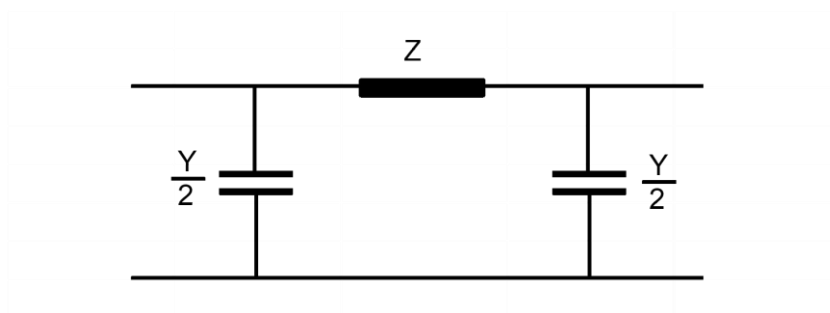


Figura 12. Circuito equivalente

Aquí:

- Z = impedancia serie, debido a la resistencia óhmica y reactancia inductiva de la línea.
- Y = admitancia paralela, debido a la capacitancia de la línea
- La línea subterránea se dividirá en 09 tramos de 697 m dando una longitud total de 6 203 m

5.4.2 Cálculo de impedancias serie

Datos comunes:

Tabla 10.

Datos para el cálculo de parámetros de la línea subterránea

$D_c =$	42.50	mm	Diámetro de conductor
$D_s =$	74.39	mm	Diámetro medio de pantalla conductora
$GMR_\phi =$	16.55	mm	Radio medio geométrico de conductor
$\rho =$	100.00	Ω -m	Resistividad eléctrica de terreno
$f =$	60.00	Hz	Frecuencia
$\mu_0 =$	1.2566E-06		Permeabilidad magnética del espacio libre
$R_g =$	0.059218	Ω /km	Resistencia del retorno de corriente en tierra
$D_e =$	849.89	m	Profundidad de retorno de corriente en tierra

El cálculo se efectúa para las siguientes condiciones:

- a = 0,30 m, separación entre fases. Valor de mayor ocurrencia a lo largo de la línea.
- Θ_c = 90 °C, temperatura de operación del conductor de fase.
- R_Φ = 0.022699 Ω /km, resistencia del conductor de fase.

5.4.3 Impedancia de secuencia positiva

Para el cálculo de los parámetros eléctricos nos basaremos en la formulación dada en el Libro del EPRI para líneas subterráneas indicadas en el ítem 16.2.3.

Definiremos inicialmente las impedancias propias y mutuas del conductor de fase y la pantalla metálica respectivamente.

$$Z_{aa} = R_{\phi} + 0.05922 + j \ 0.1736 \log_{10} \frac{D_e}{GMR_{\phi}} \ \Omega / km \quad \dots(5)$$

$$Z_{ab} = 0.05922 + j \ 0.1736 \log_{10} \frac{D_e}{GMD_{\phi}} \ (\Omega / km) \quad \dots(6)$$

$$Z_{as} = 0.05922 + j \ 0.1736 \log_{10} \frac{D_e}{r_{sm}} \ (\Omega / km) \quad \dots(7)$$

$$Z_{ss} = R_s + 0.05922 + j \ 0.1736 \log_{10} \frac{D_e}{r_{sm}} \ (\Omega / km) \quad \dots(8)$$

La impedancia en secuencia positiva será calculada de acuerdo a la siguiente formulación:

$$Z_1 = Z_{aa} - Z_{ab} \quad \dots(9)$$

Donde:

- Zaa : Impedancia propia del conductor de fase con retorno a tierra.
- Zab : Impedancia mutua entre conductores de fase con retorno a tierra.
- Zas : Impedancia mutua entre conductor de fase y la pantalla metálica con retorno a tierra.
- Zss : Impedancia propia de la pantalla metálica con retorno a tierra.

- $R\phi$: Resistencia ac del cable en temperatura de operación en Ohm/km.
- R_g : Resistencia del retorno de corriente en tierra en ohm/km.
- R_s : Resistencia ac de la pantalla metálica en temperatura de operación en Ohm/km.
- D_e : Profundidad de retorno de corriente en tierra en m.
- R_{sm} : Radio del centro del conductor al centro de la pantalla metálica en m.

Relaciones resultantes según EPRI Underground Transmission Systems Reference Book:

- $Z_{aa} = 0.081917 + j0.817756 \Omega/\text{km}$, auto-impedancia del conductor de fase con retorno de tierra.
- $Z_{ab} = 0.059218 + j0.599309 \Omega/\text{km}$, impedancia mutua entre conductores de fase con retorno de tierra.

Con lo que resulta:

Impedancia de secuencia positiva:

$$Z_1 = 0.022699 + j 0.218447 \Omega/\text{km}$$

$$Z_1 = 0.14080189 + j 1.35502674 \Omega, \text{ para toda la línea.}$$

5.4.4 Impedancia de secuencia cero

Para el cálculo de la impedancia cero nos basaremos en el EPRI de acuerdo a la siguiente formulación:

$$Z_0 = Z_{aa} + 2 Z_{ab} - \frac{(Z_{as} + 2 Z_{ab})^2}{Z_{ss} + 2 Z_{ab}} \quad ..(10)$$

Relaciones resultantes según EPRI Underground Transmission Systems Reference Book:

- $Z_{ss} = 0.153883 + j0.756701 \, \Omega/\text{km}$, auto-impedancia de pantalla metálica con retorno de tierra.
- $Z_{as} = 0.059218 + j0.756701 \, \Omega/\text{km}$, impedancia mutua entre conductor de fase y pantalla metálica con retorno de tierra.

Con éstas y las otras relaciones Z_{aa} y Z_{ab} resulta:

Impedancia de secuencia cero:

$$Z_0 = 0.116738 + j 0.065551 \, \Omega/\text{km}$$

$$Z_0 = 0.724125814 + j 0.406612853 \, \Omega, \text{ para toda la línea.}$$

5.4.5 Cálculo de impedancia paralela

Tabla 11.

Cálculo de impedancia paralelo

Descripción	Valor	Unidad	Referencia
Diámetro sobre aislamiento (D_i)	68,88	mm	
Diámetro sobre pantalla de conductor (D_{cs})	46,88	mm	
Frecuencia (f)	60	Hz	
Permisividad relativa del XLPE ϵ	2,5		
Capacitancia - C	3,6096E-10	F/m	$C = \frac{\epsilon}{18 * \ln \left(\frac{D_i}{D_{cs}} \right)} 10^{-9}$
Longitud de Línea	6.203	km	
Reactancia capacitiva X_c	1,18E+03	ohm	
Admitancia capacitiva de línea Y_c	8,44E-04	mho	$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$

5.4.6 Resumen de impedancias

Con respecto al circuito equivalente Π nominal:

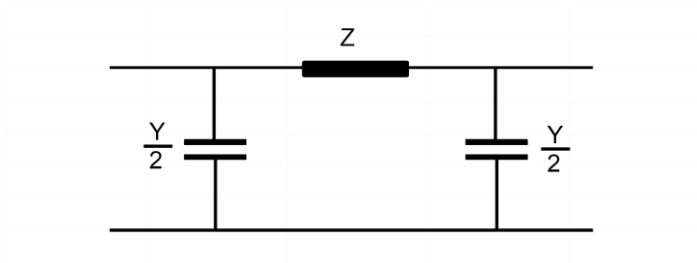


Tabla 12.
Resumen de impedancias

	Impedancia serie	Impedancia (admitancia) paralela
Secuencia positiva	$Z = Z_1$ $0.14080189 + j 1.35502674 \Omega$	$Y = Y_1$ $j 0.0008441 \text{ mho}$
Secuencia cero	$Z = Z_0$ $0.724125814 + j 0.406612853 \Omega$	$Y = Y_0$ $j 0.0008441 \text{ mho}$

La impedancia de secuencia negativa es la misma de la secuencia positiva, con secuencia inversa de fases.

5.5 Cálculo de cortocircuito

En este ítem se verifica la capacidad de cortocircuito del conductor del cable propuesto, así como determinar la sección de la pantalla conductora del mismo, ante la ocurrencia de cortocircuitos trifásicos y monofásicos a tierra en el tramo subterráneo de la línea subterránea en 60kV en doble terna para la conexión entre las SET Malvinas y SET Pershing, mediante un cable XLPE – 1 200 mm².

Las consideraciones según las características de la instalación y del conductor son las siguientes:

- θ_1 = Temperatura inicial ($^{\circ}\text{C}$)
- θ_2 = Temperatura final ($^{\circ}\text{C}$)
- IAD = corriente admisible (A)
- t = duración de cortocircuito (s)
- β = inversa de variación de resistencia con la temperatura del componente conductor de corriente.
- S = sección de la pantalla (mm^2), para más detalle.

Para el cálculo de corto circuito de las abrazaderas se ha considerado como un conductor flexible.

Los valores de cortocircuitos trifásicos y monofásicos tierra según:

- $I_{cc3\phi} = 31,5 \text{ kArms}$
- Tiempo de despeje de falla = 0,5 s
- Temperatura durante operación normal en el conductor = 90°C
- Temperatura durante operación normal en la pantalla = 90°C
- Temperatura durante cortocircuito en el conductor = 250°C
- Temperatura durante cortocircuito en la pantalla conductora = 215°C

La formulación para el cálculo de la sección del cable de pantalla es:

$$S^2 = \frac{I_{AD}^2}{K^2} \times t \times \frac{1}{\ln \left[\frac{(\theta_f + \beta)}{(\theta_i + \beta)} \right]} \dots (11)$$

Donde:

I_{AD} = Corriente de cortocircuito (valor eficaz durante el cortocircuito calculada en una hipótesis adiabática (A)

t = Duración del cortocircuito (s)

K = Constante que depende del material del componente conductor de la corriente (A.s^{1/2}/mm²)

$$K = \sqrt{\frac{\sigma_c (\beta + 20) \times 10^{-12}}{\rho_{20}}} \dots (12)$$

S = Área transversal del componente conductor de la corriente (mm²): para conductores especificados en IEC 228 es suficiente tomar el área transversal nominal

θ_f = Temperatura final (°C)

θ_i = Temperatura inicial (°C)

β = Recíproco del Coeficiente de variación de temperatura con la resistencia del componente conductor de corriente en 0°C (K): Ver Tabla N° 13

\ln = loge

σ_c = Calor específico volumétrico del componente conductor de corriente en 20° C: Ver Tabla N° 13

ρ_{20} = Resistividad eléctrica del componente conductor de corriente en 20° C (.m): Ver Tabla N° 13

Siendo las propiedades para el conductor de Cobre utilizado como material para la pantalla:

Tabla13.

Propiedades para el conductor de Cobre

β	234,5
ρ_{20}	$1,7241 \times 10^{-8}$
σ_c	$3,45 \times 10^6$

Por lo tanto “K” sería: 225,669

Los valores de las propiedades para el conductor de Aluminio fueron tomados de la Tabla E2 del estándar IEC 60853 – 2 “Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables – Parte 2-2 Cyclic rating of cables greater than 18/30 (36) kV and emergency ratings for cables of all voltajes” que se muestra a continuación:

Tabla 14.

Propiedades para el conductor de Aluminio

Properties of conducting materials

Material	Reciprocal of temperature coefficient of resistance at 0 °C (K)	Volumetric specific heat (J/m ³ .K)	Resistivity at 20 °C (Ω.m)
<i>a) Conductors</i>			
Copper	234.5	3.45×10^6	1.7241×10^{-8}
Aluminium	228	2.5×10^6	2.8264×10^{-8}
<i>b) Sheaths, screens and armour</i>			
Lead or lead alloy	230	1.45×10^6	21.4×10^{-8}
Steel	202	3.8×10^6	13.8×10^{-8}
Bronze	313	3.4×10^6	3.5×10^{-8}
Stainless steel	*	3.8×10^6	70×10^{-8}
Aluminium	228	2.5×10^6	2.84×10^{-8}

* Temperature coefficient of resistance is negligible; thus, no correction is necessary in Sub-clause 4.4.2.

Los cálculos se han efectuado según prescripciones de la Norma IEC 60949, los mismos que se muestran a continuación:

Conductor:

- En el cortocircuito trifásico

Tabla15.

Sección mínima del conductor en condiciones de cortocircuito trifásico

	Material	I _{AD} (A)	t (s)	Θ ₁ (°C)	Θ ₂ (°C)	S (mm ²)
Conductor	Cu	31.5	0.5	90	250	155.899
Conductor	Cu	31.5	1	90	250	220.474
Conductor	Cu	31.5	2	90	250	311.797

Pantalla:

- En el cortocircuito trifásico

Tabla16.

Sección mínima de la pantalla en condiciones de cortocircuito trifásico

	Material	I _{AD} (A)	t (s)	Θ ₁ (°C)	Θ ₂ (°C)	S (mm ²)
Pantalla	Cu	31.5	0.5	90	215	172.908
Pantalla	Cu	31.5	1	90	215	244.528
Pantalla	Cu	31.5	2	90	215	345.815

La sección del conductor según las Especificaciones Técnicas es de 1 200 mm², la cual es superior a la mínima sección obtenida por cortocircuito que es 155 mm², por lo tanto, cumple.

La sección de la pantalla según las Especificaciones Técnicas es de 225 mm², la cual es superior a la mínima sección obtenida por cortocircuito que es 173 mm², por lo tanto, cumple.

5.6 Cálculo del gradiente

El presente documento tiene por finalidad determinar los niveles inducidos que se generan en los extremos del aislamiento de los cables unipolares, a fin de verificar su conformidad con los requerimientos de las normas aplicables. Los niveles de gradientes que se generan por la corriente circulante en el conductor, tanto en el radio interior y exterior del aislamiento.

El cálculo se ha elaborado tomando como base la norma AIEC CS9-15 la cual establece los límites de las gradientes internos y externos en el aislamiento del cable de energía y recomienda valores máximos de acuerdo a las Tabla E.1 del Apéndice E del mismo estándar.

La gradiente externa e interna tendrá como límite entre 3 - 6 kV/mm, a fin de no representar peligro para el espesor del aislamiento.

5.6.1 Procedimiento de cálculo

Los cálculos se han efectuado según prescripciones de la Norma AEIC CS-09-15. Se determinan los gradientes interno G_i y externo G_e , en kV/mm, correspondientes al inicio y fin del aislamiento respectivamente, según:

$$G_i = \frac{V_g}{r_s \ln\left(\frac{R}{r_s}\right)} \dots\dots(14)$$

$$G_e = \frac{V_g}{R \ln\left(\frac{R}{r_s}\right)} \dots\dots(15)$$

Los datos requeridos se dan en el siguiente cuadro:

Tabla 17.

Datos para el cálculo del gradiente

V	Tensión de servicio	60	kV
Vg	Tensión fase - tierra	34,64	kV
S	Sección del conductor	1 200	mm ²
Rc	Radio del conductor	21,10	mm
Rs	Radio sobre capa semiconductora del conductor	25,0	mm
ta	Espesor de aislamiento	11,5	mm
R	Radio sobre aislamiento	36,5	mm

Los valores resultantes son:

$$G_i = 3,66 \text{ kV/mm}$$

$$G_e = 2,50 \text{ kV/mm}$$

Los valores resultantes de gradientes interno y externo están por debajo de los límites establecidos en la Norma AEIC CS9-06, que prescribe un valor de 6 kV/mm

Lo anterior indica que el espesor de aislamiento de 11,5 mm es apropiado para la operación del cable.

5.7 Cálculo de los niveles de campo magnético debido a la circulación de corriente en el cable

El presente ítem tiene por finalidad calcular los niveles de campo magnético que se generan por la corriente circulante en el conductor deberán ser menores a lo indicado en el Código Nacional de Electricidad CNE-S 2011.

Para el cálculo tomaremos como base las normas nacionales e internacionales tales como se indica a continuación:

- a) CNE - Suministro 2011 (Código Nacional de Electricidad) (R.M. N° 210-2011-MEM/DM).
- b) IEC CISPR 18-1 Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment Part 1: Description of phenomena.
- c) IEC CISPR 18-2 Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment. Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits.
- d) IEC CISPR 18-3 Radio Interference Characteristics of Overhead Power Lines and High-Voltage Equipment - Part 3: Code of Practice for Minimizing the Generation of Radio Noise

La cual establece los límites de campo magnético a 1 metro del nivel del terreno y recomienda valores máximos de acuerdo a la sección 21 del CNE-S.

Tabla 18.
Campo magnético límite

Tipo de Exposición	Intensidad de Campo Eléctrico (kV/m)	Densidad de Flujo Magnético (μ T)
- Poblacional	4,2	83,3
- Ocupacional	8,3	416,7

La densidad de campo magnético para zona poblacional tendrá un valor como máximo de 83,3 μ T lo cual será nuestro límite en nuestro cálculo.

5.7.1 Procedimiento de cálculo

Para el cálculo del campo magnético en un punto $P(x_i, y_i)$, situado a la altura h , sobre el suelo, creado por la corriente I que circula por un cable enterrado a una profundidad, situado a una distancia r del punto P , puede determinarse mediante la siguiente expresión.

$$B = \mu_o \cdot H = 4\pi 10^{-7} \frac{I}{2\pi r} (T) \quad \dots(16)$$

El campo magnético también se suele expresar en Gauss o miliGauss, siendo la equivalencia 10^{-4} Gauss por Tesla.

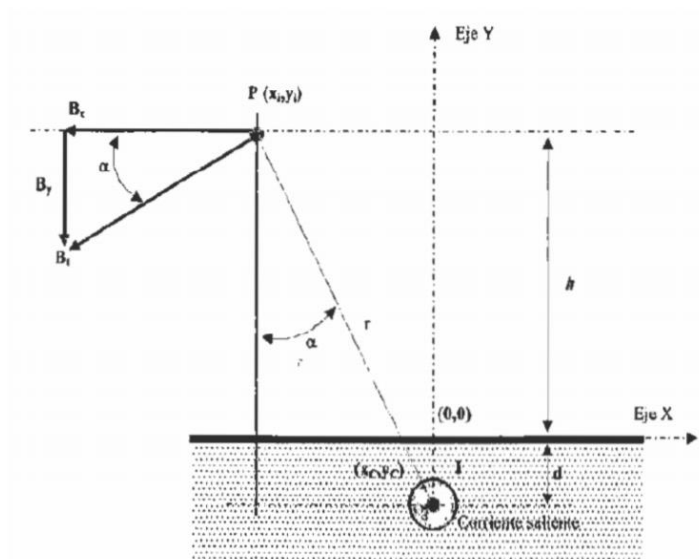


Figura 13. Campo magnético generado en un punto cualquiera

La dirección del campo magnético, B_t , en el punto $P(x_i, y_i)$, es perpendicular a la línea que une el conductor situado en las coordenadas (x_c, y_c) , en el punto P donde se quiere calcular el campo.

Teniendo en cuenta la dirección de los ejes (x,y) en la figura anterior, las componentes horizontal, B_x , y la vertical, B_y , del campo magnético quedan definidas por las siguientes ecuaciones:

$$B_x = -2 \cdot 10^{-7} \cdot I \cdot \left(\frac{y_i - y_c}{r^2} \right) = -2 \cdot 10^{-7} \cdot I \cdot \left(\frac{h + d}{r^2} \right)$$

$$B_y = -2 \cdot 10^{-7} \cdot I \cdot \left(\frac{x_i - x_c}{r^2} \right) = -2 \cdot 10^{-7} \cdot I \cdot \left(\frac{x_i}{r^2} \right) \quad \dots(17)$$

La magnitud del campo magnético, en modulo, se determina mediante la suma pitagórica de las componentes.

$$B_t = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} \quad \dots(18)$$

Los datos requeridos son:

- N° de circuitos : 1
- Profundidad de zanja : 1,70 m
- Ancho de zanja : 0,60 m
- Separación entre fases : 0,30 m

5.7.2 Resultados

Resultante para B_r (resultante):

- a) Los cálculos fueron realizados para el caso más crítico, donde el cable de energía presenta la menor distancia al nivel del terreno:

Tabla19.
Niveles de campo magnético

Punto i	X	Y	B_r	B_r
	(m)	(m)	(mG)	(μ T)
1	0.00	1.00	135.91	13.59
2	0.50	1.00	130.83	13.08
3	1.00	1.00	117.65	11.77
4	1.50	1.00	100.74	10.07
5	2.00	1.00	83.87	8.39
6	2.50	1.00	69.02	6.90
7	3.00	1.00	56.74	5.67
8	4.00	1.00	39.05	3.90
9	5.00	1.00	27.88	2.79
10	6.00	1.00	20.65	2.07
11	-0.50	1.00	130.83	13.08
12	-1.00	1.00	117.65	11.77
13	-1.50	1.00	100.74	10.07
14	-2.00	1.00	83.87	8.39
15	-2.50	1.00	69.02	6.90
16	-3.00	1.00	56.74	5.67
17	-4.00	1.00	39.05	3.90
18	-5.00	1.00	27.88	2.79
19	-6.00	1.00	20.65	2.07

Por lo tanto, la instalación proyectada cumple ampliamente con el requerimiento del CNE-S, en lo que respecta al campo magnético que origina la línea subterránea de 60 kV Malvinas – Pershing 60 kV.

5.8 Cámara de empalme

5.8.1 Materiales y condiciones del suelo

5.8.1.1 Datos mecánicos de materiales a considerar en el análisis y diseño.

Peso específico del concreto	:	2 500	kg/m ³
Peso específico del suelo	:	1810	kg/m ³
Esfuerzo mínimo de compresión (f'c) cimentaciones	:	210	kg/cm ²
Módulo de elasticidad del concreto Ec	:	2,22E+05	g/cm ² .
Concreto Simple	:	140	kg/cm ²
Límite de fluencia del acero corrugado Grado 60 (fy)	:	4 200	kg/cm ²
Módulo de elasticidad del acero Es	:	2,0E+06	kg/cm ² .

5.8.1.2 Condiciones del suelo de fundación.

Tipo de Suelo	:	GP según clasificación SUCS	
Capacidad portante para el diseño de fundación	:	2,16 – 2,64 g/cm ²	
Napa Freática	:	No	
Análisis químico de suelo	:	No abrasivo	
Angulo de fricción interna (ϕ)	:	34.86°	Factor de
fricción suelo μ	:	0.60	

5.8.1.3 Cargas de diseño

Carga Muerta (DC)

La carga muerta está conformada por el peso propio de los elementos que componen la estructura como son la losa superior, losa inferior y muros laterales.

Peso del relleno (EV)

El peso propio de relleno compactado se obtuvo luego de aplicar dos métodos: El primero obteniendo la carga repartida del volumen por encima de la alcantarilla y el segundo considerando lo indicado en el artículo 12.11.2.2 de la Norma AASHTO LRFD 2006.

Carga Viva debido al tráfico vehicular (LL)

Para el diseño de las alcantarillas se ha considerado una sobrecarga vehicular de la norma AASHTO LRFD HL-93, actuando encima de la estructura (relleno compactado, pavimento y sección geométrica de la alcantarilla).

También se ha considerado la carga puntual de los ejes del camión.

El incremento por carga dinámica para estructuras enterradas, se consideró como:

Factor de Impacto (IM): $33(1.0-4.1 \times 10^{-4} DE) \geq 0\%$, según el artículo. 3.6.2.2 AASHTO LRFD, no se aplica a la carga de carril (repartida).

Se considera el valor de carga del camión de diseño HL-93, tomando una combinación de:

- Camión de diseño o tándem de diseño, y
- Carga de carril de diseño.

La Figura muestra las cargas del camión de diseño y la distancia entre ejes del camión.

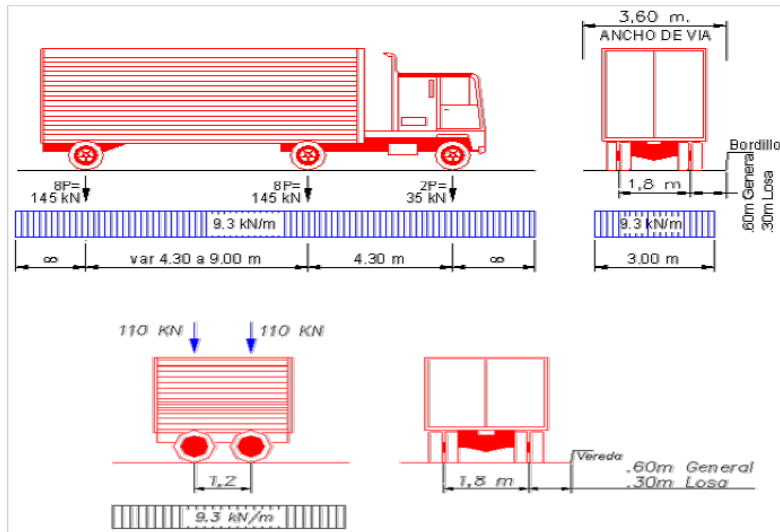


Figura 14. *Camión de Diseño*

El tándem de diseño consiste en un conjunto de dos ejes, cada uno con una carga de 9,3 KN/m La distancia entre las ruedas de cada eje en la dirección transversal, será de 1,80 m. Esta carga será amplificada por efectos dinámicos.

Peso de la carpeta de pavimento (DW)

Conformado por peso propio de una carpeta asfáltica de 7,5 cm de espesor apoyado en la parte superior. En el presente diseño será considerada de forma conjunta con el peso de material de relleno que se encuentra por encima de la losa superior.

Empuje en reposo (EH)

De acuerdo al artículo 3.11.5 de la norma AASHTO LRFD 2006, para estructuras enterradas se debe considerar solo el efecto del empuje en reposo, actuando en las paredes laterales de la cámara.

$$P = K_o \cdot \gamma_s \cdot g \cdot z \cdot 10^{-9} \text{ (Mpa) } \dots(19)$$

Donde:

- P : Empuje lateral del suelo (MPa)
- γ_s : Densidad del suelo (kg/m^3)
- K_o : Coeficiente empuje lateral, según la ecuación 3.11.5.2-1 de la Norma AASHTO LRFD 2006.
- Heq : Altura equivalente de suelo para camión de diseño (m)

Para estas condiciones el empuje es triangular distribuido en las paredes laterales de la alcantarilla y su resultante se ubica a dos tercios de la altura.

Empuje debido al Tráfico por la sobre carga vehicular (LS)

$$\Delta P = K \cdot \gamma_s \cdot g \cdot h_{eq} \cdot 10^{-6} \text{ (Mpa) } \dots(20)$$

Donde:

- Δp : Incremento en el empuje horizontal de tierras (MPa)
- γ_s : Densidad del suelo (kg/m^3)
- K_o : Coeficiente presión lateral
- heq : Altura equivalente de suelo para camión de diseño (m)

Para estas condiciones el empuje es uniformemente distribuido y su resultante se ubica a la mitad de la pantalla.

Combinaciones de carga

La ampliación de cargas según el AASHTO LRFD 2006, indica las siguientes combinaciones válidas para estructuras enterradas:

- Resistencia I máx= $1,25DC + 1,5DW + 1,50EH + 1,35EV + 1,75(LL+IM) + 1,75LS$ (21)
- Resistencia I mín= $0,9DC + 1,5DW + 1,50EH + 1,00EV + 1,75(LL+IM) + 1,75LS$ (22)

Análisis estructural

Para el análisis de las cámaras se utilizaron las fórmulas respectivas para cada caso al cual se le aplicó los datos de campo, y se ha realizado un análisis estático ya que al ser estructuras enterradas no es necesario considerar los efectos dinámicos del sismo según lo indicado en la norma AASHTO LRFD 2006.

Para la cimentación de las cámaras se aplicaron las cargas actuantes de la estructura considerando los valores de carga proporcionados como: el relleno encima de la losa superior, el peso propio de la cámara y la carga vehicular. Se verificó que la sumatoria de los esfuerzos actuantes sobre el terreno de cimentación sea menor al esfuerzo admisible del terreno.

A continuación, se muestra un diagrama de cuerpo libre de las cargas analizadas:

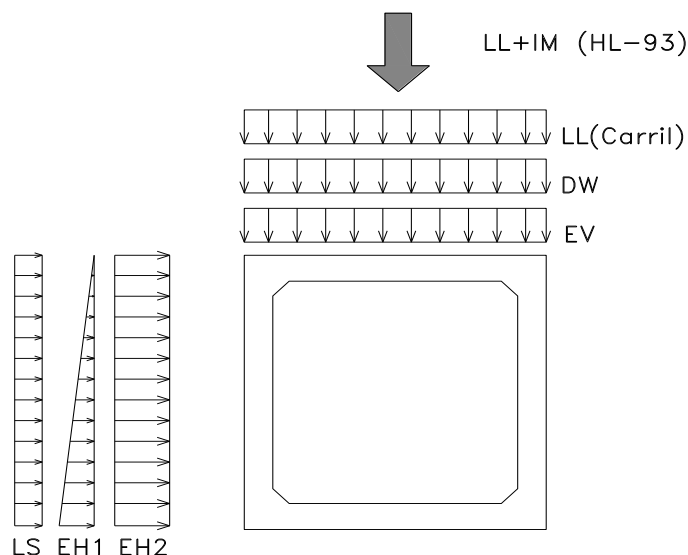


Figura 15. Diagrama de cuerpo libre

En donde:

LL: Sobrecarga vehicular

DW: Peso de la carpeta de pavimento

IM: Incremento por carga vehicular

EH: Empuje horizontal del terreno en reposo

EV: Peso del relleno

LS: Sobrecarga del suelo

DC: Peso propio de la alcantarilla

Diseño estructural

De acuerdo a la Norma AASHTO LRFD 2006, el factor de reducción para los cálculos debido a flexión es de 0,90 y por cortante es de 0,85 según el artículo 5.5.4.

Dada las diversas geometrías y variables dentro de cada progresiva, se han obtenido 06 tipos de cámaras de paso y 08 tipos de cámara de empalme a ser diseñadas.

Para el diseño se ha considerado las alturas de relleno de $0 < H_r \leq 0,60\text{m}$.

El caso más crítico es el de menor altura de relleno por encima de la cámara, ya que se incrementa el factor de impacto y se reduce el efecto del amortiguamiento del relleno.

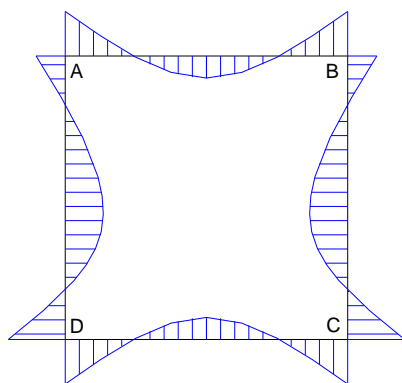


Figura 16. *Diagrama de momento en marco*

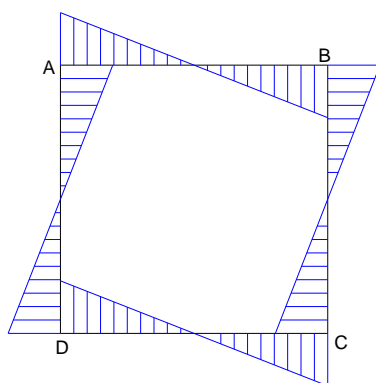


Figura 17. *Diagrama de cortante en marco*

5.9 Metrado y Presupuesto

Considerando tanto la parte electromecánica y civil el costo total de la línea subterránea es de S/ 11 016 208,914, El detalle se encuentra elaborado en el ANEXO N° 7

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- a) Se realizó el trazo de la línea subterránea en 60 kV considerando el recorrido óptimo para evitar inconvenientes en la ejecución tal como se muestra en el ANEXO 01
- b) Se demostró que en las condiciones más críticas el conductor seleccionado presenta una capacidad de carga es de 102 MVA, lo cual es superior a 100 MVA requerido por el proyecto, por lo tanto, la capacidad de cable de 1 200 mm² de sección es la más optima y evaluada a diferentes profundidades lo cual conlleva a usar diferentes tipos de ductos además de distintas distancias entre fases y circuitos.
- c) Se determinó los parámetros de la línea de secuencia positiva y secuencia cero, considerando la conexión cross bonding de las pantallas conductoras de los cables; obteniendo las impedancias siguientes: $Z=Z1=0.14080189 + j 1.35502674 \Omega$, la impedancia en serie de secuencia cero es $Z0 = 0.724125814 + j 0.406612853 \Omega$. La impedancia paralela (admitancia) de secuencia positiva es $Y = Y1 = j 0.0008441 \text{ mho}$ y impedancia paralela (admitancia) de secuencia cero es $Y = Y0 = j 0.0008441 \text{ mho}$. la impedancia de secuencia negativa es la misma de secuencia positiva, con secuencia inversa de fases
- d) Se calculó los valores de tensión inducida en operación normal que van de 106 a 126 V, son aceptables de acuerdo a la práctica internacional, según como lo establece la norma IEEE Std 575, que admite valores máximos de tensión inducida en el rango de 100-200 V.
- e) La sección del conductor según las Especificaciones Técnicas es de 1 200 mm², la cual es superior a la mínima sección obtenida por cortocircuito que es 155 mm², por lo tanto, cumple. La sección de la pantalla según las Especificaciones Técnicas es de

225 mm², la cual es superior a la mínima sección obtenida por cortocircuito que es 173 mm², por lo tanto, cumple.

- f) Los valores del gradiente que se obtuvieron son los siguientes $G_i = 3,66 \text{ kV/mm}$; $G_e = 2,50 \text{ kV/mm}$, los valores resultantes de gradientes interno y externo están por debajo de los límites establecidos en la Norma AEIC CS9-06, que prescribe un valor de 6 kV/mm
- g) El costo referencial de la línea subterránea es: S/ 11 016 208,914.

6.2 Recomendaciones

- a) Capacitar al personal para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de línea subterránea.
- b) Se deben utilizar material y herramientas originales, esto evitará averías o fallas en la línea subterránea.
- c) Se debe elaborar un programa de mantenimiento preventivo para así evitar interrupciones en la línea subterránea.

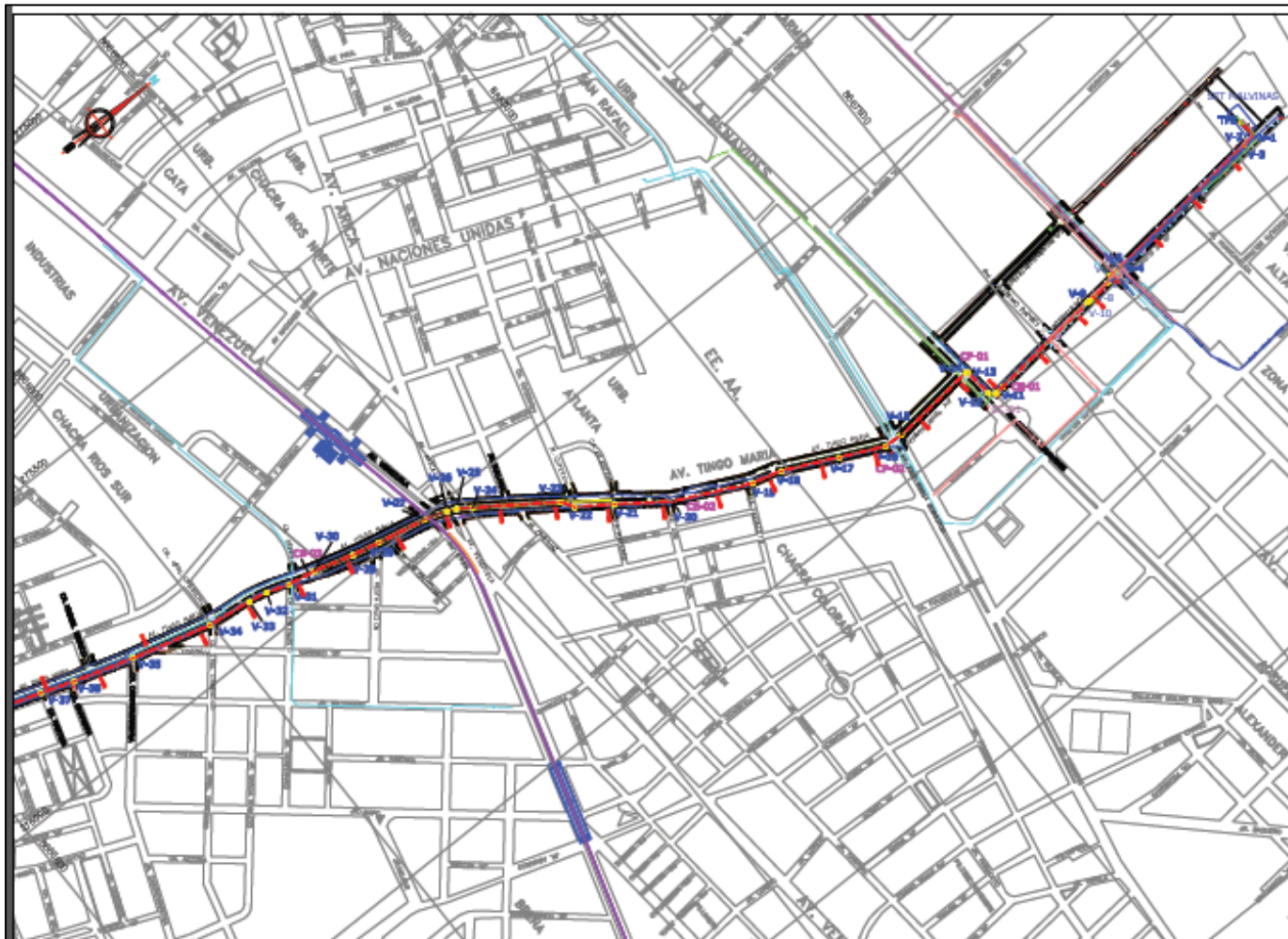
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Viacava Najera, A. (1997). *Línea de subtransmisión subterránea en 60 kv desde el S.E. Puente 60/10 kv al km 4,20 de la carretera central* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingenieria]
- Sac de Paz, A. (2005). *Estudio de factibilidad para el sistema de distribución de energía eléctrica en el centro histórico de quetzaltenango con líneas subterráneas* [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]
- Añorga Vigo, C. (1989). *Estudio definitivo de línea de subtransmisión 60 kV, entre la subestación Trujillo Norte y parte oeste de la ciudad de Trujillo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingenieria]
- Maldonado Mukarawa, S. (2012). *Analisis tecnico economico entre una linea de transmision subterranea y una linea de transmision aerea.* [Tesis de pregrado, Universidad San Carlos de Guatemala]
- Acupiña Quinde, J. (2012). *Proyecto de especificaciones tecnicas para el diseño de redes subterraneas de la empresa electrica regional centro sur s.a .* [Tesis de pregrado, Universidad Salesiana sede cuenca]
- Carrera Leon, L. (1981). *Evaluacion tecnica y economica del cambio de red aerea a subterranea de las ciudadelas: La Mariscal Sucre, Simon Bolivar y Colon .* [Tesis de pregrado, Escuela Politecnica Nacional]
- Cabaña Villarubia, J. (2011). *Instalación de línea subterránea de 20 kV, centro de transformación interior de 400 kVA y red subterránea de baja tensión para edificio de 24 viviendas.* [Tesis de pregrado, Universidad Carlos III de Madrid]

ANEXOS

ANEXO N° 1. RECORRIDO DE LA LINEA SUBTERRANEA.....	92
ANEXO N° 2 RESULTADOS REGIMEN PERMANENTE EN SIMPLE TERNA.....	95
ANEXO N° 3. RESULTADOS REGIMEN CÍCLICO EN SIMPLE TERNA	101
ANEXO N° 4. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS MATERIALES.....	107
ANEXO N° 5 ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL MONTAJE	126
ANEXO N° 6 CALCULOS DE LA CAMARA DE EMPALME.....	145
ANEXO N° 7. METRADO Y PRESUPUESTO	157

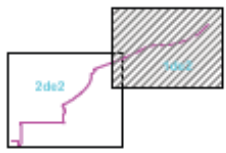
ANEXO N° 1. RECORRIDO DE LA LINEA SUBTERRANEA



UBICACIÓN

STACION	COORDENADAS UTM	OTRO DATOS	OTRO DATOS	OTRO DATOS	OTRO DATOS
1	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
2	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
3	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
4	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
5	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
6	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
7	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
8	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
9	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
10	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
11	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
12	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
13	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
14	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
15	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
16	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
17	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
18	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
19	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
20	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
21	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
22	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
23	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
24	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
25	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
26	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
27	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
28	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
29	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
30	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
31	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
32	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
33	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
34	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
35	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
36	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
37	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
38	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
39	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
40	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
41	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
42	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
43	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
44	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
45	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
46	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
47	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
48	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
49	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
50	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
51	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
52	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
53	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
54	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
55	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
56	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
57	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
58	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
59	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
60	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
61	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
62	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
63	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
64	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
65	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
66	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
67	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
68	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
69	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
70	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
71	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
72	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
73	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
74	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
75	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
76	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
77	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
78	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
79	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
80	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
81	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
82	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
83	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
84	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
85	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
86	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
87	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
88	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
89	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
90	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
91	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
92	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
93	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
94	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
95	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
96	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
97	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
98	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
99	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00
100	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00	570000.00

- LEYENDA GPR**
- TUBERIA DE DESAGUE
 - TUBERIA DE AGUA
 - TUBERIA DE GAS
 - TUBERIA DE LUZ
 - TUBERIA DE ALACRANES
 - LT 60 KV MA-PA
 - TRIN. ELECTRICO
 - LT 60 KV PE-PA
 - LINEA MEDIA TENSION
 - MALLA METRICA



PLANO LLAVE

- LEYENDA**
- TRAZO DE LINEA 60 KV SUBTERRANEA
 - VENTOSA DE LINEA
 - PROGRESIVA
 - BOILON TELEFONICO
 - BOILON DE DESAGUE
 - GRUPO CONTRA INCENDIOS
 - TRANSFORMADOR ELECTRICO
 - POSTE MEDIANA TENSION
 - POSTE LUZ
 - POSTE TELEFONO
 - POZO DE TIERRA
 - CAJA DE DESAGUE
 - CAJA DE AGUA
 - LETRENO
 - ANILLO
 - REJA DE BORNAS
 - REJA DE CALLES
 - CURVA MAYOR
 - CURVA MENOR
 - DIRECCION DE VIA
 - VEREDA
 - JARDIN
 - BORNA DE TIERRA
 - BORNA DE CONCRETO
 - NIVEL DE TORRENO

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

REPORTADO:

BACH. CUEVA ESPINOZA JORGE LUIS

PROYECTO:

TRAZO DE LINEA SUBTERRANEA 69KV

FECHA:

2010

PROYECTO:

TRAZO DE LINEA SUBTERRANEA 69KV

FECHA:

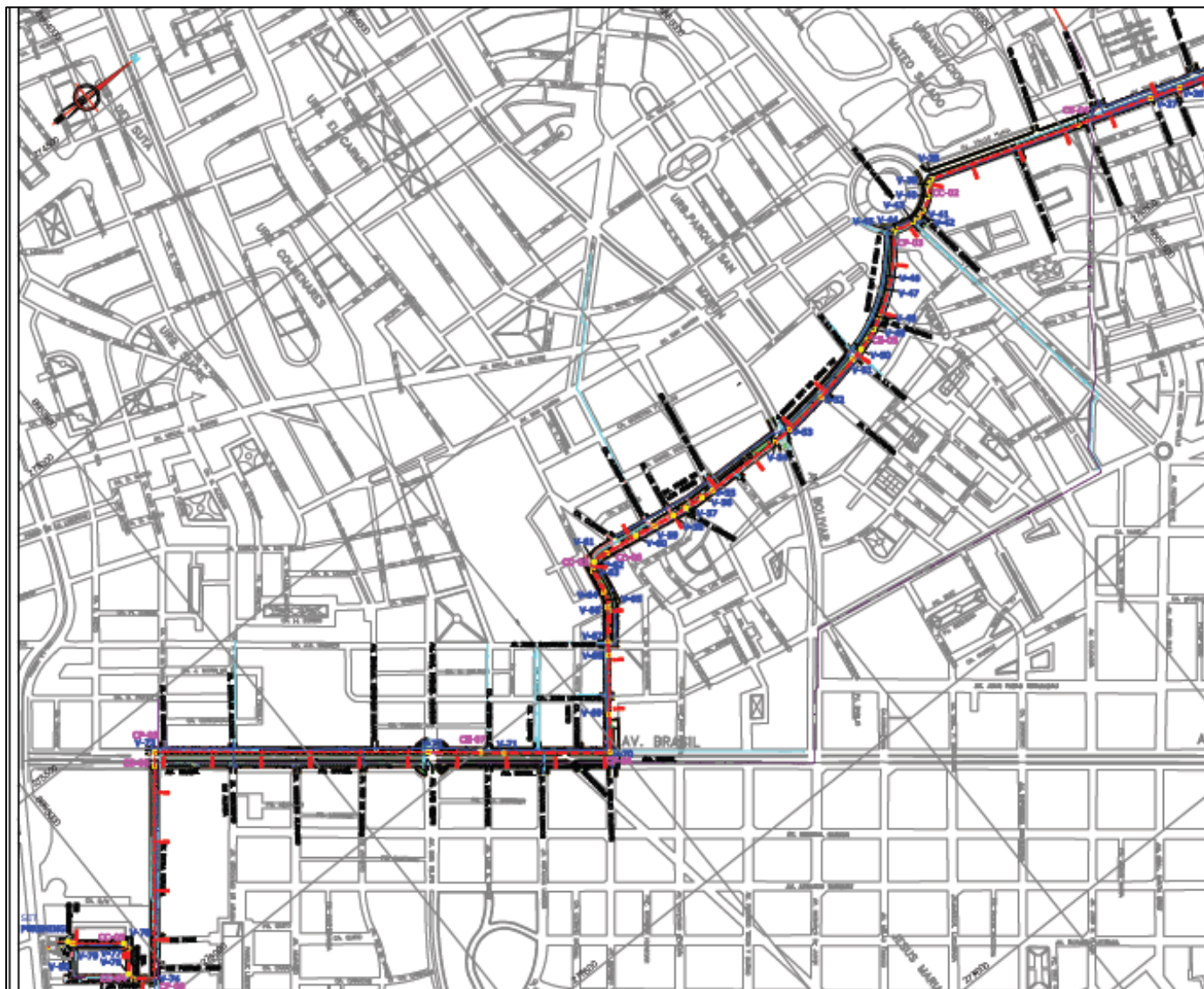
2010

PROYECTO:

TRAZO DE LINEA SUBTERRANEA 69KV

FECHA:

2010



LEYENDA GPR

- 1.000 — TUBERIA DE DESAGUE
- 1.000 — TUBERIA DE AGUA
- 1.000 — TUBERIA DE GAS
- 1.000 — TUBERIA DE LUZ
- 1.000 — TUBERIA DE TELEFONO
- 1.000 — TUBERIA DE AGUA
- 1.000 — TUBERIA DE GAS
- 1.000 — TUBERIA DE LUZ
- 1.000 — TUBERIA DE TELEFONO
- 1.000 — TUBERIA DE AGUA
- 1.000 — TUBERIA DE GAS
- 1.000 — TUBERIA DE LUZ
- 1.000 — TUBERIA DE TELEFONO
- 1.000 — TUBERIA DE AGUA
- 1.000 — TUBERIA DE GAS
- 1.000 — TUBERIA DE LUZ
- 1.000 — TUBERIA DE TELEFONO
- 1.000 — TUBERIA DE AGUA
- 1.000 — TUBERIA DE GAS
- 1.000 — TUBERIA DE LUZ
- 1.000 — TUBERIA DE TELEFONO



PLANO LLAVE

LEYENDA

- 1.000 — TUBERIA DE DESAGUE
- 1.000 — TUBERIA DE AGUA
- 1.000 — TUBERIA DE GAS
- 1.000 — TUBERIA DE LUZ
- 1.000 — TUBERIA DE TELEFONO
- 1.000 — TUBERIA DE AGUA
- 1.000 — TUBERIA DE GAS
- 1.000 — TUBERIA DE LUZ
- 1.000 — TUBERIA DE TELEFONO
- 1.000 — TUBERIA DE AGUA
- 1.000 — TUBERIA DE GAS
- 1.000 — TUBERIA DE LUZ
- 1.000 — TUBERIA DE TELEFONO
- 1.000 — TUBERIA DE AGUA
- 1.000 — TUBERIA DE GAS
- 1.000 — TUBERIA DE LUZ
- 1.000 — TUBERIA DE TELEFONO
- 1.000 — TUBERIA DE AGUA
- 1.000 — TUBERIA DE GAS
- 1.000 — TUBERIA DE LUZ
- 1.000 — TUBERIA DE TELEFONO



UBICACIÓN

STACION	COORDENADAS	ESTACION	COORDENADAS	ESTACION	COORDENADAS
001	12.050000	002	12.050000	003	12.050000
004	12.050000	005	12.050000	006	12.050000
007	12.050000	008	12.050000	009	12.050000
010	12.050000	011	12.050000	012	12.050000
013	12.050000	014	12.050000	015	12.050000
016	12.050000	017	12.050000	018	12.050000
019	12.050000	020	12.050000	021	12.050000
022	12.050000	023	12.050000	024	12.050000
025	12.050000	026	12.050000	027	12.050000
028	12.050000	029	12.050000	030	12.050000
031	12.050000	032	12.050000	033	12.050000
034	12.050000	035	12.050000	036	12.050000
037	12.050000	038	12.050000	039	12.050000
040	12.050000	041	12.050000	042	12.050000
043	12.050000	044	12.050000	045	12.050000
046	12.050000	047	12.050000	048	12.050000
049	12.050000	050	12.050000	051	12.050000
052	12.050000	053	12.050000	054	12.050000
055	12.050000	056	12.050000	057	12.050000
058	12.050000	059	12.050000	060	12.050000
061	12.050000	062	12.050000	063	12.050000
064	12.050000	065	12.050000	066	12.050000
067	12.050000	068	12.050000	069	12.050000
070	12.050000	071	12.050000	072	12.050000
073	12.050000	074	12.050000	075	12.050000
076	12.050000	077	12.050000	078	12.050000
079	12.050000	080	12.050000	081	12.050000
082	12.050000	083	12.050000	084	12.050000
085	12.050000	086	12.050000	087	12.050000
088	12.050000	089	12.050000	090	12.050000
091	12.050000	092	12.050000	093	12.050000
094	12.050000	095	12.050000	096	12.050000
097	12.050000	098	12.050000	099	12.050000
100	12.050000	101	12.050000	102	12.050000
103	12.050000	104	12.050000	105	12.050000
106	12.050000	107	12.050000	108	12.050000
109	12.050000	110	12.050000	111	12.050000
112	12.050000	113	12.050000	114	12.050000
115	12.050000	116	12.050000	117	12.050000
118	12.050000	119	12.050000	120	12.050000
121	12.050000	122	12.050000	123	12.050000
124	12.050000	125	12.050000	126	12.050000
127	12.050000	128	12.050000	129	12.050000
130	12.050000	131	12.050000	132	12.050000
133	12.050000	134	12.050000	135	12.050000
136	12.050000	137	12.050000	138	12.050000
139	12.050000	140	12.050000	141	12.050000
142	12.050000	143	12.050000	144	12.050000
145	12.050000	146	12.050000	147	12.050000
148	12.050000	149	12.050000	150	12.050000
151	12.050000	152	12.050000	153	12.050000
154	12.050000	155	12.050000	156	12.050000
157	12.050000	158	12.050000	159	12.050000
160	12.050000	161	12.050000	162	12.050000
163	12.050000	164	12.050000	165	12.050000
166	12.050000	167	12.050000	168	12.050000
169	12.050000	170	12.050000	171	12.050000
172	12.050000	173	12.050000	174	12.050000
175	12.050000	176	12.050000	177	12.050000
178	12.050000	179	12.050000	180	12.050000
181	12.050000	182	12.050000	183	12.050000
184	12.050000	185	12.050000	186	12.050000
187	12.050000	188	12.050000	189	12.050000
190	12.050000	191	12.050000	192	12.050000
193	12.050000	194	12.050000	195	12.050000
196	12.050000	197	12.050000	198	12.050000
199	12.050000	200	12.050000	201	12.050000
202	12.050000	203	12.050000	204	12.050000
205	12.050000	206	12.050000	207	12.050000
208	12.050000	209	12.050000	210	12.050000
211	12.050000	212	12.050000	213	12.050000
214	12.050000	215	12.050000	216	12.050000
217	12.050000	218	12.050000	219	12.050000
220	12.050000	221	12.050000	222	12.050000
223	12.050000	224	12.050000	225	12.050000
226	12.050000	227	12.050000	228	12.050000
229	12.050000	230	12.050000	231	12.050000
232	12.050000	233	12.050000	234	12.050000
235	12.050000	236	12.050000	237	12.050000
238	12.050000	239	12.050000	240	12.050000
241	12.050000	242	12.050000	243	12.050000
244	12.050000	245	12.050000	246	12.050000
247	12.050000	248	12.050000	249	12.050000
250	12.050000	251	12.050000	252	12.050000
253	12.050000	254	12.050000	255	12.050000
256	12.050000	257	12.050000	258	12.050000
259	12.050000	260	12.050000	261	12.050000
262	12.050000	263	12.050000	264	12.050000
265	12.050000	266	12.050000	267	12.050000
268	12.050000	269	12.050000	270	12.050000
271	12.050000	272	12.050000	273	12.050000
274	12.050000	275	12.050000	276	12.050000
277	12.050000	278	12.050000	279	12.050000
280	12.050000	281	12.050000	282	12.050000
283	12.050000	284	12.050000	285	12.050000
286	12.050000	287	12.050000	288	12.050000
289	12.050000	290	12.050000	291	12.050000
292	12.050000	293	12.050000	294	12.050000
295	12.050000	296	12.050000	297	12.050000
298	12.050000	299	12.050000	300	12.050000

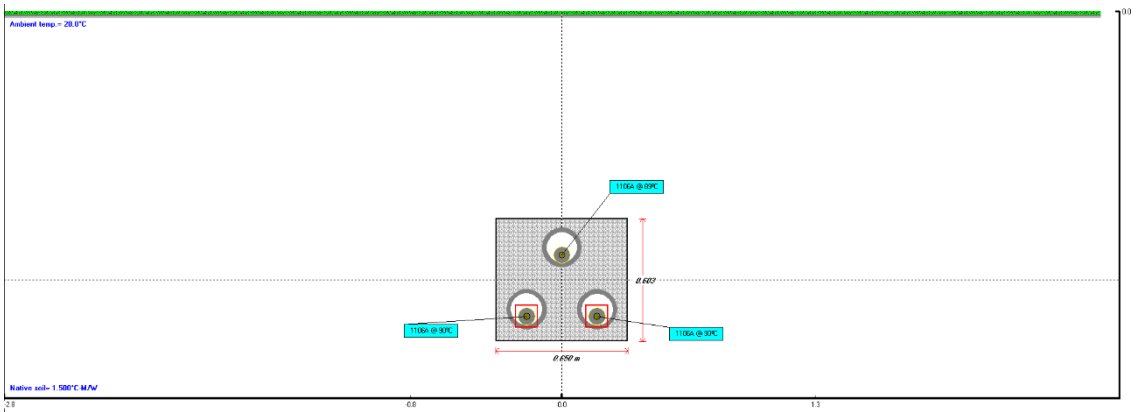
UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO" FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA			
BACH. CUEVA ESPINOZA JORGE LUIS			
DISEÑO DE UNA LINEA SUBTERRANEA DE 80KV DESDE LA RUTA MALVINAS HASTA SET PERRERO EN LIMA		FECHA: 2010	LUGAR:
TRAZO DE LINEA SUBTERRANEA 80KV		FECHA: 2010	LUGAR:
INGENIERO:	INGENIERO:	INGENIERO:	INGENIERO:

TLS-02

**ANEXO N° 2 RESULTADOS REGIMEN PERMANENTE EN SIMPLE
TERNA**

REGIMEN PERMANENTE TREFOIL CONVENCIONAL

Profundidad 1,50 m



*

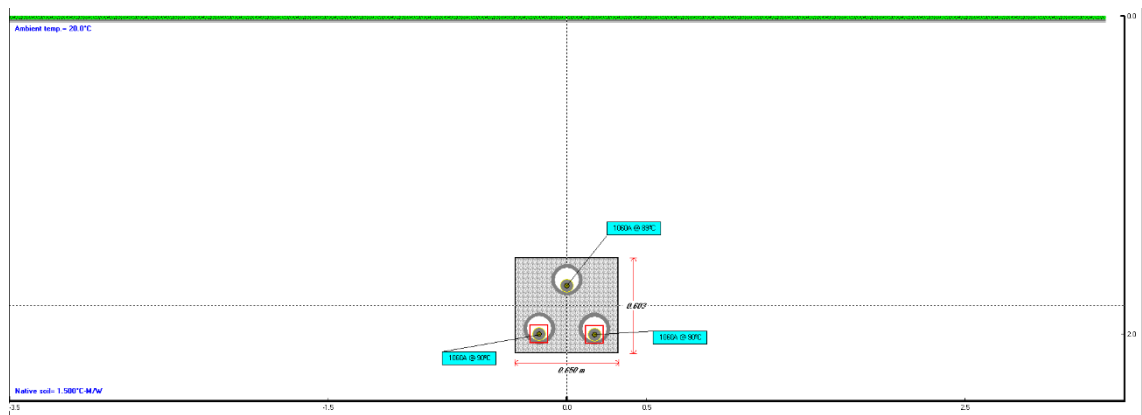
SOLUTION CONVERGED AFTER 4 ITERATIONS

GEOMETRIC FACTOR: 2.03

CABLE NO	CONDUCTOR TEMPERATURE (DEG C)	CONDUCTOR AMPACITY (A)	DC RESISTANCE (OHMS/M)	YCS	YCP	AC/DC RATIO	YS	YA	PHASE ID
1	90.0	1106.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	A
2	90.0	1106.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	B
3	88.5	1106.	0.1916E-04	0.177	0.002	1.179	0.027	0.000	C

REGIMEN PERMANENTE TREFOIL CONVENCIONAL

Profundidad 2,00 m



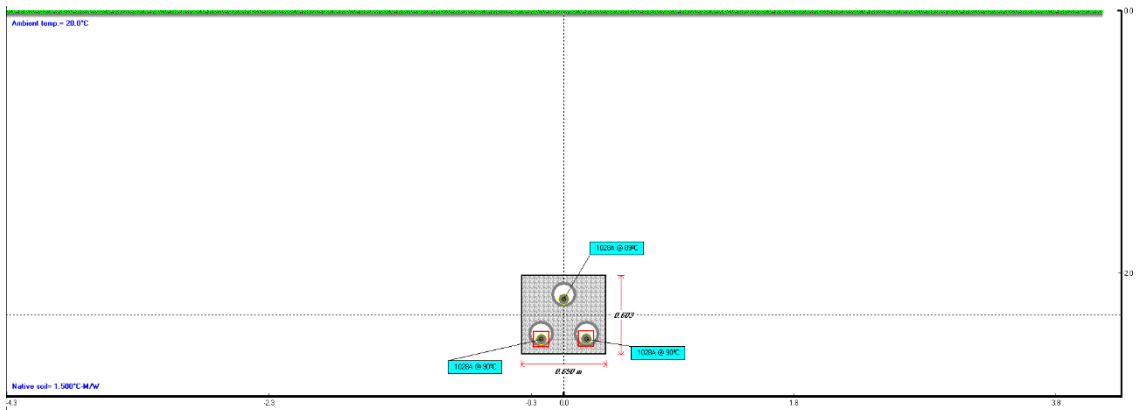
SOLUTION CONVERGED AFTER 4 ITERATIONS

GEOMETRIC FACTOR: 2.36

CABLE NO	CONDUCTOR TEMPERATURE (DEG C)	AMPACITY (A)	DC RESISTANCE (OHMS/M)	YCS	YCP	AC/DC RATIO	YS	YA	PHASE ID
1	90.0	1060.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	A
2	90.0	1060.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	B
3	89.0	1060.	0.1919E-04	0.177	0.002	1.179	0.027	0.000	C

REGIMEN PERMANENTE TREFOIL CONVENCIONAL

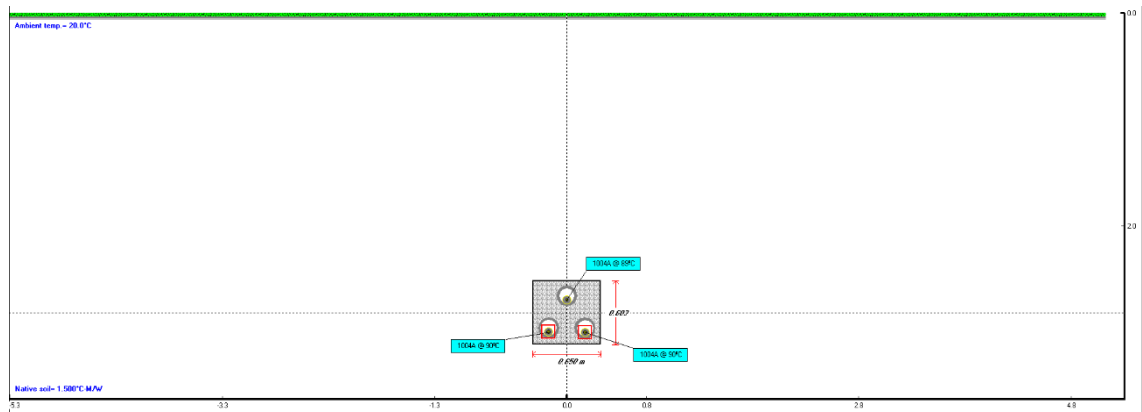
Profundidad 2,50 m



SOLUTION CONVERGED AFTER 4 ITERATIONS									
GEOMETRIC FACTOR: 2.60									
CABLE NO	CONDUCTOR TEMPERATURE (DEG C)	AMPACITY (A)	DC RESISTANCE (OHMS/M)	YCS	YCP	AC/DC RATIO	YS	YA	PHASE ID
--	-----	-----	-----	---	---	-----	--	--	-----
1	90.0	1028.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	A
2	90.0	1028.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	B
3	89.2	1028.	0.1921E-04	0.176	0.002	1.179	0.027	0.000	C

REGIMEN PERMANENTE TREFOIL CONVENCIONAL

Profundidad 3,00 m



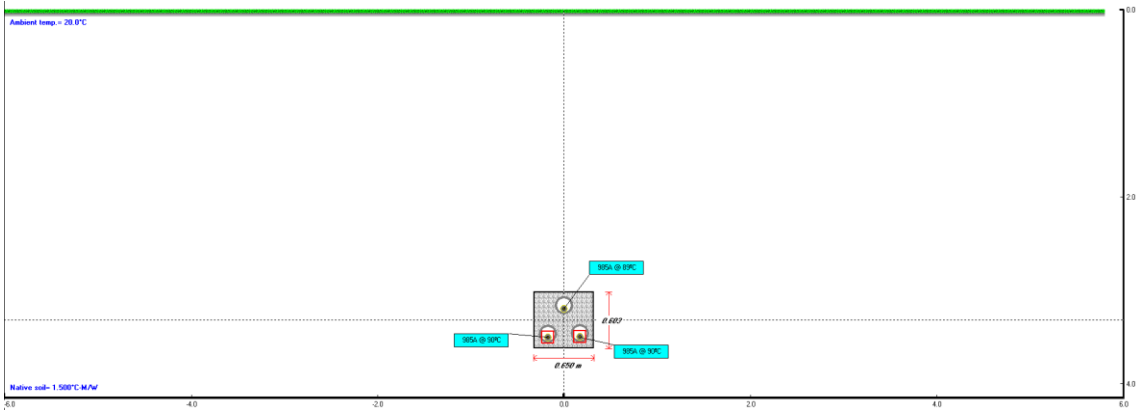
SOLUTION CONVERGED AFTER 4 ITERATIONS

GEOMETRIC FACTOR: 2.80

CABLE NO	CONDUCTOR TEMPERATURE (DEG C)	CONDUCTOR AMPACITY (A)	DC RESISTANCE (OHMS/M)	YCS	YCP	AC/DC RATIO	YS	YA	PHASE ID
1	90.0	1004.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	A
2	90.0	1004.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	B
3	89.4	1004.	0.1922E-04	0.176	0.002	1.179	0.027	0.000	C

REGIMEN PERMANENTE TREFOIL CONVENCIONAL

Profundidad 3,50 m



SOLUTION CONVERGED AFTER 4 ITERATIONS

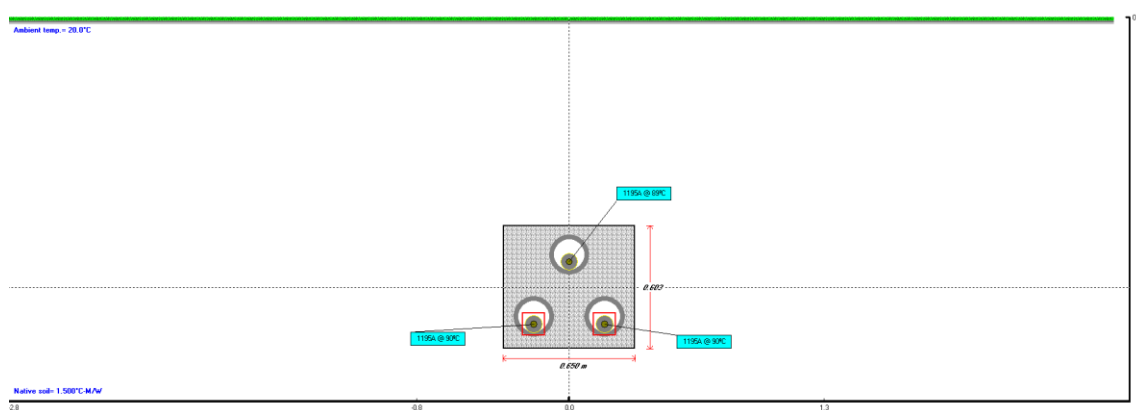
GEOMETRIC FACTOR: 2.97

CABLE NO	CONDUCTOR TEMPERATURE (DEG C)	CONDUCTOR AMPACITY (A)	DC RESISTANCE (OHMS/M)	YCS	YCP	AC/DC RATIO	YS	YA	PHASE ID
1	90.0	985.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	A
2	90.0	985.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	B
3	89.5	985.	0.1922E-04	0.176	0.002	1.179	0.027	0.000	C

ANEXO N° 3. RESULTADOS REGIMEN CÍCLICO EN SIMPLE TERNA

REGIMEN CÍCLICO TREFOIL CONVENCIONAL

Profundidad 1,50 m



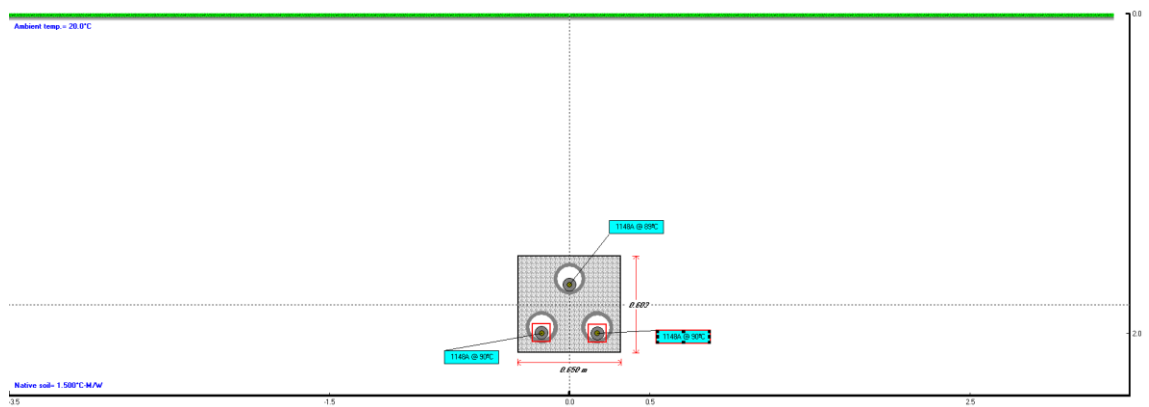
SOLUTION CONVERGED AFTER 4 ITERATIONS

GEOMETRIC FACTOR: 2.03

CABLE NO	CONDUCTOR TEMPERATURE (DEG C)	CONDUCTOR AMPACITY (A)	DC RESISTANCE (OHMS/M)	YCS	YCP	AC/DC RATIO	YS	YA	PHASE ID
1	90.0	1195.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	A
2	90.0	1195.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	B
3	88.6	1195.	0.1917E-04	0.177	0.002	1.179	0.027	0.000	C

REGIMEN CÍCLICO TREFOL CONVENCIONAL

Profundidad 2,00 m



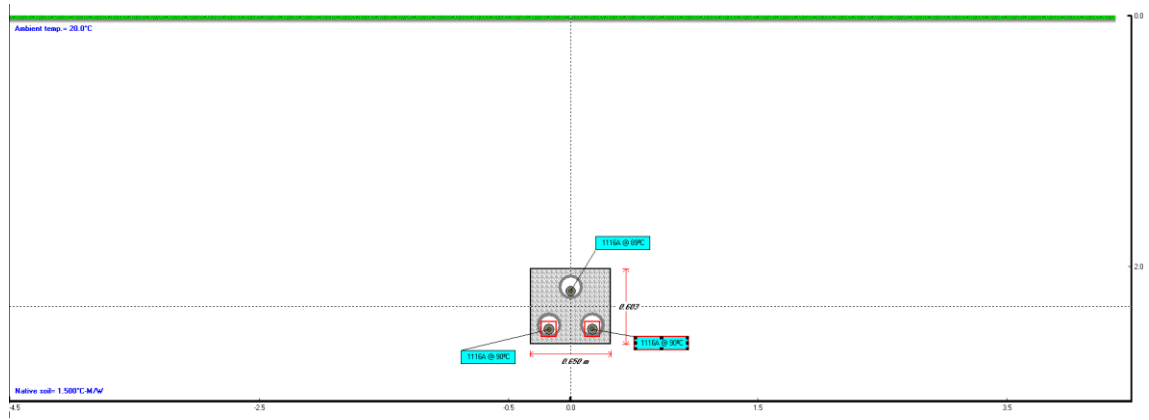
SOLUTION CONVERGED AFTER 4 ITERATIONS

GEOMETRIC FACTOR: 2.36

CABLE NO	CONDUCTOR TEMPERATURE (DEG C)	CONDUCTOR AMPACITY (A)	DC RESISTANCE (OHMS/M)	YCS	YCP	AC/DC RATIO	YS	YA	PHASE ID
--	-----	-----	-----	---	---	-----	--	--	-----
1	90.0	1148.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	A
2	90.0	1148.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	B
3	89.1	1148.	0.1920E-04	0.177	0.002	1.179	0.027	0.000	C

REGIMEN CÍCLICO TREFOIL CONVENCIONAL

Profundidad 2,50 m



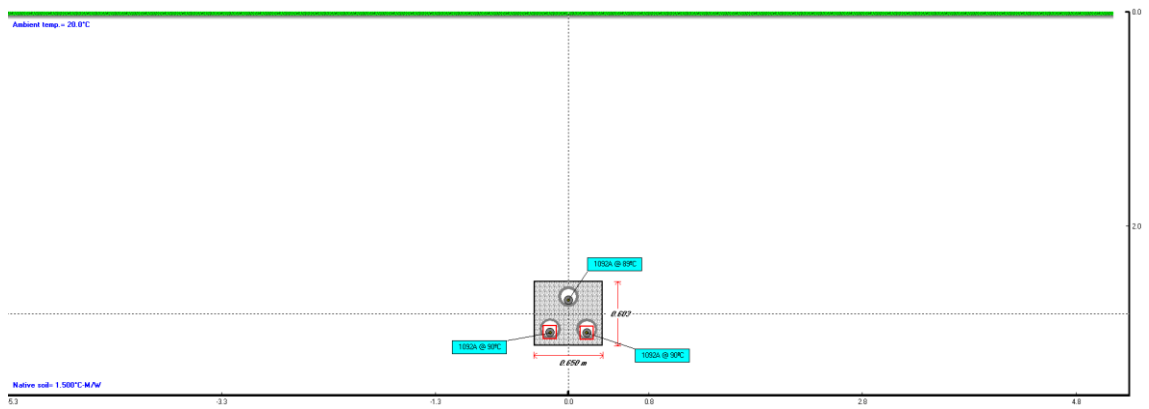
SOLUTION CONVERGED AFTER 4 ITERATIONS

GEOMETRIC FACTOR: 2.60

CABLE NO	CONDUCTOR TEMPERATURE (DEG C)	CONDUCTOR AMPACITY (A)	DC RESISTANCE (OHMS/M)	YCS	YCP	AC/DC RATIO	YS	YA	PHASE ID
---	-----	-----	-----	---	---	-----	--	--	-----
1	90.0	1116.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	A
2	90.0	1116.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	B
3	89.3	1116.	0.1921E-04	0.176	0.002	1.179	0.027	0.000	C

REGIMEN CÍCLICO TREFOIL CONVENCIONAL

Profundidad 3,00 m



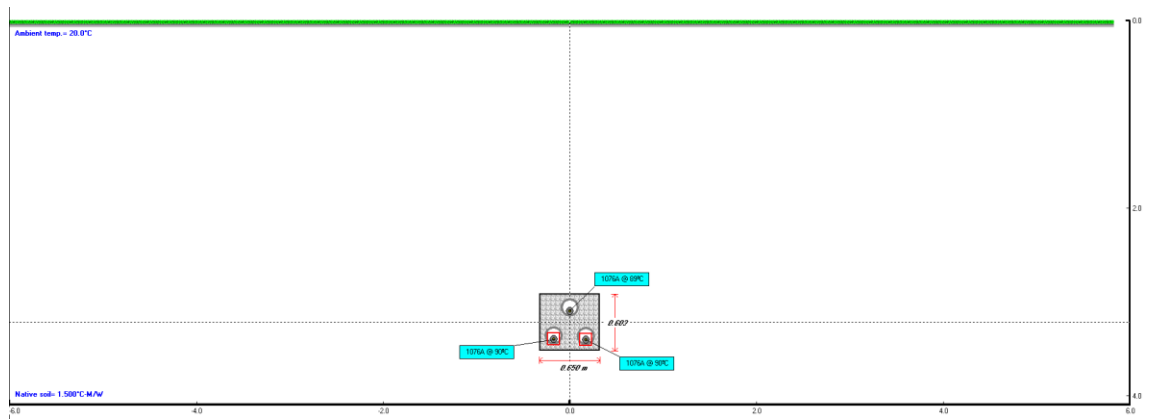
SOLUTION CONVERGED AFTER 4 ITERATIONS

GEOMETRIC FACTOR: 2.80

CABLE NO	CONDUCTOR TEMPERATURE (DEG C)	CONDUCTOR AMPACITY (A)	DC RESISTANCE (OHMS/M)	YCS	YCP	AC/DC RATIO	YS	YA	PHASE ID
---	-----	-----	-----	---	---	-----	--	--	-----
1	90.0	1092.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	A
2	90.0	1092.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	B
3	89.4	1092.	0.1922E-04	0.176	0.002	1.179	0.027	0.000	C

REGIMEN CÍCLICO TREFOIL CONVENCIONAL

Profundidad 3,50 m



SOLUTION CONVERGED AFTER 4 ITERATIONS

GEOMETRIC FACTOR: 2.94

CABLE NO	CONDUCTOR TEMPERATURE (DEG C)	CONDUCTOR AMPACITY (A)	DC RESISTANCE (OHMS/M)	YCS	YCP	AC/DC RATIO	YS	YA	PHASE ID
---	-----	-----	-----	---	---	-----	--	--	-----
1	90.0	1076.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	A
2	90.0	1076.	0.1925E-04	0.176	0.002	1.178	0.027	0.000	B
3	89.5	1076.	0.1923E-04	0.176	0.002	1.179	0.027	0.000	C

ANEXO N° 4. ESPECIFICACIONES DEL SUMINISTRO DE MATERIALES.

ESPECIFICACION TECNICA

TERMINALES Y ACCESORIOS CABLE 60 kV

ALCANCE

La especificación presente establece las características técnicas mínimas aceptables que se debe cumplir para el diseño, fabricación, pruebas y suministro del Terminal y accesorios del cable a ser empleados en la estructura de transición aéreo subterráneo de línea en 60 kV correspondientes a la línea subterránea en 60 kV SET Pershing.

EXTENSION DEL SUMINISTRO

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	Terminal Polimérico 60 kV, autoportado, para cable 60 kV de 1200 mm ² .	u	3
2	Caja Tripolar de conexión Directa a tierra de pantalla de cable	u	3
3	Caja Tripolar de conexión Directa a tierra de pantalla de cable con limitador de tensión (SVL)	u	3

NORMAS APLICABLES

Los accesorios del cable cumplirán, donde sea aplicable, con las prescripciones de las siguientes normas:

IEC 60840	Test For Power Cables With Extruded Insulation For Rated Voltages Above 30 kV (Um = 36 kV) up to 150 kV (Um = 170 kV).
IEC 60230	Impulse Test On Cables And Their Accesorios
IEEE 48-2009	Standard Test Procedures and Requirements for Alternating Current Cable Terminations 2,5 kV trough 765 kV.

IEC 62117	Polymeric insulators for indoor and outdoor use with a nominal voltage > 1 000 V. General definitions, test methods and acceptance criteria
NEMA CC1	Electric Power Connectors For Substations
ANSI/IEEE Std 575	Guide For The Application Of Sheath – Bonding Methods For Single – Conductor Cables And The Calculation Of Induced Voltages And Currents In Cable Sheaths
ASTM A 36	Structural Steel
ASTM A 123	Zinc Coatings on Products Fabricated From Rolled, Pressed, And Forged Steel Shapes, Plates, Bars And Strip.

CONDICIONES DE SERVICIO

El sistema eléctrico en el cual operará el cable tiene las siguientes características:

- Tensión de servicio de la red	:	60 kV
- Tensión máxima de servicio	:	72,5 kV (sistema trifásico)
- Frecuencia de la red	:	60 Hz
- Nivel básico de aislamiento (BIL)	:	325 kV
- Nivel isocerámico	:	0

CARACTERISTICAS TECNICAS

TERMINAL POLIMÉRICO PARA CABLE DE 60 KV, AUTOSOPORTADO, INTEMPERIE

Los terminales poliméricos unipolares para intemperie, deberán ser autosoportados y de goma de silicon, asimismo, serán para uso exterior, apropiados para cables unipolares de aislamiento XLPE, de 1200 mm² de sección de cobre y provistos de pantalla conductora de cintas e hilos de cobre de 225 mm².

Los terminales deberán cumplir con lo indicado en la norma IEC 60840. El housing polimérico deberá cumplir con lo indicado en la norma IEC 61462. Asimismo, las pruebas de traqueo y erosión deberán cumplir con lo señalado en la norma IEC 60587. El postor deberá presentar los protocolos de prueba tipo de sus terminales bajo la norma IEC 60840 y las pruebas satisfactorias bajo las normas IEC 61462 y IEC 60587.

Los terminales unipolares vendrán provistos de campanas de aislamiento, para proporcionar la necesaria longitud de fuga, la que no será menor a 2248 mm.

El extremo de conexión del terminal será del tipo pin, el pin deberá ser de cobre plateado y el ajuste de fijación del pin al terminal deberá ser con pernos de autocizallamiento.

Deberá venir provisto además de todos los accesorios necesarios (pernos, tuercas, terminales y otros) para la conexión de pantalla a la caja de aterramiento y todos los componentes necesarios para su conexión a la línea de 60 kV que será en un extremo a tubo de cobre de 30 mm de diámetro y en el otro extremo a conductor de aleación de aluminio AAAC de 638 mm² de 32,9 mm de diámetro. El postor podrá ofertar en forma alternativa los conectores para dichas conexiones, de acuerdo a lo requerido para el proyecto.

Los terminales deberán ser capaces de soportar una corriente de cortocircuito de 31,5 kA durante 0,5 segundos.

El terminal a ofertar deberá ser de fácil instalación y en un tiempo que no supere las 5 horas efectivas. El postor deberá cotizar en su oferta el montaje de los terminales y la capacitación respectiva para que este trabajo pueda ser efectuado por el personal de mantenimiento.

En la oferta técnica el postor deberá indicar el tiempo de vida útil estimado, el tiempo recomendado para el mantenimiento del terminal ofertado y su presión de lavado en servicio, en caso que el terminal no pueda ser lavado a presión en servicio, el postor deberá indicar el procedimiento que se debe seguir para la limpieza de los terminales ofertados.

El Postor deberá proporcionar la información técnica solicitada según la Tabla de Datos Técnicos Garantizados que se presenta en la parte de anexos.

EMPALME AISLANTE DE CABLE

Los empalmes recto unipolares del cable, serán del tipo termorretráctil u otra tecnología apropiada para su instalación en una galería de cables en servicio y soportados en bandejas, apropiados para cables unipolares de polietileno reticulado, de 1200 mm² de sección de cobre y provistos de pantalla conductora de cintas e hilos de cobre de 225 mm².

Los empalmes unipolares, aislarán la pantalla conductora del cable de uno al otro lado del mismo, estando provistos de los componentes necesarios para efectuar conexión de pantallas. Deberán venir previsto de dos terminales de conexión de pantalla.

El conector del empalme será del tipo mecánico, con ajuste por medio de pernos de autocizallamiento. No se permitirá soldar o prensar como medio de conexión en el empalme.

Los empalmes deberán ser capaces de soportar una corriente de cortocircuito de 31.5 kA durante 0.5 segundos.

Los empalmes deberán estar diseñados para que trabajen en bandejas y puedan subsistir ante una eventual inundación, es decir deben poseer sellos internos y externos que garanticen la estanqueidad.

El Postor deberá proporcionar la información técnica solicitada en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados anexa.

CAJA TRIPOLAR DE CONEXIÓN DIRECTA A TIERRA DE LA PANTALLA DEL CABLE

Esta caja de conexión a tierra deberá ser de acero inoxidable, utilizando barras de conexión removibles y ajustadas con pernos, la carcasa deberá ser apropiada para instalarse en una estructura soporte en posición vertical.

Deberá ser apropiada para cables unipolares de conexión de 240 mm² de sección de cobre y tener además una conexión a tierra.

El suministro de las cajas deberá incluir uniones rectas, terminales, pernos y todo lo necesario para la conexión del conductor de la pantalla del cable de 60 kV a la caja de aterramiento y los sellos necesarios para garantizar el grado de hermeticidad IP 55.

La caja deberá ser capaz de soportar una corriente de cortocircuito de 31,5 kA durante 0,5 segundos.

La caja será usada para conectar directamente a tierra la pantalla de los cables unipolares.

El Postor deberá proporcionar la información técnica solicitada según la Tabla de Datos Técnicos Garantizados que se presenta en la parte de anexos.

CAJA TRIPOLAR DE CONEXIÓN DIRECTA A TIERRA DE LA PANTALLA DEL CABLE DE 60 KV CON LIMITADOR DE Tensión (SVL)

La caja será usada para conectar directamente a tierra la pantalla de los cables unipolares.

Esta caja, será de acero inoxidable, deberá emplear barras de conexión removibles y ajustadas con pernos, la carcasa deberá ser apropiada para instalarse en una estructura soporte en posición vertical.

Deberá ser apropiada para cables unipolares de conexión de 240 mm² de sección de cobre y tener además una conexión a tierra.

El suministro de las cajas deberá incluir uniones rectas, terminales, pernos y todo lo necesario para la conexión del conductor de la pantalla del cable de 60 kV a la caja de aterramiento y los sellos necesarios para garantizar el grado de hermeticidad IP 55.

La salida de los limitadores de tensión (SVL) y la carcasa de la caja deberá tener conexiones a tierra. Los limitadores de tensión (SVL), serán del tipo de óxido de zinc.

La caja deberá ser capaz de soportar una corriente de cortocircuito de 31,5 kA durante 0,5 segundos.

El Postor deberá proporcionar la información técnica solicitada según la Tabla de Datos Técnicos Garantizados que se presenta en la parte de anexos.

CAJA TRIPOLAR TIPO CROSSBONDING PARA CONEXIÓN CRUZADA DE LAS PANTALLAS A TIERRA

Esta caja será de acero inoxidable, grado de hermeticidad IP55, con barras de conexión removibles y ajustadas con pernos, con carcasa apropiada para instalarse en posición vertical y fijada en una estructura metálica.

Deberá ser apropiada para cables unipolares con cable de cobre, 240 mm², para conexión de tierra.

Las cajas de puesta a tierra serán capaces de contener los efectos de fallo térmico o eléctrico de alguno de los elementos alojados sin que se produzcan daños a elementos externos cercanos; pudiendo ser de acero galvanizado, de acero inoxidable o de plástico dependiendo de que se instalen en exterior o en interior. La caja deberá ser capaz de soportar una corriente de cortocircuito de 31.5 kA durante 0.5 segundos.

El Contratista deberá proporcionar la información técnica solicitada en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados anexa.

PRUEBAS TIPO, RUTINA Y MUESTREO

6.1 PRUEBAS TIPO

Para el caso de los terminales de 60 kV, el postor deberá presentar en su oferta los reportes de pruebas tipo efectuados en un laboratorio independiente de prestigio internacional que garantice que los terminales de 60 kV ofertados cumplen con las pruebas tipo indicadas en la norma IEC 60840.

Para el caso de las cajas de conexión a tierra que está ofertando, el postor deberá presentar en su oferta los reportes de pruebas efectuados en un laboratorio independiente de prestigio internacional que garantice el grado de hermeticidad IP55 y las pruebas tipo de los limitadores de tensión.

6.2 PRUEBAS DE RUTINA Y MUESTREO

Antes de la ejecución de las pruebas de rutina y muestreo el postor ganador deberá remitir los certificados de calibración de los equipos y/o instrumentos que utilizará para la

ejecución de las pruebas de rutina y muestreo, para revisión y conformidad de ENEL, dichos certificados de calibración de los equipos de pruebas deberán tener una vigencia no mayor a doce (12) meses.

Para el caso de los terminales de 60 kV, el postor deberá efectuar las pruebas de rutina y muestreo indicadas en la norma IEC 60840. El costo de efectuar tales pruebas estará incluido en la oferta del postor, ENEL, en caso sea solicitado, sólo proporcionará en sus almacenes el cable 60 kV que se requiera para las pruebas de rutina. El postor ganador se deberá encargar de efectuar el corte, retiro, embalaje y envío del cable 60 kV al laboratorio donde se efectuarán las pruebas de rutina, todos los costos que demanden para la movilización del cable 60 kV desde los almacenes de ENEL hasta el laboratorio del pruebas deberá estar incluido en el costo unitario de las terminaciones ofertadas.

Para el caso de las cajas de aterramiento, el postor deberá efectuar dentro de las pruebas de rutina y muestreo, las pruebas que garanticen que el grado de hermeticidad IP 67, que los limitadores de tensión cumplen con los niveles de tensión ofertados, y además que cumplen las dimensiones indicadas en los planos. Asimismo, el postor deberá indicar en su oferta que otras pruebas de rutina realizará a las cajas de aterramiento. El costo de efectuar todas las pruebas de rutina deberá estar incluido en la oferta del postor.

EMBALAJE

Todos los accesorios para el cable de 60 kV, deberán ser embalados para transporte marítimo y terrestre de exportación, preparando los bultos de manera de proteger su contenido de deterioros por manipulaciones, golpes, humedad, ataque salino, robos, etc.

Los elementos o partes que puedan ser afectadas por vibraciones, golpes y humedad serán adecuadamente protegidos mediante la inclusión de material amortiguante y sustancias higroscópicas en cantidad adecuada.

Todas las pequeñas piezas y/o accesorios, tuercas, bulones y arandelas que deban ser entregadas sueltas, deberán embalarsen en cajas cerradas y etiquetadas.

Los repuestos deberán ser embalados en forma independiente en contenedores adecuados para ser almacenados por tiempo prolongado, e identificados adecuadamente con la leyenda "solo repuestos".

Deberán ser ubicados individualmente o en kits para ser usados en conjunto, de manera de facilitar su eventual uso y acarreo, de modo tal que los repuestos no requeridos, no perturben la extracción de las partes necesarias.

Los empaques se marcarán con la siguiente información:

- Destino
- Número del Pedido u Orden de Compra
- Fabricante ó marca
- Pesos, tara y neto
- Año de fabricación

Todos los accesorios del cable de 60 kV y sus elementos, deberán ser rotulados adecuadamente, de tal forma que su identificación sea rápida.

INFORMACION A PRESENTAR

8.1 INFORMACIÓN REQUERIDA CON LA OFERTA

El postor deberá entregar **OBLIGATORIAMENTE** junto con su oferta la siguiente documentación en idioma español o inglés:

- Descripción completa de los procedimientos de control de calidad y de aseguramiento de la calidad del fabricante.
- Tabla de datos técnicos garantizados, llenados completamente, firmadas y selladas por el fabricante.
- Planos dimensionales de los accesorios ofertados indicando sus características mecánicas y/o eléctricas.
- Relación de sus clientes a quienes ha suministrado accesorios de cables similares. Certificados de por lo menos 5 empresas en los cuales se afirme que los accesorios de cables similares a los ofertados, han presentado un comportamiento favorable. Dichos certificados no deberán tener una antigüedad mayor a 10 años.
- Cronograma general del suministro, que incluya las fases de fabricación, pruebas y entregas previstas en almacenes ENEL.
- Certificado de calidad ISO 9001 y/o ISO 9002.
- Carta de garantía de los materiales ofertados por cuatro (04) años contados a partir de su entrega a satisfacción de ENEL.
- Protocolos de pruebas tipo de todos los accesorios del cables de 60 kV, iguales a los ofertados, realizados en un laboratorio independiente y de prestigio internacional.

- Relación de las pruebas de rutina y muestreo que efectuará a todos los accesorios del cable de 60 kV que está efectuando.
- Especificaciones técnicas de los accesorios de 60 kV ofertadas, incluyendo catálogos técnicos, manuales de instalación, operación y/o mantenimiento.

8.2 INFORMACIÓN A REMITIR POR EL POSTOR GANADOR

Los documentos mencionados a continuación tendrán que ser remitidos por el postor ganador, a más tardar en los plazos siguientes a partir de la fecha de la orden de proceder:

8.2.1 Una semana después de la orden de proceder

Cronograma calendarizado detallado de la fabricación, pruebas, transporte y entrega de los accesorios del cable de 60 kV adjudicados.

Características eléctricas y mecánicas, definitivas de los accesorios del cable de 60 kV ofertado, para revisión y/o aprobación de ENEL.

Planos de dimensiones finales de los accesorios del cable.

8.2.2 Un mes antes del fin de fabricación

Lista detallada de las pruebas de las pruebas de rutina y muestreo que se ejecutarán en los talleres del fabricante a los accesorios del cable de 60 kV, adjuntando los formatos de pruebas y los certificados de calibración de los equipos y/o instrumentos que se utilizarán para las pruebas.

8.2.3 Un mes antes del fin de fabricación

Todos los protocolos de las pruebas tipo, rutina, muestreo y especiales realizadas. Los protocolos de las pruebas de rutina y/o muestreo deberán estar firmados por los representantes de ENEL en calidad de conformidad.

Los manuales de instrucciones para el adecuado montaje, operación y mantenimiento de los accesorios del cable de 60 kV, en idioma español.

Los planos, esquemas de conexión y demás documentos finales.

REQUERIMIENTOS DE CALIDAD

El proveedor deberá demostrar que tiene implementando y funcionando en su fábrica un sistema de garantía de calidad con programas y procedimientos documentados en manuales, cumpliendo la Norma ISO 9001 ó superior (Sistema de Calidad: Modelo de Garantía de Calidad de diseño, producción, instalación y servicio).

ENEL se reserva el derecho de verificar los procedimientos y la documentación relativa a la fabricación de los accesorios del cable, y el fabricante se obliga a poner a su disposición estos antecedentes.

GARANTIA

El fabricante garantizará que los materiales que ofrece satisfagan todos los requerimientos de estas Especificaciones Técnicas, para lo cual deberá certificar mediante una carta de garantía la calidad de los productos, el diseño adecuado y correcto, la calidad de los materiales y el trabajo cuidadoso de la fabricación; comprometiéndose a subsanar en forma inmediata cualquier deficiencia que pueda presentarse durante el periodo de garantía, referida al mal diseño y/o mala calidad de los materiales utilizados. Además, el fabricante deberá garantizar que los suministros cumplen con las Normas IEC respectivas, ANSI u otras que aseguren igual o mejor calidad.

La garantía para el material ofrecido bajo este documento, será como mínimo cuatro (04) años a partir de la fecha de recepción a satisfacción de ENEL. El Fabricante deberá señalar en su oferta la aceptación expresa de este tiempo de garantía y plazo de entrega.

El postor deberá indicar claramente en su oferta el plazo de entrega FOB, CIF -Callao y almacenes ENEL, a partir de la fecha de colocación del pedido.

El plazo de entrega deberá ser de 90 DIAS calendario ó el menor posible, siendo éste un factor importante para la evaluación de las ofertas. No se aceptarán entregas parciales dentro del plazo indicado.

El incumplimiento del plazo de entrega dará lugar a la aplicación de penalidades por ENEL. La penalidad por demora en la entrega será de 0,5% del monto adjudicado por cada día calendario de atraso.

PRESENTACION DE LA OFERTA

1.1.1 INFORMACIÓN TÉCNICA

El Postor deberá remitir los cuadros anexos de Información Técnica, debidamente llenados. Los datos de la columna Valor Ofertado deben cumplir o superar lo solicitado; en caso contrario el Postor deberá justificar los distintos valores que adopte.

Deberá remitir además, los planos, esquemas, protocolos de prueba y toda información pertinente indicadas en el numeral 8.1.

1.1.2 LISTA DE SUMINISTRO SIMILARES

Efectuados en los últimos 10 años, indicando cliente, cantidad y fecha. Se deberá incluir además copia de los certificados de funcionamiento satisfactorio de empresas de servicio público de electricidad, respecto al empleo de los accesorios de cables especificado u otro similar.

TABLA DE DATOS TECNICOS GARANTIZADOS
TERMINALES Y ACCESORIOS CABLE DE 60 kV

1/3

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR SOLICITADO	VALOR OFRECIDO
1.0	TERMINAL DE GOMA SILICONADA			
1.1	Modelo designación de fabrica			
1.2	Norma de Construcción y ensayos		IEEE 48	
1.3	Tensión de servicio	kV	60	
1.4	Tensión nominal y de serie	kV	725	
1.5	Corriente nominal			
1.6	Corriente de cortocircuito eficaz	kA	31,5	
1.7	Corriente dinámica	kA		
1.8	Nivel básico de aislación	kV	325	
1.9	Potencia nominal a transmitir	MVA	120	
1.10	Columna aisladora			
1.11	Nombre de fabricante			
1.12	Modelo (Designación de fábrica)			
1.13	País de origen			
1.14	Norma de construcción y ensayo		IEC 60233	
1.15	Material de la columna aisladora		Goma siliconada	
1.16	Línea de fuga mínima	mm	2248	
1.17	Esfuerzo de soportarlo en el anexo superior de la columna	daN		
1.18	Esfuerzo de torsión admisible en el extremo superior de la columna	daN		
1.19	Masa de la columna aisladora	kg		
1.20	Brida de fijación			
1.21	Material		Al o Acero galvanizado	
1.22	Cantidad de puntos de fijación		4	
1.23	Sección del conductor del cobre	mm ²	1200	
1.24	Diámetro exterior del cable	mm		
1.25	Máximo	mm		

1.26	Mínimo	mm		
1.27	Aislación principal			
1.28	Largo	mm		
1.29	Ancho	mm		

TABLA DE DATOS TECNICOS GARANTIZADOS

2/3

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR SOLICITADO	VALOR OFRECIDO
1.40	Masa	kg		
1.41	Temperatura máxima del conductor en condiciones nominales	°C	90	
1.42	Temperatura del conductor durante sobrecargas de emergencia (no más de 1.500 hs de la vida del cable)	°C	130	
1.43	Temperatura del conductor para el estado de cortocircuito	°C	250	
1.44	Masa total del terminal	kg		
2.0	CAJA TRIPOLAR DE CONEXIÓN DIRECTA A TIERRA DE PANTALLA DE CABLE			
2.1	Fabricante	--		
2.2	País de procedencia	--		
2.3	Norma de fabricación y prueba	--		
2.4	Para conectar a tierra la pantalla de 3 cables unipolares	--	Si	
2.5	Con carcasa (caja) de acero inoxidable, de diseño compacto y sellado herméticamente	--	Si	
2.6	Adecuado para conductor aislado de conexión de 240 mm ² de cobre.	--	Si	
2.7	Diámetro de los agujeros de entrada del conductor de conexión	mm		
2.8	Con sistema de sellado contraíble por calor (heat shrink sealing) de los conductores de conexión, al interior y exterior de la caja	--	Si	
2.9	Provisto de conexión a tierra	--	Si	
2.10	Resistencia de presión de agua en 4 semanas	Bar	1.0	
2.11	Incluye Reporte de Pruebas (Presión de Agua)	--	Si	
2.12	Grado de hermeticidad:		IP 55	
2.13	Dimensiones de la caja:			

2.14	Largo	mm		
2.15	Ancho	mm		
2.16	Altura	mm		
2.17	Plano de dimensiones	--	Adjuntar	
2.18	Peso	kg		
2.19	Material de la Caja	--	Acero Inoxidable	
2.20	Capacidad para soportar una corriente de cortocircuito de 31,5 kA durante 0,5 segundos		Si	
2.21	Se incluye todos los accesorios necesarios para la instalación de las cajas (pernos, terminales, etc.)		Si	

TABLA DE DATOS TECNICOS GARANTIZADOS

3/3

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR SOLICITADO	VALOR OFRECIDO
3.0	CAJA DE CONEXIÓN DIRECTA A TIERRA CON LIMITADOR DE TENSION (SVL)			
3.1	Fabricante	--		
3.2	País de procedencia	--		
3.3	Norma de fabricación y prueba de la caja de aterramiento	--		
3.4	Para cruzar las pantallas conductoras de diferentes fases de los cables unipolares (cross-bonding), conectándolos a tierra a través de limitadores de tensión (SVL)	--	No	
3.5	Dispositivo limitador de tensión			
3.6	Norma de fabricación y ensayos del limitador de tensión	--	IEC 60099	
3.7	Material Varistor	--	ZnO	
3.8	Tensión de servicio	kV	1	
3.9	Tensión máxima de servicio	kV		
3.10	Máxima Tensión de operación Continua (MCOV)	kV		
3.11	Característica de Voltaje (Varistor)			
3.12	Tensión de Impulso	kV		
3.13	Tensión sostenida en DC	kV		

3.14	Tensión sostenida en AC	kV		
3.15	Con carcasa (caja) de acero inoxidable, de diseño compacto y sellado herméticamente	--	Si	
3.16	Adecuado para cable aislado N2XY de 185 mm ² de sección de cobre.	--	Si	
3.17	Diámetro de los agujeros de entrada del conductor de conexión	mm		
3.18	Con sistema de sellado contraible por calor (heat shrink sealing) de los conductores de conexión, al interior y exterior de la caja	--	Si	
3.19	Provisto de conexión a tierra	--	Si	
3.20	Resistencia de presión de agua	bar	1,0	
3.21	Dimensiones de la caja:			
3.22	Largo	mm		
3.23	Ancho	mm		
3.24	Altura	mm		
3.25	Plano de dimensiones		Adjuntar	
3.26	Grado de hermeticidad	--	IP 55	
3.27	Peso	kg		
3.28	Material de la Caja	--	Acero Inoxidable	
3.29	Capacidad para soportar una corriente de cortocircuito de 31,5 kA durante 0,5 segundos		Si	
3.30	Se incluye todos los accesorios necesarios para la instalación de las cajas (pernos, terminales, etc.)		Si	

TABLA DE DATOS TECNICOS GARANTIZADOS

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR SOLICITADO	VALOR OFRECIDO
4.0	EMPALME UNIPOLAR AISLANTE DE CABLE			
4.1	Fabricante	--		
4.2	Procedencia	--		
4.3	Norma de fabricación y prueba	--	IEC 60840	
4.4	Tipo de material	--	Polimérico	
4.5	Tecnología	--		
4.6	Tensión nominal	kV	60	
4.7	Tensión máxima de operación	kV	72.5	
4.8	Nivel Básico de Aislamiento	kV	350	
4.9	Corriente nominal a transmitir (Factor de carga 100%)	A	≥1100	
4.10	Sección del conductor de cobre	mm²	630	
4.11	Diámetro exterior del cable			
	- Máximo	mm		
	- Mínimo	mm		
4.12	Longitud recta total	mm		
4.13	Para cross bonding	--	No	
4.14	Tiempo de instalación	hr		
4.15	Trabaja en bandeja con temperatura ambiente de 50°C		Sí	
4.16	Temperatura máxima del conductor de condiciones nominales	°C	90	
4.17	Temperatura del conductor durante sobrecargas de emergencia	°C	130	
4.18	Temperatura del conductor para el estado de cortocircuito, 1 segundo.	°C	250	
4.19	Masa total del empalme unipolar	kg		
4.20	Conector del empalme			
4.20.1	Tipo	--	Mecánico	
4.20.2	Tipo Ajuste	--	Pernos de Autocizallamiento	
4.20.3	Norma de fabricación y prueba		IEC 61238 Clase A	
4.21	Corriente de cortocircuito durante 0.5 segundos	KA	34.5	

TABLA DE DATOS TECNICOS GARANTIZADOS

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR SOLICITADO	VALOR OFRECIDO
5.0	CAJA TRIPOLAR TIPO CROSSBONDING DE CONEXIÓN A TIERRA DE LA PANTALLA DE CABLE			
5.1	Fabricante	--		
5.2	País de procedencia	--		
5.3	Norma de fabricación y prueba	--		
5.4	Para conectar a tierra la pantalla de 3 cables unipolares	--	Si	
5.5	Con carcasa (caja) de acero inoxidable, de diseño compacto y sellado herméticamente	--	Si	
5.6	Adecuado para conductor aislado de conexión de 240 mm ² de cobre.	--	Si	
5.7	Diámetro de los agujeros de entrada del conductor de conexión	mm		
5.8	Con sistema de sellado contraíble por calor (heat shrink sealing) de los conductores de conexión, al interior y exterior de la caja	--	Si	
5.9	Provisto de conexión a tierra	--	Si	
5.10	Resistencia de presión de agua en 4 semanas	Bar	1.0	
5.11	Incluye Reporte de Pruebas (Presión de Agua)	--	Si	
5.12	Grado de hermeticidad:		IP 55	
5.13	Dimensiones de la caja:			
5.14	Largo	mm		
5.15	Ancho	mm		
5.16	Altura	mm		
5.17	Plano de dimensiones	--	Adjuntar	
5.18	Peso	kg		
5.19	Material de la Caja	--	Acero Inoxidable	
5.20	Capacidad para soportar una corriente de cortocircuito durante 0,5 segundos	kA	31,5	
5.21	Se incluye todos los accesorios necesarios para la instalación de las cajas (pernos, terminales, etc.)		Si	

ANEXO N° 5: ESPECIFICACIONES TECNICA DE MONTAJE

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE MONTAJE

ALCANCES

El presente documento constituye el conjunto de normas establecido por ENEL S.A.A., para reglamentar la contratación de la Obra especificada mediante un Concurso de Precios por Invitación.

Los postores que participen en este Concurso aceptan y se obligan a cumplir con todas las condiciones establecidas en este documento.

DEFINICIONES

El significado de las definiciones que seguidamente se indican es de estricta aplicación en los alcances del presente documento.

La Propietaria: ENEL S.A.A.

El Contratista: La persona natural o jurídica que mediante el Contrato contrae la obligación de ejecutar la Obra y de cumplir todos los términos que en el Contrato se estipule.

Contrato: Documento elaborado de conformidad con las leyes peruanas, suscrito entre La Propietaria y El Contratista, en el que se estipulan las responsabilidades, derechos y obligaciones de cada una de las partes, relacionadas con la ejecución de la Obra, que incluye todos los documentos emanados de La Propietaria.

La Obra: Todos los trabajos que El Contratista debe realizar relacionados con la Obra, según como se especifica en el Contrato los que comprenden la prestación de Mano de Obra y su dirección, Equipos, Materiales, Transporte y otros.

Obra Adicional: El trabajo adicional que sea estrictamente necesario ejecutar según se verifique en el terreno, que sea autorizado por La Propietaria y comunicado a El Contratista por el Inspector.

Obra No Ejecutada: El trabajo o partida de obra que por el desarrollo de la Obra no se ejecute, según se verifique en el terreno y con la autorización del Inspector.

Residente: La persona designada por El Contratista para dirigir técnicamente la Obra. La calificación profesional del Residente corresponderá a la de un Ingeniero Electromecánico colegiado, el mismo que estará a cargo de toda la obra electromecánica.

Auxiliar de Residente: La persona designada por El Contratista para colaborar con el Residente de la Obra en la dirección técnica de la Obra. Se asignará dos Auxiliares de Residente: un Ingeniero Electromecánico y un Técnico Electromecánico.

Inspector: La persona designada por La Propietaria para dirigir la Inspección de la Obra. La calificación profesional del Inspector corresponderá a la de un Ingeniero Electromecánico colegiado.

Auxiliar de Inspección: La persona designada por La Propietaria para colaborar en la Inspección de la Obra. La calificación profesional del Inspector Auxiliar corresponderá a la de un Técnico Electromecánico.

Inspección: Todas las actividades que el Inspector o los Inspectores Auxiliares realicen para verificar que el Contratista ejecute correctamente la Obra, cumpliendo estrictamente con lo estipulado en Contrato.

CONOCIMIENTO DE LA OBRA

El postor al presente Concurso por Invitación deberá reconocer el área de trabajo antes de presentar su respectiva propuesta. Por lo tanto **El Contratista** admite haber visitado y conocer el lugar donde se ejecutará la Obra, y que se halla plenamente informado de todo cuanto se refiere a: la naturaleza y características de la Obra, su ejecución y cualquier materia o aspecto vinculado a ella.

El Contratista admite que la Obra se ejecutará según lo indicado en los Planos, Especificaciones Técnicas, Contrato y demás Documentos oficiales del Expediente Técnico, así como también los planos complementarios y las órdenes emanadas de **La Propietaria**.

El Contratista tendrá en cuenta que cualquier indicación o instrucción anotada en dichos planos, esquemas y planos complementarios tendrá la misma fuerza y validez para la ejecución de la Obra que las anotadas en las presentes Especificaciones.

Cualquier falta, descuido, error u omisión de **El Contratista** en la obtención previa de la información necesaria, no lo exonerará después de su total responsabilidad por no haber apreciado oportuna y adecuadamente las dificultades y los costos para la ejecución satisfactoria e integral de la Obra, ni del cumplimiento de las obligaciones que se deriven del Contrato.

DE LAS PROPUESTAS

El presente Concurso de Precios se efectuará bajo el sistema de **PRECIOS UNITARIOS**. Por consiguiente los Postores deben formular sus Propuestas con un análisis de precios para todas las partidas que involucran los trabajos en mención.

DE LA PRESENTACIÓN DE PROPUESTAS

Los postores presentarán en el lugar, día y hora fijados en la Carta Invitación respectiva, dos sobres que contendrán los siguientes documentos:

Primer Sobre:

- a. Certificado vigente de inscripción en el **Registro de Auditoría Técnica y Control de ENEL**, o copia legalizada o autenticada de los mismos.

- b. Carta Compromiso del profesional propuesto, acreditado con su Certificado de Habilidad vigente del CIP, para actuar como:

Ingeniero Residente que se hará cargo de los trabajos de la Obra.

- c. **Relación** del personal de ejecución de Obra según Formato adjunto, con indicación de calificación y especialidad según:

Supervisor

Jefe de Grupo

Trabajadores

- d. Expediente Técnico, proporcionado por **La Propietaria**, debidamente sellado y firmado en cada una de sus páginas, en señal de aceptación.
- e. Carta Fianza Solidaria, Incondicional, Irrevocable y de realización automática, extendida a favor de **La Propietaria**, por un monto no menor al 5% de su propuesta y con validez de 30 días, como:

GARANTIA DE SERIEDAD DE OFERTA Y SUSCRIPCION DE CONTRATO

Segundo Sobre:

Carta Propuesta del Postor, firmada por éste o su representante legal, indicando el Monto Total de su Propuesta. Incluirá además la Planilla de Oferta de Presupuesto debidamente llenado y el **Análisis Detallado de Precios** de cada Partida de dicho Presupuesto.

La omisión de la presentación de o vicio de cualquiera de los documentos señalados en los incisos a, b c, d y e, del **Primer Sobre**, impedirá la apertura del correspondiente **Segundo Sobre**.

DEL CONTRATO

El Contrato se ajustará a la proforma que se incluirá en su debido momento y a las observaciones que hubieran sido aceptadas por **La Propietaria**. El Contrato será firmado por los representantes de **La Propietaria** y **El Contratista**, con lo cual se cumplirán las siguientes obligaciones:

La Propietaria entregará a **El Contratista**:

Un Expediente Técnico Completo

El Contratista entregará a **La Propietaria**:

El Calendario Valorizado de Avance de Obra, de acuerdo al Plazo de Ejecución establecido en el Contrato.

Los requisitos exigidos en el Numeral 1.20 de las presentes Condiciones Generales.

Monto de Contrato

El Monto de Contrato, de la Propuesta de **El Contratista**, cubre e incluye todo costo directo e indirecto relacionado con la Obra.

Así: el valor de los materiales que proveerá según Especificaciones, las herramientas, maquinarias, equipos de trabajo y vehículos que utilizará en la Obra, haberes de todo su personal directivo y de ejecución relacionado con la Obra, costos de transporte, seguros de responsabilidad civil y contra accidentes del personal y de equipos, costos de seguridad y capacitación, gastos generales, utilidad e impuestos de ley, etc.; así

como también el cumplimiento de todas las leyes sociales y otros conceptos anotados en las presentes Especificaciones.

El Monto de Contrato puede aumentar o disminuir debido a la ejecución de Obras adicionales, modificaciones o disminuciones ordenadas por **La Propietaria**. En caso de paralización de obra por causas imputables a **La Propietaria**, se reconocerá únicamente los gastos efectivos, debidamente comprobados, en que incurra **El Contratista**.

DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

El Contratista presentará con su oferta el documento Procedimiento Constructivo a Emplear en la Obra, relativo a la metodología que va a emplear en la ejecución de los trabajos, el que deberá incluir los siguientes aspectos, entre otros:

La secuencia de ejecución de los trabajos

El número de cuadrillas de trabajo que se asignará a la obra

La cantidad de equipos que asignará a la Obra.

Los materiales que empleará indicando su procedencia y calidad.

Las medidas de seguridad que adoptará para la buena ejecución de los trabajos.

El Cronograma de Avance de Trabajos para cumplir con el plazo global asignado.

Las medidas técnicas a adoptar en caso de contingencias por:

Daños a la cubierta del cable

Aniegos

Espacios Confinados

DE LA INICIACIÓN DE LA OBRA

A la firma del Contrato, **La Propietaria** entregará el terreno, a **El Contratista**, mediante la apertura del Cuaderno de Obra.

La fecha de entrega del terreno será considerada como fecha de inicio del Plazo Contractual.

Al iniciarse los trabajos **El Contratista** establecerá el “Cuaderno de Obra”, en el cual se anotarán todos los eventos, acuerdos, comunicaciones, etc., que sobre la **Obra** y su relación con autoridades y terceros en general, deberán formular tanto el Residente como el Inspector.

El Cuaderno de Obra, proporcionado por **El Contratista**, tendrá páginas originales y debidamente numeradas con dos copias desglosables. El original permanecerá en **Obra** y las copias serán de **La Propietaria** y **El Contratista** respectivamente.

El Contratista, al inicio de la Obra, presentará la relación de su personal que se hará cargo de los trabajos, indicando la categoría y especialidad.

La Obra se ejecutará según lo indicado en los Planos y las Especificaciones Técnicas, así como también las demás órdenes de **La Propietaria**.

Cualquier parte, detalle o característica de la Obra, mostrada en los Planos o Documentos técnicos, y no mencionada en las presentes Especificaciones, o viceversa, tendrá la misma fuerza y efecto que si apareciese en ambos.

De existir diferencias entre lo indicado en Planos y las Especificaciones, **La Propietaria** indicará en el Cuaderno de Obra la solución adoptada y **El Contratista** no tendrá derecho a reclamo alguno, salvo que dicha diferencia hubiera sido observada por escrito por **El Contratista** antes de la presentación de su Oferta.

Antes de iniciar la Obra **El Contratista** deberá coordinar con **La Propietaria** a efectos de hacer conocer a las otras empresas de servicio público la ejecución de la Obra, así como de evaluar con dichas empresas las medidas que se deberán adoptar en caso de contingencias durante la ejecución de la Obra.

DE LA INSPECCIÓN DE LA OBRA

El Residente encargado de la Dirección Técnica de la Obra en forma permanente será un **Ingeniero CIP, Electromecánico**, de reconocida capacidad técnica y ejecutiva, con experiencia en obras electromecánicas de líneas de transmisión subterráneas y aéreas. Tendrá plenos poderes para representar y actuar por **El Contratista** durante la ejecución de los trabajos, recibirá y atenderá debidamente las órdenes, instrucciones, observaciones, objeciones, sugerencias o cualquier otra gestión de **La Propietaria**, a través del Cuaderno de Obra.

Los **Auxiliares de Residente** deberán permanecer permanentemente en la **Obra** colaborando con el **Residente**.

La Propietaria supervisará la Obra, mediante su **Inspector**, quien velará directa y permanentemente por la correcta ejecución de la Obra y cumplimiento del Contrato, conocerá todo lo relacionado con su ejecución, será el único autorizado para dar instrucciones a **El Contratista**, y decidirá acerca de la calidad y aceptabilidad de: los materiales que provee, del trabajo que ejecuta, de la forma de llevarlo a cabo y del tiempo en que deben terminarse sus distintas fases.

Para la ejecución de trabajos de carácter especial, **La Propietaria**, si lo estima necesario, solicitará al Contratista el personal especializado con carácter de Asesor Técnico, estableciéndose en estos casos que:

El Concurso de dicho personal representará para **El Contratista** una fuente adicional de consulta, que no lo relevará de su responsabilidad por la integridad de los equipos y materiales y por su correcta instalación. El importe de los servicios del mencionado personal será cubierto por **El Contratista**.

Sin embargo, el **Inspector** y/o sus **Auxiliares** no tendrán Autoridad para relevar a **El Contratista** de ninguna de sus obligaciones, ni para ordenar trabajos que determine prórroga del Plazo de Contrato o signifique modificación de la Obra.

El Contratista ejecutará los trabajos, en todos sus aspectos, con personal de obra idóneo, de experiencia, y en número suficiente.

Todos los trabajos, se efectuarán correctamente, atendiendo las recomendaciones y exigencias prescritas en las Especificaciones Técnicas respectivas, y evidenciando buena calidad en su ejecución y acabado.

Aquellos trabajos especiales que requieran conocimiento y experiencia, se ejecutarán con personal altamente calificado.

El Residente retirará, en forma inmediata, al subcontratista o trabajador a su cargo, cuando a juicio del **Inspector** y a solicitud de éste, sea necesario adoptar tal medida, ya sea por incapacidad, incorrecciones, desórdenes o cualquier otra falta que tenga relación directa con la buena ejecución de la Obra.

El Contratista, igualmente, se proveerá con la debida anticipación de los materiales e insumos que le corresponde suministrar según se establece en las Especificaciones.

El Inspector ordenará que se retiren de la Obra los materiales, provistos por **El Contratista**, rechazados por mala calidad o incumplimiento de las Especificaciones Técnicas.

DE LAS VALORIZACIONES Y PAGOS

Las Valorizaciones serán quincenales con metrados aprobados, de las cuales se efectuarán los descuentos correspondientes al adelanto. Asimismo antes del pago de cada Valorización, **El Contratista** acreditará ante **La Propietaria**, estar al día con sus

obligaciones a EsSalud, ONP, Impuesto Extraordinario de Solidaridad, con los haberes y beneficios sociales de su personal de Obra, entre otros.

La Valorización de Obra será elaborada por **El Contratista** y aprobada por **La Propietaria**.

DEL FONDO DE GARANTÍA

Del monto de cada Valorización, **La Propietaria** deducirá y retendrá el diez por ciento (10%) como Fondo de Garantía para responder por el fiel cumplimiento del Contrato y la buena ejecución de Obra. Dicha retención no incluye el Impuesto General a las Ventas. **El Contratista** deja expresa constancia de conocer que el Fondo de Garantía retenido por **La Propietaria** no devengará intereses.

La Propietaria devolverá el Fondo de Garantía a **El Contratista** luego de la suscripción del Acta de Recepción de Obra, siempre y cuando **El Contratista** haya cumplido con acreditar las obligaciones laborales, beneficios sociales, aportaciones a ESSALUD (presentando certificado de no-adeudo), Impuesto a las Remuneraciones, aportes al Impuesto Extraordinario de Solidaridad, Conafovicer y Sencico, del personal a su cargo que laboró en la Obra. A cambio de ello, **El Contratista** entregará a **La Propietaria** una carta fianza solidaria, irrevocable y de realización automática, por la misma cantidad del Fondo de Garantía, que tendrá una validez de ciento ochenta (180) días después de la suscripción del Acta de Recepción de Obra. Esta carta fianza servirá para garantizar la ejecución de cualquier trabajo de reparación que sea necesario ejecutar, por defectos de la Obra, en el período de 180 días señalado. Al término de dicho período **La Propietaria** procederá a devolver la indicada carta fianza a **El Contratista**.

Queda establecido que la devolución del Fondo de Garantía y de la carta fianza no eximen a **El Contratista** de la reparación civil por los defectos de la Obra atribuibles a su responsabilidad, que se manifiesten con posterioridad a su recepción.

PLAZO DE EJECUCIÓN

El Plazo de ejecución para las Obras Electromecánicas de la Línea Subterránea es de 300 días calendarios, dividida en 3 fases, ver cronograma de ejecución de Obras Electromecánicas.

El Plazo de Ejecución se cumplirá con semanas laborales de 48 horas, que incluyen domingos y feriados. De ser necesario, **El Contratista** podrá establecer turnos adicionales de trabajo, coordinados previamente con **La Propietaria**.

El **Residente de Obra** pondrá constantemente en conocimiento del **Inspector** el horario de trabajo que se establezca, el mismo que se consignará en el **Cuaderno de Obra**.

El Plazo no podrá ser prorrogado sino bajo causales debidamente comprobadas y que modifiquen el Calendario de Avance de Obra, pero de ningún modo se prorrogará el Plazo si **El Contratista** solicita ampliación después de vencido el Plazo vigente.

El Contratista cumplirá los plazos parciales del Cronograma de Obra vigente.

Un atraso injustificado en el Avance físico valorizado de Obra menor al setenticinco por ciento (75%) del monto indicado en el Calendario de Avance dará lugar a la presentación, por parte de **El Contratista**, de un Calendario Acelerado de Obra que asegure la terminación de la Obra en el Plazo establecido.

La Propietaria se reserva el derecho de rescindir el Contrato cuando **El Contratista** incumpla el Avance del segundo Calendario Acelerado de Obra.

OBRA ADICIONAL O COMPLEMENTARIA

Si las instrucciones del **Inspector** o sus **Auxiliares** implican Obra Adicional ó Complementaria, dentro de los términos del Contrato; **El Contratista** fundamentará y presentará un metrado, para su respectiva aprobación.

Ninguna Obra Adicional o Complementaria será reconocida y/o ejecutada si éste no ha sido planteado antes, según lo prescrito en el párrafo anterior.

INSPECCIÓN FINAL Y RECEPCIÓN DE OBRA

El Contratista solicitará la Inspección Final para la Recepción de la Obra consignando en el Cuaderno de Obra, la fecha en que ha dado término a la Obra Contratada.

La fecha de Inspección Final para la Recepción de Obra será indicada por el **Inspector**.

La Obra será recepcionada previa verificación del fiel cumplimiento de las indicaciones de Planos y Especificaciones, anotadas en el Cuaderno de Obra.

Al término de la Recepción de Obra se levantará el Acta que lo suscribirán el **Residente** y el **Inspector**.

Si la Obra no ha sido ejecutada de conformidad con los Planos, Especificaciones y anotaciones del Cuaderno de Obra, o que existen defectos **El Inspector** no recepcionará la Obra y formulará el **Acta de Recepción con Observaciones**.

La fecha del término de la **Obra** corresponderá a la fecha que consigne **El Contratista** en el Cuaderno de Obra y cuya Recepción de Obra se efectúe sin observación alguna.

El Contratista subsanará dichas observaciones efectuando las reparaciones y cambios necesarios en un plazo no mayor de un dozavo (1/12) del Plazo Total vigente de la ejecución de la Obra. Al término de dichas subsanaciones, El Inspector firmará el **Acta de Recepción**.

El Plazo a que se refiere el párrafo anterior no considera ampliación de Plazo de término de Obra.

La Propietaria podrá ejecutar, con cargo a valorizaciones pendientes, las reparaciones y cambios que se le ordenara a **El Contratista** si éste no las efectuara oportunamente.

El Contratista no podrá exonerar su responsabilidad por los trabajos que hubieran sido encontrados defectuosos, ni negarse a reparar o reconstruirlos según sea el caso, bajo el pretexto de haber sido aceptados por el Inspector.

El Contratista acreditará que no adeuda beneficios sociales a sus trabajadores, ni aportaciones a ESSALUD y ONP mediante la presentación de la copia, con el sello de recepción, de la Declaración Jurada a dichas Instituciones.

Al término del período de verificación de buena calidad de la Obra, **La Propietaria**, la dará por recepcionada (**Recepción Final**) otorgando a **El Contratista** el Certificado de Ejecución de Obra correspondiente.

CLÁUSULA PENAL

En caso de retraso, por causas imputables a **El Contratista**, en la entrega de la Obra con respecto a la fecha consignada en el Calendario de Avance de Obra vigente **El Contratista** pagará la multa equivalente a **medio por ciento (0,5 %)** del valor del Contrato **por cada día de atraso**, contados desde la fecha de término especificada hasta que la Obra quede definitivamente terminada de acuerdo a lo previsto en las Especificaciones.

El monto total de la multa no excederá del cinco por ciento (5%) del valor del Contrato. De alcanzarse este último porcentaje **La Propietaria**, además de la aplicación de la multa mencionada, se reserva el derecho de rescindir el Contrato y entablar la demanda correspondiente.

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE TRABAJO

El Contratista estará obligado a proveer, mantener y utilizar en la Obra, todos los equipos e implementos de trabajo, así como la dotación de herramientas individuales y colectivas, que resulten necesarios a los requerimientos de la Obra y al cumplimiento de las presentes Especificaciones.

El Contratista deberá mantener permanentemente sus equipos, implementos y herramientas en condiciones de ejecutar con eficacia y seguridad los diferentes aspectos de la Obra en Contrato.

SEGURIDAD Y NORMAS DE EJECUCIÓN

El Contratista, durante el tiempo de ejecución de la Obra, adoptará las medidas y precauciones necesarias para la seguridad de los trabajadores, previniendo y evitándoles eventuales accidentes.

En caso de accidentes, les brindará la asistencia adecuada, la misma que afrontará por su cuenta para todo concepto.

El Contratista, por otra parte, cumplirá con las Normas Generales de Seguridad para Contratistas y el Reglamento de Seguridad de Obras de Transmisión.

Asimismo, cumplirá con lo dispuesto en el Reglamento de Seguridad e Higiene Ocupacional del Sub-Sector Electricidad, Resolución Ministerial No. 263-2001-EM/VME, del 18 de junio del 2001.

El Contratista dispondrá de un local provisto de servicios higiénicos para uso de su personal, en una zona cercana a la Obra.

No está permitido que el personal de **El Contratista** ingiera sus alimentos en la vía pública.

Durante el proceso de la Obra el personal de **El Contratista** utilizará los implementos de protección personal señalados en el Anexo 01: Plan de Seguridad.

El Contratista tendrá en cuenta que sólo ingresará a la Obra el personal que cuente con el uniforme aprobado por **El Propietario**, al cual se le añadirá el logotipo de **El Contratista**, así como el foto-check que le entregue **El Propietario**.

NOTA IMPORTANTE:

El Contratista tendrá en cuenta que, antes de la firma del Contrato, deberá cumplir los siguientes requisitos que serán parte integrante del Contrato:

Deberá proporcionar a **La Propietaria**, bajo declaración jurada, su récord de Seguridad y el de sus Subcontratistas, entregando la siguiente información:

Relación de accidentes de trabajo (fatal, grave y leve) que haya tenido durante los tres (3) últimos años, en los trabajos asignados por **La Propietaria** o Empresas similares.

Amonestaciones y/o notificaciones de Seguridad en los tres (3) últimos años, por incumplimiento a los Reglamentos y/o Normas de Seguridad vigentes.

Deberá acreditar a **La Propietaria**, en forma documentada, que su personal y el de sus Subcontratistas se encuentran calificados, habiendo por lo menos recibido los siguientes cursos:

Un curso “BASICO DE SEGURIDAD Y RIESGO ELECTRICO” (De ocho (8) horas como mínimo). Que abarque los siguientes temas: Conceptos básicos, causalidad de los accidentes, riesgo eléctrico en B.T., M.T. y A.T., equipos de protección personal, procedimiento para trabajar en circuitos y/o equipos eléctricos, discusión y/o comentarios de casos reales.

Un curso de “PRIMEROS AUXILIOS” (Con una duración mínima de cuatro (4) horas). Con énfasis en respiración artificial y masajes al corazón (RCP).

Los costos de los entrenamientos y cursos antes mencionados serán asumidos por **El Contratista**. Serán dictados en coordinación con **La Propietaria**.

El Contratista y sus Subcontratistas deberán contar con un Programa mínimo de Seguridad que abarque los siguientes elementos:

COMITÉ DE SEGURIDAD. Presidido por el Gerente o funcionario de mayor jerarquía, integrado por un coordinador de seguridad de **El Contratista** y dos representantes de los trabajadores (Un empleado y un obrero), estos últimos elegidos democráticamente por ellos.

Observaciones e Inspecciones Planeadas.

Recomendaciones Diarias de Seguridad (Charlas de 5 minutos).

Equipos de Protección Personal (EPP).

Investigación de Accidentes y Cuasi Accidentes.

Registro de Accidentes de Trabajo. De todos los accidentes de trabajo relacionados con las tareas encomendadas por **La Propietaria**.

El Contratista deberá igualmente presentar antes del inicio de la Obra, su **Plan de Prevención de Riesgos**, referidos a la solución de los riesgos de las tareas críticas que se pudieran presentar en la Obra, el mismo que deberá ser aprobado por ENEL previo al inicio de la Obra.

Como parte de **Plan de Prevención de Riesgos**, **El Contratista** deberá dictar una charla en sus instalaciones, sobre los procedimientos constructivos de la Obra, en la que participarán el Ing. Residente, el personal técnico de la Obra y los inspectores de ENEL.

Asimismo **La Propietaria** procederá a la inspección de los equipos y herramientas que **El Contratista** empleará en la Obra.

Seguro de Accidentes

La Propietaria, al inicio de la Obra, verificará que todo trabajador de **El Contratista** cuente con el **SEGURO COMPLEMENTARIO DE RIESGO** tanto en lo relativo a prestaciones económicas (pensiones) como el de prestaciones de salud, dentro de los alcances legales vigentes.

Protección de la Obra

El Contratista desde el inicio hasta la **Recepción Final** de la Obra, protegerá y preservará de daños de terceros y a terceros de todas las instalaciones de la Obra que han sido ejecutados por él, así como todas y cada una de las partes de la Obra que aún le corresponda ejecutar o terminar.

Período de Garantía

El Contratista garantizará por escrito, según el siguiente formato y por el término de 05 (cinco) años, según el artículo 1784 del Código Civil a partir de la fecha de Recepción Final de los trabajos, la cobertura sobre cualquier riesgo o daño que pueda surgir por defectos de la Obra.

Todos los trabajos de reconstrucción de bases, sardineles, veredas y calzadas, que puedan afectarse en los trabajos de montaje electromecánico, serán objeto de garantía escrita por el Contratista, contra asentamientos, depresiones, desmoronamientos, erosión de la superficie de rodamiento o cualquier otro defecto que ocurriera durante el proceso de Montaje del proyecto “MONTAJE Y CONSTRUCCIÓN PARA LA LINEA SUBTERRÁNEA DE 60 KV SET MALVINAS – SET PERSHING”.

Esta garantía será vigente por el plazo que fija la Ley, contado a partir de la Recepción Final de la Obra.

El Contratista se obliga a reparar los daños por su exclusiva cuenta, así como a abonar a La Propietaria los trabajos que ésta se viera precisada a ejecutar por razones de urgencia o seguridad, o los que por iguales motivos realizarán las Autoridades.

GARANTIA DE EJECUCION DE OBRA.

Mediante el presente documento garantizamos la ejecución de la obra cuyas características se detallan más adelante, de acuerdo a lo especificado en el punto 1.21 de las Condiciones Generales de la Obra.

EMPRESA CONTRATANTE : ENEL S.A.A.

EMPRESA EJECUTORA : _____

OBRA : "MONTAJE Y CONSTRUCCIÓN PARA LA LINEA SUBTERRÁNEA DE 60 KV SET MALVINAS – SET PERSHING"

OBJETO DE LA GARANTIA : CUBRIR CUALQUIER RIESGO O DAÑO QUE PUEDA SURGIR EN LA OBRA POR DEFECTO DE MONTAJE DE LA "MONTAJE Y CONSTRUCCIÓN PARA LA LINEA SUBTERRÁNEA DE 60 KV SET MALVINAS – SET PERSHING"

PERIODO DE GARANTIA : 05 AÑOS (Art.1784 Código Civil)

FECHA DE INICIO DE LA GARANTIA : _____

REPRESENTANTE LEGAL

ANEXO N° 6 CALCULOS DE LA CAMARA DE EMPALME

CALCULOS

DISEÑO ESTRUCTURAL DE CÁMARA DE EMPALME N°001

: Ingreso manual

DATOS BÁSICOS

1. Dimensiones de Alcantarilla

Altura Libre de Cámara	H_L : 2.30 m
Ancho Libre Cámara	B_L : 2.20 m
Espesor Lado de Pared	t_w : 0.25 m
Espesor Lado de Losa Superior	t_{ts} : 0.25 m
Espesor Lado de Losa Inferior	t_{bs} : 0.25 m
Faja de Diseño	a : 1.00 m
Altura Total de Cámara	H : 2.80 m
Ancho Total Cámara	B : 2.70 m

2. Características del suelo de fundación y relleno

Cobertura de relleno	h_i : 0.225 m
Clasificación de Suelos según SUCS	: GP
Peso Unitario de Suelo Seco	γ_s : 1810 kg/m ³
Angulo de Fricción Interna	ϕ : 34.86 °
Capacidad de Carga Terreno	Q_{adm} : 2.16 kg/cm ²
$K_{balasto}$	$K_{balasto}$: 7.E+05 kg/m ³
e asfalto	e : 0.075 m
Peso Específico Asfalto	γ_{as} : 2250 kg/m ³

3. Características del concreto y acero de refuerzo

Resistencia a la Compresión	f'_c : 210.00 kg/cm ²
Peso Unitario Concreto	γ_c : 2500 kg/m ³
Modulo de Elasticidad Concreto	E_c : 2.E+05 kg/cm ²
Esfzo. Fluencia Acero	F_y : 4200.00 kg/cm ²
Modulo de Elasticidad Acero	E_s : 2.E+06 kg/cm ²
Recubrimiento Losa Superior	r : 0.03 m
Recubrimiento Paredes Laterales	r : 0.08 m
Recubrimiento Losa Inferior	r : 0.05 m

4. Predimensionamiento de Losas y Muros

Según AASHTO	$t = 0.10 + B_L/30$	t : 0.17 m
Control Deflexiones	$t = B_L/12$	t : 0.18 m
Por lo tanto, tomamos un espesor	t : 0.25 m	

5. Metrado de Cargas y Fuerzas Actuales

El metrado de cargas se realizará por metro lineal de Cámara. El modelo Estructural que emplearemos será un Marco Articulado de Ancho x Altura = $(B_L + t_w) \times (H_L + 0.5 \times t_{ts} + 0.5 \times t_{bs})$, sometido a diferentes sistemas de carga que son detalladas a continuación.

Ancho Marco = $(B_L + t_w)$: 2.45 m
Altura Marco = $H_L + 0.5 \times t_{ts} + 0.5 \times t_{bs}$: 2.55 m

5.1 Carga Muerta (DC)

Peso propio de losa superior:

$$W_{\text{losa superior}} = \gamma_c \times t_{ts} \times a : 625.00 \text{ kg/m}$$

$$PP \text{ Muro Lateral} = \gamma_c \times B_L \times t_w \times a : 1552.84 \text{ kg}$$

$W_{\text{losa inferior}}$: No se aplica en razón de ser directamente soportada por el terreno.

$$\text{Carga distribuida sobre el terreno por el peso propio de la alcantarilla DC} = W_{\text{losa sup}} + 2 \times PP \text{ Muro Lateral} / (B_L + t_w) :$$

$$DC \text{ Fondo} : 1892.62 \text{ kg/m}$$

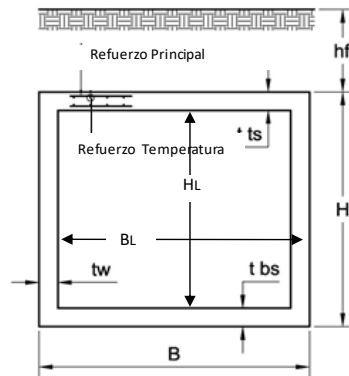
5.2 Presión Vertical del terreno (EV)

Previamente se calcula el factor "Fe" para tener en cuenta la interacción suelo-estructura:

$$Fe = 1 + 0.20 \times (H/B_c) \leq 1.15 \dots\dots\dots 12.11.2.2.1-2, \text{ AASHTO LRFD y } 12.11.2.2.1, \text{ AASHTO LRFD}$$

Donde:

Fe : Factor de interacción suelo-estructura para elementos enterrados



H : Profundidad del relleno h_f : 0.300 m
 B_c : Ancho Exterior (m) B : 2.70 m
 Reemplazando valores F_e : 1.022 ≤ 1.15 **ok**

Presión del terreno en la parte superior de la alcantarilla: $EV = F_e \cdot \gamma_s \cdot H$12.11.2.2.1-1, AASHTO LRFD

Reemplazando valores, se tiene EV : 555.07 kg/m²

Asumiendo que la losa de fondo es rígida comparada a la sub-base, las reacciones del suelo a las cargas verticales aplicadas a la alcantarilla se consideran uniformemente distribuidas en el fondo de la losa.

5.3 Presión Horizontal del terreno (EH)

El coeficiente de empuje de tierra en reposo (K_o) para un ángulo de fricción interna del terreno ϕ , es:

$$K_o = 1 - \text{seno}(\phi)$$

Reemplazando valores, se tiene K_o : 0.43

Presión lateral del terreno en la parte superior de la alcantarilla:

$$EH1 = K_o \cdot \gamma_s \cdot H1 \quad E_{H1} : 232.64 \text{ kg/m}^2$$

Presión lateral del terreno en la parte inferior de la alcantarilla:

$$EH2 = K_o \cdot \gamma_s \cdot H2 \quad E_{H2} : 2403.90 \text{ kg/m}^2$$

5.4 Sobrecarga por carga viva (LS)

Altura de suelo equivalente para carga vehicular

H_{terreno} (m)	$h_{\text{equivalente}}$ (m)
1.5	1.20
3	0.90
≥ 6.0	0.60

Tabla 3.11.6.4-1, AASHTO LRFD

Carga lateral en la parte superior de la alcantarilla:

De la Tabla 3.11.6.4-1, ingresamos con una altura medida desde la losa superior hasta el borde superior del terreno y por interpolación obtenemos la altura equivalente de terreno:

$$h_{eq} : 1.20 \text{ m} \quad LS_{\text{superior}} = K_o \cdot \gamma_s \cdot h_{eq} \cdot a : 930.5 \text{ kg/m}$$

Carga lateral en el fondo de la alcantarilla:

Interpolando para una altura de 3.1m, la altura equivalente de terreno es:

$$h_{eq} : 0.88 \text{ m} \quad LS_{\text{inferior}} = K_o \cdot \gamma_s \cdot h_{eq} \cdot a : 682.4 \text{ kg/m}$$

5.5 Carga Viva (LL+IM)

5.5.1 Sobrecargas de diseño (Art. 3.6.1.2)

La sobrecarga vehicular, designada como HL-93, deberá consistir en una combinación de:

- 1.- Camión de diseño o Tándem de diseño y
- 2.- Carga de carril de diseño

Camión de diseño

Las cargas por eje y los espaciamientos entre ejes serán los indicados en la (Figura. 1), la distancia entre los dos ejes de 145 kN (14,78 t) será tomada como aquella que, estando entre los límites de 4,30 m y 9,00 m, resulta en los mayores efectos.

Peje = 14.78 ton

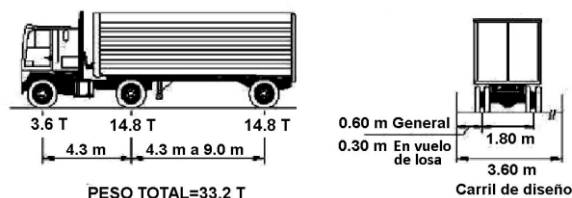


Figura 1. Características del Camión de Diseño

Tándem de diseño

El tándem de diseño consistirá en un conjunto de dos ejes, cada uno con una carga de 110 kN (11,2 t), espaciados a 1,20 m. La distancia entre las ruedas de cada eje, en dirección transversal, será de 1,80 m

Peje = 11.20 ton

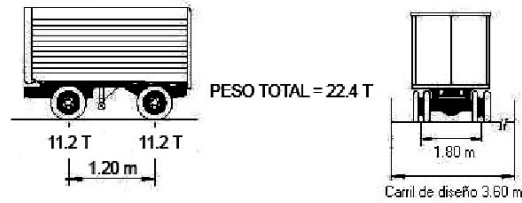


Figura 2. Características del Tándem de Diseño

Carga de carril de diseño

Se considerará una sobrecarga de 9,3 kN/m (970 kgf/m), uniformemente distribuida en dirección longitudinal sobre aquellas porciones del puente en las que produzca un efecto desfavorable. Se supondrá que esta sobrecarga se distribuye uniformemente sobre un ancho de 3,00 m en dirección transversal. Esta sobrecarga se aplicará también sobre aquellas zonas donde se ubique el camión o el tándem de diseño. No se considerarán efectos dinámicos para esta sobrecarga. Según AASHTO las alcantarillas no son analizadas con la sobrecarga de carril.

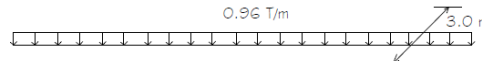


Figura 3. Características de la Carga de Carril de Diseño

5.5.2 Presencia de Múltiples Sobrecargas (Art. 3.6.1.1.2)

La solicitación extrema correspondiente a sobrecargas se determinará considerando las posibles combinaciones de carriles cargados, multiplicando por un factor de presencia múltiple.

Tabla 3.6.1.1.2-1, AASHTO LRFD

Factor de Presencia Múltiple	
Número de Carriles cargados	Factor de presencia múltiple, m
1	1.20
2	1.00
3	0.85
>3	0.65

5.5.3 Incremento por Carga Dinámica: IM (AASHTO LRFD 3.6.2.2)

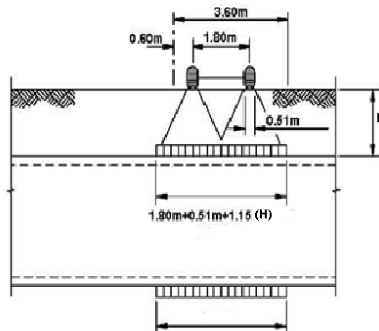
El factor de carga dinámica (IM) para el caso de elementos enterrados es: $IM = 33\% * (1 - 0.41 * DE) \geq 0$

Donde:

DE : profundidad mínima de la cubierta de tierra sobre la estructura (m).

Reemplazando valores, se tiene IM : 28.94% $\geq 0\%$ ok

5.5.4 Carga de Camión Diseño HL-93 (01 Vía cargada)



Área de Influencia:

A_i : 2.655 m

B_i : 0.595 m

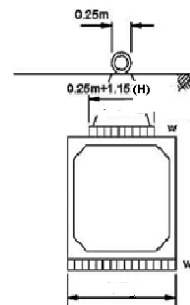
Peje Camión Diseño HL-93 : 14.780 ton

Nro. De vías : 1.00

m : 1.20

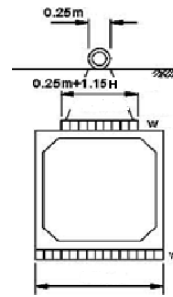
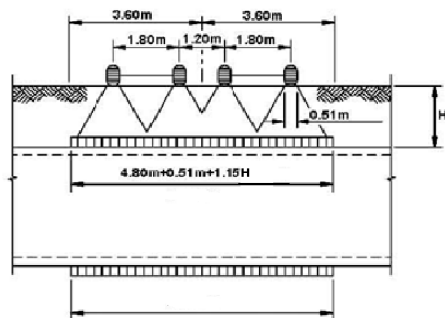
$WLL = \text{Peje} * (m) / \text{Área de Influencia}$: 11227.27 kg/m²

Reacción del terreno = $WLL * B_i / B$: 2474.16 kg/m²



Distribución de la Carga de la Rueda a través del Relleno (AASHTO LRFD 3.6.1.2.6):

5.5.5 Carga de Camión Diseño HL-93 (02 Vías cargadas)

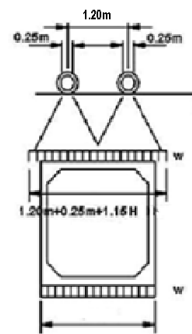
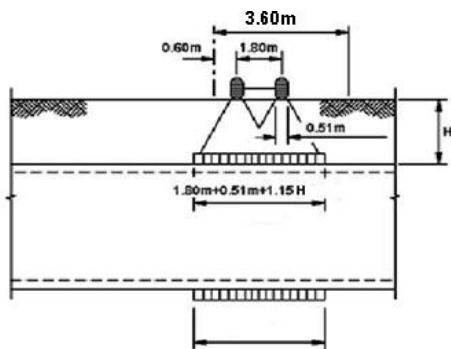


Área de Influencia: $A_i : 5.655 \text{ m}$
 $B_i : 0.595 \text{ m}$
 Peje Camión Diseño HL-93 : 14.780 ton
 Nro. De vías : 2.00
 $m : 1.00$

$$WLL = 2 * \text{Peje} * (m) / \text{Área de Influencia} : 8785.26 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Reacción del terreno} = WLL * B_i / B : 1936.01 \text{ kg/m}^2$$

5.5.6 Carga de Tandem (una vía cargada):

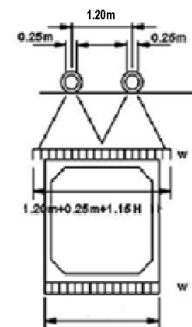
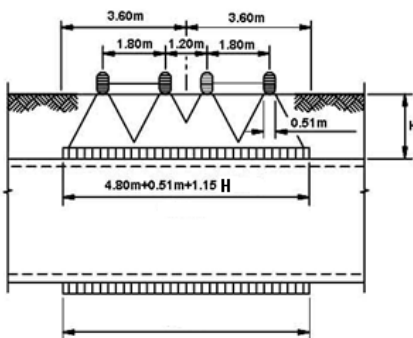


Área de Influencia: $A_i : 2.655 \text{ m}$
 $B_i : 1.795 \text{ m}$
 Peje Tandem Diseño HL-93 : 22.400 ton
 Nro. De vías : 1.00
 $m : 1.20$

$$WLL = \text{Peje} * (m) / \text{Área de Influencia} : 5640.28 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Reacción del terreno} = WLL * B_i / B : 3749.74 \text{ kg/m}^2$$

5.5.7 Carga de Tandem (dos vías cargadas):



Área de Influencia: A_i : 5.655 m
 B_i : 1.795 m
 Peje Tándem Diseño HL-93 : 22.400 ton
 Nro. De vías : 2.00
 m : 1.00

$WLL = 2 * Peje(m) / Área de Influencia$: 4413.48 kg/m²

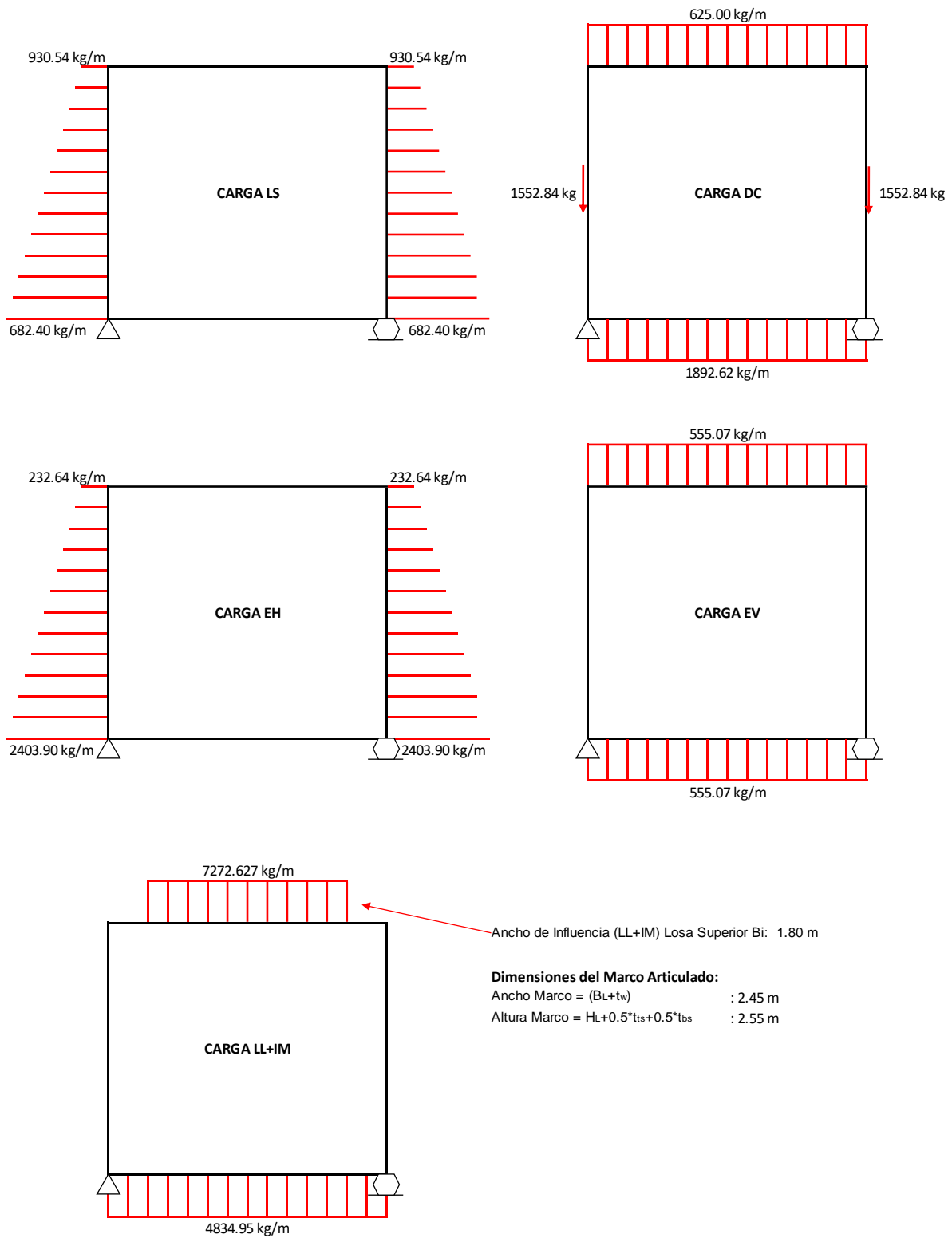
$Reacción\ del\ terreno = WLL * B_i / B$: 2934.15 kg/m²

5.5.8 Selección de la Carga Viva de Diseño:

Como se aprecia la carga de tandem de diseño (una vía cargada) es mayor que el caso del camión de diseño (una vía cargada), por lo que la usaremos afectada del factor de carga dinámica (IM) para el diseño por Resistencia y Carga de Servicio:

$w (LL+IM) sup$: 7272.63 kg/m² \longrightarrow Considerando un Ancho de Influencia B_i : 1.795 m
 $w (LL+IM) inf$: 4834.95 kg/m²

ESTADOS DE CARGA - CÁMARA DE EMPALME N°01



6. Combinaciones de Carga

Las combinaciones de carga para los estados límites de Resistencia I y Servicio I, que se han tomado en cuenta, son (con $n=1$):
AASHTO LRFD 2006

Combinación de Cargas	<i>n</i>	DC	EV	EH	LL+IM	LS
Resistencia I - 1	1.00	1.25	1.30	1.35	1.75	1.75
Resistencia I - 2	1.00	0.90	0.90	1.35	0.00	1.75
Resistencia I - 3b	1.00	1.25	1.30	0.90	1.75	0.00
Servicio I - 4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Servicio I - 5	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00
Servicio I - 6b	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00

Donde:

U : Carga última
DC : Carga Muerta
EV : Presión Vertical del terreno
EH : Presión Horizontal del terreno
LL+IM : Carga Viva
LS : Sobrecarga por carga viva

7. Análisis Estructural

Para el análisis estructural se ha considerado que la losa de fondo de la alcantarilla es rígida con respecto al suelo.
Del modelo desarrollado en el programa SAP2000 se obtienen los resultados que se muestran a continuación:

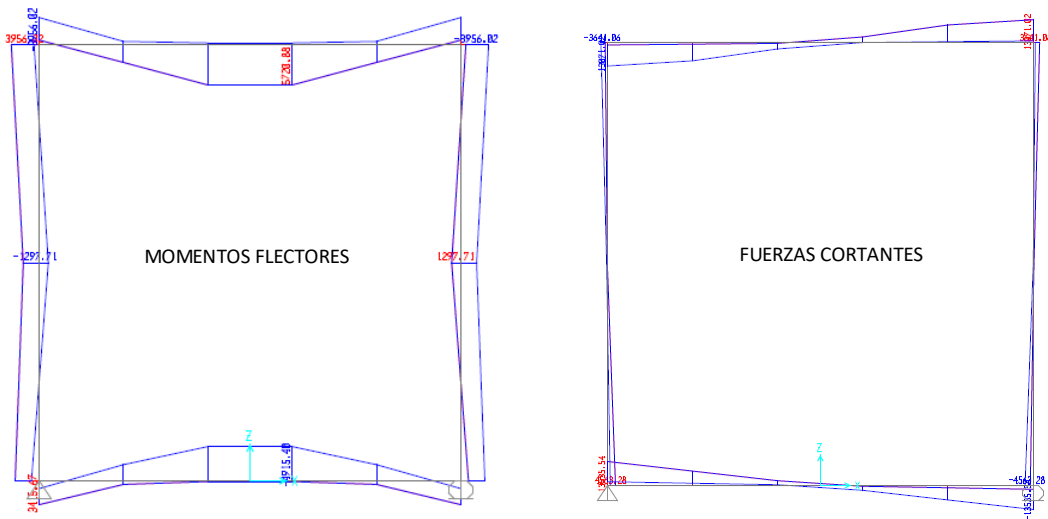


Fig. 1 Envolverte de Cargas

Elemento	Momentos Máximos (kg-m)
	Envolvente de Cargas (ENV)
Losa Superior	
Cara Interior	5720.88
Cara Exterior	-3956.02
Losa Inferior	
Cara Interior	-4915.40
Cara Exterior	3415.67
Muros Laterales	
Cara Interior	3415.67
Cara Exterior	1096.35

8. Cálculo de la presión de trabajo sobre el terreno

Las cargas actuantes sobre el terreno son:

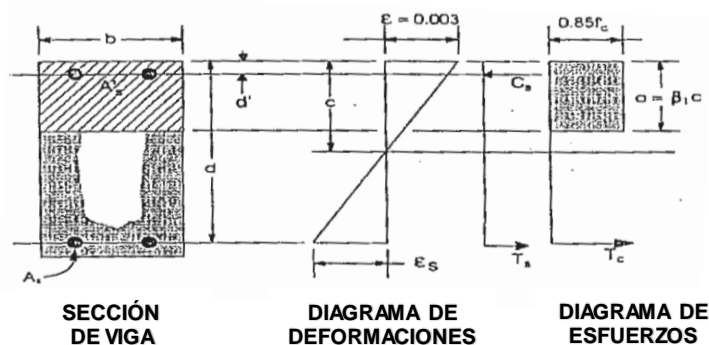
- Debido al Peso Propio (DC) : 1892.62 kg/m
- Debido a la Presión Vertical del terreno (EV) : 555.07 kg/m
- Debido a la Carga Viva de Tráfico (LL+IM) : 4834.95 kg/m
- : 7282.64 kg/m

La presión actuante sobre 1m de longitud será:

$$\sigma_{total} = q_{DC} + q_{EV} + q_{LS} + q_{(LL+IM)} / (100 \times 100) : 0.73 \text{ kg/cm}^2 < 2.16 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

9. Diseño

Diseño de Elementos a Flexión



$$A_s = M_u / [\phi \times f_y \times (d - a/2)] \dots\dots\dots(1)$$

$$a = A_s \times f_y / [0.85 \times f'_c \times b] \dots\dots\dots(2)$$

Sustituyendo la (1) en la ecuación (2), obtenemos la ecuación para calcular la profundidad del eje neutro:

$$a = d - \text{raíz} [d^2 - 2 \times M_u / \{0.85 \times f'_c \times \phi \times b\}] \dots\dots\dots (3)$$

$$d = h - \text{recubrimiento} - \phi_{\text{varilla}} / 2$$

Refuerzo Mínimo:

"En cualquier sección de un miembro sometido a flexión, el refuerzo de acero será el necesario para desarrollar un momento como mínimo **1.2 veces el momento de agrietamiento** "

El requerimiento de refuerzo por agrietamiento, puede ser reemplazado si el refuerzo suministrado es 1/3 mayor que el refuerzo requerido por el análisis.

El refuerzo por contracción de flujo plástico y/o temperatura será como mínimo 2.64 cm² por metro lineal.

Momento de agrietamiento

$M_{cr} = f_{tr} \times I_g / c$: Momento de agrietamiento

$f_{tr} = 2 \times \text{raiz}(f'_c)$: Esfuerzo de tracción por flexión del concreto

$I_g = (1/12) \times b \times h^3$: Momento de Inercia de la sección no agrietada

$c = h / 2$: Profundidad del Eje Neutro de la sección no agrietada

9.1 Diseño de Losa Superior

Datos de Diseño

bf : 100.00 cm

h : 25.00 cm

f'_c : 210 kg/cm²

f_y : 4,200 kg/cm²

ϕ : 0.90

r : 3.00 cm ; considero $\phi_{var.}$: 5/8"

d : 21.21 cm

c : 12.50 cm

Cálculo del Acero Mínimo (Requerido por Agrietamiento)

f_{tr} : 28.98 kg/cm²

I_g : 130,208.33 cm⁴

$1.2M_{cr}$: 3.62 ton-m

a_{cr} : 1.09 cm

$A_{s_{cr}}$: 4.64 cm²

ϕ_{var}	A cm ²	espaciam.
5/8"	1.98	42.67 cm
1/2"	1.27	27.31 cm

Elección ϕ 1/2" @ 25.00 cm

	Rfzo. Cara Exterior (Refuerzo Negativo) (-) izquierda	Rfzo. Cara Interior (paralelo al tráfico) (+) centro	Rfzo. Cara Exterior (Refuerzo Negativo) (-) derecha
Vu	13.07 ton		13.07 ton
Mu	3.96 ton-m	5.72 ton-m	3.96 ton-m
a	1.19 cm	1.75 cm	1.19 cm
As	5.08 cm ²	7.44 cm ²	5.08 cm ²
Elección	1/2"	5/8"	1/2"
@	25.00 cm	25.00 cm	25.00 cm

Cálculo del Refuerzo Transversal en la Cara Interior

Cuando el refuerzo principal es paralelo al tráfico, el AASHTO recomienda usar un porcentaje del refuerzo principal:

Porcentaje = $1750 / \text{raíz}(B_L) < 50\%$

B_L = Ancho Libre de la Cámara (mm)

B_L : 2.20 m

% : 37.31%

ϕ_{var}	A cm ²	espaciam.
1/2"	1.27	45.61 cm
3/8"	0.71	25.65 cm

$A_{s_{repartición}}$: 2.78 cm²

Elección ϕ 1/2" @ 25.00 cm

Cálculo del Refuerzo por temperatura en la cara superior

$A_s \geq 0.75 \times A_g / f_y$ AASHTO 5.10.8

A_s : Área del refuerzo por temperatura (mm²)

A_g : Área de la sección (mm²)

f_y : Esfuerzo de fluencia del Acero de Refuerzo (Mpa)

A_g : 250,000.00 mm²

f_y : 411.60 MPa

A_g : 455.54 mm²

A_g : 4.56 cm²

ϕ_{var}	A cm ²	espaciam.
1/2"	1.27	27.81 cm
3/8"	0.71	15.64 cm

Elección ϕ 1/2" @ 25.00 cm

Verificación por corte

Para losas de alcantarilla tipo cajón debajo de 0.60 m. a más de relleno, la resistencia al corte se puede calcular como:

$$V_c = [0.178 \times \text{raíz}(f'_c) + 32 \times A_s \times V_u \times d / (b \times d \times \mu)] \times b \times d \leq 0.332 \times \text{raíz}(f'_c) \times b \times d \dots\dots\dots \text{AASHTO 5.14.5.3-1}$$

Donde

V_c : Resistencia al corte del concreto	V_c : 18.81 ton	\leq 32.92 ton	OK
f'_c : Esfuerzo de compresión del concreto	f'_c : 210 kg/cm ²		
A_s : Área de refuerzo calculada	A_s : 507.82 mm ²		
V_u : Cortante Última	V_u : 13.07 ton		
d : Peralte efectivo	d : 21.21 cm		
b : Ancho de la sección	b : 100.00 cm		
μ : Momento Último	μ : 3.96 ton-m		

9.2 Diseño de Muros Laterales

Datos de Diseño:

bf : 100.00 cm
h : 25.00 cm
f'_c : 210 kg/cm ²
f_y : 4,200 kg/cm ²
ϕ : 0.90
r : 5.00 cm ; considero ϕ_{var} : 5/8"
d : 18.58 cm
c : 12.50 cm

Cálculo del Acero Mínimo (Requerido por Agrietamiento)

f_{tr} : 28.98 kg/cm ²
I_g : 130,208.33 cm ⁴

$$1.2M_{cr} : 3.62 \text{ ton-m}$$

$$a_{cr} : 1.26 \text{ cm}$$

$$A_{s_{cr}} : 5.34 \text{ cm}^2$$

ϕ_{var}	A_{cm^2}	espaciam.
1/2"	1.27	23.73 cm
3/8"	0.71	13.35 cm

Elección ϕ 1/2" @ 20.00 cm

	Rfzo. Cara Exterior (Refuerzo Negativo)	Rfzo. Cara Interior (paralelo al tráfico)	Rfzo. Cara Exterior (Refuerzo Negativo)
	(-) izquierda	(+) centro	(-) derecha
V_u	4.56 ton		4.56 ton
μ	1.10 ton-m	3.42 ton-m	1.10 ton-m
a	0.37 cm	1.18 cm	0.37 cm
A_s	1.58 cm ²	5.02 cm ²	1.58 cm ²
Elección	1/2"	1/2"	1/2"
@	20.00 cm	20.00 cm	20.00 cm

Cálculo del Refuerzo por temperatura en la cara superior

$$A_s \geq 0.75 \times A_g / f_y \dots\dots\dots \text{AASHTO 5.10.8}$$

A_s : Área del refuerzo por temperatura (mm²)

A_g : Área de la sección (mm²)

f_y : Esfuerzo de fluencia del Acero de Refuerzo (Mpa)

$$A_g : 250,000.00 \text{ mm}^2$$

$$f_y : 411.60 \text{ MPa}$$

$$A_g : 455.54 \text{ mm}^2$$

$$A_g : 4.56 \text{ cm}^2$$

ϕ_{var}	A_{cm^2}	espaciam.
1/2"	1.27	27.81 cm
3/8"	0.71	15.64 cm

Elección ϕ 1/2" @ 20.00 cm

Verificación por corte

Para losas de alcantarilla tipo cajón debajo de 0.60 m. a más de relleno, la resistencia al corte se puede calcular como:

$$V_c = [0.178 \times \text{raíz}(f'_c) + 32 \times A_s \times V_u \times d / (b \times d \times \mu)] \times b \times d \leq 0.332 \times \text{raíz}(f'_c) \times b \times d \dots\dots\dots \text{AASHTO 5.14.5.3-1}$$

Donde

V_c : Resistencia al corte del concreto	V_c : 15.86 ton	\leq 28.84 ton	OK
f'_c : Esfuerzo de compresión del concreto	f'_c : 210 kg/cm ²		

As : Área de refuerzo calculada
 Vu : Cortante Última
 de : Peralte efectivo
 b : Ancho de la sección
 Mu : Momento Último

As : 157.68 mm²
 Vu : 4.56 ton
 de : 18.58 cm
 b : 100.00 cm
 Mu : 1.10 ton-m

9.3 Diseño de Losa Inferior

Datos de Diseño:

bf : 100.00 cm
 h : 25.00 cm
 f'c : 210 kg/cm²
 fy : 4,200 kg/cm²
 ϕ : 0.90
 r : 7.50 cm ; considero ϕ_{var} : 5/8"
 d : 16.71 cm
 c : 12.50 cm

Cálculo del Acero Mínimo (Momento de Agrietamiento)

f_{tr} : 28.98 kg/cm²
 I_g : 130,208.33 cm⁴

1.2M_{cr} : 3.62 ton-m

a_{cr} : 1.41 cm

As_{cr} : 5.99 cm²

ϕ _{var}	A cm ²	espaciam.
5/8"	1.98	33.05 cm
1/2"	1.27	21.15 cm

Elección ϕ 1/2" @ 20.00 cm

	Rfzo. Cara Exterior (Refuerzo Negativo) (-) izquierda	Rfzo. Cara Interior (paralelo al tráfico) (+) centro	Rfzo. Cara Exterior (Refuerzo Negativo) (-) derecha
Vu	13.54 ton		13.54 ton
Mu	3.42 ton-m	4.92 ton-m	3.42 ton-m
a	1.33 cm	1.94 cm	1.33 cm
As	5.63 cm ²	8.26 cm ²	5.63 cm ²
Elección	1/2"	5/8"	1/2"
@	20.00 cm	22.50 cm	20.00 cm

Cálculo del Refuerzo por temperatura en la cara superior

As ≥ 0.75 x Ag / fyAASHTO 5.10.8

As : Área del refuerzo por temperatura (mm²)

Ag : Área de la sección (mm²)

fy : Esfuerzo de fluencia del Acero de Refuerzo (Mpa)

Ag : 250,000.00 mm²

fy : 411.60 MPa

Ag : 455.54 mm²

Ag : 4.56 cm²

ϕ _{var}	A cm ²	espaciam.
1/2"	1.27	27.81 cm
3/8"	0.71	15.64 cm

Elección ϕ 1/2" @ 20.00 cm

Verificación por corte

Para losas de alcantarilla tipo cajón debajo de 0.60 m. a más de relleno, la resistencia al corte se puede calcular como:

Vc = [0.178 x raíz (f'c) + 32 x As x Vu x de / (b x de x Mu)] x b x de ≤ 0.332 x raíz (f'c) x b x deAASHTO 5.14.5.3-1

Donde

Vc : Resistencia al corte del concreto

f'c : Esfuerzo de compresión del concreto

As : Área de refuerzo calculada

Vu : Cortante Última

de : Peralte efectivo

b : Ancho de la sección

Mu : Momento Último

Vc : 15.12 ton ≤ 25.94 ton **OK**

f'c : 210 kg/cm²

As : 563.22 mm²

Vu : 13.54 ton

de : 16.71 cm

b : 100.00 cm

Mu : 3.42 ton-m

ANEXO N° 7. METRADO Y PRESUPUESTO

PRESUPUESTO							
ITEM	BAREMO	DESCRIPCION	Unid.	Precio	Precio CF	Metrado	Costo
TITULO I - PARTIDAS COMUNES							
1,00		CAPITULO 1: Trabajos Preliminares					1 492 340,574
1,01	580509	Instalación mayor de faenas	unidad	13180,200	14063,273	1,000	14063,273
1,02	580510	Mantenimiento instalación mayor de faenas	mes	4061,460	4333,578	9,000	39002,200
1,03	580677	Almacenes	m²	63,050	67,274	400,000	26909,740
1,04	580616	Verificación del levantamiento topográfico, replanteo de línea, marcación de puntos, trazo de ejes.	m	2,140	2,283	6 246,104	14262,229
1,05	580647	Confección plano replanteo de trabajos ejecutados de cables subterráneos	unidad	2279,650	2432,387	16,000	38918,185
1,06	580638	Servicios higiénicos para el personal (DISAL)	mes	506,880	540,841	24,000	12980,183
1,07	580549	Vigilancia diurna	semana	1313,630	1401,643	312,000	437312,682
1,08	580550	Vigilancia nocturna	semana	1947,800	2078,303	156,000	324215,206
1,09	580549	Vigilancia diurna (ORIENTADORES DE TRANSITO)	semana	1313,630	1401,643	156,000	218656,341
1,10	580550	Vigilancia nocturna (guardianía)	semana	1947,800	2078,303	20,000	41566,052
1,11	580641	Equipo de seguridad para señalización vías de alta transitabilidad (Cercos calados de señalización y restricción al tránsito. (PU=6.936, UN=4,400, T=30,518.40 soles))	Poste	367,440	392,058	661,530	259358,446
1,12	580641	Equipo de seguridad para señalización vías de alta transitabilidad (Cintados de seguridad en doble fila (PU=2.358, UN=2,200, T=5187.754 soles))	Poste	367,440	392,058	37,567	14728,284

1,13	580641	Equipo de seguridad para señalización vías de alta transitabilidad ((Cerca Opaco Provisional (Considera el perímetro de 03 CE y 9 CP)(PU=42.36, UN=270, T=11,437.20 soles))	Poste	367,440	392,058		0,000
ITEM	BAREMO	DESCRIPCION	Unid.	Precio	Precio CF	Metrado	Costo
1,14	580641	Equipo de seguridad para señalización vías de alta transitabilidad (Carteles Señalizadores de obra (PU=81.241, UN=200, T=16,248.20 soles))	Poste	367,440	392,058	128,470	50367,753
TITULO II - OBRAS CIVILES			-	-	-	-	7 823 430,92
2,00	CAPITULO 2: Excavaciones de Zanja						6 882 657,364
	Demolición y reposición de Pavimentos						
2,01	580483	Rotura del asfalto de pista (espesor 4")	m²	44,280	47,247	5134,499	242588,460
2,02	580485	Reparación de pista asfalto (espesor 4")	m²	116,320	124,113	5134,499	637260,381
2,03	580673	Demolición y retiro de concreto	m³	431,500	460,411	315,504	145261,268
2,04	580515	Suministro e instalación de concreto desde 260 kg/cm2 hasta 300 kg/cm2 para bases de estructuras o postes	m³	425,920	454,457	315,504	143382,802
2,05	580644	Demolición de vereda	m²	43,150	46,041	500,000	23020,525
2,06	580484	Reparación de veredas	m²	101,020	107,788	500,000	53894,170
2,07	580486	Retiro de escombros	m³	95,140	101,514	706,140	71683,357
2,08	580652	Reposición de sardineles	m	80,930	86,352	300,000	25905,693
2,09	580498	Reposición de grass, plantas, adoquines(prefabricados)	m²	19,080	20,358	100,000	2035,836
	Excavaciones y rellenos - Enductado						
2,10	580555	Excavación manual en terreno normal	m³	50,980	54,396	6086,861	331098,813
2,11	580556	Excavación con máquina retroexcavadora	m³	21,390	22,823	7439,497	169792,598
2,12	580486	Retiro de escombros	m³	95,140	101,514	15555,311	1579087,758
2,13	580617	Nivelación del terreno	m²	8,480	9,048	3947,430	35716,979
2,14	580557	Instalación y retiro de entibado	m²	37,020	39,500	24300,045	959860,023

2,15	580548	Instalación de tubos HDP de 6 " Diámetro	m	19,850	21,180	19737,151	418031,863
2,16	580654	Instalación de tubos HDP de 2" Diámetro para fibra óptica y/o cable sintenax	m	11,540	12,313	6579,050	81009,029
2,17	580614	Suministro, transporte e instalación de cinta de poliestireno señalización para cable subterráneo	m	0,740	0,790	26316,201	20778,746
2,18	580643	Pañeteo de excavaciones con mezcla de cemento	m³	13,100	13,978	121,500	1698,294
2,19	580570	Suministro e instalación de concreto desde 160 kg/cm2 hasta 180 kg/cm2 para bases de estructuras o postes	m³	356,240	380,108	2324,654	883619,878
2,20	580560	Aplicación de aditivo TIPO A1 a concreto (Para poder rellenar al día siguiente)	m³	31,570	33,685	2569,929	86568,552
ITEM	BAREMO	DESCRIPCION	Unid.	Precio	Precio CF	Metrado	Costo
2,21	580513	Relleno compactado con material de planta	m³	58,850	62,793	10583,059	664541,498
2,23	580610	Suministro, transporte y distribución de polvillo especial zarandeado en zanja	m³	97,140	103,648	90,000	9328,354
2,24	580612	Suministro, transporte e instalación de locetones de concreto para protección 1 circuito cable subterráneo 1 Locetón de 0.75 x	m	87,950	93,843	180,000	16891,677
2,25	580618	Solado de concreto 0,05 mts.(resistencia de concreto menor 100 kg/cm2)	m²	37,380	39,884	4905,497	195653,112
2,26	580558	Instalación y retiro de moldajes. (Planchas Metálicas- Cruces en Vía de Tránsito Vehicular (PU=73.356, M2=100, T=7,335.60))	m²	65,340	69,718	432,000	30118,081
2,27	580507	Suministro e instalación de concreto desde 100 kg/cm2 hasta 150 kg/cm2 para bases de estructuras o postes. (Suministro e instalación de concreto de Relleno Fluido de 30 kg/cm2 (PU=332.936, M3=60, T=19,976.161))	m³	336,330	358,864	150,000	53829,617
3,00	CAPITULO 3: CAMARAS DE PASO - 06 UND (CP-01, CP-02, CP-03, CP-04, CP-05, CP-06)						302 899,723
3,01	580483	Rotura del asfalto de pista (espesor 4")	m²	44,280	47,247	104,360	4930,672

3,02	580485	Reparación de pista asfalto (espesor 4")	m²	116,320	124,113	104,360	12952,479
3,03	580486	Retiro de escombros	m³	95,140	101,514	10,436	1059,404
3,04	580673	Demolición y retiro de concreto	m³	431,500	460,411	0,000	0,000
3,05	580515	Suministro e instalación de concreto desde 260 kg/cm2 hasta 300 kg/cm2 para bases de estructuras o postes	m³	425,920	454,457	0,000	0,000
3,06	580616	Verificación del levantamiento topográfico, replanteo de línea, marcación de puntos, trazo de ejes.	m	2,140	2,283	84,060	191,941
3,07	580641	Equipo de seguridad para señalización vías de alta transitabilidad (Cerco Opaco Provisional (PU=42.36, UN=149.8, T=6,345.528 soles)	Poste	367,440	392,058	19,430	7617,696
3,08	580555	Excavación manual en terreno normal	m³	50,980	54,396	287,110	15617,538
3,09	580486	Retiro de escombros	m³	95,140	101,514	287,110	29145,794
3,10	580643	Pañeteo de excavaciones con mezcla de cemento	m³	13,100	13,978	1,460	20,411
3,11	580617	Nivelación del terreno	m²	8,480	9,048	84,060	760,588
3,12	580557	Instalación y retiro de entibado	m²	37,020	39,500	292,050	11536,074
ITEM	BAREMO	DESCRIPCION	Unid.	Precio	Precio CF	Metrado	Costo
3,13	580618	Solado de concreto 0,05 mts.(resistencia de concreto menor 100 kg/cm2)	m²	37,380	39,884	83,520	3331,150
3,14	580580	Suministro e instalación de armaduras de acero de Fy: 4200 kg/cm2 Fu:6300 kg/cm2	kg	7,760	8,280	9528,250	78893,148
3,15	580558	Instalación y retiro de moldajes	m²	65,340	69,718	496,640	34624,638
3,16	580515	Suministro e instalación de concreto desde 260 kg/cm2 hasta 300 kg/cm2 para bases de estructuras o postes	m³	425,920	454,457	89,170	40523,899
3,17	580513	Relleno compactado con material de planta	m³	58,850	62,793	63,540	3989,864
3,19	580554	Suministro de estructuras metálicas (Tapas Metálicas y Escalera de Gato)	kg	20,030	21,372	2700,000	57704,427
3,20	580636	Maniobra en red aérea AT con corte de energía. (Sumidero + rejilla)	unidad	1636,480	1746,124	0,000	0,000

4,00		CAPITULO 4: TUNEL LINNER - 04 UND (TÚNEL LINNER-01 , TÚNEL LINNER-02, TÚNEL LINNER-03, TÚNEL LINNER-04)					
4,01	580483	Rotura del asfalto de pista (espesor 4")	m²	44,280	47,247		0,000
4,02	580485	Reparación de pista asfalto (espesor 4")	m²	116,320	124,113		0,000
4,03	580486	Retiro de escombros	m³	95,140	101,514		0,000
4,04	580673	Demolición y retiro de concreto	m³	431,500	460,411		0,000
4,05	580515	Suministro e instalación de concreto desde 260 kg/cm2 hasta 300 kg/cm2 para bases de estructuras o postes	m³	425,920	454,457		0,000
4,06	580616	Verificación del levantamiento topográfico, replanteo de línea, marcación de puntos, trazo de ejes.	m	2,140	2,283		0,000
4,07	580641	Equipo de seguridad para señalización vías de alta transitabilidad (Cerco Opaco Provisional (PU=42.36, UN=52.48, T=2223.052 soles)	Poste	367,440	392,058		0,000
4,08	580555	Excavación manual en terreno normal	m³	50,980	54,396		0,000
4,09	580486	Retiro de escombros	m³	95,140	101,514		0,000
4,10	580643	Pañeteo de excavaciones con mezcla de cemento	m³	13,100	13,978		0,000
4,11	580617	Nivelación del terreno	m²	8,480	9,048		0,000
4,12	580557	Instalación y retiro de entibado	m²	37,020	39,500		0,000
4,13	580618	Solado de concreto 0,05 mts.(resistencia de concreto menor 100 kg/cm2)	m²	37,380	39,884		0,000
ITEM	BAREMO	DESCRIPCION	Unid.	Precio	Precio CF	Metrado	Costo
4,14	580580	Suministro e instalación de armaduras de acero de Fy: 4200 kg/cm2 Fu:6300 kg/cm2	kg	7,760	8,280		0,000
4,15	580558	Instalación y retiro de moldajes	m²	65,340	69,718		0,000
4,16	580515	Suministro e instalación de concreto desde 260 kg/cm2 hasta 300 kg/cm2 para bases de estructuras o postes	m³	425,920	454,457		0,000
4,17	580513	Relleno compactado con material de planta	m³	58,850	62,793		0,000

4,18	580554	Suministro de estructuras metálicas (Tapas Metálicas y Escalera de Gato)	kg	20,030	21,372		0,000
4,19	580636	Maniobra en red aérea AT con corte de energía. (Sumidero + rejilla)	unidad	1636,480	1746,124		0,000
5,00		CAPITULO 5: CAMARA DE EMPALME - - 08 UND (CE-01, CE-02, CE-03, CE-04, CE-05, CE-06, CE-07, CE-08)					532 729,621
5,01	580483	Rotura del asfalto de pista (espesor 4")	m²	44,280	47,247	173,900	8216,212
5,02	580485	Reparación de pista asfalto (espesor 4")	m²	116,320	124,113	173,900	21583,327
5,03	580486	Retiro de escombros	m³	95,140	101,514	17,390	1765,335
5,04	580673	Demolición y retiro de concreto	m³	431,500	460,411	0,000	0,000
5,05	580515	Suministro e instalación de concreto desde 260 kg/cm2 hasta 300 kg/cm2 para bases de estructuras o postes	m³	425,920	454,457	0,000	0,000
5,06	580616	Verificación del levantamiento topográfico, replanteo de línea, marcación de puntos, trazo de ejes.	m	2,140	2,283	137,700	314,421
5,07	580641	Equipo de seguridad para señalización vías de alta transitabilidad (Cerco Opaco Provisional (PU=42.36, UN=102.6, T=4346.136 soles)	Poste	367,440	392,058	30,900	12114,607
5,08	580555	Excavación manual en terreno normal	m³	50,980	54,396	514,580	27990,919
5,09	580486	Retiro de escombros	m³	95,140	101,514	514,580	52237,270
5,10	580643	Pañeteo de excavaciones con mezcla de cemento	m³	13,100	13,978	2,764	38,636
5,11	580617	Nivelación del terreno	m²	8,480	9,048	137,700	1245,932
5,12	580557	Instalación y retiro de entibado	m²	37,020	39,500	552,830	21836,973
5,13	580618	Solado de concreto 0,05 mts.(resistencia de concreto menor 100 kg/cm2)	m²	37,380	39,884	136,980	5463,373
ITEM	BAREMO	DESCRIPCION	Unid.	Precio	Precio CF	Metrado	Costo
5,14	580580	Suministro e instalación de armaduras de acero de Fy: 4200 kg/cm2 Fu:6300 kg/cm2	kg	7,760	8,280	14441,410	119573,719
5,15	580558	Instalación y retiro de moldajes	m²	65,340	69,718	967,140	67426,854

5,16	580515	Suministro e instalación de concreto desde 260 kg/cm2 hasta 300 kg/cm2 para bases de estructuras o postes	m³	425,920	454,457	163,560	74330,928
5,17	580513	Relleno compactado con material de planta	m³	58,850	62,793	118,750	7456,663
5,18	580554	Suministro de estructuras metálicas (Tapas Metálicas y Escalera de Gato)	kg	20,030	21,372	5200,000	111134,452
5,19	580636	Maniobra en red aérea AT con corte de energía. (Sumidero + rejilla)	unidad	1636,480	1746,124	0,000	0,000
6,00		CAPITULO 6: CAMARA CIEGAS - 05 UND (CC-01, CC-02, CC-03, CC-04, CC-05)					93 392,038
6,01	580483	Rotura del asfalto de pista (espesor 4")	m²	44,280	47,247	70,420	3327,117
6,02	580485	Reparación de pista asfalto (espesor 4")	m²	116,320	124,113	70,420	8740,068
6,03	580486	Retiro de escombros	m³	95,140	101,514	7,042	714,864
6,04	580673	Demolición y retiro de concreto	m³	431,500	460,411	0,728	335,179
6,05	580515	Suministro e instalación de concreto desde 260 kg/cm2 hasta 300 kg/cm2 para bases de estructuras o postes	m³	425,920	454,457	0,728	330,844
6,06	580616	Verificación del levantamiento topográfico, replanteo de línea, marcación de puntos, trazo de ejes.	m	2,140	2,283	74,090	169,176
6,07	580641	Equipo de seguridad para señalización vías de alta transitabilidad (Cerco Opaco Provisional (PU=42.36, UN=94.010, T=3982.263 soles))	Poste	367,440	392,058	23,080	9048,710
6,08	580555	Excavación manual en terreno normal	m³	50,980	54,396	110,968	6036,178
6,09	580486	Retiro de escombros	m³	95,140	101,514	110,968	11264,848
6,10	580643	Pañeteo de excavaciones con mezcla de cemento	m³	13,100	13,978	1,275	17,817
6,11	580617	Nivelación del terreno	m²	8,480	9,048	74,090	670,378
6,12	580557	Instalación y retiro de entibado	m²	37,020	39,500	254,940	10070,197
ITEM	BAREMO	DESCRIPCION	Unid.	Precio	Precio CF	Metrado	Costo
6,13	580618	Solado de concreto 0,05 mts.(resistencia de concreto menor 100 kg/cm2)	m²	37,380	39,884	74,060	2953,843

6,14	580580	Suministro e instalación de armaduras de acero de Fy: 4200 kg/cm2 Fu:6300 kg/cm2	kg	7,760	8,280	1714,670	14197,330
6,15	580558	Instalación y retiro de moldajes	m²	65,340	69,718	156,630	10919,896
6,16	580515	Suministro e instalación de concreto desde 260 kg/cm2 hasta 300 kg/cm2 para bases de estructuras o postes	m³	425,920	454,457	13,890	6312,403
6,17	580513	Relleno compactado con material de planta	m³	58,850	62,793	30,960	1944,070
6,18	580611	Suministro, transporte y distribución de polvillo especial sin zarandear en zanja	m³	90,990	97,086	42,630	4138,790
6,19	580515	Suministro e instalación de concreto desde 260 kg/cm2 hasta 300 kg/cm2 para bases de estructuras o postes (Soporte terminales)	m³	425,920	454,457	2,444	1110,692
6,20	580580	Suministro e instalación de armaduras de acero de Fy: 4200 kg/cm2 Fu:6300 kg/cm2 (Soporte de Terminales)	kg	7,760	8,280	131,600	1089,637
7,00		REUBICACION DE TUBERIA DE AGUA					7 988,226
7,01	580483	Rotura del asfalto de pista (espesor 4")	m²	44,280	47,247	20,000	944,935
7,02	580555	Excavación manual en terreno normal	m³	50,980	54,396	20,000	1087,913
7,03		Desmontaje de tubería de agua 1"	m	10,000	10,000	35,000	350,000
7,04		Suministro de tubería de agua e instalación	m	50,000	53,350	35,000	1867,250
7,05	580513	Relleno compactado con material de planta	m³	58,850	62,793	20,000	1255,859
7,06	580485	Reparación de pista asfalto (espesor 4")	m²	116,320	124,113	20,000	2482,269
8,00		REUBICACION DE ARBOL					3 763,949
8,01	580486	Retiro de escombros	m³	95,140	101,514	10,000	1015,144
8,02	580447	Transporte de postes de madera y equipamiento A.T. (emergencias)	hora	668,200	712,969	1,000	712,969
8,03	580498	Reposición de grass, plantas, adoquines(prefabricados)	m²	19,080	20,358	100,000	2035,836
TITULO II - OBRAS ELECTROMECHANICAS				-	-	-	1 700 437,42
ITEM	BAREMO	DESCRIPCION	Unid.	Precio	Precio CF	Metrado	Costo
9,00		CAPITULO 7: TENDIDO DE CABLE SUBTERRANEO					1 220 977,31

9,01	580636	Maniobra en red aérea AT con corte de energía. (Limpieza de ductos con mandril)	unidad	1636,480	1746,124	75,862	132464,646
9,02	580597	Tendido en zanja de cable aislado superior a 630 mm² y hasta 1000 mm² de sección	m	34,570	36,886	19671,750	725615,908
9,03	580608	Ejecución de punta muerta en cable seco	unidad	107,270	114,457	6,000	686,743
9,04	580566	Señalización de cables subterráneos	unidad	134,590	143,608	90,000	12924,678
9,05	580636	Maniobra en red aérea AT con corte de energía. (transporte de bobinas a obra)	unidad	1636,480	1746,124	51,143	89302,500
9,06	580500	Alquiler de camión grúa hasta 12 Ton. (devolución de bobinas)	hora	331,220	353,412	165,440	58468,500
9,07	580500	Alquiler de camión grúa hasta 12 Ton. (transporte de equipos de tendido)	hora	331,220	353,412	20,000	7068,235
9,08	580609	Peinado de terna de cables subterráneos	m	2,110	2,251	240,000	540,329
9,09	580636	Maniobra en red aérea AT con corte de energía. (Sellado de ductos)	unidad	1636,480	1746,124	93,000	162389,547
9,10	580636	Maniobra en red aérea AT con corte de energía. (Suministro de Poliwater)	unidad	1636,480	1746,124	12,049	21039,480
9,11	580636	Maniobra en red aérea AT con corte de energía. (Suministro de Capuchones)	unidad	1636,480	1746,124	6,000	10476,745
10,00	CAPITULO 8: INSTALACIÓN DE FABRICACIONES METALICAS						47 122,158
10,01	580637	Colocación de pernos de anclaje para fijar soportes (Cámaras de Empalme)	unidad	22,630	24,15	448	10817,50
10,02	580637	Colocación de pernos de anclaje para fijar soportes (Cámaras de Paso)	unidad	22,630	24,15	336	8113,13
10,03	580500	Alquiler de camión grúa hasta 12 Ton. (Transporte de fabricación de Almacenes a Obra)	hora	331,220	353,41	59,51	21031,96
10,04	580524	Montaje a mano de torres de alta tensión (Instalación de Soporte de Terminales)	kg	6,710	7,16	1000	7159,57

11,00		CAPITULO 9: MONTAJE DE CAJAS DE PUESTA A TIERRA					4 300,757
ITEM	BAREMO	DESCRIPCION	Unid.	Precio	Precio CF	Metrado	Costo
11,01	580656	Instalación de cajas de puesta a tierra en postes y/o cámaras	unidad	403,070	430,076	10,000	4300,757
12,00		CAPITULO 10: MONTAJE DE TERMINALES					2 580,454
12,01	580656	Instalación de cajas de puesta a tierra en postes y/o cámaras	unidad	403,070	430,076	6,000	2580,454
13,00		CAPITULO 11: CONEXIÓN DE LINEAS A TIERRA					284 965,788
13,01	580678	Tendido de conductor desnudo hasta 120 mm ²	m	9,660	10,307	560,000	5772,043
13,02	580455	Instalación de pozo de línea de tierra	unidad	1260,810	1345,284		0,000
13,03	580632	Suministro de tierra vegetal	m ³	68,350	72,929	54,432	3969,696
13,04	580483	Rotura del asfalto de pista (espesor 4")	m ²	44,280	47,247	280,000	13229,093
13,05	580485	Reparación de pista asfalto (espesor 4")	m ²	116,320	124,113	280,000	34751,763
13,06	580486	Retiro de escombros	m ³	95,140	101,514	434,762	44134,554
13,07	580657	Suministro, transporte e instalación de Cemento Conductivo	Bolsa	225,210	240,299	140,000	33641,870
13,08	580636	Maniobra en red aérea AT con corte de energía (Instalación de línea de tierra superficial adosada a pared (PU=39.244, M=271.2, T=10,642.973))	unidad	1636,480	1746,124	84,000	146674,429
	580654	Instalación de tubos HDP de 2" Diámetro para fibra óptica y/o cable sintenax	m	11,540	12,313	50,000	615,659
		Instalación de pletina de cobre	m	20,000	21,340	18,000	384,120
		Soldadura exotérmica en T para conductor de 185 mm ²	unidad	30,000	32,010	11,000	352,110
		Soldadura exotérmica conductor 185mm ² a superficie acero T	unidad	30,000	32,010	45,000	1440,450
14,00		CAPITULO 12: TENDIDO DE FO					90 967,503
14,01	587651	Instalación de FO tipo ADSS 600	M	5,279	5,632	6272,000	35324,904
14,02	587686	Medición de carrete FO	GLB	816,000	870,672	2,000	1741,344
14,03	587687	Medición de enlace FO	GLB	1060,800	1131,874	2,000	2263,747

ITEM	BAREMO	DESCRIPCION	Unid.	Precio	Precio CF	Metrado	Costo
14,04	580636	Maniobra en red aérea AT con corte de energía. (Instalación de línea de tierra superficial adosada a pared (Fijar cable de fibra óptica en pared de cámara de empalme) (PU=39.244, M=24, T=941.856))	unidad	1636,480	1746,124	8,000	13968,993
14,05	580636	Maniobra en red aérea AT con corte de energía. (Instalación de línea de tierra superficial adosada a pared (Fijar cable de fibra óptica en pared de cámara de paso) (PU=39.244, M=56, T=2197.664))	unidad	1636,480	1746,124	6,000	10476,745
14,06	580636	Maniobra en red aérea AT con corte de energía. (Suministro de Materiales "Tubo Corrugado Conduit 1", Abrazaderas, pernos, cintillos, tarugos, etc),	unidad	1636,480	1746,124	1,000	1746,124
14,07	580500	Alquiler de camión grúa hasta 12 Ton. (Transporte de bobina y devolución)	hora	331,220	353,412	72,000	25445,645
14,08	587685	Empalme de terminación	GLB	2448,622	2612,680	0,000	0,000
14,09	587688	Certificación enlace FO	GLB	6868,000	7328,156	0,000	0,000
15,00		CAPITULO 13: PRUEBAS					49 523,450
15,01	580565	Set de pruebas para cable aislado	unidad	203,490	217,124	27,000	5862,343
15,01	580607	Pruebas de línea y energizamiento	unidad	5158,380	5503,991	1,000	5503,991
15,02	580568	Medición de resistencia PAT en estructura (toma de tierra aislada)	estructura	47,570	50,757	16,000	812,115
		Prueba con VLF por terna, para el cable KV,	glb	35000,000	37345,000	1,000	37345,000

11 016 208,914
