

PRIMERA LINEA DEL METRO DE BOGOTÁ

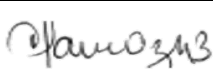
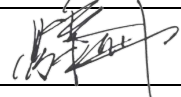


ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA RECEPTORA SER 3 Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN A 115 KV. CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DE PROYECTO

L1T1-0000-000-CON-ED-AMB-ES-0002

CONTROL DE EMISIONES		
REVISIÓN	FECHA	EMITIDO PARA
VBB	21/12/2022	Emitido para revisión y comentarios del cliente e Interventoría
VA0	21/12/2022	Emitido para comentarios internos – Emisión preliminar para comentarios

CONTROL DE CAMBIOS		
REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
VBB	21/12/2022	Emitido para revisión y comentarios del cliente e Interventoría
VA0	21/12/2022	Emitido para comentarios internos – Emisión preliminar para comentarios

APROBACIÓN ML1			
	FIRMA	NOMBRE	CARGO
REVISÓ		Claudia Marcela Diaz	Coordinadora Ambiental
REVISÓ		Oscar Rene Avella	Director Ambiental y SST
REVISÓ		Alexandra Coredor	Director Ambiental y SST
APROBÓ		Yi Liming	Vicepresidente Ambiental y SST

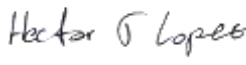
	APROBACIÓN CPA INGENIERÍA S.A.S.		
	FIRMA	NOMBRE	CARGO
ELABORÓ		Hector Julian Lopez	Coordinador de proyectos
REVISÓ		Sonia Ardila	Directora de proyectos
APROBÓ		Sonia Ardila	Directora de proyectos

Tabla de contenido

3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
3.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	4
3.2. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.....	7
3.2.1 Infraestructura Existente	7
3.2.2 Fases y actividades del Proyecto	10
3.2.3 Características técnicas.....	16
3.2.4 Insumos del proyecto	60
3.2.5 Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación y de construcción y demolición	63
3.2.6 Residuos peligrosos y no peligrosos	66
3.2.7 Residuos sólidos domésticos y convencionales	67
3.2.8 Residuos especiales	67
3.2.9 Costos del proyecto	68
3.2.10 Cronograma de proyecto.....	68
3.2.11 Organización del proyecto	72

Índice de tablas

Tabla 1 – Coordenadas de la Subestación Eléctrica SER 3.....	5
Tabla 2 – Coordenadas de la Subestación Eléctrica SER 3.....	5
Tabla 3 – Infraestructura social existente cerca al área del proyecto.....	8
Tabla 4 – Etapas de Construcción de Subestación y Líneas de Transmisión.....	10
Tabla 5 – Disposición física de equipos en la SER 3.....	28
Tabla 6 – Nodos principales dentro del diagrama unifilar de la PLMB	30
Tabla 7 – Secciones Típicas pantalla cable subterráneos.....	35
Tabla 8 – Valores de U, U0, Um y UP normalizados	37
Tabla 9 – Valores límites de exposición a campos electromagnéticos.....	38
Tabla 10 – Características principales del cable de fibra óptica para líneas subterráneas.....	40
Tabla 11 – Carga de transformadores SER – Escenario N-1 (SER 2 y SER 3 en servicio)	43
Tabla 12 – Carga transformadores SER – Escenario N-2 (Solo SER 3 en servicio)	44

Tabla 13 – Carga transformadores SER – Escenario N-2 (Solo SER 2 en servicio)	44
Tabla 14 – Parámetros cables anillo 34,5 kV subterráneo	47
Tabla 15 – Distribución Cargas subestaciones SER y Icc en Condición normal (N).....	48
Tabla 16 – Cargas a alimentar desde SER 1 (Contingencia N)	49
Tabla 17 – cargas a alimentar desde SER 2 (Contingencia N)	50
Tabla 18 – cargas a alimentar desde SER 3 (Contingencia N)	51
Tabla 19 – Distribución Cargas SER 1 FDS y Icc en Condición normal (N-1)	59
Tabla 20 – Información ambiental proveedores de material	64
Tabla 21 – Cronograma del Proyecto	68

Índice de Figuras

Figura 1 Localización del Proyecto	4
Figura 2 Ubicación de subestaciones eléctricas a 115 kV.....	10
Figura 3 Vista superior SER 3.....	19
Figura 4 Línea de transmisión SER 3	20
Figura 5 Vista Isométrica de la subestación SER 3	28
Figura 6 Arquitectura general del sistema eléctrico de la PLMB	31
Figura 7 Ubicación de la conexión a 115 kV a Subestación SER 3	32
Figura 8 Radio de Curvatura para conductores Subterráneos	33
Figura 9 Sección longitudinal y transversal cables para alta tensión Subterráneos.....	34
Figura 10 Densidad de Campo magnético.....	38
Figura 11 Banco de ductos a evaluar.....	41
Figura 12 Estación Tipo 2 – Unifilar general - Condición N	53
Figura 13 Unifilar CTE-5 - Estación Kennedy (Celdas -H01 a -H06).....	54
Figura 14 Estación Tipo 2 – Unifilar general - Condición N	55
Figura 15 Unifilar CTE-11 - Estación Calle 1ra (Celdas -H01 a -H06).....	56
Figura 16 Organigrama de la Vicepresidencia ASST	72

3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

A continuación, se presenta las características técnicas del proyecto objeto de licenciamiento, el cual corresponde a la construcción y puesta en marcha de una Subestación Eléctrica Receptora 3 (SER 3) y su Línea de Transmisión a 115 kV, que alimentará parte de la infraestructura de la Primera Línea del Metro de Bogotá.

3.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La construcción, puesta en marcha y operación del proyecto “*Subestación Eléctrica Receptora SER 3 y su Línea de Transmisión a 115 kV*”, se localizará en la ciudad de Bogotá D.C. del departamento de Cundinamarca, la subestación se encuentra en la localidad de Chapinero, sobre los 2658 msnm, limita con las localidades de Teusaquillo y Barrios Unidos, al sur limita con la calle 61, al norte con la calle 62, al costado occidental con la Avenida Caracas. Por otra parte, la línea de transmisión tiene una longitud total de 860 metros y esta llega hasta la subestación de Enel ubicada en la calle 67 con carrera 15.



Figura 1 Localización del Proyecto

Fuente. CPA Ingeniería S.A.S., 2022

El proyecto se encuentra ubicado en los barrios Chapinero Central, Chapinero Norte y la Esperanza, que pertenece a las UPZ Chapinero y los Alcázares (UPL 24 Chapinero, 33 Barrios Unidos y 32 Teusaquillo) en las localidades de Chapinero y Barrios Unidos, enmarcada en las siguientes coordenadas:

Tabla 1 – Coordenadas de la Subestación Eléctrica SER 3

COORDENADAS MAGNA Colombia CTM12		
VERTICES	ESTE	NORTE
1	4867075,93	2071326,38
2	4867169,76	2071381,06
3	4867149,32	2071416,14
4	4867055,49	2071361,46

Fuente. CPA Ingeniería S.A.S., 2022

El trazado de la línea de transmisión inicia en la Calle 67 con Carrera 15, se dirige hacia el oriente hasta la Avenida Caracas, punto en el cual cambia de dirección, paralelo a trazado de la Avenida Carracas hasta la Calle Avenida 61 que cambia de dirección al oriente hasta entrar a la Subestación Eléctrica SER 3, en la Tabla 2 se presenta las coordenadas en origen único del trazo de la línea:

Tabla 2 – Coordenadas de la Subestación Eléctrica SER 3

COORDENADAS MAGNA Colombia CTM12		
VERTICES	ESTE	NORTE
1	4882100,65	2072350,04
2	4882100,56	2072350,08
3	4881945,27	2072451,04
4	4881944,93	2072450,51
5	4881944,86	2072450,55
6	4881940,16	2072451,7
7	4881939,86	2072451,67
8	4881939,56	2072451,62
9	4881939,25	2072451,57
10	4881938,95	2072451,5
11	4881938,89	2072452,13
12	4881939,22	2072452,2
13	4881939,54	2072452,26
14	4881939,87	2072452,3
15	4881940,2	2072452,33
16	4881944,69	2072451,37
17	4881944,98	2072451,21

COORDENADAS MAGNA Colombia_CTM12		
VERTICES	ESTE	NORTE
18	4881945,31	2072451,01
19	4881944,97	2072450,48
20	4881972,21	2071901,38
21	4881971,57	2071901,39
22	4882011,41	2072086,28
23	4882010,81	2072086,49
24	4882011,41	2072086,28
25	4882010,81	2072086,49
26	4882004,59	2072066,14
27	4882003,97	2072066,27
28	4881972,14	2071891,39
29	4881971,5	2071891,4
30	4881971,41	2071889,66
31	4881972,05	2071889,6
32	4881944,29	2071738,41
33	4881945,44	2071729,28
34	4881946,05	2071728,09
35	4881946,76	2071726,96
36	4881947,57	2071725,9
37	4881948,46	2071724,91
38	4881949,44	2071724
39	4881950,5	2071723,19
40	4881956,63	2071720,61
41	4881944,91	2071738,3
42	4881946,02	2071729,55
43	4881946,6	2071728,41
44	4881947,29	2071727,33
45	4881948,06	2071726,31
46	4881948,92	2071725,36
47	4881949,86	2071724,49
48	4881956,72	2071721,25
49	4881956,74	2071721,24
50	4881956,63	2071720,61
51	4881958,11	2071720,35
52	4881956,74	2071721,24
53	4881958,23	2071720,97
54	4882041,79	2072228,37

COORDENADAS MAGNA Colombia CTM12		
VERTICES	ESTE	NORTE
55	4882042,39	2072228,14
56	4882004,6	2072066,17
57	4882003,98	2072066,3
58	4881944,91	2071738,3
59	4881944,29	2071738,41
60	4881933,73	2072447,27
61	4881933,2	2072447,61

Fuente: CPA Ingeniería SAS. 2022

3.2. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

A continuación, se presenta las características técnicas del proyecto en las diferentes fases, y la presentación de los diseños de la infraestructura a construir, con su respectivo cronograma de actividades y estructura organizacional.

3.2.1 Infraestructura Existente

3.2.1.1. Vías de Acceso

La localidad de Chapinero está enmarcada en el nor-orienté de la ciudad. Sus límites están definidos por vías de acceso, de esta forma: al norte, la calle 100 y la vía a La Calera, vías que la separan de la Localidad de Usaquén; al occidente, los ejes viales Autopista Norte y Avenida Caracas, que la diferencian de las Localidades de Barrios Unidos y Teusaquillo; al orienté, con las estribaciones del páramo de Cruz Verde, la “Piedra de la Ballena”, el “Pan de Azúcar” y el Cerro de las Moyas, accidentes fisiográficos que crean el límite entre la localidad y los municipios de La Calera y Choachí; y al sur con el río Arzobispo (calle 39). (Consejo Local Gestión del Riesgo y Cambio Climático. 2018. P 5).

Las principales vías de acceso de la localidad son la Avenida 39, las Calles 45, 53, 57, 60, 63, 72, 76, 85, 88, 92, 94 y 100, las Carreras Séptima, 11, 13 y 15, la Avenida de los Cerros, la Avenida Chile (Calle 72) y la Avenida Caracas. En todas ellas se encuentran múltiples rutas de buses urbanos, que llegan a todos los barrios y veredas de la localidad y la comunican con cualquier punto de la ciudad.

El Sistema Transmilenio se encuentra en dos líneas, la A, Troncal Caracas con las estaciones Avenida 39, Calle 45, Marly, Calle 57, Calle 63, Flores, Calle 72, Calle 76, y la B, Autonorte, con las estaciones Héroes, Calle 85, Virrey y Calle 100, todas en el límite occidental de la localidad.

La localidad cuenta con la red de ciclorutas en la Carrera 13, y la ciclovía dominical en la Carrera Séptima, las cuales son utilizadas con buena frecuencia.

El Tren de Cercanías de Bogotá solo la atraviesa a la altura de la Autopista Norte con Calle 92, donde toma la Transversal 23 hasta la Calle 100, donde prosigue su rumbo hacia Usaquén, operando como transporte turístico los fines de semana y festivos, y de carga durante los días hábiles.

En cuanto la UPZ Chapinero Central, esta se encuentra ubicado al sur occidente de la localidad, entre las vías se encuentran la calle 67 al norte, al oriente la avenida Alberto Lleras Camargo, carrera 7ª con calle 45 y avenida circunvalar, al occidente la avenida Caracas, y dentro de esta UPZ se encuentra los barrios Chapinero Central y Chapinero Norte.

La Localidad de Barrios Unidos se encuentra ubicada al nororiente es una de las localidades más centralizadas y de fácil acceso al centro de la capital. Además de las avenidas que limitan la localidad las principales vías que la sirven son Avenida Medellín, avenida calle 68, Avenida 68 y Calle 100, avenida La Esmeralda, La Avenida Quito, la Carrera 50 y la carrera 24.

Entre las vías principales se encuentran la Avenida Carrera 68, Avenida Gabriel Andrade (Calle 68), Avenida Calle 72, Avenida Colombia (Carrera 24), Avenida NQS, Avenida la Esmeralda (Carrera 60), Avenida España (Calle 100), Avenida Batallón Caldas (Carrera 50), Avenida José Celestino Mutis (Calle 63), Avenida Suba, Avenida Mariscal Sucre (Carrera 17), Avenida Caracas, Avenida Paseo de los Libertadores, Calle 80. En cuanto al transporte público cuenta con el sistema TransMilenio en varios sectores de Barrios Unidos, como son La Calle 80 es recorrida por la línea D y cuenta con las estaciones Polo, Escuela Militar, Carrera 47, y Carrera 53; La avenida NQS es recorrida por la línea E y cuenta con las estaciones La Castellana, NQS Calle 75, Avenida Chile y Simón Bolívar; La autopista Norte es recorrida por la línea B y cuenta con las estaciones Calle 100, Virrey, Calle 85 y Héroes; Un tramo de la avenida Caracas es recorrida por la línea A y cuenta con las estaciones Calle 76, Calle 72 y Flores; un tramo de la avenida Suba es recorrida por la línea C y cuenta con las estaciones San Martín, Rionegro y Suba Calle 95.

En cuanto a la UPZ los Alcázares, esta cuenta con la presencia de corredores viales importante como la Calle 68 (Avenida Gabriel Andrade Lleras), la calle 72 (avenida Chile) y las avenidas Paseo de los libertadores, Medellín, Ciudad de Quito y José Celestino Mutis. (Alcaldía Mayor de Bogotá. 2014. P. 3).

En la zona del proyecto se cuentan con accesos viales correspondientes a la red vial primaria de la ciudad; a la zona donde se ubica la Subestación Eléctrica Receptora SER 3, se acceda a través de la Calle 61 A, que se encuentra en su costado norte, colinda en el costado Occidental con la Avenida Caracas, en el costado Sur con la Calle 61 y al oriente con la Carrera 13 A, las cuales se encuentran en buenas condiciones para transitar.

3.2.1.2. Infraestructura Social y/o Productiva

En el área cercana del proyecto se encuentra infraestructura comercial y a lo largo de la línea de Transmisión se encuentra institutos educativos, entidades bancarias y pequeños centros comerciales (Ver Tabla 3).

Tabla 3 – Infraestructura social existente cerca al área del proyecto

TIPO	NOMBRE	DIRECCIÓN
------	--------	-----------

TIPO	NOMBRE	DIRECCIÓN
Educativa	San José Fundación Educación Superior Bienestar	Calle 67 No. 14 a 29
Educativa	Universidad Cooperativa de Colombia	Avenida Carracas No. 37 - 63
Educativa	INCAP Sede Chapinero	Calle 64 No. 13 - 78
Educativa	Instituto Colombiano de Aprendizaje INCAP	Calle 64 No. 14 - 15
Educativo	FES San José	Avenida Carcas No 63 - 21
Educativo	Folatec SAS	Avenida Caracas No 61 - 18
Salud	Sede Medica Policial	Avenida Caracas No 68
Salud	Unidad Médica Chapinero Policía Nacional	Calle 67 No 18
Seguridad	Dirección de Sanidad FAC	Avenida Caracas No 24 -66

Fuente: CPA Ingeniería SAS. 2022

3.2.1.3. Infraestructura Sistema Interconectado Nacional

La Subestación eléctrica Receptora SER 3, estará conectada a la Subestación Eléctrica Calle 67 de la empresa ENEL Colombia, a través de una línea de transmisión subterránea de 860 metros aproximados de longitud. La subestación Calle 67 se encuentra en proceso de licenciamiento ambiental por parte de la empresa ENEL, por tanto, se encuentran en proceso de diseños técnicos finales.



Figura 2 Ubicación de subestaciones eléctricas a 115 kV

Fuente: CPA Ingeniería SAS. 2022

3.2.2 Fases y actividades del Proyecto

El proyecto de la Subestación Eléctrica Receptora SER 3 incluye las fases pre-constructivas, constructivas de operación y mantenimiento; y finalmente la etapa de desmantelamiento del proyecto; cuyas actividades y descripción se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4 – Etapas de Construcción de Subestación y Líneas de Transmisión

ETAPA	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
	Organización Laboral.	Esta actividad consiste en la contratación del personal y la agrupación del equipo necesario para realizar los trabajos.

ETAPA	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
Etapa Pre-Constructiva	Replanteo.	El replanteo se realizará luego de la revisión del diseño y previo al inicio de la fase constructiva de la subestación y Línea de Transmisión, este replanteo consiste en la ubicación de puntos referenciales, desde los cuales se tomarán las medidas precisas de las ubicaciones de cimentaciones para los diferentes equipos y en general para todas las obras civiles a ser construidas.
	Áreas comunes, cerramiento provisional, áreas de almacenamiento de material y sustancias especiales.	Consiste en la planificación de los espacios dispuestos para la operación y la gestión administrativa y técnica del proyecto, en los cuales se ubican el container o depósitos para almacenamiento de materiales y equipos para obra civil y electromecánico, herramientas, elementos químicos y otros que se requieran para desarrollar la operación de la obra.
	Construcción de campamento temporal.	Consiste en la construcción de un campamento que aloje al personal dedicado a la ejecución del proyecto y donde se tenga la disponibilidad de depositar y guardar el material necesario para el mismo. Los campamentos son áreas de trabajo interno donde se desarrollan actividades de logística, áreas de oficinas, almacén de materiales y servicios propios del campamento. La construcción del campamento considera el diseño de la red eléctrica, fontanería, internet, teléfono, entre otros.
	Trasporte de Elementos Constructivos.	Consiste en el traslado de los elementos constructivos hasta el sitio de montaje; para esta actividad se analiza el tipo de acceso y movilidad de transporte para el acarreo adecuado de los materiales. Se elabora y presenta el Plan de Manejo de Tránsito a la Secretaría Distrital de Movilidad.
Etapa Constructiva	Adecuación de Accesos.	Para la construcción de la subestación, se emplearán y mantendrán las vías de acceso y vías perimetrales existentes, que permiten la movilidad de vehículos pesados como grúas para la instalación de equipos y demás actividades operativas. Teniendo en cuenta que las acometidas de Alta y Media Tensión serán subterráneas, se buscará realizar el menor impacto visual y ocupación del espacio público, no obstante, en la etapa constructiva se emplearán como vías de acceso: las vías perimetrales existentes, andenes viales y vías principales.
	Construcción de muro de cerramiento.	Consiste en la ejecución de obras civiles de una estructura perimetral compuesta de cimentaciones, columnetas y vigas estructurales en concreto reforzado y mampostería que sirve para encerrar la propiedad de la subestación, dando a su vez separación de terrenos.

ETAPA	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
		Su función da proporción al espacio interior y da la volumetría exterior, en el cual se obtiene a su vez aislar los agentes atmosféricos como agua, sol, polvo, humo, radiación y ruido.
	Hincado de pilotes	Consiste en introducir elementos prefabricados de concreto o secciones metálicas por medio de piloteadoras en el suelo. Por medio de hincado a presión, dejando libre la zona de anclaje superior para posterior fundición de dados, mediante conexión mecánica y fundida. al ser pilotes prefabricados estos tienen juntas de unión expuestas donde se realiza postensado del acero y se sella la junta con mezcla de concreto o epóxido.
	Construcción de dados de cimentación y pilas de soporte	Construcción de las canastas de acero de refuerzo con sus respectivos empalmes ya sea por traslazo o emplume mecánico. Dentro de formaleta metálica o de madera, aclarando que los dobleces se hacen de manera manual o mecánica por personal capacitado. Así mismo realizar el anclaje con los pilotes. Vaciado y posterior vibrado de concreto para retirar vacíos y aire de la mezcla asegurado la resistencia y calidad requerida, así mismo realizando el anclaje mecánico con los pilotes que previamente fueron dispuestos con su respectiva zona de anclaje. Posteriormente, se realiza la construcción de las canastas de acero de refuerzo con sus respectivos empalmes ya sea por traslazo o emplume mecánico. Dentro de formaleta metálica; se realizará la instalación de acero de refuerzo para posterior pretensado antes de fraguar el concreto. Así mismo se realiza el empalme con los refuerzo del dado para asegurar la interacción de fuerzas. Vaciado y posterior vibrado de concreto para retirar vacíos y aire de la mezcla asegurado la resistencia y calidad requerida, teniendo en cuenta realizar en la parte superior los puntos de anclaje con las vigas capitel.
	Excavación y Adecuación del Terreno Subestación.	Con equipo de construcción en la etapa de construcción, se llegará hasta los diferentes niveles de cada uno de los componentes que la obra tiene. Para la adecuación, se construirá sobre un terraplén donde se ubicarán las vías internas, todos los equipos y edificaciones que hacen parte de la subestación.
	Excavación y Adecuación del Terreno Línea de Trasmisión.	Con equipo de construcción o de forma manual se llegará hasta los diferentes niveles de cada uno de los componentes que la obra tiene, para iniciar la construcción de las obras de cimentación, cajas de subterranización y la perforación de ductos

ETAPA	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
		subterráneos
	Retiro y Manejo del Material de Excavación.	El retiro del material de excavación se realizará por medio de volquetas. A través de maquinaria, las volquetas se cargarán de los sitios de almacenamiento temporal o al momento en que se realiza la excavación. La disposición de materiales sobrantes se hará en los sitios debidamente autorizados por la autoridad ambiental, para lo cual el constructor o gestor autorizado deberá transportarlo desde el sitio de construcción hasta el sitio de disposición final. Los materiales sobrantes o de desecho, se trasladarán hacia sitios de disposición autorizados
	Construcción, Cimentación y Obras Civiles de la Subestación	Para la construcción de la subestación eléctrica y la infraestructura (equipos y red subterránea) de la línea de transmisión, se realizará la construcción de las obras civiles asociadas al alcance del proyecto, en forma manual o mediante el uso de maquinaria amarilla, maquinaria para perforación subterránea o de largo alcance. Será necesario utilizar material de mejoramiento y compactar el suelo hasta alcanzar las densidades necesarias para adelantar las obras de cimentación.
	Construcción, Cimentación y Obras Civiles de la Línea de Transmisión	Para la construcción de la infraestructura de la línea de transmisión, se realizarán excavaciones a fin de llevar a cabo la construcción de cimentaciones, en forma manual. Para el tramo subterráneo se empleará maquinaria de perforación para los ductos y trabajo manual para las cajas de transición.
	Adecuación de la Línea de Transmisión (construcción caja).	Conjunto de obras civiles para construcción de la canalización subterránea para una red de alta tensión en los cuales se contemplan actividades de excavación, tendido de tubería, perforación horizontal, composición de capas con material para conformación del terreno sobre las tuberías de acuerdo a la zona y tipo de tráfico, construcción de cajas de inspección para tendido, cambio de dirección y empalmes de cables aislados, los cuales pueden ser construidos con hormigón prefabricado o fundición en sitio.
	Instalación de Equipos Subestación Eléctrica	Esta etapa consiste en el montaje de todos los equipos y estructuras previstas, cableado y conexión hasta la caseta de media tensión, caseta de la subestación GIS y la caseta de control de la subestación en donde finalmente se ubican los mandos y sistemas de operación y control de cada uno de los equipos y de la subestación en su conjunto. Las instalaciones de la subestación GIS y las celdas de

ETAPA	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
		media tensión se instalarán directamente sobre las bases de hormigón armado y estará ubicados en una caseta construida para el efecto. Se costurarán bases en hormigón armado para instalar los transformadores de potencia los cuales estarán provistos de rieles de carga y muros cortafuego cumpliendo con la normatividad vigente.
	Construcción de canalizaciones de Media Tensión y Alta Tensión entrada a subestación.	Actividades de infraestructura civil para las redes eléctricas subterráneas los cuales comprende los aspectos de construcción de canalizaciones, cámaras, cajas de inspección, cárcamos, cajas y tapas, en los cuales se busca que la disposición de los conductores dentro del ducto conserve su posición y adecuación a lo largo del recorrido, La ductería de PVC se utiliza para canalizar redes primarias, en los cuales se considera la construcción de cajas de inspección para hacer la transición y tendido de cables aislados en Alta y Media Tensión.
	Transporte de material de la obra	Esta actividad consiste en el traslado de todo residuo sólido sobrante de la actividad de la construcción, de la realización de obras civiles o de otras actividades conexas complementarias o análogas. Comprende el traslado de los materiales de construcción tales como material pétreo, concreto y agregados sueltos de construcción o demolición, capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación, ladrillo, cemento, acero, hierro, mallas, madera, formaleta y similar. El traslado de escombros se realiza en un vehículo recolector con capacidad suficiente para transportar el material hasta su disposición final en las escombreras autorizadas.
	Generación, manejo y disposición de Residuos Líquidos y Sólidos.	Esta actividad hace referencia a la generación y manejo de residuos sólidos y líquidos durante el desarrollo de las demás actividades desarrollo de las demás actividades que hacen parte de la etapa constructiva y a su adecuada disposición de acuerdo a la normatividad aplicable.
	Capacitación al Personal en Seguridad, Salud y Medio Ambiente.	Esta actividad se lleva a cabo con el personal que hace parte de la ejecución del proyecto, esto con el fin de que conozca las obligaciones establecidas sobre seguridad, salud y medio ambiente, esto incluye las obligaciones que contiene la Licencia Ambiental.
	Implementación de los Programas Sociales.	Esta actividad es la que permite la interacción y la adecuada comunicación entre los encargados de la ejecución del proyecto y la comunidad circundante a este.

ETAPA	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
	Montaje, tendido, conexión de la línea.	Esta actividad consiste en el montaje de estructura metálica, vestido de estructuras, instalación de herrajes y aisladores, tendido de conductores, templado y engrampado de conductores y cable de guarda, pruebas y puesta en servicio. Las actividades realizadas en una red subterránea de Alta Tensión consideran el tendido de cables aislados XLPE, instalación de soportes y aisladores de Transición, elaboraciones de terminales de conexión para cables aislados, tendido de conductor de tierra y fibra óptica, conexión de conductores, pruebas y puesta en servicio
Etapa Operativo	Energización Líneas de Trasmisión.	Corresponde a la energización o puesta en servicio, al nivel de tensión previsto en el diseño y el transporte de la energía eléctrica durante la operación del proyecto, cumplimiento de las distancias de seguridad verticales para cada fase del conductor, todo dentro del marco de las especificaciones técnicas.
	Energización de Subestación Eléctrica AT/MT.	Corresponde a la energización o puesta en servicio al nivel de tensión previsto en el diseño, cumpliendo las normas y protocolos previstos para la operación segura de los equipos.
	Operación de Equipos.	La operación del proyecto consiste en la transmisión de la energía en forma continua, de acuerdo con las normas de seguridad y cumpliendo los criterios de calidad respecto a la frecuencia, la regulación de tensión, las pérdidas de energía y la distorsión producida por armónicos.
	Mantenimiento Subestación y Líneas de Trasmisión.	Mantenimiento preventivo: En esta fase se prevendrán los posibles daños en los equipos de las redes de distribución que puedan afectar la continuidad del servicio. Mantenimiento correctivo: En esta fase se repararán los daños ocasionados en los equipos de las redes de distribución que afecten el suministro de energía eléctrica. El mantenimiento de los equipos híbridos se realizará cada seis años y el de los transformadores cada 10 años. Estos mantenimientos serán realizados por profesionales especializados.
	Generación, manejo y disposición de Residuos.	Esta actividad hace referencia a la generación y manejo de residuos sólidos y líquidos durante el desarrollo de las demás actividades que hacen parte de la etapa operativo del proyecto y a su adecuada disposición de acuerdo a la normatividad aplicable.
	Desenergización	Es la actividad mediante la cual se corta el flujo de

ETAPA	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
Etapas de Desmantelamiento de la infraestructura existente y entrega de predio.		corriente eléctrica en la línea de transmisión, la subestación
	Desmantelamiento de línea de transmisión y subestación.	Se refiere a la actividad de realizar el desmonte de conductores y equipos que hacen parte de las líneas de conexión a la subestación.
	Embalaje, transporte y almacenamiento de Equipos de potencia, control, protección y comunicaciones Subestación Eléctrica que serán reutilizados.	Las actividades de embalaje consisten en la fabricación de huacales, cajas de madera, embalajes tipo jaulay bases en madera con el fin de preservar el estado de los equipos eléctricos de potencia, control, comunicaciones, tableros y gabinetes eléctricos que se requieren transportar. Las actividades de transporte de equipos hacen referencia al traslado de los equipos desmontados y embalados adecuadamente para llevarlos a un sitio de almacenamiento o disposición final. Las actividades de almacenamiento están relacionadas con guardar, proteger y conservar correctamente los equipos durante el periodo de tiempo que sea necesario, a su vez se realizan actividades de transporte, ubicación, manipulación y acondicionamiento de las mismas desde su recepción hasta su expedición.
	Reutilización y reciclaje de elementos.	Se refiere a las alternativas para manejar los elementos que se retiran de la red de distribución, subestación AT/MT y Línea de transmisión. Los elementos producto del desmantelamiento pueden ser reciclados y reutilizados en la construcción de otro proyecto.
	Retiro y disposición final de residuos.	Los materiales sobrantes deberán ser dispuestos adecuadamente en sitios autorizados por la Autoridad Ambiental Competente.
	Restauración de áreas intervenidas.	Implica la ejecución de labores para la recuperación de las áreas que fueron intervenidas a lo largo de la vida útil del proyecto.

Fuente: CPA Ingeniería S.A.S. 2022

3.2.3 Características técnicas

3.2.1.4. Adecuación y construcción

3.2.1.4.1. Vías de acceso

Teniendo en cuenta que las vías a utilizar corresponden a la red vial primaria de la ciudad de Bogotá, no será necesario realizar adecuaciones a los accesos a los sitios de trabajo donde sea posible el ingreso que prácticamente se encuentra a la red vial de la zona, considerando que se emplearán

vehículos livianos para el transporte del personal, de herramienta y equipos requeridos para las actividades.

Debido a que las estructuras se van a ubicar dentro de la ciudad, no se requiere hacer obras adicionales para adecuar accesos (Ver Anexos/_Asp_Técnicos). Se hará el cerramiento de las excavaciones y de los campamentos restringiendo el ingreso solo a personal autorizado y cumpliendo con los estándares Metro Línea - 1 (Ver Capítulo 7 Ficha PMA 1.1 Manejo adecuado de obras de excavación).

En ese sentido, se llegará a las áreas de trabajo ingresando por la Calle 61 A y Avenida Caracas hasta los campamentos provisionales.

3.2.1.4.2. Infraestructura de transmisión de energía eléctrica

El proyecto contempla la construcción de una Subestación Eléctrica en un área aproximada de 1050 m² y una Línea de Transmisión de 860 metros subterránea, a continuación, se presenta la información referente a la etapa de construcción tanto para la Subestación como su Línea de Transmisión.

Dentro de la construcción e los diseños de la Subestación se realizó la consulta a cerca del trazado de las redes subterráneas que se presentan debajo del área del proyecto, dando como resultado que el predio donde se ubicará la subestación no presenta redes de servicios que puedan llegarse a intervenir.

A continuación, se hace una descripción general de cada una de las características técnicas de la subestación eléctrica y la línea de transmisión en las diferentes etapas contempladas en el proyecto.

- ▶ Actividades previas a la construcción de la Subestación eléctrica Receptora SER 3
 - ▶ Instalaciones provisionales de Obra:
 - ▶ Movilización e instalación de equipos de construcción, campamentos y demás facilidades necesarias para la construcción de las obras.
 - ▶ Suministrar y movilizar hasta el sitio de las obras todos los equipos, elementos de trabajo y personal, como también hacer las instalaciones temporales que se requieran para ejecutar normal y eficientemente todas las obras objeto del proyecto.
 - ▶ Oficinas, talleres y otras instalaciones provisionales
- ▶ Las actividades a que se refiere esta especificación son las siguientes:
 - ▶ Localización, construcción de edificaciones y mantenimiento de las instalaciones provisionales, abastecimiento de agua, energía eléctrica para construcción, alcantarillados y servicios sanitarios, orden y limpieza, vigilancia, remoción de las instalaciones de construcción.
- ▶ Ubicación del lote para construcción de la Subestación Eléctrica Receptora SER 3

La Subestación Eléctrica Receptora SER 3 se construirá en un área que limita con la calle 61 al sur, con la calle 62 norte, al costado occidental con la Avenida Caracas, dentro la localidad de Chapinero, la cual se encuentra circunscrita dentro de los siguientes límites indicados anteriormente.

- Organización laboral

Esta actividad consiste en la contratación del personal y la agrupación del equipo necesario para realizar los trabajos.

- Uso y adecuación de accesos

La Subestación Eléctrica Receptora SER 3 cuenta con vías de acceso y vías perimetrales que permiten la movilidad de vehículos pesados como grúas para la instalación de equipos, y para el mantenimiento preventivo y correctivo que se realice en la subestación.

- Replanteo

El replanteo se realizará luego de la revisión del diseño y previo al inicio de la fase constructiva de la subestación. Este replanteo consiste en la ubicación de puntos referenciales, desde los cuales se tomarán las medidas precisas de las ubicaciones de cimentaciones para los diferentes equipos y en general para todas las obras civiles a ser construidas. En esta actividad se determinará como referencia planimetría y altimétrica el sistema de coordenadas y el mojón respectivamente empleando el levantamiento topográfico, se verificarán los linderos, cabida del lote y aislamientos; se emplearán niveles de precisión para obras de alcantarillado y drenajes. Se empleará nivel de manguera para trabajos de albañilería.

- Adecuación del terreno

La adecuación del terreno se realizará usando maquinaria como retroexcavadoras, canguro operado con grúa, concretadoras, vibrocompactador, volquetas, bombas de agua, vibroapisonadores mecánicos, herramienta diferencial y esporádicamente se utilizará grúa de canasta.

- Transporte de elementos constructivos

Consiste en el traslado de los elementos constructivos hasta el sitio de montaje; para esta actividad se analiza el tipo de acceso y movilidad de transporte para el acarreo adecuado de los materiales.

- Actividades de construcción de la Subestación Eléctrica Receptora SER 3

La subestación SER 3 está ubicada en el sótano de la estación 15 (Calle 63), y se alimentará desde la subestación Calle 67 (Propiedad de ENEL COLOMBIA) a un nivel de tensión de 115 kV, mediante una línea subterránea de 0,9 km (cable de aluminio 630 mm²). Será una subestación GIS subterránea.

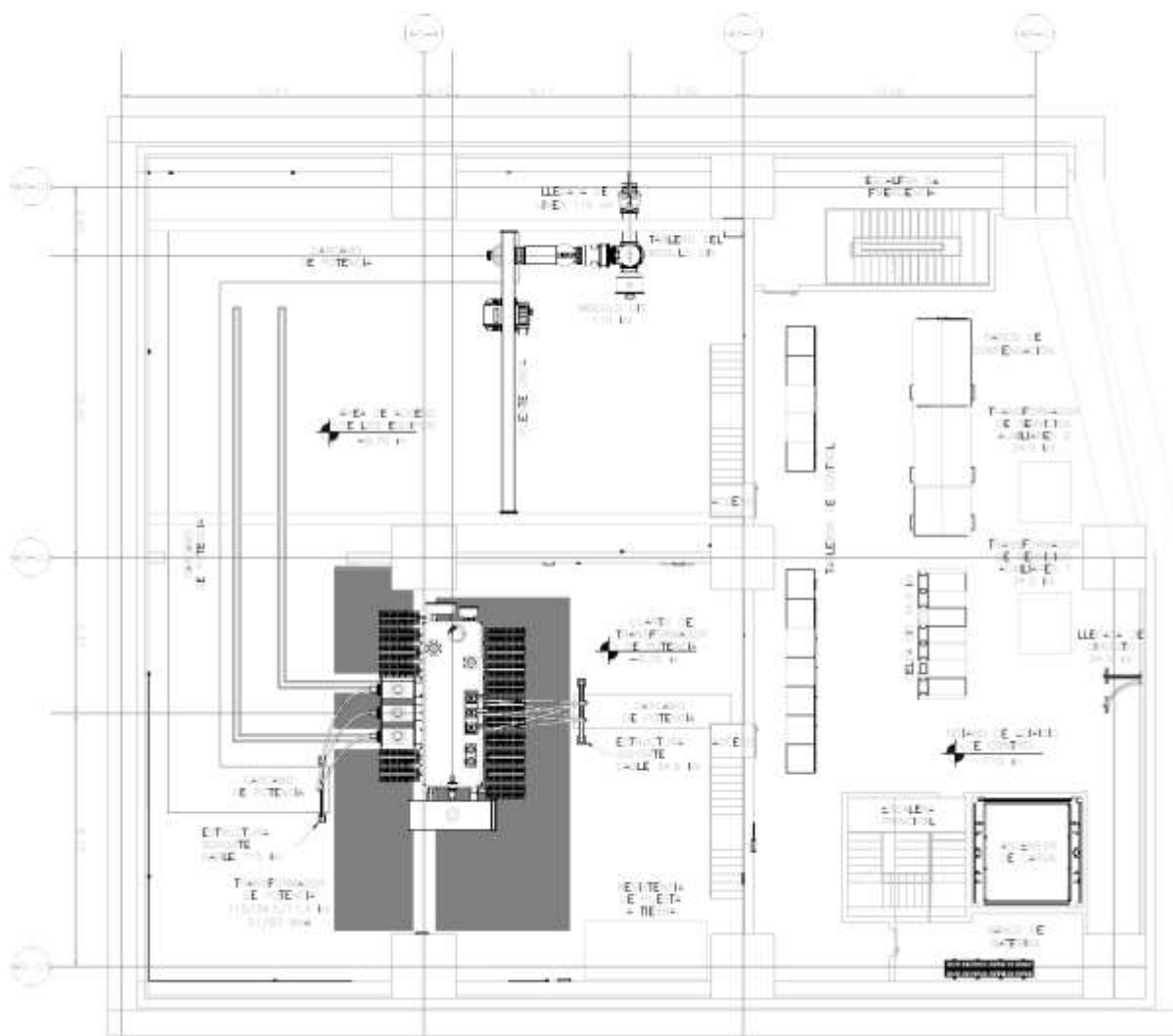


Figura 3 Vista superior SER 3

Fuente: WSP, 2022

- ▶ Actividades de construcción de la Línea de Transmisión a 115 kV
 - ▶ Trazado de la conexión para la SER 3

El trazado de la línea definido como método constructivo zanja abierta la cual se realizará entre la caja de interfase con la conexión a 115 kV dispuesta por Enel/Codensa en la Subestación Calle 67 y la SER 3, tal como se muestra en la Figura 4.

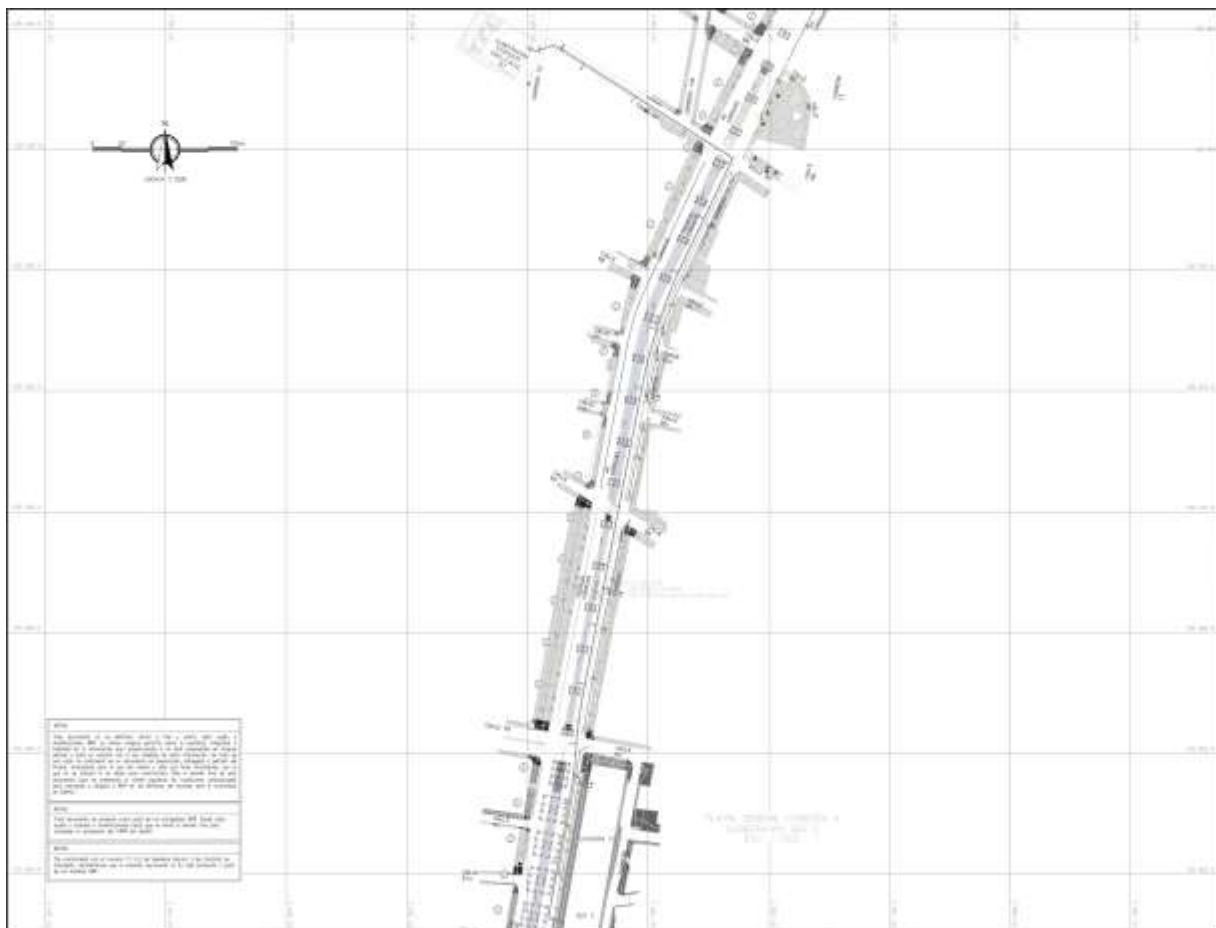


Figura 4 Línea de transmisión SER 3

Fuente: WSP, 2022

Por otro lado, no se identifican interferencias de ninguna índole en el trazado de la conexión a 115 kV entre la Subestación Calle 67 y la SER 3. Adicionalmente la profundidad para la instalación de la parte baja de la canalización está limitada a una profundidad máxima a 2 m desde el nivel del terreno acabado.

► Validación de Diseños

Esta actividad deberá realizar la validación del diseño de cada uno de los cruces con los datos del equipo seleccionado para cada uno de los cruces, teniendo en cuenta que la capacidad de la máquina sea la requerida para cada uno de los cruces a realizar, siempre que su capacidad de halado exceda en un 30% la fuerza requerida para instalar las lingadas.

Este análisis se debe hacer teniendo como base que se realizará la instalación del conjunto de las tuberías donde se instalaron los conductores, fibra óptica y reserva, además la camisa exterior de 630 mm simultáneamente.

Se deberá en el diseño detallado determinar las longitudes reales de los cruces de carretera principal, así como, el diámetro del túnel perforado para colocar la tubería, permitiendo que cuando la tubería sea empujada ésta corra fácilmente sin atascamientos que puedan dañar el revestimiento.

Se deberá tener en cuenta que, si se tienen líneas en operación existentes que vayan paralelas a la vía a cruzar y éstas quedan ubicadas dentro de la longitud del trazado, deberá extremar los cuidados durante la instalación de la tubería con el fin de prevenir daños en estas líneas en operación.

Previo al inicio de la construcción se deberá realizar la verificación de todas las interferías existentes y proyectadas planteadas en el diseño, esto incluye redes eléctricas, telemáticas, infraestructura de acueducto y alcantarillado, redes de gas, etc. garantizando la identificación y localización total de estas, con fin de realizar los respectivos ajustes al trazado en caso de que sea necesario.

Los trabajos no consideran interrupción de los servicios públicos (energía, teléfono, acueducto, alcantarillado), en caso tal de sucesos imprevistos con estos, se deberá coordinar y colaborar con las entidades encargadas de la operación de tales servicios, para que las interrupciones sean mínimas y el servicio afectado sea restablecido en el menor tiempo posible.

Se protegerá el pavimento en los puntos de apoyo de la retroexcavadora o cualquier otra maquinaria pesada en caso de que se utilicen, en las áreas aledañas requeridas por fuera de la construcción del METRO de Bogotá, para la preparación de las lingadas de tubería y posicionamiento previo al halado de estas. Se prohíbe el tránsito del equipo pesado con oruga por la vía sin las protecciones debidas en las zonas que están por fuera del área de construcción del METRO de Bogotá.

Se realizará la reconstrucción de las estructuras del pavimento y las obras de arte que resulten deterioradas durante la preparación de las lingadas tales como: Cunetas, alcantarillas, andenes, bordillos, etc., y en general cualquier otro tipo de estructura que pueda haberse afectado a causa de las obras realizadas, las cuales serán reparadas y deberán quedar por lo menos en las condiciones que se encontraban antes de la iniciación de los trabajos, empleando materiales de buena calidad, iguales o superiores a los encontrados. Se deberá dejar registros fotográficos de las obras en su estado inicial (estado en que se encontraban antes de intervenir el área) y después de reparadas o de realizar el cruce.

► Localización de Replanteo

Para la localización y replanteo de la línea definitiva, se realizará todo el levantamiento topográfico que contemplará lo siguiente:

- Levantamiento de planimetría y altimetría del eje y corredor de la línea.
- Replantear y marcar los puntos de interés de la línea.
- Elaboración del informe topográfico del levantamiento
- Cálculo y chequeo de los amarres respectivos que se hicieron

- ▶ Carteras topográficas
- ▶ Georreferenciación de puntos topográficos

El levantamiento se realizará con personal que tenga experiencia amplia y suficiente (Ingeniero topográfico o topógrafo con licencia profesional vigente) certificando experiencia en proyectos lineales.

Para el levantamiento topográfico se determinará el sistema de coordenadas en que requieren la información producto de todo el levantamiento topográfico.

- ▶ Detección de Servicios Públicos Existentes

Para la detección de las redes existentes, se realizará el levantamiento de redes subterráneas, previo al inicio de actividades de excavación, deberá confirmar la ubicación y profundidad de las redes de otros servicios existentes en la zona de emplazamiento de la línea (energía, gas, agua, telecomunicaciones, etc.).

El levantamiento contemplará lo siguiente:

- ▶ Dirección y pendiente de la red existente: Para cada red se deberá tomar al menos dos puntos, de tal manera que se pueda identificar la dirección y pendiente de la misma, en cada punto de cruce con la nueva línea de transmisión.
- ▶ Diámetro de la tubería.
- ▶ Georreferenciación de la red existente.
- ▶ Procesamiento de los datos del levantamiento.
- ▶ Elaboración del informe topográfico del levantamiento.
- ▶ Instalaciones Provisionales

Se dispondrá de las instalaciones necesarias que le permitan ejecutar la construcción de la línea, los cruces por perforación horizontal dirigida, las cuales deben contar con mínimo los siguientes servicios:

- ▶ Servicio de energía.
- ▶ Servicio de comunicaciones.
- ▶ Servicio de agua potable.
- ▶ Servicio de internet.
- ▶ Contenedores si es el caso.

Se tendrá cerca de los trabajos, oficinas adecuadas para la buena dirección y administración de la obra, se dispondrá también de las bodegas necesarias para el almacenamiento y clasificación de los materiales y para los equipos, herramientas, repuestos y demás elementos del proyecto.

De igual manera, construirá o adaptará y hará mantenimiento de todos los campamentos e instalaciones temporales, incluyendo las necesarias para el suministro de agua potable, protección

contra incendio, redes eléctricas, servicios médicos, sanidad, seguridad del público, etc., donde éstas se requieran.

Una vez terminados los trabajos se desmontará las instalaciones provisionales y entregar al propietario, tales áreas en perfecto estado.

► Mantenimiento de las zonas

Se construirá las obras civiles de drenaje y protección necesarias y ejecutar el mantenimiento y la limpieza a satisfacción del supervisor, para conservar tanto los accesos como las obras provisionales, en estado adecuado para su utilización.

Al finalizar la obra, se removerá los campamentos e instalaciones provisionales, se retirará y dispondrá los escombros, todo tipo de residuos sólidos (carretes, concreto, entre otros) y residuos líquidos, en los sitios autorizados por la Autoridad Ambiental y otros elementos o materiales de desecho, todos los lugares utilizados en desarrollo de los trabajos.

► Personal y Equipo

Se dispondrá del personal necesario, aplicará los procedimientos técnicos, ambientales, prediales, arqueológicos, de seguridad industrial y el equipo necesario, para la correcta ejecución de los trabajos de construcción de la línea.

Para todos los equipos de seguimiento y medición se tendrá registro de los certificados de calibración. En el certificado de calibración será claramente identificado: el equipo calibrado, la vigencia de la calibración, el ente que realizó la calibración, datos del patrón empleado en la calibración, trazabilidad, norma / procedimiento utilizado, condiciones ambientales al momento de la calibración, incertidumbre en la medición y los datos obtenidos durante la calibración.

► Inducción y Verificación de Herramientas y Equipos de Seguridad

Antes del inicio de las actividades el personal de Salud Ocupacional del contratista realizará una inducción en prevención de riesgos a todos los trabajadores de la empresa contratista que vayan a participar y posteriormente se verificará el estado de los elementos de protección personal, herramientas, equipos de seguridad, vehículos y documentos de afiliación al sistema de seguridad integral

► Demoliciones

Esta actividad consiste en la demarcación del área a remover y posterior demolición ya sea concreto hidráulico, asfáltico o articulado respetando las dimensiones señaladas en los planos.

Respecto con la zona adyacente, se aislará de los trabajos del área establecida la cual buscará minimizar daños durante el desarrollo de la actividad. Este ítem contempla la demolición cargue y descargue de los residuos generados el procedimiento los cuales se dispondrán en un botadero o zona que tenga permiso o certificado de disposición de residuos establecidos por parte de la alcaldía de la ciudad.

Los materiales resultantes de la demolición podrán ser reutilizados para otras actividades como es el caso de los rellenos u otra, siempre y cuando se tenga una base sólida en la misma.

Se podrá utilizar equipos eléctricos, manuales o maquinaria para el desarrollo de la actividad, no se hará el uso de explosivos.

Se realizará el cerramiento con polisombra y/u otro mecanismo para velar por la zona a intervenir como también considerar el uso de agua para mitigar el levantamiento de material particulado, realizar socializaciones con la comunidad afectada, establecer horarios de trabajos acordes con los tiempos del cronograma, etc.

Se tendrá un plan de medidas de seguridad y salud en el trabajo previamente aprobado para el inicio de la actividad.

Se realizarán todas las obras necesarias para conformar los sistemas temporales de drenaje superficial y suministrar, instalar, mantener y operar todo el equipo de bombeo, así como los elementos necesarios para desaguar las distintas partes de la obra, para mantener las fundaciones libres de agua en la medida en que se requiera para construir cada parte de la obra.

Se contarán con señales y luces que den aviso de las actividades que se están ejecutando, igualmente se dispondrá de un PMT (plan de manejo de tránsito) que permita la transitabilidad.

Para acaecer las obras, y de acuerdo con los corredores seleccionado por donde pasará el proyecto se tendrá los respectivos permisos de intervención de los espacios públicos, ya sea del orden distrital, regional o nacional.

► Excavaciones de Zanjas

Este ítem consiste en el conjunto de actividades de excavar, remover, cargue interno y externo y disponer los residuos y/o desechos provenientes de esta actividad. Las excavaciones en zanja para la línea se deberán hacer en manera simultánea con la excavación para las cimentaciones de las pilas del viaducto.

Antes de iniciar la actividad, se revisarán planos aprobados de diseño conforme al alineamiento, detallando pendientes, dimensiones y otros detalles objeto del diseño. Respecto con la información del levantamiento de redes y otras estructuras subterráneas evidenciadas con el estudio geofísico y de tecnología no invasiva, se deberá revisar los planos de detalle para validar la ubicación precisa y evitar afectaciones a ellos.

Para el desarrollo de esta actividad se considerará previamente los siguientes aspectos:

- Tener los planos de diseños finales y actualizados respecto con los cortes de vías y reposición de rasante.
- Contar con un plan de manejo de aguas pluviales y nivel freático para el inicio de esta actividad el cual deberá estar aprobado por la INTERVENTORIA.

- ▶ Tener planos topográficos de localización y replanteo finales aprobados.
- ▶ Respetar los anchos y profundidades establecidas en los planos de diseño.
- ▶ En caso de tener profundidades mayores a 1.5m considerar los criterios de trabajos en alturas.
- ▶ Dependiendo del tipo de material encontrado y las condiciones de tiempo atmosférico prever la utilización de entibados y tabla estacados. El uso del entibado de madera se limitará a suelos en donde por su capacidad y ángulos de reposo lo permitan. La presencia de nivel freático a profundidades mayores de 0.70 m determinará el uso del entibado metálico, así como para profundidades mayores de 2.00 metros.

Las excavaciones se realizarán de acuerdo con el tipo de suelo encontrado o de acuerdo con los análisis de los estudios de suelos. Es de considerar y garantizar la estabilidad de la infraestructura aledaña existente.

Las excavaciones se podrán realizar de manera manual y/o maquinaria (retroexcavadora, retrocargador, compresor, martillo eléctrico, entre otras).

El fondo de cada una de las zanjas se apisonará y nivelará cuidadosamente. Además, se tomarán las precauciones necesarias para el manejo adecuado de las aguas subterráneas y aguas pluviales.

Durante las excavaciones se identificarán redes subterráneas existentes, las cuales serán evidenciadas en los planos planta perfil elaborados durante la detección de redes existente.

Las redes evidenciadas en planos y diseños quedarán en las mismas condiciones en que se encontraron.

- ▶ Disposición de Material Sobrante
- ▶ Respecto con el material extraído de las excavaciones será utilizado para los rellenos de acuerdo con las zonas a cubrir. Cuando no se disponga de forma inmediata, se dispondrá temporalmente en una ubicación conveniente para su posterior uso. Este material será cubierto para evitar que su contenido de saturación aumente.
- ▶ El material sobrante de la excavación que no se utilice será transportado y depositado en sitios autorizados por la alcaldía u otra entidad distrital a cargo de este procedimiento. Las zonas de acopio o desecho serán dejadas en condiciones aceptables de drenaje y nivelación, así como también garantizando la estabilidad de la zona donde se dispongan estos materiales de desecho.
- ▶ Rellenos

Una vez de realizada la instalación de ductos y las placas de concreto de los ductos se procederá con el lleno del material seleccionado del sitio donde se realizó la actividad previa de excavación.

Las disposiciones generales para los rellenos se considerarán como las bases granulares, subbase granular, arenilla y material seleccionado.

Los rellenos de la línea de transmisión se harán simultáneamente con los de las pilas del viaducto adyacentes, de tal manera que se ejecute una sola actividad. La disposición de los rellenos considerará las siguientes características

Los materiales cumplirán con las normas vigentes, deberán ser agregados duros, durables sin materia orgánica y libres de agentes químicos.

El material de relleno cumplirá con lo establecido en el INVIAS respecto con la procedencia y clasificación del material. Los materiales deben ser extraídos de canteras certificadas y con licencia ambiental.

Los agregados acopiados en la zona del proyecto serán cubiertos con plásticos para evitar contaminación de este y saturación, adicionalmente estarán distribuidos o separados de donde se extraiga con el fin de no afectar su granulometría.

Con el fin de evitar segregaciones el transporte del material se realizará de manera cuidadosa con el fin de mantener al máximo la naturalidad del mismo.

Para la compactación de los rellenos este se realizará por capas no mayores a 0.15m de espesor y se podrán utilizar medios mecánicos o manuales. Para la correcta compactación se tendrá en cuenta la humedad adecuada. La compactación se suspenderá cuando esta no presente más reducción de volumen. Los controles de calidad se realizarán con el fin de obtener un contenido de humedad ideal y un numero de repeticiones que garanticen un Proctor modificado del 95%.

Es preciso relacionar que durante la compactación se tendrá un plan de mitigación en el caso de que los ductos o placas de concreto de la línea misma o aledaños sufran algún daño. Los rellenos terminarán en el nivel de inicio de la capa de concreto que conforman el andén o calzada correspondiente.

► Transportes

Este ítem contempla todo lo relacionado con el movimiento interno y externo de los materiales, los cuales deberán estar considerados dentro del presupuesto del proyecto.

El transporte interno corresponde a los desplazamientos de todo lo relacionado en la obra y los equipos que la desarrollaran.

El transporte externo contempla el desplazamiento de los insumos en vehículos apropiados y que cuenten con toda la documentación necesaria solicitadas por las autoridades de tránsito.

3.2.1.5. Características técnicas de la Subestación eléctrica Receptora SER 3

Los siguientes son los criterios para el desarrollo de los diseños electromecánicos de la subestación SER 3 en el nivel de tensión de 115 kV y la tensión nominal de distribución en MT de 34,5 kV.

La SER 3 permitirán la alimentación de los dos anillos de distribución de MT, con la conversión de la potencia del operador de red, a un nivel de tensión de distribución de 34,5 kV; con redundancia de los equipos del circuito de potencia en la alimentación de la PLMB, y con la presencia de equipos de emergencia.

La SER 3 será de tipo GIS, y se ubicarán en el sótano del a estación 15 Calle 63 Chapinero del Metro, para lo cual se cumplirá con los requerimientos del Apéndice Técnico 8, la normativa aplicable, los requerimientos urbanísticos y el procedimiento de conexión establecido por el distribuidor de energía Enel Codensa.

La SER tendrá un transformador de potencia 115 kV/34,5 kV, dos transformadores auxiliares y una celda de medida para la facturación de los consumos. La SER 3 incluirá:

- ▶ Un cable de llegada de 115 kV y sus accesorios
- ▶ Un interruptor (circuit breaker) 115 kV y los seccionadores 115 kV asociados
- ▶ Un transformador de tensión 115 kV
- ▶ Un transformador de corriente en 115 kV
- ▶ Una bahía de medida
- ▶ Un transformador de potencia 115 kV/34,5 kV
- ▶ Tres bahías con interruptor 34,5 kV extraíble
- ▶ Un transformador de tensión en 34,5 kV
- ▶ Cables de 34,5kV, requeridos para su operación
- ▶ Dos bahías con seccionador bajo carga – fusibles
- ▶ Dos transformadores auxiliares
- ▶ Una cabina de mando y control
- ▶ Dos cargadores de baterías y baterías asociadas.

Los diseños se presentarán de acuerdo al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) [8], la normativa aplicable de ENEL-Codensa y los criterios definidos por la Empresa Metro de Bogotá. En la Figura 5 se presenta en vista isométrica de la Subestación SER 3.

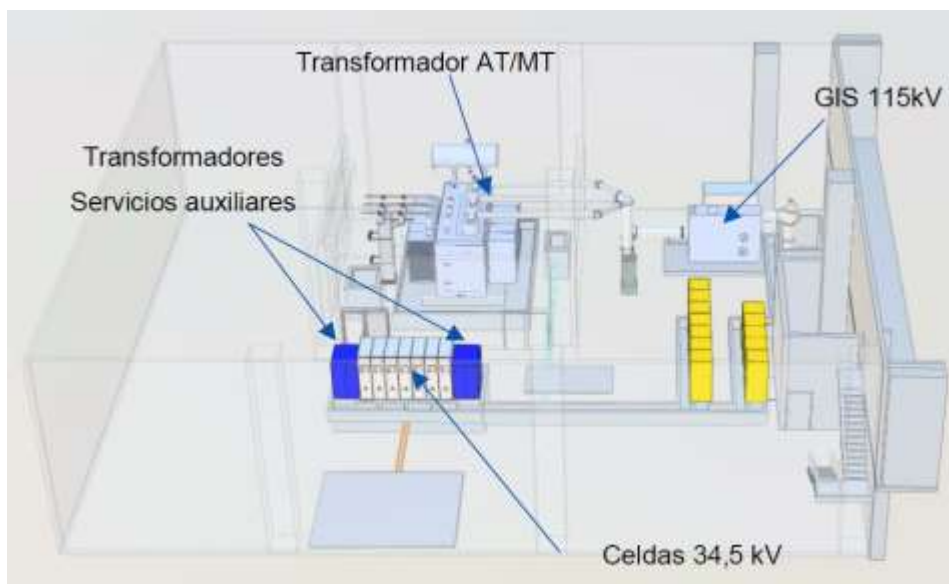


Figura 5 Vista Isométrica de la subestación SER 3

Fuente: WSP. 2022

► Disposición Física de equipos en la Subestación

En la Tabla 5 se presenta la disposición física de equipos que tendrá la Subestación SER 3:

Tabla 5 – Disposición física de equipos en la SER 3

DISPOSICIÓN FÍSICA DE EQUIPOS	
Niveles de tensión	0,208 kV, 34,5 kV, 115 kV
Tipo de Subestación	GIS (Exterior SER 3)
Transformadores de potencia	*51/67 MVA 115/34,5/11,4 Kv Conexión Yn Y0D1 Con el neutro del secundario conectado a tierra mediante resistencias de puesta a tierra Con grupo de conexión Yny0d1 (requisito Codensa), la necesidad y uso del tercer devanando se definirá conjuntamente con CODENSA - ENEL
Configuración de la Subestación	34,5 Kv: Configuración barra sencilla celdas MT 115 Kv Transformador bahía de línea 115 Kv (Módulo GIS)
Edificios	Dos (2) Salas técnicas subterráneas tipo GIS con celdas de MT, armarios de control, alimentación de CA y CC y Cargadores de baterías
Vías Internas	Acceso a equipo
Cerramiento de la subestación	Según desarrollo de ingeniería (malla y/o muro de mampostería). Cerramiento interior

DISPOSICIÓN FÍSICA DE EQUIPOS	
Consideraciones para la disposición	Distancias mínimas y de seguridad. El diagrama unifilar de la subestación. El nivel de aislamiento requerido. Los accesos de circulación de vehículos férreos. La facilidad para labores de ensamble, mantenimiento y desmontaje de equipos y estructuras. El área disponible para la construcción. Optimización de los recursos de materiales.
SERVICIOS AUXILIARES	
Transformador de servicios auxiliares	Dos (2) transformadores de servicios auxiliares de 34,5 kV / 0,208 kV, tipo seco, clase F.
Cargador de baterías	Dos (2) cargadores de baterías
Banco de baterías	Un (1) banco de baterías
Tableros de alimentación	Un (1) tablero AC. Dos (2) tableros DC. Un (1) panel de transferencia automática, según el desarrollo de la ingeniería y la petición del cliente.
Consideraciones para la disposición	Distancias mínimas y de seguridad. El diagrama unifilar de la subestación. El nivel de aislamiento requerido. Los accesos de circulación de vehículos a facilidad para labores de ensamble, mantenimiento y desmontaje de equipos y estructuras. El área disponible para la construcción. Optimización de los recursos de materiales.

Fuente: WSP, 2022

Cada SER alimentará 2 anillos de 34.5 kV, que funcionarán abiertos, impidiendo que cualquier carga sea alimentada simultáneamente por más de una SER.

En los anillos se conectarán diez subestaciones de media tensión de 34.5 kV denominadas SET, que a través de dos o tres transformadores de 34.5/0.2925/0.2925 kV a una corriente continua, con doble devanado en baja tensión, permitirán conectar los sistemas de rectificación que convierten la carga de CA en CC para alimentar los trenes del sistema, teniendo una tensión 2x293V CA del secundario del transformador de potencia

Además de las SET, se conectarán al anillo veintidós (22) subestaciones de 34.5 kV / 0.208 kV denominadas CTE, que utilizarán dos transformadores para suministrar los servicios auxiliares y otros necesarios para el funcionamiento de los sistemas eléctricos de la PLMB.

Por lo tanto, la máxima carga de transformación en operación sería de $34800 + 5160 \text{ kVA} = 39960 \text{ MVA}$. En total tendríamos 39,96 MVA de carga de transformación instalada en las subestaciones SET. Las cargas que serán alimentadas desde SER 3, son las siguientes:

Tabla 6 – Nodos principales dentro del diagrama unifilar de la PLMB

UBICACIÓN	SUBESTACIONES DEL PLMB	CODIFICACIÓN DISEÑO DE SUBESTACIONES	POTENCIA TRANSFORMACIÓN INSTALADA	POTENCIA TRANSFORMACIÓN COMERCIALES INSTALADA
Calle 10	CTE Calle 10	CTE-12	2x800	1x800
Calle 26	Calle 26	CTE-13	2x1000	1x500
	CTE OCC (Centro de Control de Operaciones) Calle 26	CTE 13 OCC	2x250	
	SET Calle 26	SET-8	3x2800	
Calle 45	CTE Calle 45	CTE-14	2x1000	1x1000
SER 3	SER3	SER3		
Calle 63	CTE Calle 63	CTE-15	2x1000	1x800
	SET Calle 63	SET-9	3x2800	
Calle 72	CTE Calle 72	CTE-16	2x1250	1x500
	SET Calle 72	SET-10	3x2800	

Fuente: WSP, 2022

A continuación, en la Figura 6, se puede ver la disposición de todas las subestaciones que conforman el sistema de alimentación de energía del PLMB. En las subestaciones que se indican con un círculo en color verde, es en donde se realizan los seccionamientos para la alimentación en funcionamiento normal, con las tres subestaciones SER alimentando todo el sistema.

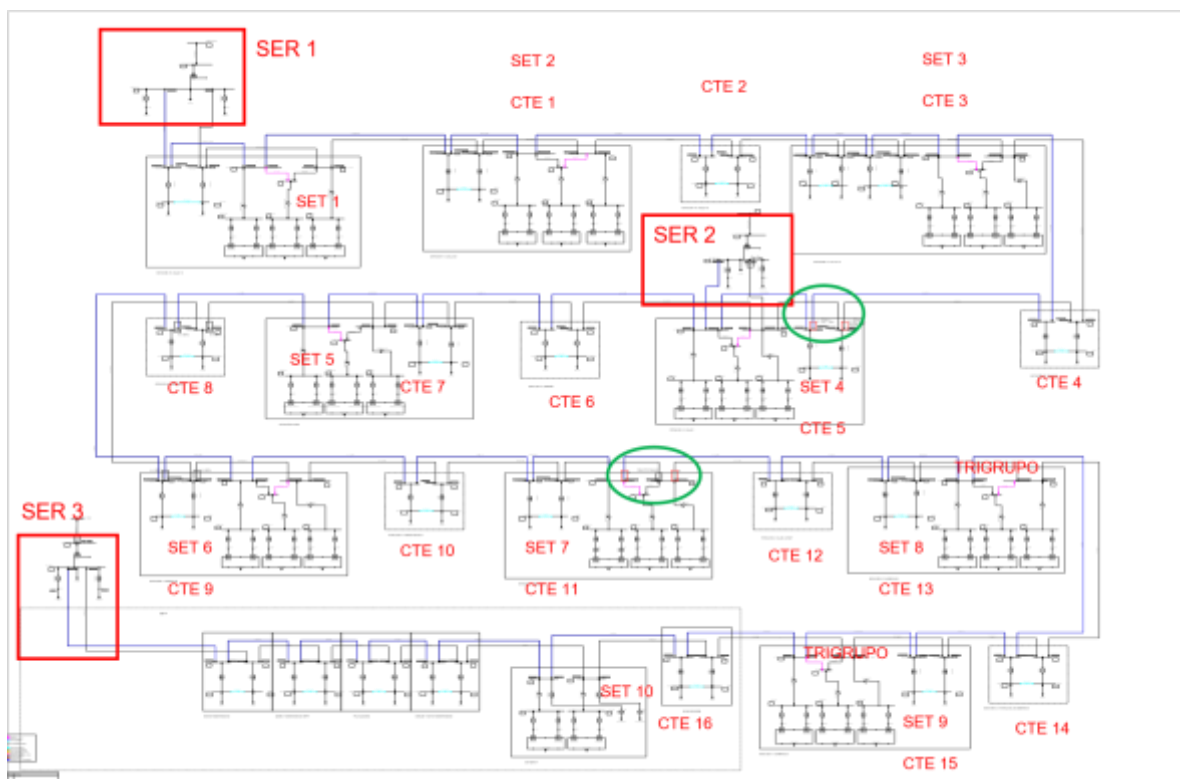


Figura 6 Arquitectura general del sistema eléctrico de la PLMB

Fuente: WSP 2022

Dentro de cada una de las estaciones se instalará una subestación, en la cual se pueden ubicar una o dos tipos de cargas:

- ▶ Subestaciones CTE (Subestaciones de servicio estación) – Con cargas de servicio (iluminación, tomas, AA, etc)
- ▶ Subestaciones SET (Subestaciones de tracción) – Con cargas para el sistema de tracción

La carga de transformación instalada para todos los servicios sería la suma de la transformación de las subestaciones CTE y las SET. Para mayor detalle ver documento AnexoG_Asp_Tecnicos/L1T1-5100-000-CON-ED-GEN-ET-0001_VBB.

3.2.1.6. Características técnicas de la Línea de Transmisión a 115 kV

Se contemplan diferentes tecnologías de construcción para la instalación de las redes eléctricas a las diferentes Estaciones, en los puntos donde no se realizará zanjas a cielo abierto. La conexión a 115 kV entre la SER 3 y la subestación de ENEL/CODENSA de la Calle 67 se presenta en la Figura 7.

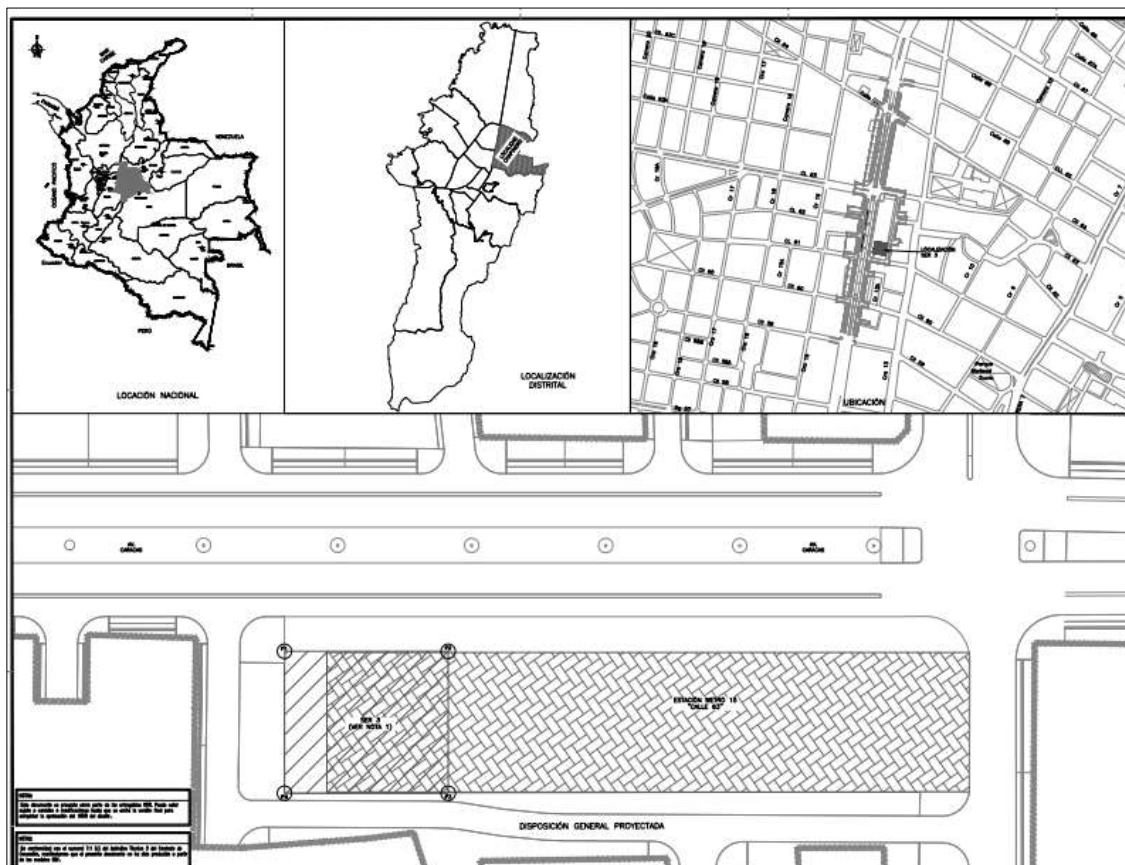


Figura 7 Ubicación de la conexión a 115 kV a Subestación SER 3

Fuente: WSP, 2022

3.2.1.6.1. Selección de la ruta

La selección de la ruta, tuvo en cuenta toda la información posible sobre otros servicios (teléfonos, redes de comunicación, agua, alcantarillado, gas, alumbrado público y redes eléctricas de MT o BT) que utilicen instalaciones subterráneas en la zona de influencia del proyecto de la línea AT subterránea. Como también los posibles cruces o ruta en paralelo con redes de Líneas de AT existente que se puedan ver afectadas.

En la etapa de contracción, se llevará a cabo una revisión de la información, asegurando la ausencia de obstáculos en la ruta escogida en el subsuelo, mediante la inspección física de las redes existentes confrontadas con levantamiento. Del mismo modo, se realizarán el estudio de la capacidad de soporte admisible del suelo, las características de la acidez y otros factores. Se debe prestar especial atención al nivel freático que se encuentre en el sitio.

A continuación, se listan las consideraciones básicas a tener en cuenta:

- ▶ Se respetarán las condiciones y usos particulares de las zonas por donde se planteó el diseño.
- ▶ La ruta será lo más recta posible, y las curvas tendrán el radio de curvatura necesario de acuerdo con la especificación del cable, para evitar posibles daños. Las curvas para superar obstáculos (curvas dobles o curvas S) y continuar en la misma dirección tal como se muestra en la Figura 8.

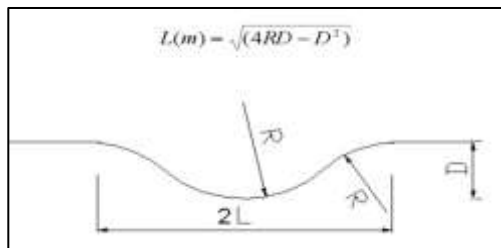


Figura 8 Radio de Curvatura para conductores Subterráneos

Fuente: CPA Ingeniería S.A.S., 2022

Donde:

R: radio de curvatura, (mayor que el mínimo permitido de tuberías y cables utilizados, en metro).

D: Desplazamiento horizontal o vertical que se necesita lograr, en metros.

3.2.1.6.2. Diseño electromecánico

La capacidad requerida por el Conductor y requerimientos de Corto Circuito será determinada por los requerimientos de la norma KNE001 y los estudios eléctricos para AT y MT¹ de la SER 3 al Sistema de Transmisión Regional de ENEL/CODENSA. Se considerará como mínimo los siguientes aspectos dentro del cálculo y diseño del sistema aislado de cables.

3.2.1.6.3. Selección Conductor

El material utilizado para el conductor será Aluminio (Al), mientras que la pantalla utilizará Cobre (Cu) o Aluminio (Al) según las solicitudes eléctricas. Además, se indica que la sección mínima del conductor a considerar es de 630 mm². Esto de conformidad con los requerimientos de ENEL/CODENSA². La Figura 9 muestra el diseño básico para la tecnología del cable a emplear.

¹ L1T1-5110-000-CON-ED-ELA-MC-0003

² De acuerdo con el numeral 7.7.1 del documento Instructivo de Operación no. 1839 y el numeral 5.1 del documento KNE 001 - Norma de Cables Subterráneos de Alta Tensión.

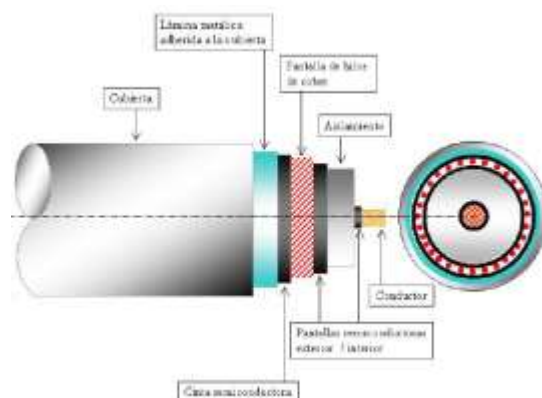


Figura 9 Sección longitudinal y transversal cables para alta tensión
Subterráneos

Fuente: CPA Ingeniería S.A.S., 2022

Los cálculos de conducción de corriente se elaboran teniendo en cuenta las necesidades de potencia y de transporte de corriente, siguiendo los lineamientos del estándar IEC 60287: "Current Rating Calculations and Calculation of Losses".

El dimensionamiento del cable aislado se define de acuerdo con los resultados obtenidos de capacidad de corriente, variando las configuraciones y dimensiones de la instalación y los materiales constitutivos del cable y de la instalación.

Las resistividades térmicas se tomarán de acuerdo con los materiales de instalación (IEC 60287 3-1) y la Tabla 1 (IEC 60287 2-1) y para los materiales constitutivos del cable.

Se tendrá en cuenta el "derrateo" con base en la temperatura y el tipo de construcción e instalación del cable aislado, de acuerdo con el estándar mencionado.

El cálculo de ampacidad se realiza teniendo en cuenta el aumento de temperatura en el conductor no debe superar los 90°C en condición diaria y 100°C en condición de emergencia.

El diseño del cable canalizado se realizará con el fin de asegurar el servicio continuo permanente ante sobretensiones a frecuencia industrial, se considerará una tensión máxima 145 kV.

Los máximos de utilización para los conductores de líneas subterráneas³ serán del 100% en el escenario N y N-2. Para el dimensionamiento se considerará que la máxima carga es 71 MVA⁴ con un factor de carga del 100%.

A continuación, se listan otros parámetros a tener en cuenta para el dimensionamiento del cable:

³ De acuerdo con el numeral 7.7.2 del documento Instructivo de Operación no. 1839

⁴ L1T1-5110-000-CON-ED-ELA-MC-0003

- ▶ Espesor nominal del aislamiento (mils/mm).
- ▶ Frecuencia nominal.
- ▶ Carga normal del circuito.
- ▶ Factor de carga diario.
- ▶ Resistividad térmica del suelo.
- ▶ Temperatura ambiente del suelo.
- ▶ Resistividad térmica del concreto de la canalización.
- ▶ Resistividad térmica del relleno las canalizaciones.
- ▶ Espaciamiento entre ductos.
- ▶ Tipo de ductos.
- ▶ Diámetro de ductos.
- ▶ Configuración del banco de ductos.
- ▶ Corto circuito

La capacidad de corto circuito del conductor se verificará de acuerdo con el estándar IEC 60949 y se tomará como criterio un tiempo máximo de despeje de 500 ms⁵.

El diseño de las pantallas y del aterramiento del cable se realiza de acuerdo con las condiciones de las zonas donde se construirán las secciones subterráneas de las líneas de transmisión.

Para dimensionar de la pantalla del cable, los valores mostrados en la Tabla 7 pueden tomarse como referencia.

Tabla 7 – Secciones Típicas pantalla cable subterráneos

Secciones Típicas (mm²)
50
95
120
160
200

⁵ Conforme a lo indicado en el Código de Redes y el numeral 5.1 del documento KNE 001 - Norma de Cables Subterráneos de Alta Tensión.

Secciones Típicas (mm ²)
240

Fuente: CPA Ingeniería S.A.S., 2022

Para el cálculo de capacidad de corto circuito de las pantallas para los cables se verificará de acuerdo con el estándar IEC 60949 y se tomará como criterio un tiempo máximo de despeje de 500 ms⁶.

Los cálculos de cortocircuito se realizan teniendo en cuenta el aumento de temperatura en el conductor y en las pantallas metálicas, considerando que para el conductor no debe superar los 250°C partiendo de la temperatura máxima de operación en condición normal (90°C). Para la pantalla metálica se admitirá una temperatura máxima de 200 °C partiendo de una temperatura de operación normal de 75°C⁷.

► Aislamiento

Los cables utilizados en las líneas subterráneas de alta tensión deben tener aislamiento XLPE y serán del tipo de un solo polo⁸.

El nivel de aislamiento de los cables y accesorios de alta tensión debe ser de acuerdo con los valores estándar indicados en IEC 60071-1 y los niveles de aislamiento normalizados para las líneas a 115 kV indicados en los criterios de ENEL/CODENSA (Ver Tabla 8).

Donde:

- Tensión U₀: Tensión nominal eficaz a frecuencia industrial, entre cada conductor y la pantalla o la cubierta, para la que se han diseñado el cable y sus accesorios.
- Tensión U: Tensión nominal eficaz a frecuencia industrial, entre dos conductores cualesquiera para la que se han diseñado el cable y sus accesorios.
- Tensión U_m: Tensión máxima eficaz a frecuencia industrial, entre dos conductores cualesquiera, para la que se han diseñado el cable y sus accesorios. Es el valor eficaz más elevado de la tensión que puede ser soportado en condiciones normales de explotación, en cualquier instante y en cualquier punto de la red. Excluye las variaciones temporales de tensión debidas a condiciones de defecto o a la supresión brusca de cargas importantes.
- Tensión U_P: Valor de cresta de la tensión soportada a los impulsos de tipo rayo, aplicada entre cada conductor y la pantalla o cubierta, para el que se han diseñado el cable y sus accesorios.

⁶ Ibid.

⁷ Tabla 4 ANSI/ICEA P-45-482 2017

⁸ De acuerdo con el numeral 7.7.2 del documento Instructivo de Operación no. 1839

Tabla 8 – Valores de U, U₀, U_m y U_p normalizados⁹

Tensión asignada U [kV]	Tensión más elevada para el material U _m [kV]	Valor de U ₀ para determinar la tensión de ensayo [kV]	Tensión soportada a impulsos U _p [kV]
115	145	76	650

Fuente: CPA Ingeniería S.A.S., 2022

► Accesorios para el Conductor

► Terminales

Los terminales se instalan en los extremos de los cables para garantizar la conexión eléctrica con otras partes de la red, manteniendo el aislamiento hasta el punto de conexión.

Los terminales deben admitir al menos las mismas corrientes de cortocircuito que las definidas para el cable sobre el que se instalarán.

Con el fin de garantizar la compatibilidad entre el cable y los terminales, los diámetros nominales y las tolerancias de fabricación, tanto del conductor como del aislamiento, deben adaptarse a los valores especificados para los cables seleccionados en el diseño.

Para la conexión en los extremos de las subestaciones se emplearán terminales tipo GIS o SF6. Este permitirá las conexiones a equipos GIS (equipo de potencia aislamiento interno SF6 en la subestación) y debe diseñarse de manera que la interfaz entre el terminal y el GIS esté de acuerdo con el estándar IEC 62271-209.

► Empalmes

Para la unión de diferentes secciones de la línea subterránea, se realizará a través de empalmes hechos de un cuerpo premoldeado que se instalará en los dos extremos del cable para garantizar la continuidad del aislamiento principal.

Los empalmes no deben limitar la capacidad de transporte de los cables, tanto en servicio normal como en régimen de sobrecarga. Para ello, se elegirán de acuerdo con la naturaleza, composición y sección de los cables, realizándose con elementos de unión de tal naturaleza que no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos.

De la misma manera, los empalmes deben admitir las mismas corrientes de cortocircuito que las definidas para el cable sobre el que se instalarán.

Para garantizar la compatibilidad correcta entre el cable y los empalmes, los diámetros nominales y las tolerancias de fabricación, el conductor y el aislamiento deben adaptarse a los valores especificados en las características del cable de alimentación seleccionado.

⁹ De acuerdo con el numeral 7.7.2 del documento Instructivo de Operación no. 1839

► Campo Eléctrico y Densidad de Flujo Magnético

► Campo Eléctrico

En los cables aislados la pantalla metálica que envuelve el conductor se encarga de distribuir uniformemente el campo eléctrico para un mejor control de los esfuerzos eléctricos en el aislamiento de los cables. La intensidad de campo eléctrico en el exterior de la cubierta del cable será nula, por tanto, no existirá exposición al público de campo eléctrico durante la operación normal de los cables aislados de alta tensión.

► Densidad de Flujo Magnético

El campo magnético generado por los cables aislados subterráneos puede ser calculado con suficiente precisión mediante un análisis bidimensional simplificado, se hará un análisis electromagnético dentro de un corte transversal a una sección representativa de la línea sobre un ancho estimado y medido sobre el nivel del suelo tal como se muestra en la Figura 10.

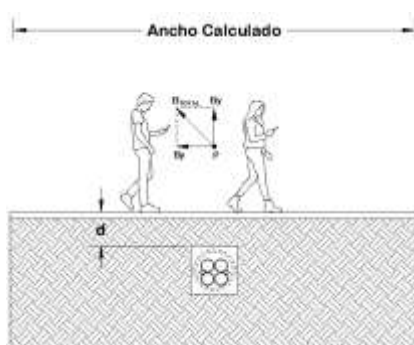


Figura 10 Densidad de Campo magnético

Fuente: WSP, 2022

El campo magnético generado por una corriente I , está dado por¹⁰ :

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

De acuerdo con el RETIE los valores límites de exposición a los campos electromagnéticos, se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9 – Valores Límites de exposición a campos electromagnéticos

TIPO DE EXPOSICIÓN	INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO [KV/M]	DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO [μT]
--------------------	--------------------------------------	----------------------------------

¹⁰ EPRI Underground Transmission Systems Reference Book

TIPO DE EXPOSICIÓN	INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO [KV/M]	DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO [μT]
Exposición ocupacional en un día de trabajo de ocho horas.	18.3	1000
Exposición del público en general hasta ocho horas continuas	4.16	200

Fuente: (Tabla 14.1) RETIE

Para el diseño se validará el cumplimiento la densidad de flujo magnético medida a nivel del suelo y a 1 metro de la superficie, para ello se empleará el módulo de Campos Magnéticos (EMF) de CymCap.

► Ruido Audible

De acuerdo a lo señalado en el CIGRE Green Books¹¹ las líneas aéreas pueden producir un ruido audible en condiciones meteorológicas desfavorables y es asociados al efecto corona para este tipo de instalaciones. Mientras que los cables subterráneos no producen ruido audible dado que los campos eléctricos fuera del conductor son nulos.

► Tensión de halado

Para el diseño se validó el cumplimiento de las tensiones de halado y presión lateral teniendo en cuenta el trazado de la conexión de la SER 1.

► Diseño Sistema de Puesta a Tierra

Para el diseño del sistema de puesta a tierra se consideraron los siguientes aspectos:

- Soportes de transición bajo tierra: Se realizará la conexión a tierra del soporte en sí y los elementos instalados en él. Ese sistema de puesta a tierra se dimensionará de acuerdo con los requisitos de resistencia mecánica y térmica, la corrosión, la seguridad de las personas y la protección contra los rayos.
- Dispositivo de seguridad de sobretensión (SVL) y descargadores de sobretensiones: Los cables deben estar protegidos contra sobretensiones internas y externas peligrosas. Se instalarán dispositivos de seguridad de sobretensión o disipadores de sobretensiones en todas las zonas de transición subterránea. Para cada uno de los dispositivos de seguridad de sobretensión instalados, se instalará un cable de tierra aislado e independiente, con un contador de rayos instalado. El conductor que se instalará debe cumplir con el estándar de cable monopolar. La conexión no puede hacerse a través de la estructura del soporte en sí, y tendrá su propia conexión a tierra.

¹¹ En el numeral 19.5.3 Audible Noise, Induced Voltages, Impact on Other Services

- ▶ La conexión a tierra de los descargadores de sobretensiones para cada fase se puede combinar en una sola línea a tierra, que se unirá con el cable de salida de la caja de pantallas de conexión, conectando desde allí.
- ▶ Para el sistema de puesta a tierra del tramo subterráneo y la selección de la pantalla de retorno de corrientes de sobretensión se tiene en cuenta la mejor alternativa entre conexión en un solo punto (single-point bonding), en ambos extremos o conexión en múltiples puntos con o sin transposición de corrientes de retorno (multi-point / cross-bonded).
- ▶ El voltaje inducido máximo aceptable en la pantalla es de 90 V, entre la pantalla y el sistema de tierra.
- ▶ Cajas de Puesta a tierra: Cuando sea necesario conectar las pantallas metálicas se instalarán cajas de conexión a tierra. Estas serán trifásicas y tendrá un gabinete con la provisión para las conexiones de las pantallas, cables de conexión a tierra y SVL, si es necesario. Serán accesibles para permitir la puesta en servicio y las pruebas de mantenimiento periódico. Para facilitar estas operaciones, no contendrán ningún tipo de relleno. Tendrán un grado de protección IP56.
- ▶ Los recintos serán de acero galvanizado o acero inoxidable y podrán contener los efectos de falla térmica o eléctrica de cualquiera de los elementos ubicados en ellos, sin causar daños a los elementos externos. Además, siempre deben estar conectados a la tierra a través de una conexión independiente.
- ▶ Los materiales para emplear para el Sistema de Puesta a tierra estarán conforme a los requerimientos indicados en el RETIE.
- ▶ Fibra Óptica

El medio para el sistema de comunicaciones a implementar en líneas con cable subterráneo siempre será fibra óptica colocada junto con los cables de potencia. La Tabla 10 muestra las características principales de la fibra óptica a implementar.

Tabla 10 – Características principales del cable de fibra óptica para líneas subterráneas

ÍTEM	VALOR
Número de Fibras	48
Diámetro exterior del cable (mm)	≤ 18
Máxima resistencia a la tracción (daN)	≥ 1000
Masa (kg/km)	≤ 300
Ratio de Curvatura (mm)	≤ 300

ÍTEM	VALOR
Disposición por Ducto	4 ductos de 12 fibras
Humedad Relativa	Min: 65% to 55
Rangos de Temperatura	-20°C to +70°C

Fuente: WSP, 2022

Cables instalados en bancos de conductos de concreto: La construcción de estos bancos de ductos requieren de la excavación de una zanja para la instalación de la tubería.

► Banco de ductos utilizados en la zanja

Para el análisis estructural, se tuvo en cuenta lo especificado en el reglamento ACI 318, en su capítulo referente al concreto simple, se realizaron los chequeos estructurales con cargas de diseño para las acciones de compresión axial, flexión, cortante y acciones combinadas de flexión y carga axial de compresión; concluyendo que se considerará una viga simplemente apoyada como se muestra a continuación.

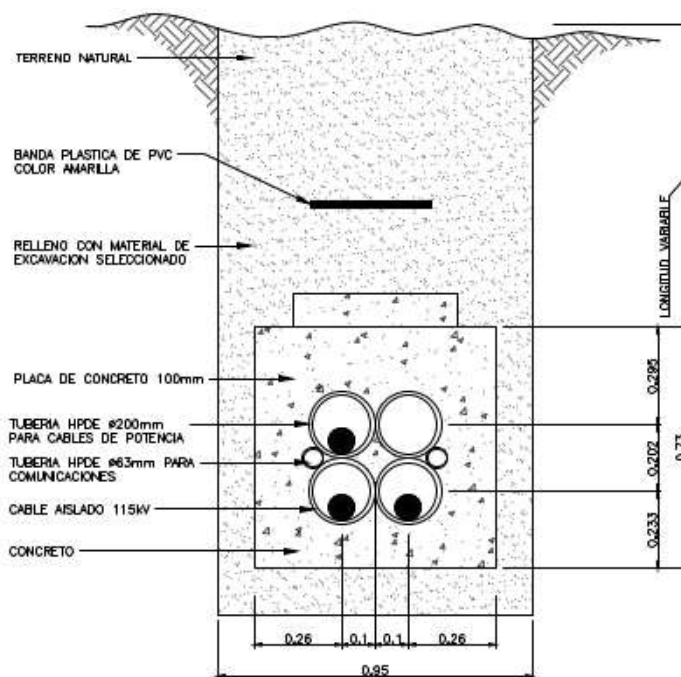


Figura 11 Banco de ductos a evaluar

Fuente: WSP, 2022

3.2.1.7. Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, industrial y contingencia

Dada la ubicación del proyecto, no se requerirá de la obtención directa de agua en ninguna fuente superficial o subterránea. El suministro de agua se realizará durante la etapa constructiva mediante la compra de los volúmenes necesarios a un tercero autorizado. No se considera la necesidad de captar o intervenir aguas subterráneas, por lo tanto, no se requiere tramitar ni obtener permiso de Concesión de Aguas superficiales o Subterráneas para el desarrollo de las actividades, no se realizará vertimientos de aguas residuales, domésticas o industriales a fuentes superficiales ni al suelo y por ende no requiere tramitar ni obtener permiso de vertimientos para el desarrollo del proyecto.

3.2.1.8. Infraestructura y servicios interceptados por el Proyecto

No se identifican interferencias de ninguna índole en el trazado de la conexión a 115 kV entre la Subestación Calle 67 y la SER 3. Adicionalmente la profundidad para la instalación de la parte baja de la canalización está limitada a una profundidad máxima a 2 m desde el nivel del terreno acabado

3.2.1.9. Operación

Se debe cumplir con los criterios establecidos por el código de operación (Resolución CREG 025 de 1995), acuerdos operativos, acuerdos CNO, Manual de Operación, Consignas Operativas, y demás procedimientos que rijan para garantizar la operación, supervisión y control de forma segura y confiable de dicho sistema al igual que la reglamentación vigente como la resolución CREG 070 de 1998 (Reglamento de Distribución), CREG 080 de 1999 (funciones de planeación, coordinación supervisión y Control entre el Centro Nacional de Despacho (CND) y los agentes del SIN) y todas aquellas que sustituyen o modifiquen apartes de éstas.

En operación normal el sistema podrá trabajar en tres (3) escenarios.

3.2.1.9.1. Escenario N

En el que cada una de las tres subestaciones SER alimenta de manera independiente una parte del sistema. En operación normal, las tres subestaciones SER (SER 1, SER 2, SER 3), estarán energizadas, todos los interruptores y seccionadores (tanto de 115 kV, como de 34,5 kV) estarán en posición cerrada (excepto los seccionadores de puesta a tierra, los cuales deben estar abiertos). La carga máxima de los transformadores 115/24,5/11,4 kV, con compensación. Se realizarán seccionamientos en las siguientes subestaciones de estación:

- ▶ Estación Kennedy: Subestación CTE-5, celdas -H01 y H04, interruptores abiertos
- ▶ Estación Calle 1ra: Subestación CTE-11, celdas -H02 y H05, interruptores abiertos

La carga máxima de los transformadores 115/24,5/11,4 kV, con compensación, es la siguiente:

Tabla 7 – Carga transformadores SER – Escenario N

Transformador	Capacidad Diseñada (MVA)	Cargabilidad Transformadores (%)			
		2025	2030	2035	2050
TR-01 - SER 3	51/67	23,77	23,70	23,68	23,68

Fuente: WSP, 2022

La cargabilidad de las líneas y transformadores asociados a la red interna del proyecto PLMB se encuentran dentro del límite, no superan el 100% de la capacidad de los equipos.

3.2.1.9.2. Escenario N-1

En el que una de las tres subestaciones SER sale de servicio, o estando el sistema en operación normal y uno de los anillos de interconexión sale de servicio (68 contingencias – ver taba 16 del documento L1T1-5110-000-CON-ED-ELA-MC-003 -Estudios eléctricos):

- ▶ SER 1 – Fuera de servicio, y SER 2 Y SER 3 en servicio
- ▶ Estación Calle 1ra: Subestación CTE-11, celdas -H02 y H05, interruptores abiertos

La carga máxima de los transformadores 115/24,5/11,4 kV, con compensación, es la siguiente:

Tabla 11 – Carga de transformadores SER – Escenario N-1 (SER 2 y SER 3 en servicio)

Transformador	Capacidad Diseñada (MVA)	Cargabilidad Transformadores (%)			
		2025	2030	2035	2050
TR-01 - SER 3	51/67	23,78	23,72	23,70	23,70
TR-01 - SER 2	51/67	61,08	60,89	60,85	60,85
TR-02 - SER 1	51/67	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: WSP, 2022

3.2.1.9.3. Escenario N-2

En el que dos de las subestaciones SER salen de servicio, o estando el sistema en operación normal y uno de los anillos de interconexión sale de servicio (68 contingencias – ver taba 16 del documento L1T15110-000-CON-ED-ELA-MC-003 -Estudios eléctricas):

- ▶ SER 1 y SER 2 – Fuera de servicio (SER 3 en servicio)
- ▶ Todos los interruptores de los anillos en 34,5 kV deben permanecer cerrados.

La carga máxima de los transformadores 115/24,5/11,4 kV, con compensación, es la siguiente:

Tabla 12 – Carga transformadores SER – Escenario N-2 (Solo SER 3 en servicio)

Transformador	Capacidad Diseñada (MVA)	Cargabilidad Transformadores (%)			
		2025	2030	2035	2050
TR-01 - SER 3	51/67	88,87	86,64	86,53	86,53
TR-01 - SER 2	51/67	0,00	0,00	0,00	0,00
TR-02 - SER 1	51/67	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: WSP, 2022

- SER 1 Y SER 3 – Fuera de servicio (SER 2 en servicio)
- Todos los interruptores de los anillos en 34,5 kV deben permanecer cerrados.

La carga máxima de los transformadores 115/24,5/11,4 kV, con compensación, es la siguiente:

Tabla 13 – Carga transformadores SER – Escenario N-2 (Solo SER 2 en servicio)

Transformador	Capacidad Diseñada (MVA)	Cargabilidad Transformadores (%)			
		2025	2030	2035	2050
TR-01 - SER 3	51/67	0,00	0,00	0,00	0,00
TR-01 - SER 2	51/67	85,24	84,98	84,92	84,92
TR-02 - SER 1	51/67	0,00	26,12	0,00	0,00

Fuente: WSP, 2022

En general, ante la salida de alguna de las subestaciones SER, el sistema eléctrico del metro se comporta de una manera eficiente, al igual que en el caso de funcionamiento normal (escenario N). Se presentan sobretensiones en algunas barras del sistema interno del PLMB, debido a la baja cargabilidad del sistema, el cual podría solucionarse manipulando el TAP de los transformadores de la SER.

El sistema de conductores implementado, son los suficientemente robustos para soportar la demanda ante contingencias N-1 de las subestaciones SER, y la cargabilidad de las líneas se encuentran dentro del límite permitido.

Los transformadores implementados tienen la capacidad para atender la demanda, sin presentar sobrecargas, la cargabilidad máxima es del 47,86%

3.2.1.9.4. Operación con pérdida del suministrador de energía (ENEL Colombia)

La operación por pérdida de suministro de energía por parte de ENEL Colombia es idéntica a la operación por pérdida de transformadores de potencia.

3.2.1.9.5. Mantenimiento

Entre las principales actividades de mantenimiento que se deben realizar durante la etapa de operación de la Subestación Receptora son las siguientes:

- Mantenimiento de las obras civiles

Es necesario realizar la limpieza de la subestación en general, para evitar que se acumule basura, malezas y vegetación en forma desordenada. Se debe realizar el mantenimiento adecuado a la casa de mando, al cerramiento exterior, a los sistemas de drenaje, cunetas, bordillos y demás obras civiles, de forma que permanezcan siempre en condiciones óptimas de funcionamiento.

- Mantenimiento de las estructuras metálicas

Las estructuras metálicas serán revisadas para determinar que no exista oxidación en sus elementos, verificar su verticalidad y verificación del estado de galvanizado. En caso de fallas que se presenten en las estructuras, estas deben ser corregidas inmediatamente por el personal de mantenimiento, para precautelar la integridad y garantizar su vida útil.

- Mantenimiento de aisladores

Durante la etapa de mantenimiento se debe realizar la inspección visual del estado de los aisladores para prevenir fallas por pérdida de aislamiento. Igualmente se deberá revisar el estado del galvanizado de las partes metálicas de los aisladores y de todos los herrajes. En caso de que se acumule polvo en los aisladores, estos serán sometidos a un proceso de limpieza o lavado, con lo que se evitará fallas y por consiguiente ayudará a mantener la continuidad del servicio.

- Mantenimiento de equipos

Los equipos para instalar requieren mantenimiento mínimo, mismo que debe ser efectuado de acuerdo con lo establecido en los manuales que proporciona el fabricante. Como mantenimiento de rutina, es necesario realizar limpieza de estos elementos y ajuste de los conectores para asegurar un buen contacto.

Existen dos grandes clasificaciones en la realización de los mantenimientos; uno es el mantenimiento preventivo y otro el mantenimiento correctivo. A continuación, se describe cada uno de ellos:

- Mantenimiento Preventivo

Para que todos los equipos de la subestación eléctrica funcionen correctamente, se les debe realizar un mantenimiento preventivo, acorde con los manuales específicos entregados por los fabricantes de los equipos.

El mantenimiento preventivo se ocupa entre otros de realizar revisiones físicas, lubricación de partes mecánicas, ajuste de conexiones, algunas pruebas mecánicas, eléctricas y dieléctricas, limpieza a partes de equipos. Igualmente, labores de limpieza a todas las estructuras tales como edificaciones, cárcamos, cunetas, y trampas de arenas. Todas estas actividades se deberán realizar por parte de los encargados con los equipos adecuados contra arco eléctrico, manteniendo las distancias de seguridad adecuadas ante el riesgo eléctrico y utilizando los elementos necesarios de protección personal.

El mantenimiento preventivo será una actividad periódica para evitar que ocurran fallas y antes de una avería de algún sistema. Se ejecuta sin la existencia de algún error en el sistema. Las características son las siguientes:

- ▶ Las actividades de mantenimiento preventivo se adelantarán en horas de productividad de la subestación.
- ▶ Se debe tener un programa en donde se especifiquen las actividades a realizar, la mano de obra y las herramientas a utilizar.
- ▶ Mantenimiento Correctivo

Como resultado del mantenimiento preventivo pueden surgir reportes que indiquen que a futuro ocurrirán fallas inminentes de algún equipo, por lo cual se deben tomar acciones correctivas para evitar una falla de servicio.

El mantenimiento correctivo también debe aplicarse ante la ocurrencia de una falla grave en el que se deba reemplazar el equipo o corregir una avería de inmediato, en especial si hay pérdida de servicio de la energía eléctrica que se presta a la comunidad. Estos daños pueden ser causados por descuidos humanos, condiciones climáticas, desgaste de piezas, vandalismo o problemas de orden público.

El programa tendrá un manual de procedimiento el cual se deberá seguir paso a paso con el fin de solucionar la falla con el número de equipos y repuestos necesarios. Para la atención rápida de la emergencia se tiene provisto un listado de proveedores para repuestos o cambios de equipos.

En el caso que ocurra una falla de servicio deberá haber comunicación con una cuadrilla de personal idóneo que atienda la avería en el menor tiempo disponible.

3.2.1.10. Infraestructura asociada al proyecto

3.2.1.10.1. Sistema de 115 kV

El sistema de 115 kV está conformado por los sistemas de fuerza y control de la bahía de LT y el sistema de control de 115 kV del transformador de potencia.

- ▶ Bahía de LT 115 kV del transformador de potencia (tipo GIS):
- ▶ Seccionador de puesta a tierra -SL00

- ▶ Seccionador de línea -SL002, con seccionador de puesta a tierra – SL003
- ▶ Interruptor -I001
- ▶ Seccionador de transformador -ST003, con seccionador de puesta a tierra -ST002
- ▶ Tablero de C&P +WR01: Un (1) controlador, dos (2) relés de protección -F87L
- ▶ Tablero de protección transformador: Dos relés de protección -F87T.

Para el control de la bahía de LT, esto es, el cierre y apertura de los seccionadores e interruptor de bahía se deberán aplicar los diagramas lógicos de enclavamientos para el accionamiento de los equipos, y la actuación de los relés de protecciones para los disparos y enclavamientos.

3.2.1.11. Sistema de subtransmisión

A continuación, en este capítulo se definen los escenarios de subtransmisión de energía para la alimentación del sistema metro de Bogotá, a un nivel de tensión de 34,5 kV.

Las subestaciones SER son alimentadas por 2 anillos de 34.5 kV, que funcionarán abiertos, impidiendo que cualquier carga sea alimentada simultáneamente por más de una SER.

En los anillos se conectarán diez (10) subestaciones de media tensión de 34.5 kV denominadas SET (34.5 / 0.2925 / 0.2925 kV), y veintidós (22) subestaciones CTE (34.5 / 0.208 kV). Desde las subestaciones SET se alimentarán los sistemas de rectificación para alimentar los trenes del sistema; Y desde las subestaciones CTE se alimentarán los servicios auxiliares y otros necesarios para el funcionamiento de las estaciones.

En el Patio Taller, se dispondrá de una subestación SET y 5 subestaciones CTE especialmente para los trabajos de mantenimiento de los trenes.

Todas las subestaciones SET y CTE se interconectarán mediante cables aéreos o subterráneos que pueden ser de dos tipos:

Tabla 14 – Parámetros cables anillo 34,5 kV subterráneo

Tipo	Calibre	Material	Cte Asignad (A)	Tensión (kV)	Diseño	R1 (Ω/km)	X1 (Ω/km)	R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)
1	630	Aluminio	577	34,5	Trébol/ Subterráneo	0,0414	0,1432	0,1188	0,0505
2	630	Aluminio	875	34,5	Trébol aéreo	0,0414	0,1435	0,1208	0,055

Fuente: WSP, 2022

La condición normal de operación del sistema corresponde al escenario N, y las condiciones anormales de operación corresponden a los escenarios N-1 y N-2, descritos en capítulos precedentes.

3.2.1.11.1. Condiciones normales de operación del sistema (condición n)

En la condición normal de operación del sistema de subtransmisión a 34,5 kV, las tres subestaciones SER alimentan el sistema de manera independiente.

Las tres subestaciones SER (SER 1, SER 2, SER 3), estarán energizadas, todos los interruptores y seccionadores (tanto de 115 como de 34,5 kV) estarán en posición cerrada (excepto los seccionadores de puesta a tierra, los cuales deben estar abiertos).

Y se realizarán seccionamientos en las siguientes subestaciones de estación:

- ▶ Estación Kennedy: Subestación CTE-5, celdas -H01 y H04, interruptores abiertos
- ▶ Estación Calle 1ra: Subestación CTE-11, celdas -H02 y H05, interruptores abiertos

Tabla 15 – Distribución Cargas subestaciones SER y lcc en Condición normal (N)

Ubicación	Subestaciones del PLMB	Codificación Digsilent	Codificación diseño de subestaciones	S/E Tipo	Carga máxima Trafo (año 2025) (MVA)	lcc Barra 34,5 kV (monofásica) (kA) (2025)	lcc Barra 34,5 kV (trifásica) (kA) (2025)
SER 1	SER1	SER1	SER1		18,77	16,32	18,23
Ubicación	Subestaciones del PLMB	Codificación Digsilent	Codificación diseño de subestaciones	S/E Tipo	Carga máxima Trafo (año 2025) (MVA)	lcc Barra 34,5 kV (monofásica) (kA) (2025)	lcc Barra 34,5 kV (trifásica) (kA) (2025)
SER 2	SER2	SER2	SER2		24,29	20,75	23,60
SER 3	SER3	SER3	SER3		16,87	18,39	20,39

Fuente: WSP, 2022

Y se concluye que la cargabilidad de las líneas y transformadores asociados a la red interna del proyecto PLMB se encuentran dentro del límite, no superan el 100% de la capacidad de los equipos.

Los estudios muestran que el sistema presenta sobretensiones mayores a 1.05 Vp.u en el escenario de demanda mínima de los años 2025 y 2030 y en algunos escenarios de demanda media del año

2025, estas sobretensiones se presentan debido a la baja cargabilidad del sistema y el aporte de reactivos de la compensación presente en cada una de las subestaciones SER en 34.5 kV. La anterior situación descrita podría ser solucionada manipulando tap del transformador de la SER en el cual nos ayuda a mantener un perfil de tensión dentro de los límites permitidos durante las diferentes horas del día.

Las cargas que serán alimentadas en funcionamiento normal desde SER 1 son:

Tabla 16 – Cargas a alimentar desde SER 1 (Contingencia N)

Ubicación	Subestaciones del PLMB	Codificación diseño de subestaciones	Potencia transformación instalada	Potencia transformación comerciales Instalada
SER 1	SER1	SER1		
Patio Taller	CTE 1D- Mantenimiento menor	CTE-1D	2x1600	
	CTE 2D- Administración e de infraestructura mantenimiento	CTE-2D	2x500	
	CTE 3D-Edificio OCC	CTE-3D	2x250	
Ubicación	Subestaciones del PLMB	Codificación diseño de subestaciones	Potencia transformación instalada	Potencia transformación comerciales Instalada
	CTE 4D- Garaje y mantenimiento mayor	CTE-4D	2x2000	
	CTE-Área de máquina de lavado	CTE-5D	2x250	
	Servicios auxiliares de la SET del Patio Taller	AC SET	2x250	

Ubicación	Subestaciones del PLMB	Codificación diseño de subestaciones	Potencia transformación instalada	Potencia transformación comerciales instalada
	SET Patio Taller	SET-1	3x2800	
Carrera 96	CTE Carrera 96	CTE-1	2x800	1x75
	SET Carrera 96	SET-2	2x2800	
Portal de las Américas	CTE Portal de las Américas	CTE-2	2x800	1x75
Carrera 80	CTE Carrera 80	CTE-3	2x800	1x1000
	SET Carrera 80	SET-3	3x2800	
Calle 42 Sur	CTE Calle 42 Sur	CTE-4	2x1000	1x1000

Fuente: WSP, 2022

Por lo tanto, la máxima carga de transformación en operación sería de $33300 + 2150 \text{ kVA} = 35450 \text{ kVA}$. En total tendríamos 35,45 MVA de carga de transformación instalada en las subestaciones SET.

Las cargas que serán alimentadas desde SER 2, son las siguientes:

Tabla 17 – cargas a alimentar desde SER 2 (Contingencia N)

Ubicación	Subestaciones del PLMB	Codificación diseño de subestaciones	Potencia transformación Instalada	Potencia transformación comerciales instalada
Kennedy	CTE Kennedy	CTE-5	2x800	1x1000
Av. Boyacá	SET Kennedy	SET-4	3x2800	
	CTE Avenida Boyacá	CET-6	2x1000	1x1000
	CTE Avenida 68	CET-7	2x800	1x630

Ubicación	Subestaciones del PLMB	Codificación diseño de subestaciones	Potencia transformación Instalada	Potencia transformación comerciales instalada
	SET Avenida 68	SET-5	3x2800	
Carrera 50	CTE Carrera 50	CTE-8	2x800	1x30
NQS	CTE NQS	CTE-9	2x1000	1x1000
	SET NQS	SET-6	3x2800	
Nariño	CTE Nariño	CTE-10	2x800	1x1000
SER 2	SER2	SER2		
Calle 1	CTE Calle 1	CTE-11	2x1000	1x500
	SET Calle 1	SET-7	3x2800	

Fuente: WSP, 2022

Por lo tanto, la máxima carga de transformación en operación sería de $34800 + 5160 \text{ kVA} = 39960 \text{ MVA}$

En total tendríamos 39,96 MVA de carga de transformación instalada en las subestaciones SET Las cargas que serán alimentadas desde SER 3, son las siguientes:

Tabla 18 – cargas a alimentar desde SER 3 (Contingencia N)

Ubicación	Subestaciones del PLMB	Codificación diseño de subestaciones	Potencia transformación Instalada	Potencia transformación comerciales instalada
Calle 10	CTE Calle 10	CTE-12	2x800	1x800
Calle 26	CTE Calle 26	CTE-13	2x1000	1x500
	CTE OCC (Centro de Control de	CTE 13 OCC	2x250	
Ubicación	Subestaciones del PLMB	Codificación diseño de subestaciones	Potencia transformación Instalada	Potencia transformación comerciales instalada
Calle 26	Operaciones) Calle 26			

Ubicación	Subestaciones del PLMB	Codificación diseño de subestaciones	Potencia transformación Instalada	Potencia transformación comerciales instalada
	SET Calle 26	SET-8	3x2800	
Calle 45	CTE Calle 45	CTE-14	2x1000	1x1000
SER 3	SER3	SER3		
Calle 63	CTE Calle 63	CTE-15	2x1000	1x800
	SET Calle 63	SET-9	3x2800	
Calle 72	CTE Calle 72	CTE-16	2x1250	1x500
	SET Calle 72	SET-10	3x2800	

Fuente: WSP, 2022

Por lo tanto, la máxima carga de transformación en operación sería de $27400 + 3600 \text{ kVA} = 31,00 \text{ MVA}$. En total tendríamos 31,60 MVA de carga de transformación instalada en las subestaciones SET.

Para cumplir los requerimientos especificados, las subestaciones en las estaciones:

- ▶ Patio Taller
- ▶ Carrera 96
- ▶ Portal de la Américas
- ▶ Carrera 80
- ▶ Calle 42 Sur
- ▶ Avenida Boyacá
- ▶ Avenida 68
- ▶ Carrera 50
- ▶ NQS
- ▶ Nariño
- ▶ Calle 10
- ▶ Calle 26
- ▶ Calle 45
- ▶ Calle 63
- ▶ Calle 72

Deberán permanecer con todos los interruptores de 34,5 kV en posición cerrado y las subestaciones de las estaciones Kennedy y Calle 1ra, deberá realizar la apertura de las líneas de 34,5 kV, por lo que estarán operando de la siguiente manera:

► Estación Kennedy

La Estación Kennedy, es tipo 2, se instalarán 18 celdas de 34,5 kV aisladas en SF6, numeradas de +H01 a +H18; Las celdas +H01 a +H06 componen la Subestación CTE-5, y las celdas +H07 a +H16 componen la Subestación SET-4.

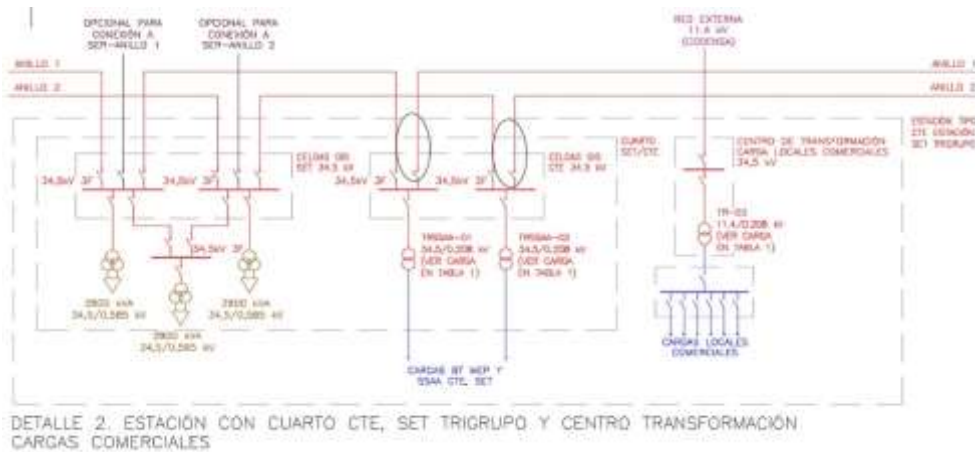


Figura 12 Estación Tipo 2 – Unifilar general - Condición N

Fuente: WSP, 2022

El seccionamiento se realiza en la subestación CTE-5, como se muestra en la figura 25, en donde los interruptores de las celdas +H01 y +H04 se deberán poner en posición abierta, y con las cuchillas abiertas, y el seccionador de barra cerrado.

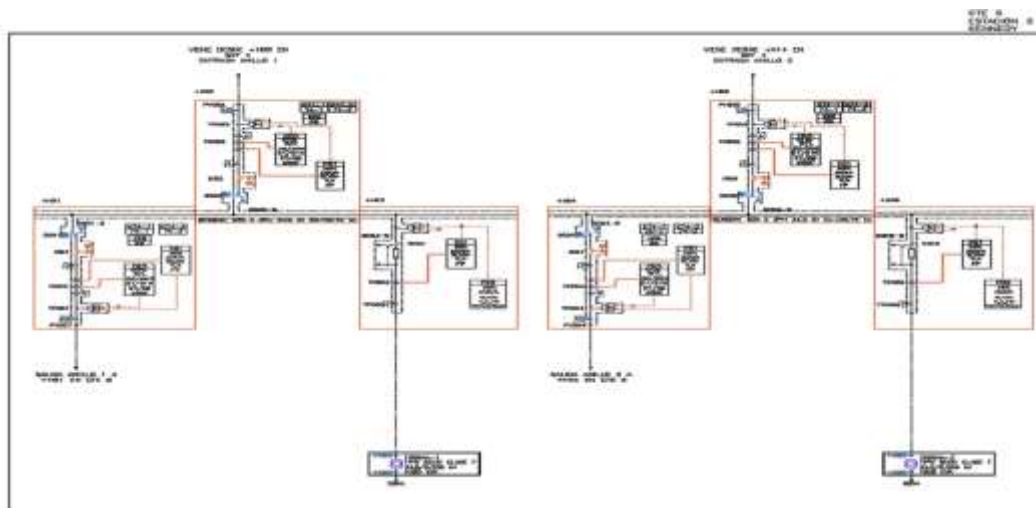


Figura 13 Unifilar CTE-5 - Estación Kennedy (Celdas -H01 a -H06)

Fuente: WSP, 2022

La condición operativa en esta Estación sería la siguiente, para la condición de operación en contingencia N:

- ▶ La subestación SET-4, compuesta por las celdas +H07 a H18:
 - ▶ Los interruptores y seccionadores de las celdas +H08, +H09, +H14 Y +H15, cerrados.
 - ▶ La posición de seccionadores e interruptores de las demás celdas dependerá de la condición operativa del sistema metro.
- ▶ La Subestación CTE-5, compuesta por las celdas +H01 a +H06:
 - ▶ Los seccionadores e interruptores de las celdas +H02, +H05 cerrados
 - ▶ En las celdas +H01 y +H04:
 - ▶ Seccionadores de barra cerrados
 - ▶ Interruptores abiertos
 - ▶ Los seccionadores e interruptores de las celdas +H03, +H06, alimentan los transformadores de SSAA, y su posición dependerá de la condición operativa del sistema metro.
- ▶ Estación Calle 1ra

La subestación en la Calle 1ra es Tipo 2, se instalarán 18 celdas de 34,5 kV aisladas en SF6, numeradas de -H01 a -H18, las celdas -H02 a -H05 componen la Subestación CTE-11, y las celdas -H07 a -H16 componen la Subestación SET-7.

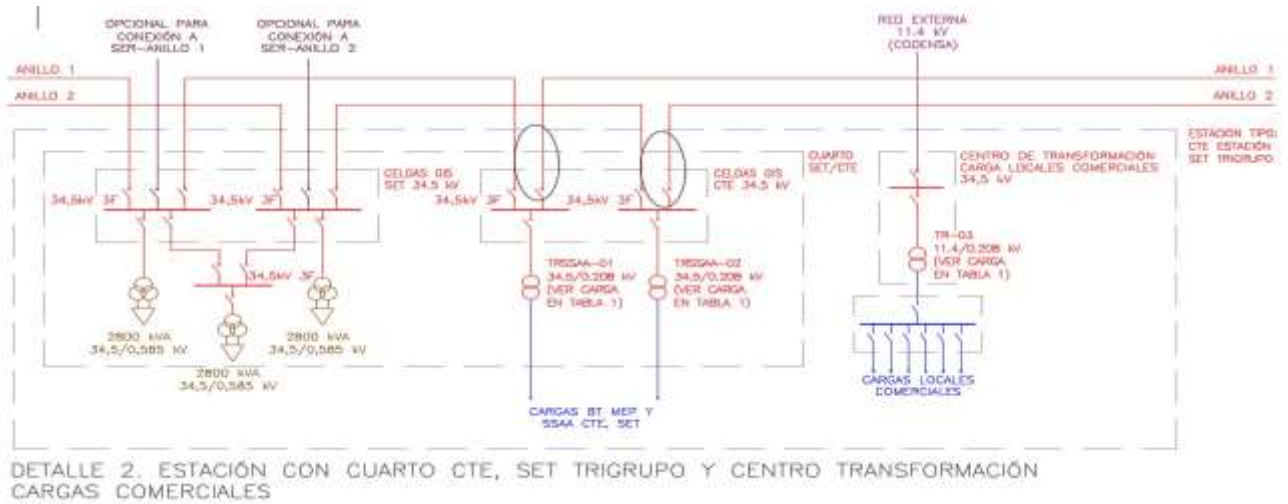


Figura 14 Estación Tipo 2 – Unifilar general - Condición N

Fuente: WSP, 2022

El seccionamiento se realiza en la subestación CTE-11, como se muestra en la figura 5, en donde los interruptores de las celdas +H02 y +H05 se deberán poner en posición abierta, y con las cuchillas abiertas, y el seccionador de barra cerrado.

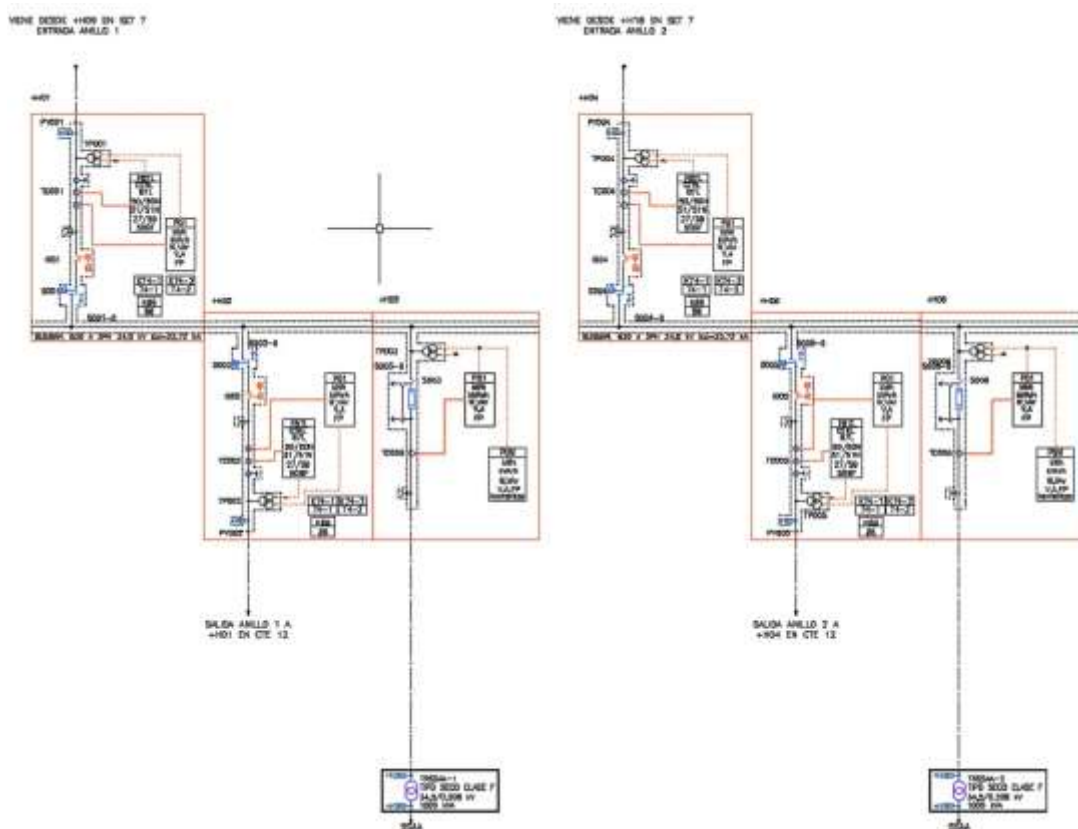


Figura 15 Unifilar CTE-11 - Estación Calle 1ra (Celdas -H01 a -H06)

Fuente: WSP, 2022

La condición operativa en esta Estación sería la siguiente, para la condición de operación en contingencia N:

- ▶ La subestación SET-7, compuesta por las celdas +H07 a H18:
 - ▶ Los interruptores y seccionadores de las celdas +H08, +H09, +H12, +H13, +H16 y +H17, cerrados.
 - ▶ La posición de seccionadores e interruptores de las demás celdas dependerá de la condición operativa del sistema metro.
- ▶ La Subestación CTE-11, compuesta por las celdas +H01 a +H06:
 - ▶ Los seccionadores e interruptores de las celdas +H01, +H04 cerrados
 - ▶ En las celdas +H02 y +H05:
 - ▶ Seccionadores de barra cerrados
 - ▶ Interruptores abiertos

- ▶ Los seccionadores e interruptores de las celdas +H03, +H06, alimentan los transformadores de SSAA, y su posición dependerá de la condición operativa del sistema metro.

3.2.1.11.2. Condiciones anormales de operación del sistema

Las condiciones anormales de operación del sistema se podrían presentar por tres causas principales:

- ▶ Por falla en alimentador o tramo de 34,5 kV, en condiciones N
- ▶ Por falla en alimentador o tramo de 34,5, en Condiciones N-1, en la cual sale una subestación SET
- ▶ Por falla en alimentador o tramo de 34,5 kV, en condiciones N-2 y N-2, en la cual salen de servicio dos subestaciones SER
- ▶ Por salida de servicio de un grupo transformador-rectificador de una subestación de tracción (Fuera de este alcance).
- ▶ Falla en alimentador tramo de 34,5 kV (Sistema funcionando en Condición N)

Una condición de falla en un alimentador se puede deber por:

- ▶ Cortocircuito en el cable, y disparo por actuación de las protecciones.
- ▶ Apertura de uno de los interruptores del circuito, por mantenimiento o por mala operación.

En cualquiera de los dos casos indicados, cuando se presenta la salida de uno de los alimentadores (léase falla en la interconexión) entre dos subestaciones SET, entre dos subestaciones CTE, o entre una subestación SET y una Subestación CTE, se presenta el rompimiento de uno de los anillos, y por lo tanto pérdida de tensión en las barras de las subestaciones alimentadas por ese circuito desde el punto fallado hasta la subestación en donde se han realizado los seccionamientos (Kennedy y Calle 1ra).

3.2.1.12. Tramo alimentado por SER 3

Se tiene el anillo 1 y el anillo 2 desde SER 3, Estación Calle 72 (CTE-16) y hasta la Estación Calle 1ra (CTE-11).

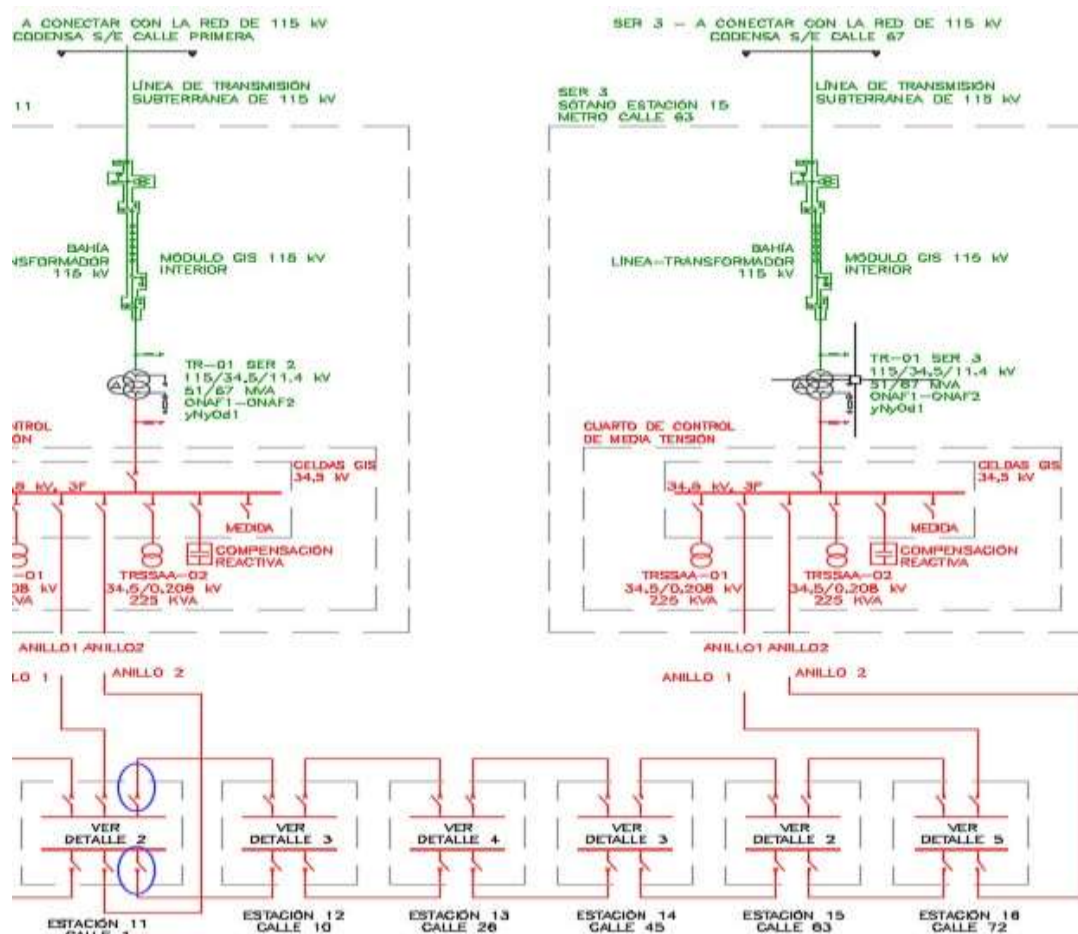


Figura 35 Alimentación SER 3 hasta Estación Calle 1ra (CTE-11) y Estación Calle 72 (CTE-16)

Fuente: WSP, 2022

Si se presenta una falla en el circuito del anillo 1, entre CTE 14 (Calle 45) y CTE 13 (Calle 26), se abren los interruptores asociados, rompiendo la alimentación del anillo 1 desde CTE 14 en adelante; Es decir las subestaciones CTE (CTE-14, CTE-13, CTE 12) y SET (SET-8, SET-7), las cuales solo quedarían alimentadas por el anillo 2.

Si se presenta falla en el circuito del anillo 2, entre CTE-15 (Estación Calle 63) y CTE-14 (Estación Calle 45), se abren los interruptores asociados rompiendo la alimentación del anillo 2, desde CTE-15 en adelante; Es decir las subestaciones CTE (CTE-14, CTE-13, CTE-12, CTE-11) y SET (SET-9, SET-8) quedarían alimentadas solo por anillo 1.

La condición más crítica por la pérdida de un alimentador es cuando se pierde el alimentador (sea anillo 1 o anillo 2) entre SER 3 y SET-10 ((Estación 16 (Calle 72), ya que se perdería la alimentación para todas las subestaciones CTE y SET, desde la estación Calle 72 hasta la estación Calle 1ra.

3.2.1.12.1. Falla en alimentador tramo de 34,5 kV (Sistema funcionando en Condición N-1)

Una condición de falla en un alimentador se puede deber por:

- ▶ Cortocircuito en el cable, y disparo por actuación de las protecciones
- ▶ Apertura de uno de los interruptores del circuito, por mantenimiento o por mala operación.

En cualquiera de los dos casos, cuando se presenta la salida de uno de los alimentadores (léase falla en la interconexión) entre dos subestaciones SET, entre dos subestaciones CTE, o entre una subestación SET y una Subestación CTE, se presenta el rompimiento de unos de los anillos, y por lo tanto pérdida de tensión en las barras de las subestaciones alimentadas por ese circuito desde el punto fallado hasta la subestación en donde se han realizado los seccionamientos.

En el numeral 2.2.1.2 se presentan los tres casos para el sistema funcionado en condición N-1, y a continuación se presenta la descripción de cada uno de estos casos por la pérdida de un alimentador.

3.2.1.13. Sistema alimentado por SER 2 y SER 3 (SER 1 Fuera de servicios)

Si se tiene la Subestación SER 1 fuera de servicio, todo el sistema será alimentado desde las Subestaciones SER 2 y SER 3, y en la subestación CTE-11 (Calle 1ra), se abren los interruptores de las celdas +H02 y +H05.

Tabla 19 – Distribución Cargas SER 1 FDS y Icc en Condición normal (N-1)

Ubicación	Subestaciones del PLMB	Codificación Digsilent	Codificación diseño de subestaciones	Carga máxima (año 2025) (MVA)	Icc (monofásica) Barra 34,5 kV (kA) (2025)	Icc (trifásica) Barra 34,5 kV (kA) (2025)
SER 1	SER1	SER1	SER1	0	16,32	18,23
SER 2	SER2	SER2	SER2	43,37	20,75	23,60
SER 3	SER3	SER3	SER3	16,88	18,39	20,39

Fuente: WSP, 2022

3.2.1.13.1. Condición operativa SER 3

Se tiene esta subestación en servicio, entonces, el sistema de 34,5 kV de la S/E SER 3 estará de la siguiente forma:

- ▶ Celda +H01

- ▶ Interruptor -I001 - Cerrado
- ▶ Seccionador de barra -S001 - Cerrado
- ▶ Cuchilla -S081 - Abierto
- ▶ Celda +H04
 - ▶ Interruptor -I004 - Cerrado
 - ▶ Seccionador de barra -S004 - Cerrado
 - ▶ Cuchilla -S084 - Abierto
- ▶ Celda +H05
 - ▶ Interruptor -I005 – Cerrado
 - ▶ Seccionador de barra -S005 – Cerrado
 - ▶ Cuchilla -S085 – Abierto

Las celdas de 34,5 kV, de equipos fijos aislados en SF6, normalmente están divididas en cuatro (4) secciones (Sección de control y protección, sección de equipos de seccionamiento, sección de barraje, y sección de acometida de cables y/o de transformadores de corriente y tensión).

La información de criterios de diseño y especificaciones técnicas se encuentran consignados en los anexos AnexoG_Asp_Técnicos/Criterios de diseño - L1T1-5110-000-CON-ED-ELA-CD-0003_VBB- y AnexoG_Asp_Técnicos/Especificaciones técnicas - L1T1-5100-000-CON-ED-GEN-ET-0001_VBB del presente estudio.

3.2.1.14. Campamentos transitorios, sitios de acopio, almacenamiento de materiales

No se realizarán obras transitorias, ya que se instalará campamentos temporales en carpa de lona que hará de oficina técnica y para el personal operativo del proyecto. Tampoco se requerirá hacer plazas de tendido ya que las estructuras nuevas a instalar serán transportadas al sitio al momento de su instalación. Esto debido a las facilidades de acceso por encontrarse en perímetro urbano.

3.2.4 Insumos del proyecto

3.2.1.15. Cemento

Este material tendrá las siguientes características:

- ▶ Deberá ser cemento Portland tipo UG
- ▶ No se deberá usar cemento destinado para uso en mampostería
- ▶ El cemento deberá ser de marca reconocida y tener su ficha técnica con sus especificaciones.

- ▶ El contratista deberá emplear el cemento contemplado en el diseño de mezcla, de no ser así, deberá realizar nuevamente un diseño según las nuevas dosificaciones que se emplearon donde deberá cumplir con la resistencia requerida según los diseños.
- ▶ Este material deberá quedar almacenado en un lugar cubierto, ventilado libre de humedad, adicionalmente los bultos se deberán disponerse en plataformas de manera respetando una altura mínima de 10cm desde el suelo y con una capacidad máxima de 10 bultos por plataforma.
- ▶ El cemento no deberá superar un periodo de 2 meses de almacenado y en el caso que se utilice después de esta fecha se deberá realizar un ensayo demostrando que es apto para utilizarlo.

3.2.1.16. Agregados

El agregado pétreo cumplirá los siguientes requisitos:

- ▶ El agregado grueso para el concreto a fundir deberá ser de $\frac{3}{4}$ " y la grava fina de $\frac{1}{2}$ ".
- ▶ Agregado peso normal: NTC 174.
- ▶ Si respecto con el diseño de mezcla se utilizan agregados diferentes a los mencionados anteriormente, queda a juicio de LA INTERVENTORIA definir si se aprueba o no la utilización de otros agregados.
- ▶ Se deberá cumplir con lo estipulado en el título C de la NSR-10.
- ▶ Los agregados deberán disponer de los certificados de calidad e igualmente la procedencia de cada uno de ellos deberán corresponder de canteras que estén certificadas y con licencia ambiental vigente.
- ▶ En el almacenamiento de los agregados se deberá cubrir de la mejor manera posible como lo es cubriendo el material para evitar saturación de estos. LA INTERVENTORIA podrá solicitar ensayos de humedad a diario para determinar la corrección de humedad para el diseño de mezcla. Con el acopio de los agregados no se podrán utilizar los últimos 5cm de material siendo que estarían contaminados.

3.2.1.17. Aditivos

Se podrán usar aditivos de marcas y calidad reconocidas con el fin de modificar las propiedades del concreto según indique EL CONTRATISTA su propósito. Los posibles aditivos que se podrían utilizar serían:

- ▶ Reductores de agua, acelerantes y retardantes de fraguado.
- ▶ Se deberá cumplir con lo estipulado en la NSR-10 título C
- ▶ Incluidores de aire cumpliendo la ASTM C 260

3.2.1.18. Agua

El agua para utilizar en concretos, hidratación compactación o uso general deberá estar libre de aceites, sales, ácidos, limo, materia orgánica o cualquier impureza.

Este líquido deberá ser suministrado por empresas que tengan vigente el registro sanitario, licencia ambiental y cualquier otro documento dentro del marco normativo.

3.2.1.19. Suministro del Concreto

De acuerdo con las especificaciones finales de la ingeniería de detalle se suministrará el concreto con mezcladores mecánicos o concreto premezclado cumpliendo a cabalidad con la resistencia requerida para cada elemento estructural.

Si se realizara el concreto con mezclador mecánico se contará con el diseño de mezcla aprobado en el cual se llevará a cabo el procedimiento exacto para obtener la resistencia requerida. Este procedimiento será supervisado y aprobado por la interventoría donde se llevarán a cabo los ensayos in situ de toma de muestras de concreto y posteriores ensayos en laboratorio.

El concreto premezclado será suministrado por una planta reconocida que cuente con toda la documentación al día respecto con permisos, licencias y certificaciones de calidad de la mezcla.

3.2.1.20. Concretos

Este ítem contempla las características a utilizar en el proyecto, los cuales contemplan concreto estructural, módulos de rotura o limpieza.

Los concretos a emplear según NSR -10 podrán ser los siguientes:

- ▶ Cajas de paso y de empalme. a $f'c = 28$ MPa (280 kg/cm²). Norma NTC 673
- ▶ Tapas para cajas de paso y de empalme a $f'c = 28$ MPa (280 kg/cm²). Norma NTC 673
- ▶ Perfiles metálicos angulares para cajas a Acero norma ASTM A-36

El concreto para colocar cumplirá la NSR-10 título C y norma INVIAS artículo 500-13 y sección 400 - concreto hidráulico.

El manejo del concreto cumplirá como mínimo con lo siguiente:

El transporte de la planta hacia el lugar de disposición del concreto cumplirá con lo mínimo establecido en la NSR-10.

- ▶ El transporte interno del concreto dentro del proyecto se podrá disponer desde el mixer o transportarse internamente por carretilla si llega hacer el caso en distancias no mayores de 25m, adicionalmente se debe garantizar la homogeneidad del concreto.
- ▶ Cada fundida será autorizada por LA INTERVENTORIA
- ▶ El área para fundir deberá estar limpia y sin impurezas

- ▶ El vibrado del concreto debe sacar el aire de exceso del mismo, pero se debe realizar de la mejor manera para no realizar desplazamiento vertical u horizontal de este.
- ▶ La tolerancia del asentamiento en obra deberá ser $\pm 1"$ respecto con el concreto especificado en los diseños estructurales.

3.2.1.21. Vaciado y Colocación

En caso de presentar nivel freático se dispondrá del sistema de bombeo, el cual en el momento de disponer del concreto debe estar seco, libres de escombros y sin lodos.

La caída libre del concreto estará permitida a una altura máxima de 1m para evitar la segregación de la mezcla. En el caso de presentar dificultades por accesibilidad se podrán utilizar camillas o bombas que permitan la circulación del concreto hasta los sitios más distantes y angostos.

Para disponer de un buen vibrado del concreto se dispondrá de un número adecuado de unidades para alcanzar la consolidación deseada. La duración del vibrado será únicamente la necesaria para compactar y evitar así la segregación de los materiales.

En el caso de disponer el vaciado en algún elemento estructural y días o horas después continuar con el procedimiento se deberá utilizar productos de SIKA o similares que adapten el concreto antiguo con el concreto nuevo.

3.2.1.22. Aceros

Consiste en el suministro, corte, figuración, instalación y fundida del acero el cual deberá ser aprobado por la empresa.

- ▶ El acero deberá ser de 420MPa (60000 psi)
- ▶ El acero para disponer deberá ser corrugado cumpliendo con la norma ASTM-A-515
- ▶ El acero se colocará de acuerdo con lo mencionado en los planos de diseño y los traslapes y uniones deberán estar amarrados con alambre negro para que no se produzcan movimientos.
- ▶ El acero que se vea marcado después de fundir quedara a criterio de la empresa si: 1). Se demolerá el elemento. 2) se realizará una reparación profunda, 3) se realizará una reparación superficial según se indique. Lo anterior se determinará en cada caso específico respecto a cómo quede cada elemento.
- ▶ Se permite traslados mecánicos siempre y cuando la empresa lo autorice.
- ▶ El uso de barras lisas para estructuras no está permitido. En el caso de pavimentos para el acero de carga si se podrá emplear.

3.2.5 Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación y de construcción y demolición

La disposición de materiales sobrantes se hará en los sitios debidamente autorizados por la autoridad ambiental, para lo cual el constructor deberá ejecutar el acarreo desde el sitio de construcción hasta el

sitio de disposición final. Los materiales sobrantes o de desecho, se trasladarán hacia sitios de disposición autorizados.

Para la gestión y disposición de estos materiales se debe dar cumplimiento a lo estipulado en la Resolución 1115 de 2012 y Resolución 932 de 2015 y de manera general tener en cuenta las siguientes especificaciones:

- ▶ Verificar que al momento de la recolección y transporte que el gestor contratado y autorizado por la SDA cumplan con los siguientes requerimientos
- ▶ Realizar el pesaje de los residuos en el sitio de disposición.
- ▶ La carga deberá ser acomodada de tal manera que su volumen esté a ras del platón o contenedor, es decir, a ras de los bordes superiores más bajos del platón o contenedor.
- ▶ Posibilitar el cargue y el descargue de los RCD evitando la dispersión de partículas.
- ▶ Cubrir la carga durante el transporte, evitando el contacto con la lluvia y el viento.
- ▶ Los vehículos utilizados para esta actividad deben cumplir con las normas vigentes de tránsito y transporte y de emisiones atmosféricas.
- ▶ Las volquetas donde se transporte este material deben contar con un PIN autorizado por la SDA.

El almacenamiento temporal se realizará en espacios dentro del predio de la subestación, este espacio debe estar cubierto para proteger de la lluvia y evitar la generación de material particulado por acción del viento, las medidas de manejo para estos residuos se presentan en la Ficha de Manejo PMA.

Se incluyen los proveedores que se prevé que inicialmente suministrarán los materiales, sin embargo, se puede presentar la posibilidad de que se retiren o agreguen proveedores, previo al inicio de las actividades o que se incluyan proveedores durante la construcción garantizando que se cuente con la documentación ambiental vigente y con todos los requerimientos de ley.

En la Tabla 20 se presenta la información ambiental de los proveedores de materiales que se contemplan para la construcción de la PLMB:

Tabla 20 – Información ambiental proveedores de material

Tipo de material	Razón social	Permiso Ambiental	Localización
Suministro de Acero	Diacó	Resolución 295 de 1997- CAR	Calle 93 b 18 12 piso 8 Bussines park, Bogotá. Km 3 Vía Siberia - Cota, Cundinamarca, Cota
Suministro de Acero	Ternium Siderúrgica de Caldas S.A.S.	Resolución 443 de 05/05/2015	Kilómetro 2 vía Termales La Enea, Manizales - Caldas
Suministro de Cemento	Cementos Tequendama	Res.20207100861 del 01/07/2020 - CAR	Calle 6 #32 A 35 Br Veraguas
Suministro de	Cementos Argos- Paz	Res. 0338 del 25/03/2009 – CAR.	32, Cl. 13 #54, Puente Aranda,

Tipo de material	Razón social	Permiso Ambiental	Localización
Cemento	del Rio S.A.	Modificada por la Res 0245 del 10/02/2020 (Permiso de emisiones) –Res 2384 del 02/08/2019 CAR	Bogotá
Suministro de ceniza	Gensa	Res 0251 del 09/02/2010 - MAVDT	Cra. 68D # 25B - 86 Oficina 729 Paipa: Kilometro 3 vía Paipa -
Suministro de combustible	Cenit/ ACPM LTDA.	Res 0397 del 29/04/2014- ANLA	Cl. 77 #9-17, Bogotá
Agregados a partir de residuos de construcción y demolición	Granulados reciclados de Colombia Greco SAS	Comunicación No. 20212061291 del 10/08/2021 – CAR	km 1,5 de la vía Bogotá - Medellín, puente de guadua costado occidental Vereda Vuelta Grande
Agregados a partir de residuos de construcción y demolición	Reciclados Industriales de Colombia S.A.S	Comunicado No. 20212034161 del 26/05/2021 – CAR	Km 1.5 vía Autopista Medellín costado sur – Cota Cundinamarca
Agregados pétreos	Dromos S.A.S.	Res. 0372 del 12/02/ 2019. CAR	km 3.8 zona industrial balsillas, Mosquera, Cundinamarca
Agregados pétreos	Kreato	Dec. 1220 del 2005 (No requiere Licencia Ambiental)- Exp 00002605 del 02/09/2008. CAR Dec. 1076 de 2015 - CAR No requiere Licencia Ambiental	Km 7 vía Zipaquirá-Ubaté. Cogua Cundinamarca
		Res 3162 del 06/010/2018 - CORMACARENA (emisiones)	
Agregados pétreos	Triturados TG	Res No. 1103 del 14/04/2010 - CAR	Autopista Medellín km 4 vía Siberia - Bogotá
Concreto hidráulico	Cemex Colombia SAS	Res 2550 de 2020. CAR Res. 00018 de 2021. CAR (Sede Puente Aranda)	Planta Sur: Cl. Avenida Calle 71 Sur, Bogotá
		No requiere Licencia Ambiental Dec. 1076 de 2015 (Sede Planta Bosa)	Planta Bosa: Cl. 57z Sur #75d-67, Bogotá
Concreto hidráulico	Concretos Argos S.A.S	Comunicado no. 11212002378 del 19/05/2021 CAR	Transversal 5 no. 12 – 38, barrio Cazuca
Concreto hidráulico	Concretos Argos S.A.S	Comunicado no. 2021ee82300 del 03/05/2021 SDA	Carrera 62 no. 19 – 04, Localidad de Puente Aranda
Concreto hidráulico	Holcim Colombia S.A.	Res. 857 del 17/09/1997 - DAMA Res. 1171 del 21/09/2015. ANLA	Cra. 62 #19 - 04, Bogotá
Prefabricados	Manufacturas de cemento S.A. (TITAN)	Res. 0568 del 16/04/2013 - CAR	Autopista Medellín km 2,4 occidente Rio Bogotá, cota
Prefabricados	Ladrillera Santander	Res. 1740 del 15/08/2008. CAR	Kilómetro 8, Vereda Fusunga, Soacha, Cundinamarca
Postes Concreto	Fábrica de Postes TG Suministros	N/A	Transversal 6 no 18 – 21. San Martin. Meta
Postes Concreto	Inversionistas TJ	N/A	Pablo VI VIA La Vega Bogotá,

Tipo de material	Razón social	Permiso Ambiental	Localización
	S.A.S		Madrid- Cundinamarca
Mezclas asfálticas	Doble A ingeniería S.A.	Res. 50227000026 del 03/02/2022 CAR	Predio vista hermosa, vereda balsillas - kilómetro 2.5 vía la mesa - planta de asfalto CMI
Mezclas asfálticas	Dromos Pavimentos S.A.S.	Res. 0237 del 15/02/2008 - CAR	km 3.8 zona industrial balsillas, Mosquera, Cundinamarca
Madera	Maderas Puerto Colombia	Certificación de registro y cumplimiento Empresas Forestales No 00065	KR 73A # 71A-72 Bogotá, Cundinamarca

Fuente: Metro Línea 1, 2022.

3.2.6 Residuos peligrosos y no peligrosos

Para el manejo de los residuos peligrosos (residuos contaminados con combustibles etc.) en las actividades de construcción y operación de la subestación y línea de transmisión se tendrá en cuenta lo estipulado en el Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005, expedido por el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Las actividades que se realizan para mitigar el impacto de estos residuos peligroso se describen en la ficha de manejo PMA 1.2 Manejo adecuado de los Residuos Peligrosos, del Capítulo 10.1 Plan de Manejo Ambiental. Las actividades a desarrollar se describen a continuación:

► Actividad 1.1. Identificación

Estos residuos se identifican con base al conocimiento técnico sobre las características de los insumos y procesos asociados con el residuo generado, se puede identificar si el residuo posee una o varias de las características que le otorgarían la calidad de peligroso; a través de la caracterización físico-química de los residuos o desechos generados o verificando la lista de estos en Decreto 4741 de 2005.

► Actividad 1.2. Almacenamiento

Los residuos se almacenarán en canecas plásticas de color rojo debidamente rotuladas para posteriormente ser entregadas a los gestores autorizados para su transporte, manejo y disposición final. El periodo en que estos residuos son almacenados no puede superar los 12 meses y debe ser en espacios con superficie impermeabilizada, libres de sifones, para evitar contaminación de suelo y protegidos la lluvia y el viento asegurando su cubierta o tapa. Para el almacenamiento de sustancias inflamables se debe asegurar el control de energía estática, iluminación y redes eléctricas anti-chispa.

Todo almacenamiento de residuos peligrosos líquidos debe contar con sistema de contención de derrames, ya sea en cárcamos, diques o estiba de autocontención, con capacidad para contener mínimo el 20% de su capacidad, aunque si la sustancia corresponde a aceites usados, el sistema debe tener una capacidad de retener el 100% del volumen del elemento más grande, más el 10% del volumen total del resto de elementos almacenados.

► Actividad 1.3. Recolección, transporte y disposición final

La responsabilidad de la gestión de los residuos peligrosos se extiende hasta que este sea aprovechado como insumo o dispuesto con carácter definitivo, se debe verificar que el gestor cuente con los permisos ambientales correspondientes y se debe solicitar el certificado de la disposición final, este certificado debe ser conservado en un tiempo no menor a 5 años.

Se debe llevar un registro sobre las cantidades y las características de los residuos que se generan y al momento de entregarlos a su transporte se debe verificar que cumpla con todos los requisitos exigidos por la normativa y evitar que ocurran derrames si esto llegase a ocurrir se debe contar con un plan de contingencia basado en el Decreto 321 de 1999 que indica el procedimiento que debe contener este plan.

3.2.7 Residuos sólidos domésticos y convencionales

Para el manejo de estos residuos se implementará un sistema que permita la separación de los materiales reciclables, los orgánicos y los residuos ordinarios y se realizará su disposición en el relleno sanitario Doña Juana a través del operador de Aseo de la Localidad de Chapinero y Barrios Unidos.

En la ficha PMA 1.3 Manejo adecuado de los Residuos Convencionales, se establecen las medidas a desarrollar, entre las que se encuentran:

- Se instalarán en los diferentes frentes de obra, puntos ecológicos teniendo en cuenta la codificación básica de colores, en donde el personal de obra podrá depositar los residuos generados, sin tener que hacer grandes desplazamientos.

El cálculo estimado de la generación de residuos domésticos, que eventualmente se podrían generar en la etapa de construcción del proyecto, se realiza utilizando el valor de producción per cápita de residuos sólidos, de 0,79 kg/persona*día, definido por el Reglamento de Agua y Saneamiento Básico, 2000 –RAS– para un municipio de complejidad alta.

3.2.8 Residuos especiales

Los residuos especiales generados en todas las etapas del proyecto serán los residuos de las bolsas de cemento, muebles, estantería, aparatos electrónicos, puertas, es decir todos aquellos residuos que NO estén considerados como peligrosos, RCD, o convencionales, pero que por su volumen o su composición son considerados como especiales. Se realizarán las siguientes actividades:

► Actividad 2.1. Almacenamiento temporal

Los residuos deben estar debidamente identificados e inventariados para su respectivo control, limpios (para evitar contaminación por hongos u otros elementos), separados de acuerdo con las existencias.

► Actividad 2.2. Disposición final

Estos residuos serán entregados a los gestores debidamente identificados, donde conste que su actividad comercial sea el manejo de este tipo de residuos, para aprovechamiento o disposición final. Estos gestores no deben tener autorización ni licencia ambiental para esta actividad, ni permisos especiales para su transporte, sin embargo, si deben tener cámara y comercio con la actividad reconocida, con vehículos adecuados para este transporte y que cuenten con los documentos necesarios para realizar esta función (tecno mecánica, SOAT, licencia).

Para llevar un seguimiento del retiro de residuos Industriales por parte de un receptor externo, el responsable del área de almacenamiento o el responsable de la entrega del residuo deberá tramitar un Acta de Entrega de Residuos, de esta forma se llevará la trazabilidad del residuo industrial desde su generación hasta la entrega para disposición final o tratamiento. El listado de los gestores de residuos peligrosos y especiales en Bogotá se encuentra el Capítulo 4. Demanda.

3.2.9 Costos del proyecto

En los costos del proyecto “Construcción de la Subestación Receptora SER 3 y su Línea de transmisión a 115 kV”, se incluyen los costos de inversión y operación, así como aquellos en los que incurrirá en la aplicación de los Planes de Manejo Ambiental y el Programa de Seguimiento y Monitoreo, estos costos se estiman en un total de (4.800.000 USD\$) cuatro millones ochocientos mil dólares.

3.2.10 Cronograma de proyecto

En la Tabla 21, se relaciona de manera general el cronograma de actividades a realizar en el proyecto Construcción de la Subestación Eléctrica Receptora SER 3 y Línea de Transmisión 115kV.

Tabla 21 – Cronograma del Proyecto

ID	ACTIVIDAD	DURACIÓN (Días)	INICIO	FINAL
VI	Obras civiles generales	619	15-ago-23	25-abr-25
6.1	Bases	97	15-ago-23	20-nov-23
6.2	Cerramiento perimetral, campamento y perimetrales	15	15-ago-23	30-ago-23
6.3	Localización y replanteo	10	15-ago-23	25-ago-23
6.4	Pre huecos	10	21-ago-23	31-ago-23
6.5	pilotes pre excavados (7 Un)	10	31-ago-23	10-sep-23
6.6	Excavación hasta nivel losa de cimentación y dados con taludes de protección y trincheras	30	10-sep-23	10-oct-23
6.7	descabece pilotos	10	10-oct-23	20-oct-23

ID	ACTIVIDAD	DURACIÓN (Días)	INICIO	FINAL
VI	Obras civiles generales	619	15-ago-23	25-abr-25
6.8	Acero de refuerzo dados de cimentación	20	20-oct-23	9-nov-23
6.9	dados de concreto	5	9-nov-23	14-nov-23
6.10	pasadores de acero de refuerzo	20	9-nov-23	29-nov-23
6.11	pasadores	20	29-nov-23	19-dic-23
6.12	Manejo de aguas freáticas	10	10-oct-23	20-oct-23
6.13	Excavación para vigas de cimentación	8	15-oct-23	23-oct-23
6.14	Pantallas, pre excavadas o prefabricadas	20	2-oct-23	22-oct-23
6.15	limpieza de hormigón para vigas de cimentación	8	22-oct-23	30-oct-23
6.16	Refuerzo de Acero Armado, Vigas y Ductos en Hormigón etapa 1	20	24-oct-23	13-nov-23
6.17	Vigas de cimentación de hormigón etapa 1	8	17-oct-23	25-oct-23
6.18	Vigas de cimentación de hormigón etapa 2	8	25-oct-23	2-nov-23
6.19	Refuerzo de acero de losa de cimentación	20	27-oct-23	16-nov-23
6.20	redes hidráulicas	10	12-nov-23	22-nov-23
6.21	redes eléctricas	10	12-nov-23	22-nov-23
6.22	vaciado de losas de hormigón	10	22-nov-23	2-dic-23
6.23	Excavación de foso elevador	10	23-oct-23	2-nov-23
6.24	Acero de refuerzo de placa base del foso y arranque de muros	10	30-oct-23	9-nov-23
6.25	Base de hormigón foso del Ascensor	10	10-nov-23	20-nov-23
6.26	Estructura de hormigón	271	2-dic-23	29-ago-24
6.27	acero de refuerzo de columnas	15	2-dic-23	17-dic-23
6.28	encofrado para vaciado de columnas	10	12-dic-23	22-dic-23
6.29	hormigón de columnas	5	23-dic-23	28-dic-23
6.30	Armado de acero de refuerzo para vigas secundarias de piso técnico	20	20-dic-23	9-ene-24

ID	ACTIVIDAD	DURACIÓN (Días)	INICIO	FINAL
VI	Obras civiles generales	619	15-ago-23	25-abr-25
6.31	pases para redes bajo piso técnico	5	4-ene-24	9-ene-24
6.32	encofrado para vaciado de vigas de piso técnico cajones en madera aglomerada	15	4-ene-24	19-ene-24
6.33	concreto de vigas de piso técnico	5	17-ene-24	22-ene-24
6.34	acero de refuerzo de losa de piso técnico	8	20-ene-24	28-ene-24
6.35	concreto de losa de piso técnico	10	26-ene-24	5-feb-24
6.36	encofrado base de vigas de entrepiso cuarto de maquinas	8	12-feb-24	20-feb-24
6.37	acero de refuerzo de vigas de entrepiso cuarto de maquinas	8	16-feb-24	24-feb-24
6.38	instalación de cajones (Madera aglomerada para aligerar la placa de entrepiso)	10	24-feb-24	5-mar-24
6.39	pases para redes bajo placa de entrepiso cuarto de maquinas	15	25-feb-24	11-mar-24
6.40	acero de refuerzo para placa de entrepiso cuarto de maquinas	15	6-mar-24	21-mar-24
6.41	concreto para placa de entrepiso cuarto de maquinas	15	16-mar-24	31-mar-24
6.42	desencofrado	10	7-abr-24	17-abr-24
6.43	instalación de tapas en rejilla para cárcamos	15	19-abr-24	4-may-24
6.44	encofrado para escaleras	8	1-may-24	9-may-24
6.45	Aero de refuerzo para escaleras de concreto	10	4-may-24	14-may-24
6.46	hormigón para escaleras	15	15-may-24	30-may-24
6.47	Muros pantalla en concreto	15	2-jun-24	17-jun-24
6.48	acabados y remates	15	12-jun-24	27-jun-24
6.49	Puertas y barandas	10	22-jun-24	2-jul-24
6.50	acero de refuerzo de vigas de entrepiso nivel 0,00	8	27-jun-24	5-jul-24
6.51	instalación de cajones (Madera aglomerada para aligerar la placa de entrepiso)	10	6-jul-24	16-jul-24

ID	ACTIVIDAD	DURACIÓN (Días)	INICIO	FINAL
VI	Obras civiles generales	619	15-ago-23	25-abr-25
6.52	pases para redes bajo placa de entepiso nivel 0,00	15	18-jul-24	2-ago-24
6.53	Acero de refuerzo para placa de entepiso nivel 0,00	15	28-jul-24	12-ago-24
6.54	concreto para placa de entepiso nivel 0,00	15	28-jul-24	12-ago-24
6.55	desencofrado	10	19-ago-24	29-ago-24
6.56	Ascensor	78	3-nov-23	20-ene-24
6.57	Pozo de ascensor	10	3-nov-23	13-nov-23
6.58	Estructura de soporte	30	12-nov-23	12-dic-23
6.59	Montaje de equipos	30	10-dic-23	9-ene-24
6.60	Acabados y ajustes finales	10	10-ene-24	20-ene-24
6.61	Redes	150	22-oct-23	20-mar-24
6.62	Instalación de redes RCI y líneas eléctricas EMT	150	22-oct-23	20-mar-24
6.63	Instalación de redes eléctricas, voz y datos verticales	150	22-oct-23	20-mar-24
6.64	Instalación de redes hidrosanitarias y gas vertical	150	22-oct-23	20-mar-24
6.65	ventilación mecánica	150	22-oct-23	20-mar-24
6.66	Pisos	75	29-ago-24	12-nov-24
6.67	Piso de acabado	25	29-ago-24	23-sep-24
6.68	Suelos técnicos de acabado	25	23-sep-24	18-oct-24
6.69	Sala de máquinas de acabado de pisos	25	18-oct-24	12-nov-24
6.70	Acabados	105	28-sep-24	11-ene-25
6.71	bandejas porta cables	20	28-sep-24	18-oct-24
6.72	Pendiente e impermeabilización cárcamos	20	18-oct-24	7-nov-24
6.73	Escaleras acabadas	20	7-nov-24	27-nov-24
6.74	instalación de puertas	20	27-nov-24	17-dic-24
6.75	Instalación de iluminación	15	17-dic-24	1-ene-25

ID	ACTIVIDAD	DURACIÓN (Días)	INICIO	FINAL
VI	Obras civiles generales	619	15-ago-23	25-abr-25
6.76	Electrodomésticos y tableros	10	1-ene-25	11-ene-25
6.77	Urbanismo	254	22-feb-24	2-nov-24
6.78	Urbanismo y exterior	200	14-ago-24	2-mar-25
6.79	Redes Externas	30	4-mar-25	3-abr-25
6.80	Raiser - Siamés -	20	5-abr-25	25-abr-25

Fuente: Metro Línea 1, 2022.

3.2.11 Organización del proyecto

En la Figura 16 se presenta la estructura organizacional solicitada para el contratista de obras civiles que llevara a cabo la ejecución de las actividades previstas del proyecto de la subestación con su Línea Asociada, supervisado por el concesionario Metro Línea 1.

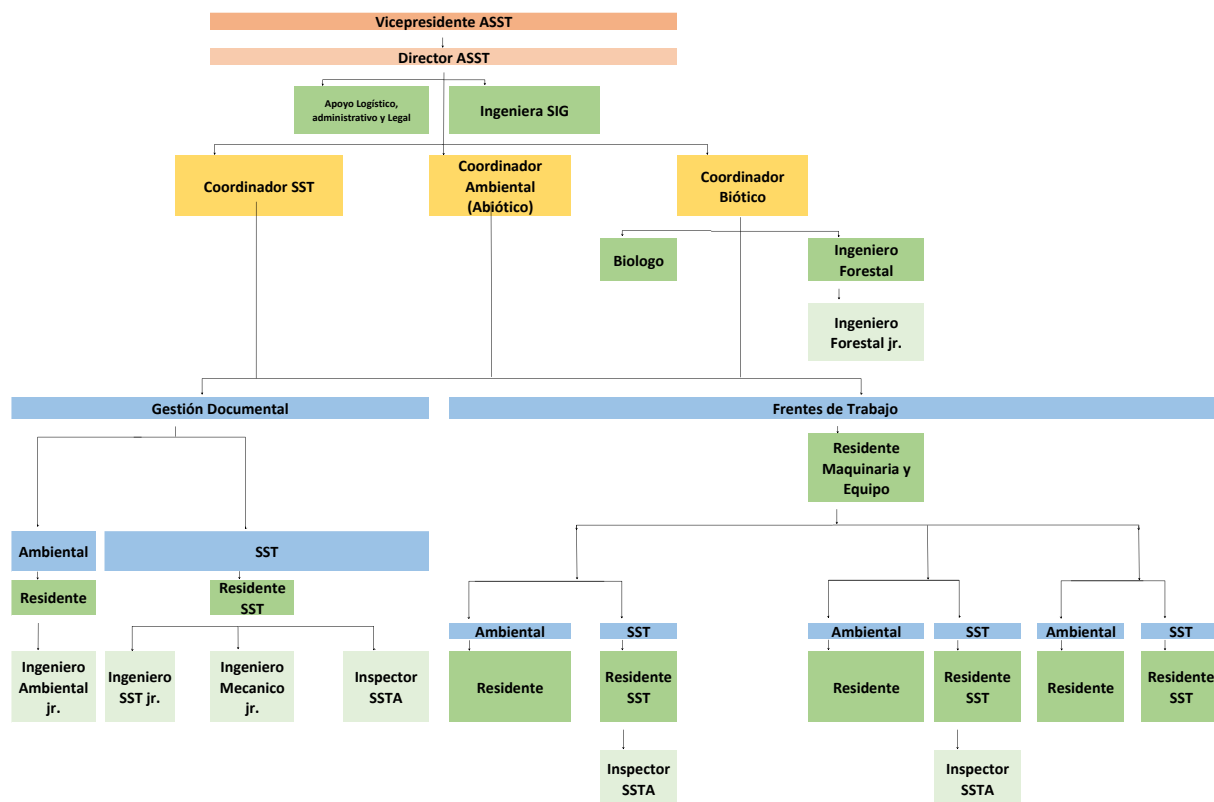


Figura 16 Organigrama de la Vicepresidencia ASST

Fuente: Metro Línea 1, 2022.