

## TABLA DE CONTENIDO

<b>2.2.23.2.1</b>	<b>NORMATIVIDAD APLICABLE</b>	2
2.2.23.2.1.1	Normatividad nacional	2
2.2.23.2.1.2	Normatividad internacional	3
<b>2.2.23.2.2</b>	<b>REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ</b>	5
<b>2.2.23.2.3</b>	<b>ASPECTOS RELEVANTES ASOCIADOS A LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ</b>	6
2.2.23.2.3.1	Línea 1 elevada (en construcción)	7
2.2.23.2.3.2	Línea 1 subterránea (estudio inicial)	9
<b>2.2.23.2.4</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	10

## LISTA DE TABLAS

*Tabla 1. Áreas abastecidas por sistemas de distribución PCO PLMB*

*Tabla 2. Características grupos de bombeo pozos aguas lluvias y drenajes*

## LISTA DE FIGURAS

*Figura 1. Áreas de cubierta sistema evacuación aguas pluviales PCO*

**2.2.23.2 CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL - REDES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS**

<b>Disciplina 2:</b>	<b>Centro de Control Operacional - Redes hidráulicas y sanitarias</b>
<b>Entregable de referencia:</b>	<b>Entregable 14 / ET23</b>

**2.2.23.2.1 NORMATIVIDAD APLICABLE****2.2.23.2.1.1 Normatividad nacional**

Tomando en consideración la localización de la L2MB para el caso de las redes hidráulicas y sanitarias de Estaciones y Edificios

- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB-ESP. (2020). Norma técnica de servicio NS-068: "Conexiones domiciliarias de alcantarillado". Bogotá.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB-ESP. (2017). Norma técnica de servicio NS-057: "Cunetas y canaletas de drenaje superficial". Bogotá.
- Empresa de Acueducto y alcantarillado de Bogotá EAAB-ESP. (2020). Norma Técnica de Servicio NS-085: "Criterios de diseño de sistemas de alcantarillado". Bogotá.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB-ESP. (2020). Norma Técnica de Servicio NS-030: "Lineamientos para trabajos topográficos". Bogotá.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB-ESP. (2020). Norma técnica de servicio NS-054: "Presentación de diseños de sistemas de alcantarillado". Bogotá.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB-ESP. (2020). Norma Técnica de Servicio NS-028 Presentación de diseños de acueducto. Bogotá.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB-ESP. (2005). Norma Técnica de Servicio NS-033 Criterios para diseño de Red Matriz. Bogotá.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB-ESP. (2019). Norma Técnica de Servicio NS-036 Criterios para diseño de red de acueducto secundaria y menor distribución. Bogotá
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB-ESP. (2006). Norma Técnica de Servicio NS-060 Criterios de diseño de anclajes en redes de acueducto y alcantarillado. Bogotá.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB-ESP. (2019). Norma Técnica de Servicio NS-077 Cajas para accesorios de acueducto. Bogotá.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB-ESP. (2008). Norma Técnica de Servicio NP-011 Accesorios para acueducto. Bogotá.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB-ESP. (2006). Norma Técnica de Servicio NS-097 Criterios de diseño de estaciones de bombeo de alcantarillado. Bogotá.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB-ESP. (2002). Norma Técnica de Servicio NS-083 Criterios de diseño de estaciones de bombeo para acueductos. Bogotá.

- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB-ESP. (2009). Norma Técnica de Servicio NS-128 Lineamientos Generales para Diseño y Construcción de Instalaciones Hidrosanitarias Internas y Sistemas Contra - Incendio. Bogotá.

Además de las normas anteriormente referidas, a nivel nacional se tienen los siguientes documentos de referencia que reglamentan y brindan directrices respecto a redes internas hidrosanitarias

- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2017). Resolución 330 de 2017 “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005 y 2320 de 2009” - RAS 2017-
- Instituto Colombiano De Normas Técnicas Y Certificación (2017), Norma NTC 1500 Código Colombiano de Fontanería, Bogotá

Por último, estas son las normas nacionales aplicables al Sistema Contra Incendios del proyecto:

- Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10 (v.2019), correspondiente a la tercera actualización, expedida por medio del Decreto 926 del 19 de marzo de 2010. Reglamento de Construcciones Sismo-Resistentes o la norma vigente en caso de actualización.
- RAS Título B Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – Título B.
- NTC 2885 (v.2009) Extintores portátiles contra incendios.
- NTC 1669 (v.2009) Norma para la instalación de conexiones de mangueras contra incendio.
- NTC 2301 (v.2011) Norma para la instalación de sistemas de rociadores.
- NTC 2702 (v.1997) Hidrantes de cuerpo seco contra incendios.
- NTC 2050 (v.1998) Código Eléctrico Colombiano.
- RETIE (v.2013) Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.
- Normativa urbanística de aplicación de los municipios que atraviesa el sistema férreo a diseñar, incluyendo sus Planes de Ordenamiento Territorial vigentes al momento de realizar los diseños.
- Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP.
- NTC 6047 – Accesibilidad al Medio Físico.
- NTC 414 – Accesibilidad a Edificios y Espacios Urbanos.
- NTC 5183 – Ventilación para una calidad aceptable del aire en espacios interiores
- NTC 4139 – Por el cual se reglamenta la accesibilidad a los modos de transporte a la población en general y en especial de las personas con discapacidad.
- Normas y Especificaciones vigentes de Diseño y Construcción de EAAB, ETB, ENEL
- Ley 361 de 1997 – Por la cual se establecen mecanismos de integración social de las personas en situación de discapacidad y se dictan otras disposiciones.

#### 2.2.23.2.1.2 Normatividad internacional

- Institute of Electrical and electronics engineers. IEEE (2017) Guide for safety in AC substation grounding. New York
- Institute of Electrical and electronics engineers. IEEE (2010) Protection against lightning. Part 3, Physical damage to structures and life hazard. Ginebra
- Institute of Electrical and electronics engineers. IEEE (2019) Recommended practice for grounding of industrial and commercial power systems. New York
- Institute of Electrical and electronics engineers. IEEE (2019) Recommended practice for powering and grounding electronic equipment. New York
- International Association of Plumbing and Mechanical Officials (2021) National Standard Plumbing Code Ontario, USA

Además se presentan las normas internacionales aplicables al Sistema Contra Incendios del proyecto:

- NFPA 130 (v. 2020): Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems. National Fire Protection Association.
- NFPA 1 (v.2021): Fire Code.
- NFPA 101 (v.2021): Life Safety Code.
- NFPA 70 (v.2020) National Electric Code (NEC).
- NFPA 10 (v.2022) Portable Fire Extinguishers.
- NFPA 12 (v.2022) Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems
- NFPA 13 (v.2022) Standard for the Installation of Sprinkler Systems.
- NFPA 14 (v.2019) Standpipe and Hose Systems.
- NFPA 15 (v.2022) Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection.
- NFPA 20 (v.2022) Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection.
- NFPA 22 (v.2018) Standard for Water Tanks for Private Fire Protection.
- NFPA 24 (v.2022) Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and their Appurtenances.
- NFPA 25 (v. 2020) Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems
- NFPA 30 (v.2021) Flammable and Combustible Liquids Code.
- NFPA 30A (v. 2021) Code for Motor Fuel Dispensing Facilities and Repair Garages
- NFPA 72 (v.2022) National Fire and Signaling Code.
- NFPA 80 (v.2022) Standard for Fire Doors and Other Opening Protectives.
- NFPA 170 (v.2021) Standard for Fire Safety and Emergency Symbols.
- NFPA 221 (v.2021) Standard for High Challenge Fire Walls, Fire Walls, and Fire Barrier Walls.
- NFPA 2001 (V.2022) Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems.
- UL Underwriter Laboratories" Fire Protection Equipment Directory.
- FM Factory Mutual.
- Normas UIC - International Union of Railways.
- Eurocodes. CEN. European Committee for Standarization.
- Normas EN.

### 2.2.23.2.2 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ

<b>Entregables de referencia:</b>	No se encontró un documento específico del Centro de Control de Operaciones -CCO- No se encontraron entregables de referencia para las redes hidrosanitarias del Centro de Control Operacional -CCO-	
<b>Actividades desarrolladas en el marco del estudio de prefactibilidad:</b>	En el marco de la prefactibilidad se planteó la opción de compartir el CCO con la Primera Línea del Metro de Bogotá -PLMB- o tener un edificio aparte para la Línea 2 del Metro de Bogotá L2MB.  Teniendo en cuenta lo anterior, no se encontraron planteamientos de redes hidrosanitarias para el CCO de la L2MB.	
<b>Conclusiones del estudio de prefactibilidad:</b>	N/a	
<b>Ítem</b>	<b>Aspectos relevantes</b>	<b>¿Cómo atenderlos en el marco de la asesoría técnica?</b>
<b>Definición de localización del CCO de L2MB</b>	Como aspecto relevante para los sistemas hidrosanitarios del CCO de la L2MB, en primera instancia se debe definir la localización final del centro toda vez que de esta definición dependen la asignación de áreas en el plan arquitectónico y los requerimientos dotacionales, equipos y características de las redes.	En el Marco de la asesoría técnica se espera definir la localización del CCO mediante una revisión interdisciplinaria que evaluará la mejor alternativa desde los puntos de vista operativos, logísticos, técnicos y económicos
<b>Definición de requerimientos operacionales y dotacionales del CCO</b>	Tal como se mencionó previamente, dentro de los documentos de la prefactibilidad asociados a CCO no se presenta una definición de la localización ni una definición de parámetros operativos que permita realizar una estimación de requerimientos dotacionales y de infraestructura.	Dentro del marco de la asesoría técnica, se buscará definir de manera interdisciplinaria áreas y parámetros operativos del CCO que permitan definir las características técnicas requeridas para los sistemas hidrosanitarios y posteriormente unas cantidades y costos asociados.

Aspectos críticos por atender	A corto plazo para el desarrollo de las actividades de ingeniería conceptual (Aval Técnico y Fiscal – Fase 2)	A mediano plazo para el desarrollo de las actividades de Estudios y Diseños para la Estructuración (Fase 3)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Definición de la mejor alternativa de ubicación del CCO para la L2MB.</li> <li>● Definición de requerimientos y parámetros operativos para el para la definición de las características técnicas de redes hidrosanitarias de estaciones y edificios.</li> <li>● Planteamiento, definición de equipos y dimensionamientos de redes hidrosanitarias para el CCO.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Definición de requerimientos y parámetros operativos para el para la definición de las características técnicas de redes hidrosanitarias del CCO según la alternativa escogida.</li> <li>● Diseño detallado de redes hidrosanitarias para zonas de servicio, baños y áreas de lavado según la alternativa escogida</li> <li>● Definición de áreas, elementos y tipo de sistemas para el drenaje de aguas provenientes de infiltración de estaciones según la alternativa escogida.</li> <li>● Diseño detallado de redes de drenaje y definición de características técnicas, mecánicas y eléctricas de las redes hidrosanitarias según la alternativa escogida.</li> <li>● Definición de puntos de conexión y empalme para solicitud de viabilidad de servicio para el CCO y edificios L2MB.</li> </ul>
<b>Interfaces:</b>	Interfaces con: Diseños Arquitectónicos, diseños estructurales, diseños electromecánicos y redes de servicios públicos	
<b>CAPEX y OPEX</b>	No se encontraron estimaciones específicas de redes hidrosanitarias para el CCO	
<b>Otros aspectos relevantes:</b>		

### 2.2.23.2.3 ASPECTOS RELEVANTES ASOCIADOS A LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ

### 2.2.23.2.3.1 Línea 1 elevada (en construcción)

Para el caso de la PLMB elevada, el Producto 7 “Puesto de Control de Operaciones -PCO-” presenta el dimensionamiento de redes hidrosanitarias diseñadas siguiendo lo estipulado en las Normas Técnicas Colombianas -NTC-. En general, las redes hidrosanitarias buscan dotar todos aquellos aparatos hidrosanitarios dispuestos en la Estación Calle 26 y el PCO que se encuentran interconectados entre sí.

Las redes hidrosanitarias del PCO abastecen y evacuan las aguas de las siguientes áreas:

- Cuarto de aseo
- Cocina
- Baños hombres
- Baños movilidad reducida
- Ducha 1
- Ducha 2
- Baños mujeres
- Baño 1
- Baño 2
- Baño 3
- Ducha 1

Para el abastecimiento del conjunto de áreas las redes hidrosanitarias de presentan los siguientes componentes:

- Diámetro Acometida: 3" PVC
- Diámetro medidor: 2 1/2"
- Sistema de almacenamiento Agua Potable: Un tanque en la estación Calle 26 V=10,0 m<sup>3</sup>, y un tanque en el PCO V= 9,0 m<sup>3</sup>
- Sistema de almacenamiento Agua Recirculada: Un tanque de 15 m<sup>3</sup>
- Sistema de Abastecimiento: dos Sistemas con tanque hidroacumulador y dos bombas (principal y de respaldo)
- Sistema internos de distribución: Dentro de este componente, el planteamiento de diseño realiza la diferenciación entre las áreas abastecidas desde el tanque de agua potable y las áreas abastecidas desde el tanque de agua recirculada

Tabla 1. Áreas abastecidas por sistemas de distribución PCO PLMB

Sistema	Áreas abastecidas
Agua Potable	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Cocina</li> <li>○ Baños hombres</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Baños movilidad reducida</li> <li>○ Ducha 2</li> <li>○ Baños mujeres</li> <li>○ Baño 1</li> <li>○ Baño 2</li> <li>○ Baño 3</li> <li>○ Ducha 1</li> </ul>
Agua Recirculada	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Cuarto de aseo</li> <li>○ Baños hombres</li> <li>○ Baños movilidad reducida</li> <li>○ Baños mujeres</li> <li>○ Baño 1</li> <li>○ Baño 2</li> <li>○ Baño 3</li> </ul>

Para el total de las áreas abastecidas , se utilizó tuberías en PVC y CPVC.

- Sistema internos de distribución: El sistema interno de evacuación de agua residual se encarga de recibir todas las aguas provenientes de sanitarios, orinales, duchas, sifones de piso, lavamanos, lavaplatos y pocetas de la totalidad de las áreas del PCO. Para este sistema utilizó tuberías en PVC-S
- Evacuación aguas pluviales: Respecto al sistema de evacuación de aguas pluviales, para el PCO se identificaron tres áreas de cubierta que se drenan mediante bajantes y colectores para finalmente descargar a cajas de inspección y entregar a la red externa de alcantarillado. El material de los colectores y bajantes corresponde a PVC

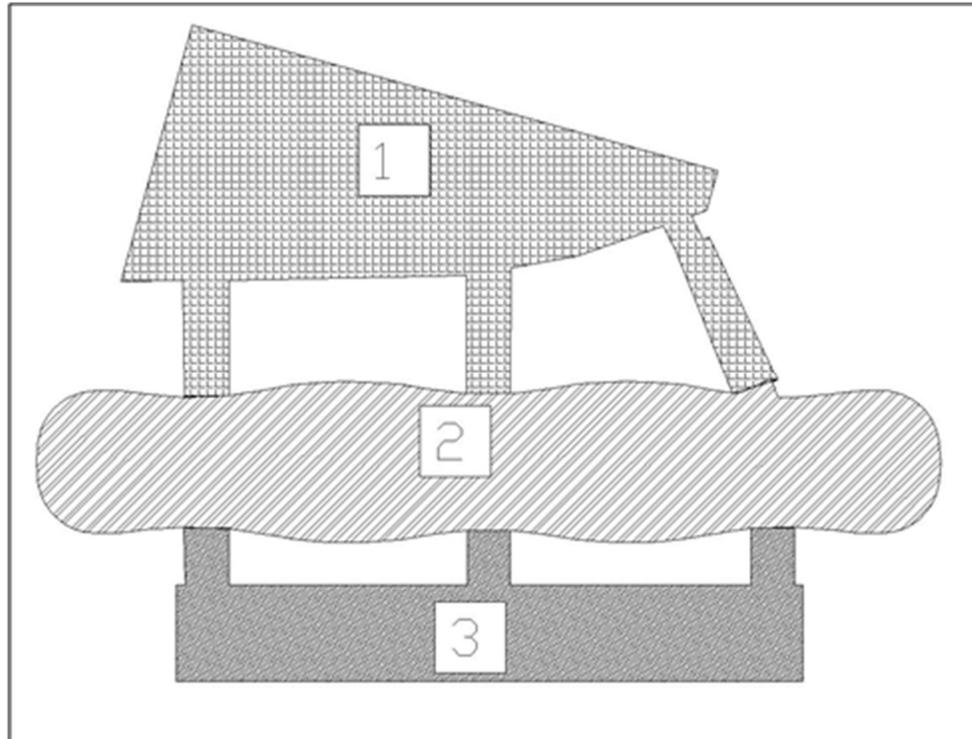


Figura 1. Áreas de cubierta sistema evacuación aguas pluviales PCO

#### 2.2.23.2.3.2 Línea 1 subterránea (estudio inicial)

Para el caso de la PLMB subterránea, el Producto 17 “Puesto de Control de Operaciones” presenta el dimensionamiento de redes hidrosanitarias diseñadas siguiendo lo estipulado en las Normas Técnicas Colombianas -NTC-. En general, las redes hidrosanitarias buscan dotar todos aquellos aparatos hidrosanitarios dispuestos en edificio con caudal y calidad de agua suficiente para el funcionamiento de los mismos y evacuar las aguas residuales derivadas de los usos.

De manera general, el sistema de redes hidrosanitarias del PCO presenta los siguientes componentes:

- Acometida: Diámetro 1/2"
- Sistema de acumulación: Dos tanques de 1,5 m<sup>3</sup> en PRFV de 1,20 m de diámetro y 1,40 m de altura.
- Sistema de Abastecimiento: Grupo de presión con funcionamiento de 55 m<sup>3</sup>/h @ 43 mca
- Sistema internos de distribución y evacuación de aguas residuales: Los sistema de distribución y de evacuación de aguas residuales (redes internas) abastecen y reciben las aguas residuales cualquier aparato como sanitarios, orinales, duchas, sifones de piso, lavamanos, lavaplatos y pocetas. Para las redes se utilizó tuberías en PVC y CPVC para los sistemas de distribución y PVC-S para los sistemas de evacuación de agua residual.
- Sistema de bombeo de aguas residuales: Los sistemas de evacuación de aguas residuales descargan a un a un sistema de acumulación que, posteriormente mediante un sistema de bombeo, entrega el agua a la red de alcantarillado principal. El sistema está compuesto por un pozo de 1,60 m<sup>3</sup> y dos equipos de bombeo (principal y respaldo) de 5,00 l/s @15,00 mca.
- Evacuación aguas pluviales: Dentro de los estudios presentados en el Producto 17, se dimensionan colectores y bajantes de aguas lluvias (en material PVC-P) para el edificio. El sistema recoge las aguas lluvias de cubiertas y las conduce a un pozo de bombeo.
- Drenaje de Pantallas: El PCO dimensionado en este estudio cuenta con un sótano destinado para la disposición de equipos; teniendo en cuenta lo anterior, se dispusieron cunetas perimetrales que se encargan de recibir el agua infiltrada y conducirla a pozos de Bombeo
- Sistema de Bombeo de aguas pluviales y de drenaje: Tal como se mencionó previamente, los sistemas de evacuación de aguas pluviales y de drenaje de pantallas descargan el agua a tres pozos de bombeo que entregan a la red de alcantarillado de la EAAB-ESP. Las características principales de este sistema son las siguientes:

Tabla 2. Características grupos de bombeo pozos aguas lluvias y drenajes

Grupo	Características
Bombeo 1 Pozo Almacenamiento 1	3,05 l/s @ 15,00 mca 6,60 m <sup>3</sup>
Bombeo 2 Pozo Almacenamiento 2	5,01 l/s @ 15,0 mca 11,00 m <sup>3</sup>
Bombeo 3 Pozo Almacenamiento 3	4,05 l/s @ 15,00 mca 9,70 m <sup>3</sup>

Dentro de los documentos encontrados no se evidenciaron sistemas de reusos o recirculación de agua.

#### 2.2.23.2.4 CONCLUSIONES

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

- No se encontraron entregables de referencia para el componente de redes hidrosanitarias del CCO de la L2MB.
- En el estudio de factibilidad se debe realizar una definición multidisciplinaria enfocada en definir la mejor alternativa de localización del CCO.
- A partir de la localización definitiva, se realizará el dimensionamiento de las redes y se definirán los equipos a utilizar en el sistema de redes hidráulicas y sanitarias del CCO.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

## TABLA DE CONTENIDO

<b>2.2.23.3 ET23 - CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL - ESTRUCTURAS</b>	<b>3</b>
<b>2.2.23.3.1 NORMATIVIDAD APLICABLE</b>	<b>3</b>
2.2.23.3.1.1 Normatividad nacional	3
2.2.23.3.1.2 Normatividad Internacional	3
<b>2.2.23.3.2 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ</b>	<b>4</b>
<b>2.2.23.3.3 ASPECTOS RELEVANTES DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA PRIMERA LINEA DEL METRO DE BOGOTÁ</b>	<b>6</b>
2.2.23.3.3.1 Línea 1 elevada (en construcción)	6
2.2.23.3.3.2 Línea 1 subterránea (estudio inicial)	7
2.2.23.3.3.2.1 Normativa	7
2.2.23.3.3.2.2 Materiales	8
2.2.23.3.3.2.3 Cargas de diseño	8
2.2.23.3.3.2.4 Combinaciones de carga	12
2.2.23.3.3.2.5 Descripción de la estructura	14
2.2.23.3.3.2.6 Cuantías de acero	15
<b>2.2.23.3.4 BENCHMARK (experiencias internacionales)</b>	<b>15</b>
2.2.23.3.4.1 Centro de control de operaciones Caracas Venezuela	15
2.2.23.3.4.2 Puesto central de control Ciudad de México	16
<b>2.2.23.3.5 CONCLUSIONES</b>	<b>16</b>

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-L02-IFU-M-0001\_VF

## LISTA DE TABLAS

*Tabla 1. Cuantía de acero CCO línea 1 subterránea*

## LISTA DE FIGURAS

*Figura 1. Modelo CCO línea 1 elevada*

*Figura 2. Planta localización de columnas*

### 2.2.23.3 ET23 - CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL - ESTRUCTURAS

<b>Disciplina 3:</b>	<b>Centro de Control Operacional - Estructuras</b>
<b>Entregable de referencia:</b>	<b>Entregable 14 / ET23 Centro de Control Operacional</b>

#### 2.2.23.3.1 NORMATIVIDAD APLICABLE

##### 2.2.23.3.1.1 Normatividad nacional

Las normas nacionales que serán utilizadas en los diseños de factibilidad de estructuras son las siguientes:

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.
- Decretos modificatorios del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10: Decreto 2525 del 13 de julio de 2010, el Decreto 0092 del 17 de enero de 2011, el Decreto 0340 del 13 de febrero de 2012 y el Decreto 0945 del 05 de junio de 2017.
- Decreto Distrital 523 de diciembre 16 de 2010, Por el cual se adopta la Microzonificación Sísmica de Bogotá D. C.
- Recomendaciones para requisitos sísmicos de estructuras diferentes de edificaciones AIS 180-13.
- Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción, para proyectos de infraestructura vial y de espacio público para Bogotá D.C. - ET-IC-01.
- Normas SISTEC de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado, Agua y Aseo de Bogotá.
- Especificaciones técnicas de Construcción INVIAS – 2014.

##### 2.2.23.3.1.2 Normatividad Internacional

Las normas internacionales que serán utilizadas como referencia en los diseños de factibilidad de estructuras son las siguientes:

- Reglamento de concreto estructural ACI 318S-14.
- Specification for Structural Steel Buildings AISC 360-16
- NFPA-130: Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems. National Fire Protection.
- NFPA 101: National Fire Protection Association 101, Life Safety Code.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-L02-IFU-M-0001\_VF

- Normas UIC. International Unión Railways.
- Eurocodes. CEN. European Committee for Standardization.
- Normas EN.
- AWS D1.1 Structural Welding Code - Steel. 2015.
- AWS D1.5 Bridge Welding Code - Steel. 2010.

### 2.2.23.3.2 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ

<b>Entregables de referencia:</b>	No se presenta un entregable del Centro de Control Operacional dentro de la prefactibilidad de la L2MB con los diseños estructurales; únicamente se menciona que quedará un Centro de Control Operacional en el Patio Taller.	
<b>Actividades desarrolladas en el marco del estudio de prefactibilidad:</b>	No se presenta un entregable del Centro de Control Operacional dentro de la prefactibilidad de la L2MB con los diseños estructurales.	
<b>Conclusiones del estudio de prefactibilidad:</b>	<p>A continuación se presentan puntos a tomar en cuenta que deben ser mejorados en desarrollo de los estudios de factibilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No es posible realizar una validación de planteamiento debido a que no se presentan diseños estructurales del Centro de Control de Operaciones.</li> </ul>	
<b>Ítem</b>	<b>Aspectos relevantes</b>	<b>¿Cómo atenderlos en el marco de la asesoría técnica?</b>
<b>Normatividad aplicada para el diseño estructural</b>	No se presenta un entregable del Centro de Control Operacional dentro de la prefactibilidad de la L2MB con los diseños estructurales.	Se tendrá en cuenta la normatividad descrita en el presente numeral para el diseño a nivel de factibilidad para el Centro de Control Operacional.
<b>Memorias de Cálculo estructural</b>	No se presenta un entregable del Centro de Control Operacional dentro de la prefactibilidad de la L2MB con los diseños estructurales.	Se presentarán Memorias de Cálculo de prediseño estructural a nivel de factibilidad para el Centro de Control Operacional.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-L02-IFU-M-0001\_VF

<b>Planos</b>	No se presenta un entregable del Centro de Control Operacional dentro de la prefactibilidad de la L2MB con los diseños estructurales.	Se presentarán Planos de prediseño estructural a nivel de factibilidad para el Centro de Control Operacional.
<b>Cantidades</b>	Se estima el área de intervención de las Obras a realizar. No se presentan cantidades de cada uno de los materiales a emplear.	Se presentará una estimación de las cantidades de los materiales a nivel de factibilidad para el Centro de Control Operacional.
<b>Aspectos críticos por atender</b>	<p><b>A corto plazo para el desarrollo de las actividades de ingeniería conceptual (Aval Técnico y Fiscal – Fase 2)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Determinar las áreas de construcción.</li> <li>● Determinar las densidades de kilos de acero por metro cúbico de concreto (kg/m3) a fin de determinar las cantidades de acero de cada elemento estructural.</li> <li>● Determinar el listado de cantidades preliminar.</li> </ul>	<p><b>A mediano plazo para el desarrollo de las actividades de Estudios y Diseños para la Estructuración (Fase 3)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Realizar el listado de cantidades de materiales a nivel de factibilidad.</li> <li>● Realizar memorias de cálculo de prediseño estructural a nivel de factibilidad.</li> <li>● Realizar planos de prediseño estructural a nivel de factibilidad.</li> </ul>
<b>Interfaces:</b>	Interfaces con las áreas de: Arquitectura, Geotecnia, Hidráulica, Mecánica, Eléctrica y Vías.	
<b>CAPEX y OPEX</b>	En el CAPEX se calcula el valor del CCO de acuerdo a proyectos de referencia en Europa y Asia, con una conversión monetaria a Diciembre del 2020. No se tuvo en cuenta el valor por m <sup>2</sup> que pueden costar la construcción de la estructura en Colombia.	

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-L02-IFU-M-0001\_VF

<b>Otros aspectos relevantes:</b>	-
-----------------------------------	---

### 2.2.23.3.3 ASPECTOS RELEVANTES DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA PRIMERA LINEA DEL METRO DE BOGOTÁ

#### 2.2.23.3.3.1 Línea 1 elevada (en construcción)

Dentro del patio taller se ubica un puesto de control de operaciones con las siguientes características:

El Edificio de Puesto de Control está diseñado para construirse con acero estructural, de dos niveles, que consta de vigas y columnas metálicas tipo IPE. El sistema de entrepiso y cubierta está compuesto por placas tipo Steel Deck y está conformado por viguetas de entrepiso metálicas PHR 2C (Cajón). El edificio tiene una longitud total de 20,0 m, un ancho de 12,70 m aproximadamente y una altura de de 4,50 m.

El sistema estructural está diseñado como: en el sentido transversal como Pórticos Arriostrados Concéntricos DMI (PAC-DMI) y en el sentido longitudinal como Pórticos Resistentes a Momento DMO (PRM-DMO).

Para el prediseño del CCO se realizó un modelo tridimensional en SAP2000 como se muestra a continuación:

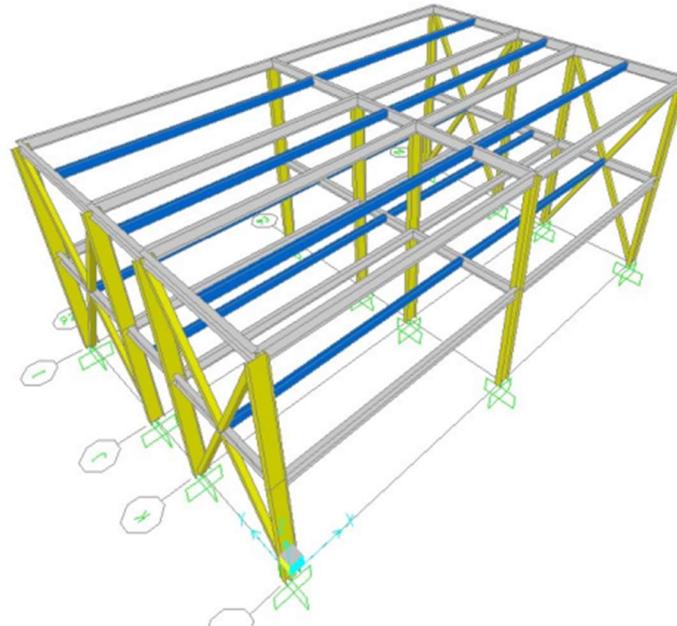


Figura 1. Modelo CCO línea 1 elevada

En el informe de la PLMB se encontró que una de las edificaciones del Patio Taller corresponde al CCO de respaldo, en este informe se encuentra el listado de normas aplicadas, materiales, memorias de cálculo y planos de diseño básicos.

#### **2.2.23.3.3.2 Línea 1 subterránea (estudio inicial)**

##### **2.2.23.3.3.2.1 Normativa**

Se encuentra que la normativa de diseño con la que se desarrolló el estudio de CCO es la siguiente:

- Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Año 2010, Decreto N° 926 de 2010. Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes
- Decreto N° 340 de 2012 por el cual se modifica parcialmente el Reglamento de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10.
- Decreto 92 del 17 de enero de 2011 que modificó el decreto 926 de 2010
- Decreto 523 de 16 de Diciembre de 2010 “Microzonificación Sísmica de Bogotá D.C”.
- Código colombiano de diseño sísmico de puentes CCDSP 200-94. Año 1995.

Debido a que es una estructura especial se contó con una normatividad de apoyo

- Normas Técnicas Colombianas – NTC
- AASHTO LRFD 2012 Bridge Design Specifications. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- ACI 318R-11 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. American Concrete Institute
- AISC 360-05 Specification for structural Steel buildings. American Institute of Steel Construction.
- Comité Europeo de Normalización. Eurocódigos EN-1990 a EN-1999
- Publication FHWA-NHI-10-034 U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration

#### 2.2.23.3.3.2.2 Materiales

Las calidades de los materiales empleados son:

- Concreto  $f_c$  35 MPa
- Acero de refuerzo corrugado  $f_y=420$  MPa
- Acero de preesforzado grado 270  $f_y= 1860$  MPa
- Acero estructural A-36  $f_y$  250 MPa
- Acero estructural A-572  $f_y= 345$  MPa
- Acero estructural A-500

#### 2.2.23.3.3.2.3 Cargas de diseño

Las cargas definidas (Producto 17- Proyecto de diseño del puesto central de operaciones- Anexo 7. Estructuras,2015, p.10) y citadas textualmente del documento son:

- Carga muerta

La carga permanente consiste en el peso de la totalidad de la estructura, incluyendo las cargas muertas que gravitan sobre la misma. Las fuerzas netas de preesfuerzo deben incluirse dentro de la carga muerta. El peso propio de las estructuras se ha estimado considerando el volumen de las mismas y las siguientes densidades para cada uno de los materiales:

- Concreto armado: 2.400 Kg/m<sup>3</sup>
- Acero estructural: 7.800 Kg/m<sup>3</sup>.

- Carga Viva

Las cargas vivas producidas por el uso y ocupación que se han considerado son:

- Carga en vestíbulos y escaleras de valor 5 kN/m<sup>2</sup>.
- Cargas en zonas de oficinas de valor 5 kN/m<sup>2</sup>
- Cargas en zonas de almacenamiento 12,0 kN/m<sup>2</sup>
- Carga de agua en zona de aljibe 12,0 kN/m<sup>2</sup>

- Empuje de tierras y presión hidrostática

Se consideran todas estas fuerzas según descrito en el capítulo B.5 del reglamento NSR-10. En este apartado se consideran las acciones originadas por el terreno de relleno, sobre el muro perimetral de la planta sótano.

También se considera la posible presencia de sobrecargas de uso, actuando en la coronación de los terraplenes, que ocasionan un incremento de los pesos y empujes transmitidos por el terreno al elemento portante. A efectos del cálculo del empuje del terreno sobre elementos de la estructura en contacto con él se considera actuando en la parte superior del relleno, una sobrecarga de 10 kN/m<sup>2</sup>.

El valor de esta acción se obtiene a partir de las siguientes características del terreno de relleno:

- $\gamma_d = 20 \text{ kN/m}^3$
- $c = 0$
- $\varphi = 30^\circ$

Las cargas de presión hidrostática son las procedentes de los niveles máximos de carga en el aljibe, en tanto que la variación del nivel freático y subpresión en losa, no se considera, al encontrarse el nivel freático a una cota inferior a la de la losa de cimentación, como se indica en el documento de geotecnia del edificio PCC.

- Fuerza de Viento

Para el cálculo del empuje del viento se considera el método recogido en el Reglamento NSR-10, que en el capítulo B.6 indica la forma de diseñarse el sistema principal de resistencia de fuerzas de viento.

- Fuerzas sísmicas

La amenaza sísmica para el sismo de diseño se trabaja de acuerdo con lo estipulado en la Microzonificación Sísmica de Bogotá según lo indicado en el decreto 523 de 2011, la cual define los sismos de análisis para estudios particulares de respuesta sísmica para la ciudad.

Para las estructuras que no están enterradas las fuerzas sísmicas sobre la estructura se consideran a partir de lo indicado en la normativa NSR-10 y la microzonificación sísmica de Bogotá (MSB) en términos de espectros de respuesta de aceleración para sistemas de un grado de libertad de acuerdo con los tipos de suelos encontrados a la largo del proyecto.

La amenaza sísmica se hace de acuerdo con la norma sismo resistente colombiana NSR10 y la microzonificación sísmica de Bogotá, las cuales contemplan un movimiento del terreno con un periodo de retorno de 50 años con una probabilidad de excedencia del 10% lo que equivale a un periodo de retorno de 475 años.

La obra se sitúa en la zona geotécnica “Lacustre 200” correspondiente a la Microzonificación de Bogotá D.C. Los parámetros del espectro asociado a esta zona son:

	Fa	Fv	Tc	Tl	Ao
ALUVIAL-200	1.05	2.10	1.28	3.50	0.16

El edificio se encuentra incluido dentro del grupo de uso IV, por lo que consideramos un coeficiente de importancia  $I = 1,50$

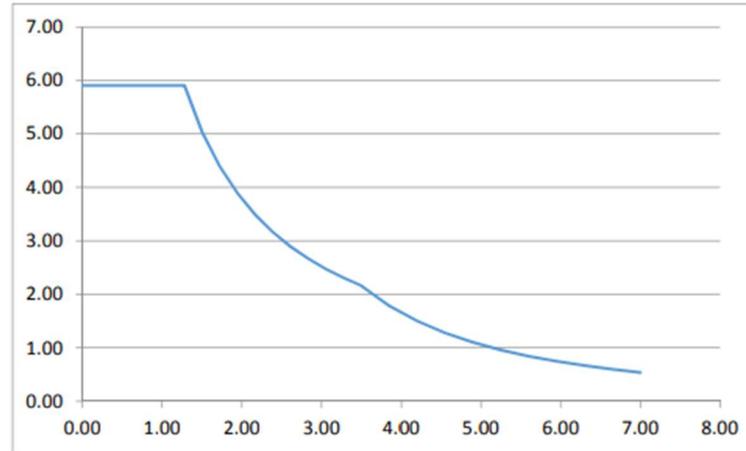
El nivel de amenaza sísmica en Bogotá DC es intermedio, por lo que se adopta:

- Aceleración horizontal  $A_a = 0,15$
- Velocidad horizontal  $A_v = 0,20$

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

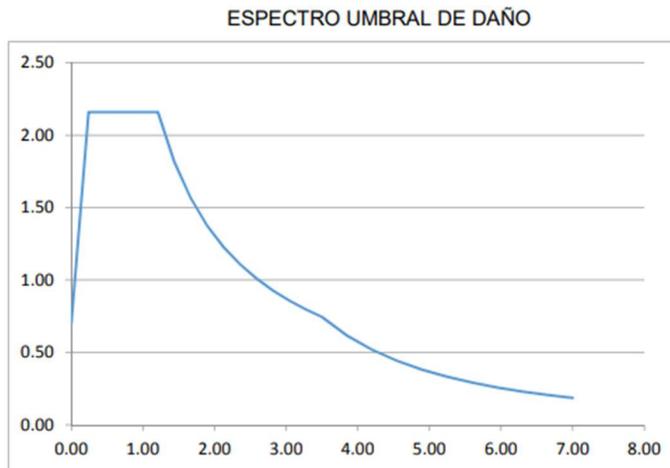
E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-L02-IFU-M-0001\_VF

ESPECTRO DE DISEÑO



Para definir el espectro umbral de daño, los parámetros a considerar en la zona del edificio PCC son:

	Fa	Fv	To	Tc	Tl	Ao
ALUVIAL-200	1.20	2.90	0.24	1.21	3.50	0.07



#### 2.2.23.3.3.2.4 Combinaciones de carga

Las combinaciones para el diseño de la estructura son las referentes al título B de la NSR-10 para el estado límite de resistencia y de servicio.

Las combinaciones definidas en (Producto 17- Proyecto de diseño del puesto central de operaciones- Anexo 7. Estructuras,2015, p.15) y citadas textualmente son::

- Estados límite de servicio

A continuación se indican las combinaciones de carga para ser utilizadas en las verificaciones del estado límite de servicio.

- B.2.3-1      D+F
- B.2.3-2      D+F+H+L+T
- B.2.3-3      D+H+F+(Lr ó G ó Le)
- B.2.3-4      D+H+F +0,75·(L+T)+0,75·(Lr ó G ó Le)
- B.2.3-5      D+H+F+W
- B.2.3-6      D+H+F+0,7·E
- B.2.3-7      D+H+F +0,75·(W+L)+0,75·(Lr ó G ó Le)
- B.2.3-8      D+H+F +0,75·(0,7·E)+0,75·L+0,75·(Lr ó G ó Le)
- B.2.3-9      0,6·D+W+H
- B.2.3-10     0,6·D+0,7·E+H

- Estados límite de resistencia

A continuación se definen las combinaciones de carga mayoradas usando el método de resistencia.

El diseño de las estructuras, sus componentes y cimentaciones debe hacerse de tal forma que sus resistencias de diseño igualen o excedan los efectos producidos por las cargas mayoradas en las siguientes combinaciones:

- B.2.4-1      1,4·D
- B.2.4-2      1,2·D+1,6·L+0,5·(Lr ó G ó Le)
- B.2.4-3      1,2·D+1,6·(Lr ó G ó Le)+(L ó 0,5·W)
- B.2.4-4      1,2·D+1,0·W+1,0·L+0,5·(Lr ó G ó Le)
- B.2.4-5      1,2·D+1,0·E+1,0·L
- B.2.4-6      0,9·D+1,0·W+1,6·H
- B.2.4-7      0,9·D+1,0·E+1,6·H

### 2.2.23.3.3.2.5 Descripción de la estructura

El CCO es un edificio de concreto reforzado que cuenta con 4 plantas y 1 sótano. El bloque principal del edificio CCO tiene forma paralelepípedica, con planta trapezoidal condicionada por el urbanismo.

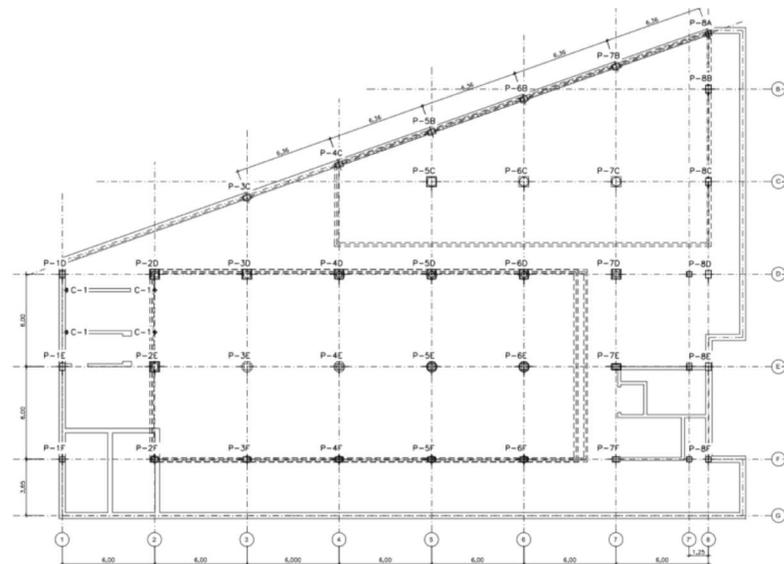


Figura 2. Planta localización de columnas

- Columnas

Las columnas tienen dimensiones variables, en general poseen una geometría rectangular, pero en aquellos lugares en los que la arquitectura sugiere contornos redondeados, sin aristas, se han dispuesto columnas circulares.

- Losa de cimentación

Consiste en una losa maciza de 0,60 m de espesor. Esta losa se encuentra apoyada sobre el terreno, con la interposición de una capa de concreto de limpieza y nivelación.

- Losa piso 1 a Cubierta

Consiste en una losa maciza de 0,24 m de espesor.

#### 2.2.23.3.3.2.6 Cuantías de acero

Para la elaboración del presupuesto del prediseño del CCO se considero las siguientes cuantías:

Tabla 1. Cuantía de acero CCO línea 1 subterránea

Elemento	Cuantía de acero (kg/m <sup>3</sup> )
Losa cimentación	84
Losa P1	146
Rampa P1	117
Losa P2	165
Losa P3	163
Losa P4	116
Losa P5	117

#### 2.2.23.3.4 BENCHMARK (experiencias internacionales)

##### 2.2.23.3.4.1 Centro de control de operaciones Caracas Venezuela

El edificio del CCO del metro de Caracas lleva el nombre de José González Lander. Se encuentra ubicado en el cruce de la avenida Universidad con la Avenida Sur 5, La Hoyada. La estructura está compuesta por tres edificaciones construidas en tres terrenos separados entre sí por calles. El Centro de Control (lote noreste) contiene el Centro de Control de todo el Sistema Metro, auditorio, biblioteca y espacios múltiples. El otro de planta triangular, contiene la Gerencia Ejecutiva de Operaciones y Mantenimiento y otros servicios. En el lote nor-oeste se proyectó la construcción de la Sede Administrativa, con una entrada adicional a la Estación La Hoyada, a través de una plaza pública.

La información que presentamos sobre el Metro de Caracas fue tomada de la página de internet: <https://fundaayc.wordpress.com>

#### **2.2.23.3.4.2 Puesto central de control Ciudad de México**

El 9 de enero de 2021 en el puesto central de operaciones de la Línea 1 a la 6 de Ciudad de México se registró un incendio lo cual provocó la afectación de 99 estaciones. Según investigaciones el incendio fue originado por una falla en los transformadores. Este acontecimiento llevó a la instalación de un PCC emergente y el restablecimiento del servicio en tres semanas, pero se estima que solo hasta el 2022 se podrá contar con un nuevo PCC. Esta afectación fue de gran magnitud debido a que estas líneas no contaban con un PCC de contingencia.

La información que presentamos sobre el Metro de Caracas fue tomada de la página de internet: <https://www.forbes.com.mx>

#### **2.2.23.3.5 CONCLUSIONES**

- No se presenta un entregable del Centro de Control Operacional dentro de la prefactibilidad de la L2MB con los diseños estructurales.
- El informe de factibilidad de la Primera Línea del Metro de Bogotá Elevada presenta información de normatividad aplicada, cargas, combinaciones de cargas y memorias de cálculo básicas que permiten tener una referencia para el desarrollo de la factibilidad del CCO de la L2MB.
- El informe de la Primera Línea del Metro de Bogotá Subterránea presenta información de normatividad aplicada, cargas , combinaciones de cargas y memorias de cálculo básicas que permiten tener una referencia para el desarrollo de la factibilidad del CCO de la L2MB.
- Se presentarán Memorias de Cálculo, planos y cantidades de prediseño estructural a nivel de factibilidad para el Centro de Control Operacional.
- La estructura del CCO pertenece al Grupo de Uso IV según la NSR-10.
- El presente informe comprende el componente estructural y es complementario al presentado por las áreas de arquitectura, mecánica, eléctrica, hidráulica y geotecnia.
- Se presenta la experiencia internacional de manera indicativa, el diseño estructural de edificaciones es ampliamente conocido en el país y seguirá los lineamientos de la NSR-10 teniendo en cuenta que son estructuras de tipo de uso IV.



## TABLA DE CONTENIDO

<b>2.2.23.1 NORMATIVIDAD APLICABLE</b>	<b>2</b>
<b>2.2.23.2 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ</b>	<b>4</b>
<b>2.2.23.3 APECTOS RELEVANTES ASOCIADOS A LA PRIMERA LINEA DEL METRO DE BOGOTÁ</b>	<b>8</b>
<b>2.2.23.4 REVISIÓN DE EXPERIENCIAS PREVIAS INTERNACIONALES Y APLICACIÓN AL CASO DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ</b>	<b>8</b>
2.2.23.4.1 DLP (cubos con retroproyección):	8
2.2.23.4.2 Pantallas Planas LED	8
2.2.23.4.3 Tipo de TCO en proyectos recientemente en servicio o en curso de desarrollo:	9
2.2.23.4.5 Ejemplos de TCO:	10
<b>2.2.23.5 CONCLUSIONES</b>	<b>12</b>

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

### 2.2.23 CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL

<b>Disciplina:</b>	<b>Centro de Control de Operación</b>
<b>Entregable de referencia:</b>	<b>Entregable 14 / ET23-CCO</b>

#### 2.2.23.1 NORMATIVIDAD APLICABLE

Las principales normas aplicables están listadas en las siguientes tablas. La lista completa será desarrollada durante la fase 3 de la asesoría especializada.

<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
EN ISO 7250-1	Medición del cuerpo humano para el diseño tecnológico.
EN ISO 11064-1	Diseño ergonómico de centros de control: principios del diseño de centros de control.
EN ISO 11064-2	Diseño ergonómico de los Centros de Control - Principios de la solución de la solución de control.
EN ISO 11064-3	Diseño ergonómico de los centros de control: diseño de la sala de control.
EN ISO 11064-4	Diseño ergonómico de centros de control: posicionamiento y dimensionamiento de lugares de trabajo.
EN ISO 11064-5	Diseño ergonómico de centros de control: pantallas y controles.
EN ISO 11064-6	Diseño ergonómico de los centros de control. Requisitos ambientales para los centros de control.
EN ISO 11064-7	Diseño ergonómico de los centros de control: principios para la evaluación de los centros de control.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

ISO/IEC 11801	Tecnología de la información: cableado genérico para las instalaciones del cliente.
EN ISO 12944	Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems
EN ISO 9241-110	Ergonomics of human-system interaction
EN ISO 9241-129	Ergonomics of human-system interaction
EN ISO 9241-171	Ergonomics of human-system interaction
EN ISO 9241-210	Ergonomics of human-system interaction
IEC 60850	Railway applications - Supply voltages of traction systems
EN 60721	Clasificación de las condiciones ambientales.
IEC 60870-5	Equipos y sistemas de telecontrol. Parte 5: Protocolos de transmisión. Todas las sub-secciones
IEC 60870-6	Equipos y sistemas de telecontrol. Parte 6: Protocolos de telecontrol compatibles con las normas ISO y las recomendaciones del UIT-T. Todas las subsecciones
IEC 61508	Seguridad funcional de los sistemas eléctricos / electrónicos / electrónicos programables relacionados con la seguridad (E / E / PE o E / E / PES)
IEC 61131	Controladores lógicos programables (PLC).
RFC 4492	Elliptic Curve Cryptography (ECC) Cipher Suites for Transport Layer Security (TLS).
RFC 2572- 2573- 2574- 2575	Estandar SNMP
TIA/EIA-606-A	Estandar para cableado estructurado
UL 60950-1	Information technology equipment - Safety - Part 1: General Requirements

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

ISO 8995-1	Lighting of work places - part 1: indoor
ISO/IEC 18013-3	Information technology - personal identification - iso-compliant driving license - part 3: access control, authentication and integrity validation

### 2.2.23.2 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ

<b>Entregable de referencia:</b>	Producto 6 – Propuesta de integración de Sistemas infraestructura Metro ferroviarias Entregable 10 – Propuesta de integración de Sistemas infraestructura Metro ferroviarias / Informe de Sistemas y Operación	
<b>Actividades desarrolladas en el marco del estudio de prefactibilidad:</b>	<p>El Centro de control será compuesto de las siguientes funciones principales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Supervisión y control de la circulación de los trenes en línea principal y en el Patio-Taller. (subsistema Automatic Train Supervisión – ATS vinculada con el CBTC).</li> <li>• Supervisión y Control de la energía (SCADA) - Energía) (sistemas de Alimentación de Alta Tensión, Media Tensión, Alimentación Tracción para los Trenes y Alimentación Baja Tensión para estaciones y edificios).</li> <li>• Supervisión de la seguridad e Información a los pasajeros en las estaciones y en los Trenes (CCTV, interfonía y megafonía, información visual).</li> <li>• Supervisión y Control de los equipos en estaciones (SCADA).</li> </ul> <p>Por lo tanto, el proveedor del CCO, suministrará el sistema de control y supervisión de Energía (SCADA-Energía) y el sistema de control y supervisión de los equipos en estación (SCADA Estación) e integrará en el CCO, las funciones de comunicación y la función de supervisión de tráfico, parte del del sistema de señalización y control de trenes.</p> <p>Además, el CCO principal, habrá un CCO de respaldo con las mismas funciones, ubicado en el edificio del patio Taller. El CCO debe garantizar homogeneidad al nivel de las IHM y prever un Tablero de Control Óptico (TCO) que permite la visualización de los datos de tráfico, Energía y CCTV</p>	
<b>Conclusiones del estudio de prefactibilidad:</b>	El estudio de prefactibilidad describe las funciones principales que tendrá el CCO sin embargo faltan desarrollar los requisitos básicos de los sistemas SCADA, los requisitos relacionados con la organización y la ergonomía de los puestos en las salas de control.	
<b>Ítem</b>	<b>Aspectos relevantes</b>	<b>¿Cómo atenderlos en el marco de la asesoría técnica?</b>

<b>Requerimientos operacionales</b>	Falta el desarrollo de los requerimientos operacionales que especifican las funcionalidades de alto nivel requeridas al nivel del centro operacional. Estos requerimientos se declinan luego en requisitos funcionales y técnicos en las especificaciones de cada sistema.	En el inicio la fase 3 o durante la fase 2, se debe desarrollar un documento que abarca los requerimientos operacionales que especifican las funcionalidades de alto nivel requeridas al nivel del centro operacional.
<b>Requerimientos de mantenimiento</b>	Falta el desarrollo de los requerimientos de mantenimiento que se declinan en requisitos técnicos y desempeño al nivel del diseño de cada sistema.	Al inicio de la fase 3 o durante la fase 2, se debe desarrollar un documento que abarca los requerimientos de mantenimiento de nivel requeridos para el mantenimiento de los sistemas.
<b>Ergonomía de la IHM</b>	Faltan requisitos relacionados con la Carta Gráfica y Ergonómica de las IHM.	Al inicio de la fase 3 o durante la fase 2, se debe desarrollar un documento que abarque los requerimientos relacionados con el desarrollo de las IHM requerida para la operación y mantenimiento de la línea.
<b>Organización de las salas de operación y mantenimiento</b>	Faltan requisitos relacionados con la ergonomía de los puestos de trabajo y organización de las salas de control y de capacitación.	Al inicio de la fase 3 o durante la fase 2, se debe desarrollar un documento que abarca los requerimientos relacionados con la organización y la ergonomía de los puestos de todas las salas que sean salas de operación, de mantenimiento o de capacitación.
<b>Locales técnicos centrales</b>	Faltan requisitos relacionados con las salas técnicas centrales tipos Data Center.	Al inicio de la fase 3 o durante la fase 2, se debe desarrollar un documento que abarca los requerimientos asociados a la organización de las salas centrales de servidores (Data Center) en término de reglas de disposición de los armarios, las canalizaciones, aire acondicionado, entre otros
<b>Ciberseguridad</b>	Faltan requerimientos de alto nivel relacionados con la ciberseguridad.	Al inicio de la fase 3 o durante la fase 2, se debe desarrollar un documento que abarca los requisitos relacionados con la ciberseguridad.
<b>Supervisión Tráfico otra línea</b>	Se solicita tener una pantalla adicional de supervisión de tráfico en el CCO.	Habrà que definir con el cliente en qué puesto se requiere esta Pantalla (control de tráfico, supervisor u otro).
<b>TCO</b>	En general el TCO debe presentar el sinóptico de la red energía tracción, donde está previsto la visualización de la red MT. ¿Habrà un TCO específico para la red de distribución Media tensión?	Por aclarar con el cliente. Si es el caso, se especificará el TCO asociado.

<b>TCO</b>	En muchas redes de Metro el TCO para la seguridad y vigilancia son independientes. ¿Habrá un TCO específico para la seguridad y vigilancia?	Por Aclarar con el cliente. Si es el caso, se especificará el TCO asociado.
<b>Organización general del CCO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opción 1: Ubicación independiente del CCO PLMB</li> <li>• Opción 2: Compartir el mismo CCO que PLMB</li> </ul>	Durante la fase 2 se debe tomar una definición al respecto. Se recomienda mantener los CCO separados con operadores diferentes.
<b>Aspectos críticos por atender:</b>	<p><b>A corto plazo para el desarrollo de las actividades de ingeniería conceptual (Aval Técnico y Fiscal – Fase 2):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Analizar el diseño de la L1.</li> <li>- Tener un retorno de experiencia L1.</li> </ul>	<p><b>A mediano plazo para el desarrollo de las actividades de Estudios y Diseños para la Estructuración (Fase 3):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir los requerimientos operacionales.</li> <li>- Definir los requerimientos de mantenimiento.</li> <li>- Definir los requerimientos relacionados con la ergonomía de las salas de control y de capacitación y organización de los equipos.</li> <li>- Definir los requerimientos con los locales técnicos centrales (tipo Data Center).</li> <li>- Definir los requerimientos relacionados con la ergonomía y carta gráfica de las IHM</li> <li>- Desarrollar las matrices de interfaces entre sistemas y entre sistemas y obras Civiles.</li> </ul>
<b>Interfaces:</b>	El nivel de desarrollo de las interfaces en el estudio prefactibilidad es muy bajo. Habrá que desarrollar las matrices de interfaces que identifiquen todas las interfaces y definir una arquitectura conceptual con diagramas mostrando el conexionado lógico y físico entre los diferentes sistemas.	
<b>CAPEX y OPEX</b>	<p><b><u>Metodología Punto 3.32</u></b></p> <p>Según nuestro análisis la metodología utilizada de Kilómetro de línea genera un margen de error sobre el CAPEX debido a que en general el sistema de comando y supervisión de sistemas está basado en instalaciones repartidas en lugares como estaciones y edificios (CCO, Taller, CDC, SER).</p>	

	El CAPEX será consolidado durante la fase 2 y 3 de este proyecto. Sin embargo, según nuestra experiencia, en base de proyectos equivalentes, realizados en latín América, se observa que el CAPEX del estudio de prefactibilidad está estimado a 30% por encima de lo esperado.
<b>Otros aspectos relevantes:</b>	<p>En el estudio de prefactibilidad, no se ha desarrollado la parte control de accesos y alarmas para los recintos críticos y la zona perimetral del Taller. Esta función, en general, forma parte del sistema de comando y supervisión. Tampoco hubo un desarrollo relacionado con el sistema de gestión del mantenimiento.</p> <p>Al inicio de la fase 3 o durante la fase 2 de la asesoría especializada, se debe definir la estrategia de licitación de los sistemas. Esto tendrá un impacto en el desarrollo de las especificaciones funcionales y técnicas de los sistemas y de sus interfaces. Por ejemplo, el proyecto L7 de Santiago ha decidido, para simplificar la gestión de las interfaces entre el sistema comando y supervisión y sistema de Energía, colocar el SCADA Energía en un mismo paquete de licitación junto con el sistema eléctrico.</p>

### 2.2.23.3 APECTOS RELEVANTES ASOCIADOS A LA PRIMERA LINEA DEL METRO DE BOGOTÁ

En el CCO de la L2MB se debe disponer de una pantalla permitiendo la visualización de la circulación de trenes de la línea PLMB. Habrá que definir en qué puesto se requiere esta Pantalla.

### 2.2.23.4 REVISIÓN DE EXPERIENCIAS PREVIAS INTERNACIONALES Y APLICACIÓN AL CASO DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ

En el marco de este proyecto habrá que definir el tipo de TCO requerido para las diferentes salas de control.

En los proyectos en curso de desarrollo o recientemente en servicio se ha implementado una de las 2 siguientes soluciones de videowall:

#### 2.2.23.4.1 DLP (cubos con retroproyección):

Para la solución DLP existen actualmente dos tecnologías en base de tecnología LED y otra en Base de tecnología Láser. La más avanzada es la solución en base a la tecnología Láser.

Para la solución en base a pantallas planas, se recomienda el uso de la tecnología LED.

#### 2.2.23.4.2 Pantallas Planas LED

Las pantallas planas LED tienen las ventajas de ocupar menos espacio y de tener un costo de mantenimiento muy reducido pero una vida útil (10 años según lo indicado por el proyecto Sidney) reducida en comparación con la solución DLP.

La tecnología DLP es hasta la fecha el mejor compromiso en términos de homogeneidad de la imagen, confiabilidad y durabilidad para el uso solicitado (24 horas al día, 7 días a la semana).

Para línea 7 del Metro de Santiago está previsto:

- Un TCO con solución DLP y tecnología láser debido al uso intensivo del TCO (24h, 7 días la semana)
- Para todas las otras salas pantallas planas de tecnología LED

El futuro proyecto de L7 de Santiago ha definido por ejemplo instalar la solución DLP en el CCO principal y una solución de tipo pantallas LED planas en la sala de CCO de respaldo y las otras salas (sala Capacitación por ejemplo).

#### 2.2.23.4.3 Tipo de TCO en proyectos recientemente en servicio o en curso de desarrollo:

Proyecto	Tecnología
Proyecto Grand Paris	Pantallas Retroproyeccion (DLP - Laser).
Proyecto Doha	Pantallas LED Backlight plana (NEC). videowall de 4x6 pantallas de 55 pulgadas
Proyecto Dubai-Ext	Retroproyección (DLP-LED).
Proyecto Sidney	Pantallas LED plana (CADWALK). 32.5m x 3.6m
Santiago L7 (CCO)	Retro-proyección (DLP-Laser).
Santiago L7 (otros sitios)	Pantallas LED plana.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

#### 2.2.23.4.5 Ejemplos de TCO:



1. Sidney

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF



2. Sidney

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF



3. Doha

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF



4. Dubai

#### 2.2.23.5 CONCLUSIONES

El estudio de prefactibilidad para el CCO está muy poco desarrollado y por ende existe un gran número de indefiniciones, detalladas en el capítulo correspondiente. En la fase 2 de la asesoría, habrá que tomar definiciones relacionadas con la organización general del CCO, la ubicación adecuada para el CCO principal y el CCO de respaldo, desarrollo de una gestión centralizada de las informaciones operacionales de todas las líneas (Permanencia General) y del Mantenimiento a través de un Centro de Control del Mantenimiento (CCM). En las fases posteriores, se debe complementar el estudio de prefactibilidad con, la definición de los requerimientos de alto nivel para la operación y mantenimiento, luego la definición de los requerimientos asociados a la organización de los puestos en las salas de control y capacitación, y asociados a la ergonomía de las IHM. También definirá una arquitectura conceptual de interconexión entre sistemas para el desarrollo de la matriz de interfaces. Por último, se definirá la frontera entre el SCADA-Energía y SCADA estación en término de control comando de la energía de tracción y definir los requerimientos básicos para el sistema de control de acceso y alarmas.

NB: no se presenta en el documento correspondiente un análisis detallado de los documentos técnicos elaborados para contratar la concesión de la PLMB (apéndices técnicos, preguntas y respuestas) pero se afirma que se tomarán en cuenta estos documentos para la definición y redacción de las especificaciones técnicas relacionadas con la ET correspondiente

## TABLA DE CONTENIDO

<b>2.2.23 ET23 - CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL</b>	<b>2</b>
<b>2.2.23.5.1 NORMATIVIDAD APLICABLE</b>	<b>2</b>
2.2.23.5.1.1 Normatividad nacional	2
2.2.23.5.1.1 Normatividad internacional	2
<b>2.2.23.5.2 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ</b>	<b>3</b>
<b>2.2.23.5.3 ASPECTOS RELEVANTES ASOCIADOS A LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ</b>	<b>5</b>
<b>2.2.23.5.4 BENCHMARK (experiencias internacionales)</b>	<b>5</b>
2.2.23.5.4.1 Centro de control de operaciones Caracas Venezuela	5
2.2.23.5.4.2 Puesto central de control Ciudad de México	5
2.2.23.5.4.3 Centro de control Metro de Lima	6
2.2.23.5.4.4 Centro de control Metro de Santiago	6
2.2.23.5.4.5 Centro de control Metro de Panamá	7
2.2.23.5.4.6 Centro de control Metro de Quito	8
2.2.23.5.4.7 Centro de control Metro de Barcelona	8
<b>2.2.23.5.5 CONCLUSIONES</b>	<b>9</b>

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001\_VF

## 2.2.23 ET23 - CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL

<b>Disciplina 5:</b>	<b>Centro de Control Operacional - Energía eléctrica</b>
<b>Entregable de referencia:</b>	<b>Entregable 14 / ET23</b>

### 2.2.23.5.1 NORMATIVIDAD APLICABLE

#### 2.2.23.5.1.1 Normatividad nacional

A continuación, se relaciona la normatividad y especificaciones que se deben tener en cuenta para el desarrollo de los estudios:

- RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. Se tendrá en cuenta en los diseños de instalaciones eléctricas en los aspectos de selección de equipos, distancias de seguridad, puesta a tierra y seguridad de las instalaciones para proteger la vida humana, animal y vegetal.
- RETILAP: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público. Se tendrá en cuenta para los diseños de iluminación de áreas exteriores e interiores,
- NTC 2050: Código Eléctrico Colombiano. Se tendrá en cuenta en los diseños de las redes e instalaciones eléctricas.
- NTC 4552: Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (Rayos). Se tendrá en cuenta en los estudios de apantallamiento y protección contra rayos.
- Normatividad operador de red Enel - Codensa SA ESP. Se tendrá en cuenta en los diseños de redes de distribución de alta, media y baja tensión y alumbrado público.

#### 2.2.23.5.1.1 Normatividad internacional

En cuanto a normatividad internacional, para el desarrollo de este estudio se han considerado las siguientes:

- NFPA 110 “Norma para Sistemas de Energía de Reserva y de Emergencia”. Se tendrá en cuenta en los diseños de sistemas de respaldo en los casos de falta del sistema normal de energía.
- NFPA 130 “Norma para sistemas de tránsito sobre rieles fijos y sistemas de transporte ferroviario de pasajeros”. Versión 2020. Se tendrá en cuenta para los diseños de sistemas de alimentación de energía para operación de los trenes.
- NFPA 101 “Código de seguridad humana - Life Safety Code”. Versión 2021. Se tendrá en cuenta para los diseños y especificación de los materiales y equipos según el tipo de clasificación en cada una de las áreas de las edificaciones (alta concentración de personas).
- EN/UNE Normas de la Comunidad Europea - CENELEC. Se tendrán en cuenta para los diseños de redes e instalaciones eléctricas (exteriores e interiores) y la selección y especificación de equipos.
- IEC: International Electrotechnical Commissioning. Se tendrán en cuenta para los diseños de redes e instalaciones eléctricas (exteriores e interiores) y la selección y especificación de equipos.
- NFPA 70 National Electrical Code edición 2020. Se tendrán en cuenta para los diseños de redes e instalaciones eléctricas (exteriores e interiores) y la selección y especificación de equipos.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001\_VF

- IES “Illuminating Engineering Society” Standards documents. Se tendrá en cuenta para los diseños de iluminación de áreas exteriores e interiores.

### 2.2.23.5.2 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ

Se revisaron los entregables que contienen información relacionada con las redes eléctricas del Centro de Control Operacional.

<b>Entregables de referencia:</b>	Producto 6 – Propuesta de integración de Sistemas infraestructura Metro ferroviarias / Entregable 10 – Propuesta de integración de Sistemas infraestructura Metro ferroviarias   Informe de Sistemas y Operación.	
<b>Actividades desarrolladas en el marco del estudio de prefactibilidad:</b>	<p>En la etapa de prefactibilidad se propone realizar un CCO totalmente redundante, con dos ubicaciones capaces de realizar todas sus funciones. Se propone el CCO de respaldo en el edificio del patio taller.</p> <p>El CCO se compone de las siguientes funciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Supervisión y control de la energía (SCADA - Energía) (sistemas de alimentación de alta tensión, media tensión, alimentación tracción para los trenes y alimentación baja Tensión para estaciones y edificios.</li> <li>- Supervisión y control de los equipos en estaciones (SCADA).</li> </ul>	
<b>Conclusiones del estudio de prefactibilidad:</b>	<p>A continuación se listan los comentarios generales en relación al Entregable 10 – Propuesta de integración de Sistemas infraestructura Metro ferroviarias   Informe de Sistemas y Operación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No se identifica normatividad aplicada.</li> <li>- No se identifican las características técnicas de los equipos eléctricos internos de las edificaciones.</li> <li>- No se presentan planos con la localización de los elementos eléctricos.</li> </ul>	
<b>Ítem</b>	<b>Aspectos relevantes</b>	<b>¿Cómo atenderlos en el marco de la asesoría técnica?</b>

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001\_VF

<b>Normatividad aplicada</b>	En el estudio de prefactibilidad no se menciona la normatividad aplicada para la alimentación eléctrica del CCO.	En la etapa de factibilidad se aplicará la normatividad RETIE, RETILAP, NTC 2050, NTC 4552 EU/CEN, IEC y Normatividad operador de red Enel - Codensa SA ESP vigente para el diseño de las instalaciones internas y externas asociadas al CCO.
<b>Definición de requerimientos operacionales y dotacionales del CCO</b>	Tal como se mencionó previamente, dentro de los documentos de la prefactibilidad asociados a CCO no se presenta una definición de la localización ni una definición de parámetros operativos que permita realizar una estimación de requerimientos dotacionales y de infraestructura.	Dentro del marco de la asesoría técnica, se buscará definir de manera interdisciplinaria las áreas y parámetros operativos del CCO que permitan definir las características técnicas requeridas para los sistemas eléctricos y posteriormente unas cantidades y costos asociados.
<b>Aspectos críticos por atender</b>	<p><b>A corto plazo para el desarrollo de las actividades de ingeniería conceptual (Aval Técnico y Fiscal – Fase 2)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Definición de la mejor alternativa de ubicación del CCO para la L2MB.</li> <li>Definición de requerimientos y parámetros operativos para la definición de las características técnicas de redes eléctricas y equipos asociados para el CCO.</li> <li>Planteamiento, definición de equipos y dimensionamiento de las redes eléctricas del CCO.</li> <li>Ofrecer características de mantenibilidad, eficiencia energética, obligatoriedad de la documentación y disponibilidad.</li> </ul>	<p><b>A mediano plazo para el desarrollo de las actividades de Estudios y Diseños para la Estructuración (Fase 3)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Definición del punto de conexión a cada una de las estaciones y diseño detallado de redes eléctricas en zonas específicas del CCO.</li> </ul>
<b>Interfaces:</b>	Interfaces con: arquitectura, comunicación y control, Scada de energía y estación y proyección de otras redes de servicios públicos.	

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001\_VF

CAPEX y OPEX	N/A
Otros aspectos relevantes:	-

### 2.2.23.5.3 ASPECTOS RELEVANTES ASOCIADOS A LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ

El sistema eléctrico incluye tres subestaciones receptoras conectadas a la red de 115 kV, propiedad de Enel - Codensa, para alimentar la línea del proyecto a través de dos anillos de distribución de media tensión en 34,5 kV. Los anillos de distribución alimentan las subestaciones de tracción y los centros de transformación para el suministro de la energía auxiliar de las estaciones, del CCO y del patio taller.

### 2.2.23.5.4 BENCHMARK (experiencias internacionales)

#### 2.2.23.5.4.1 Centro de control de operaciones Caracas Venezuela

El edificio del CCO del metro de Caracas lleva el nombre de José González Lander. Se encuentra ubicado en el cruce de la Avenida Universidad con la Avenida Sur 5, La Hoyada. La estructura está compuesta por tres edificaciones construidas en tres terrenos separados entre sí por calles. El Centro de Control (lote Noreste) contiene el Centro de Control de todo el Sistema Metro, auditorio, biblioteca y espacios múltiples. El recinto de planta triangular, contiene la Gerencia Ejecutiva de Operaciones y Mantenimiento y otros servicios. En el lote Noroeste se proyectó la construcción de la sede Administrativa, con una entrada adicional a la Estación La Hoyada, a través de una plaza pública.

En la información revisada no se encuentra evidencia que exista un centro de control de respaldo en el sistema del metro de Caracas. No se dispone de información de planimetría del centro de control.

La información que presentamos sobre el Metro de Caracas fue tomada de la página de internet: <https://fundaayc.wordpress.com>

#### 2.2.23.5.4.2 Puesto central de control Ciudad de México

El 9 de enero de 2021 en el puesto central de operaciones de la Línea 1 a la 6 de Ciudad de México se registró un incendio el cual provocó la afectación de 99 estaciones. Según investigaciones el incendio fue originado por una falla en los transformadores. Este acontecimiento llevó a la instalación de un PCC emergente y el restablecimiento del servicio en tres

semanas, pero se estima que solo hasta el 2022 se podrá contar con un nuevo PCC. Esta afectación fue de gran magnitud debido a que estas líneas no contaban con un PCC de contingencia.

En la información revisada no se encuentra evidencia que exista actualmente un centro de control de respaldo en el sistema del metro de México. No se dispone de información de planimetría del centro de control.

La información que presentamos sobre el Metro de México fue tomada de las páginas de internet:  
<https://www.forbes.com.mx>  
<https://www.controlrisks.com/es/our-thinking/spanish/incendio-en-el-centro-de-control-del-stc-metro>

#### **2.2.23.5.4.3 Centro de control Metro de Lima**

El puesto central de operaciones del metro de Lima se encuentra ubicado en el distrito Villa el Salvador. Desde allí se monitorea en tiempo real la gran cantidad de cámaras instaladas en las estaciones y otros lugares estratégicos, adicionalmente se controla el recorrido de los trenes y el funcionamiento de todo el sistema. Los controladores podrán regular la velocidad de los trenes (incluyendo la posibilidad de detenerlos en caso de emergencia), y estar al tanto de cualquier problema que se pudiera suscitar, como accidentes, fallas de funcionamiento, incendios, robos, sismos, etc.

En la información revisada no se encuentra evidencia que exista un centro de control de respaldo en el sistema del metro de Lima. No se dispone de información de planimetría del centro de control.

La información que presentamos sobre el Metro de Lima fue tomada de la página de internet: <http://desarrolloperuano.blogspot.com>

#### **2.2.23.5.4.4 Centro de control Metro de Santiago**

El centro de control de las líneas 3 y 6 y líneas futuras del metro de Santiago se encuentra ubicado en la estación Ñuñoa Combinación L6, en la esquina de las calles Pedro de Valdivia e Irarrázaval, y a sus alrededores se encuentran servicios municipales y centros comerciales, entre otros. Anteriormente todo el proceso de comunicaciones ante un evento o incidente se desarrollaba por medio del centro de comunicaciones capaz de controlar las líneas 1,2, 4, 4A y 5, ahora, el proyecto de líneas 6 y 3 incorpora una unidad transversal a la red actual y las futuras líneas. La Sala de Coordinación General, quién tomará control de aquellos eventos o incidentes de carácter transversal. El proyecto viene a unificar todo en un único sistema, que gobierne todos los medios de comunicación y la información que por ellos se emite.

Este sistema estará destinado a monitorear, controlar y operar las nuevas líneas. Su rol es velar por que el transporte de pasajeros se realice de acuerdo con un programa preestablecido de circulación, considerando la cantidad de trenes, sus tiempos y la frecuencia.

Este Centro de Control es distinto al Centro Integrado de Control (CIC), ya que incorpora nuevas funciones producto de la conducción centralizada y el pilotaje automático de las nuevas líneas.

Además, el CIC tiene a los operadores en filas, donde cada línea tiene a cargo una tarea, como el tráfico, las comunicaciones o la seguridad. En tanto, en el nuevo comando la organización es distinta, ya que cada operador tiene a cargo un tramo del tren subterráneo, integrando todas las tareas.

Incluye el control de los equipos de la alimentación eléctrica que suministra energía a los trenes de ambas líneas. Además, el sistema permite controlar el equipamiento de las estaciones, como ascensores, escaleras mecánicas, iluminación, ventilación, entre otros.

Con este sistema, por primera vez el comando centralizado tiene un centro de respaldo que posibilita operar en caso de fallas relevantes.

Por su parte, el soporte de energía (Sistema Scada) permite manejar el control de demanda del tren subterráneo, a través del cual se puede bajar los niveles de consumo de energía en toda la red.

Igualmente se tiene un puesto de comando y distribución de energía de respaldo en el centro de control ubicado en Ñuñoa. No se dispone de información de planimetría del centro de control.

La información que presentamos sobre el Metro de Santiago fue tomada de las siguientes páginas de internet:

<https://www.metro.cl/minisitio/linea-3-y-6/estaciones>

<https://www.plataformaurbana.cl/archive/2013/06/10/metro-lineas-3-y-6-tendran-moderno-centro-de-control/>

#### **2.2.23.5.4.5 Centro de control Metro de Panamá**

El Metro de Panamá tiene un trazo mayoritariamente en dirección norte-sur y une la Estación Terminal Nacional de Autobuses, en Albrook, con la estación San Isidro en el norte del Área Metropolitana de la ciudad de Panamá. Cuenta con una longitud de aproximadamente 16 kilómetros conformado por 14 estaciones, 2 terminales y una instalación de patios y talleres en el extremo de la Línea en el sector de Albrook, desarrollada en un área aproximada de 10 hectáreas. En esta misma área está ubicado el Centro de Control de Operaciones (CCO). Entre las funciones del CCO se encuentra la de garantizar la movilidad del servicio comercial en coordinación con los departamentos del área de operación y de mantenimiento; así como, supervisar el tráfico de trenes y el servicio en condiciones de seguridad. El metro de Panamá cuenta con un centro de control Auxiliar (CCA), estratégicamente instalado en la estación San Miguelito de Línea 1. En el CCA se opera la segunda línea del metro de Panamá que tiene una longitud de 21 kilómetros y 16 estaciones. Conecta con la Línea 1 en la estación San Miguelito.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001\_VF

En la información revisada no se encuentra evidencia que exista un centro de control de respaldo en el sistema del metro de Panamá. No se dispone de información de planimetría del centro de control.

La información que presentamos sobre el Metro de Panamá fue tomada de la página de internet: <https://www.elmetrodepanama.com>

#### **2.2.23.5.4.6 Centro de control Metro de Quito**

En la zona de patios se ubicará el Centro de Control de Operaciones Ferroviarias, cuya función será controlar la operación de los trenes, la supervisión y control de la seguridad en las estaciones, el mando del sistema de suministro de energía, además la supervisión de los sistemas auxiliares como escaleras mecánicas, ascensores, puertas de entrada, etc. En este Centro de Control de Operaciones Ferroviarias se ubicará también la central de comunicaciones que permitirá la comunicación entre trenes, plataformas, el personal en las estaciones y el personal de mantenimiento. El sistema contará también con líneas directas para comunicarse con otros servicios públicos como bomberos, servicios hospitalarios, policía, etc. Las funciones básicas del Centro de Control de Operaciones Ferroviarias será la de dirigir los trenes desde los patios hasta las líneas.

Para realizar las funciones de gestión y control de la Línea 1 de Metro de Quito se establecerá un único centro de control ubicado en el edificio auxiliar situado dentro del recinto del Depósito de Quitumbe.

La energía eléctrica del PCC será suministrada desde el Cuarto de Baja Tensión ubicado en el propio depósito de Quitumbe. Desde la planta de energía situada en este cuarto se distribuirá energía tanto trifásica como monofásica y de está tanto interrumpida (no regulada) como ininterrumpida (regulada), con soporte de baterías ubicado en dicho cuarto. Considerando la zona del PCC, se deberá realizar la distribución de energía a las instalaciones de alumbrado, climatización y fuerza, tanto de la sala de control y despachos anejos como del cuarto de equipos.

En la información revisada no se encuentra evidencia que exista un centro de control de respaldo en el sistema del metro de Quito. No se dispone de información de planimetría del centro de control.

La información que presentamos sobre el Metro de Quito fue tomada de la página de internet:

<https://metrodequito.gob.ec>

<http://www7.quito.gob.ec>

#### **2.2.23.5.4.7 Centro de control Metro de Barcelona**

El centro de control del metro de Barcelona CCM está ubicado en las dependencias de Sagrera calle Josep Estivill, con un área de 1130 m<sup>2</sup>. El CCM alberga hasta setenta lugares de trabajo y dispone de tres videomosaicos con pantallas digitales para recibir información en directo a través de las cámaras de seguridad que hay instaladas en accesos, ascensores,

escaleras, vestíbulos y andenes de las estaciones de metro de Barcelona. El CCM está dotado con un potente apoyo tecnológico, con medios de telecomando para todas las funciones que se llevan a cabo, un sistema de videovigilancia centralizado, etc. El centro de control tiene una carga de 2 MW, de los cuales 0,55 MW corresponden a la alimentación segura de SAI (sistemas de alimentación ininterrumpida).

El CCM tiene como misión gestionar todos los recursos que intervienen en la explotación de la red de metro, con el fin de garantizar el cumplimiento del servicio programado y actuar con la máxima eficacia en caso de incidencia. El centro controla las líneas 1, 2, 3, 4, 5, llamadas convencionales, y las nuevas líneas automáticas (L11 de metro y L9/10), uno de los motivos que han impulsado la ampliación de un centro que funciona las veinticuatro horas del día todo el año.

En la información revisada se identifica un nuevo Centro de Control de Metro CCM ubicado en la Sagregra, pero no se encuentra evidencia que exista un centro de control de respaldo en el sistema del metro de Barcelona. No se dispone de información de planimetría del centro de control.

La información que presentamos sobre el Metro de Barcelona fue tomada de la página de internet:

<https://www.tmb.cat>

<https://www.vialibre-ffe.com/noticias.asp?not=4177>

#### 2.2.23.5.5 CONCLUSIONES

- No se encontró un documento específico del Centro de Control de Operaciones.
- No se encontraron entregables de referencia para las redes eléctricas del Centro de Control Operacional.
- No se identificó diseño de instalaciones eléctricas y sus equipos de suplencia de potencia (respaldo), diseño de iluminación, ventilación y climatización.
- La información contenida en el estudio de pre-factibilidad será considerada como punto de partida para el desarrollo de la etapa de factibilidad del proyecto.
- Se tendrá en cuenta la normatividad descrita en el numeral 1 “Normatividad aplicable” para el diseño a nivel de factibilidad para el CCO.
- Se presentarán definiciones, memorias y planos a nivel de factibilidad de las redes eléctricas para el CCO.
- En las futuras etapas del estudio se deberá presentar el estudio de iluminación teniendo en cuenta las guías IES “Illuminating engineering society”, y un sistemas de control de iluminación para optimizar el consumo de energía. De igual forma, se recomienda tener en cuenta aspectos técnicos del diseño que brinden bienestar a las personas, pasajeros y trabajadores, como lo pueden ser la elección de la temperatura del color, la iluminación cenital, el factor de deslumbramiento, entre otros.
- En caso de requerirse trámites adicionales no descritos en el presente capítulo, estos serán adelantados por el Asesor en alcance de las especificaciones técnicas o, en caso contrario, informados a la FDN para que éste tome las acciones que considere pertinentes. Así mismo, en caso de identificarse trámites adicionales que deban realizarse en fase de obra, los mismos serán actualizados y descritos en los documentos del proyecto. (no incluye aprobación de proyectos serie ante el operador de red Enel - Codensa, ni diseños detallados de líneas de alta tensión, ni aprobación de estudios fotométricos por parte de la UAESP, en general no se incluyen trámites para productos que estén incluidos que estén incluidos dentro de los estudios y diseños fase III).
- Dentro de los aspectos relevantes de Benchmarks a tener en cuenta dentro de los estudios se tiene el metro México, el cual al presentarse un incendio en una subestación eléctrica del Centro de Control generó un colapso en el sistema de alimentación de energía de seis (6) de las doce (12) líneas, evidenciando la necesidad de proyectar en los diseños un CCO de respaldo localizado en un sitio diferente al CCO principal con la capacidad para realizar el control de todos los sistemas. en caso de presentarse una falla,

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001\_VF

avería o contingencia en el CCO principal. Estas experiencias deben incluirse dentro de los estudios de análisis, mitigación y manejo de riesgos del proyecto y de la gestión RAMS (confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad).

- En relación con Benchmarks del metro de Chile se tiene que ha incorporado un Centro de Control de Operaciones de respaldo al CCO principal con total autonomía e integración de todos los sistemas, el cual incluye el control de los equipos de la alimentación eléctrica, el control del equipamiento de las estaciones, como ascensores, escaleras mecánicas, iluminación, ventilación y equipos principales. Lo que evidencia la importancia de proyectar un CCO de respaldo total.
- No se dispone de información de planimetrías de los benchmarks relacionados por lo cual se han mencionado los aspectos relevantes más importantes.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

## **TABLA DE CONTENIDO**

### **2.2.23.5 CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL - REDES DE TELECOMUNICACIONES**

#### **2.2.23.5.1. NORMATIVIDAD APLICABLE**

##### **2.2.23.5.1.1 Normatividad nacional**

##### **2.2.23.5.1.2 Normatividad internacional**

#### **2.2.23.5.2. REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA L2MB**

#### **2.2.23.5.3. ASPECTOS RELEVANTES DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA PLMB**

#### **2.2.23.5.4. CONCLUSIONES**

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

## 2.2.23.5 CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL - REDES DE TELECOMUNICACIONES

Disciplina 5:	Centro de Control Operacional - Redes de telecomunicaciones
Entregable de referencia:	Entregable 14 / ET23

### 2.2.23.5.1. NORMATIVIDAD APLICABLE

#### 2.2.23.5.1.1 Normatividad nacional

A continuación, se relaciona la normatividad y especificaciones que se deben tener en cuenta para el desarrollo de los estudios:

- NTC 2050, "Código eléctrico Colombiano"
- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)
- NSR 10 capítulo J: Requisitos de protección contra incendios en edificaciones

#### 2.2.23.5.1.2 Normatividad internacional

En cuanto a normatividad internacional, para el desarrollo de este estudio se han considerado las siguientes:

- EIA/TIA-569C.0, "Commercial Building Standard for Telecommunications Pathways and Spaces"
- EIA/TIA-568C.1, "Commercial Building Telecommunications Wiring Standard"
- EIA/TIA-568C.2, "Balanced Twisted-Pair Telecommunications Cabling And Components Standard"
- EIA/TIA-568C.3 "Optical Fiber Cabling Components Standard"
- EIA/TIA 606, "The administration Standard of the Telecommunications Infrastructure of Commercial Building"
- EIA/TIA 607, "Commercial Building and Bonding Requirements for Telecommunications"
- TIA 942, "Telecommunications infrastructure Standard for Data Centers"
- ANSI/TIA/EIA-785-2001. 100 Mb/s Physical Layer Medium Dependent Sublayer and 10 Mb/s Auto-Negotiation on 850 nm Fiber Optics, especificaciones para Subcapa Dependiente de Medio de Capa Física de 100 Mb/s y auto negociación 10 Mb/s sobre Equipo de Fibra Óptica de 850 nm).
- TIA/EIA TSB125-2001. Guidelines for Maintaining Optical Fiber Polarity Through Reverse-Pair Positioning, guías para Mantener la Polaridad de la Fibra Óptica Por Medio del Posicionamiento de Par Invertido.
- TIA/EIA TSB130-2003 Generic Guidelines for Connectorized Polarization Maintaining Fiber and Polarizing Fiber Cable Assemblies for Use in Telecommunications Applications, Guías Genéricas para el Mantenimiento de la Polarización de Fibra Conectorizada y Polarización de Ensamblajes de Cable de Fibra para Uso en Aplicaciones de Telecomunicaciones.
- ANSI/TIA/EIA-598-B-2001 Optical Fiber Cable Color Coding, Colorimetría para Cable de Fibra Óptica.
- IEEE 802.3 Ethernet.
- NEMA VE-1 "Cable Tray Systems"

**Comentado [1]:** No se observan normas o procedimientos para la medición de los niveles de campo magnéticos generados por aparatos eléctricos en ambientes ferroviarios con relación a la exposición humana (EN 50500).  
(UNE EN 50121) (EN 61000-6-1) (ICNIRP)



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

- ITU-T G.651.1 Characteristics of a 50/125 µm multimode graded index optical fibre cable for the optical access network
- GR-1435-CORE: Generic Requirements for Multifiber Optical Connectors
- EN 50392 Norma genérica para demostrar el cumplimiento de los aparatos eléctricos y electrónicos con las restricciones básicas relativas a la exposición humana a los campos electromagnéticos (0 Hz - 300 GHz)
- UNE-EN 50500 Procedimientos de medida de los niveles de campos magnéticos generados por aparatos eléctricos y electrónicos en el entorno ferroviario en relación a la exposición humana.
- UNE-EN 50121 Aplicaciones ferroviarias, compatibilidad electromagnética.
- EN 61000 Compatibilidad electromagnética (CEM IEC 61000 series).
- ICNIRP- Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos ( hasta 300 GHz)

Específicamente para los sistemas de detección y alarma contra incendios se han considerado las siguientes:

- NFPA 72: National Fire Alarm and Signaling Code.
- NFPA 101: Life Safety Code
- NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems
- NFPA 11: Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam
- NEC: National Electrical Code
- UL: Underwriters laboratories
- FM: Factory mutual
- NRS10 - Títulos J y K
- NFPA 70 National Electrical Code edición 2020.

#### 2.2.23.5.2. REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA L2MB



Se revisaron los entregables que contienen información relacionada con las redes de telecomunicaciones y sistemas de detección y alarma contra incendios del Centro de Control Operacional.

<b>Entregables de referencia:</b>	Producto 6 – Propuesta de integración de Sistemas infraestructura Metro ferroviarias / Entregable 10 – Propuesta de integración de Sistemas infraestructura Metro ferroviarias   Informe de Sistemas y Operación.
-----------------------------------	---

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

<p><b>Actividades desarrolladas en el marco del estudio de prefactibilidad:</b></p>	<p>Como parte del estudio de prefactibilidad se indica que el CCO de la línea 2 estaría implementado en un lugar independiente de la línea 1. En el actual diseño de prefactibilidad de la línea 2, el patio taller prevé un área para las instalaciones del CCO de la línea 2.</p> <p>El CCO se compone de las siguientes funciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Supervisión de la seguridad e Información a los pasajeros en las estaciones y en los Trenes (CCTV, interfonía y megafonía, información visual)</li> <li>- Supervisión y Control de los equipos en estaciones (SCADA)</li> </ul>	
<p><b>Conclusiones del estudio de prefactibilidad:</b></p>	<p>A continuación se listan los comentarios generales en relación al Entregable 10 – Propuesta de integración de Sistemas infraestructura Metro ferroviarias   Informe de Sistemas y Operación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No se identifica normatividad aplicada para sistemas de telecomunicaciones o detección y alarma contraincendios.</li> <li>- No se identifican las características técnicas de los equipos eléctricos internos de las edificaciones.</li> <li>- No se presentan planos con la localización de los elementos eléctricos, equipos y ergonomía del CCO.</li> <li>- No se contemplan cantidades ni presupuestos asociados a los equipos de telecomunicaciones en el CCO o de los sistemas de detección y alarma contraincendios en la edificación.</li> <li>- No se identifican estudios de compatibilidad electromagnética, ni normas o lineamientos para la medición de los niveles de campo magnéticos generados por aparatos eléctricos en ambientes ferroviarios con relación a la exposición humana.</li> </ul>	
<p><b>Ítem</b></p>	<p><b>Aspectos relevantes</b></p>	<p><b>¿Cómo atenderlos en el marco de la asesoría técnica?</b></p>
<p><b>Normatividad aplicada</b></p>	<p>En el estudio de prefactibilidad no se menciona la normatividad aplicada para los sistemas de telecomunicaciones, ni para los aspectos de detección de incendios, ni tampoco lineamientos para limitar la exposición de campos magnéticos y electromagnéticos variables.</p>	<p>En la etapa de factibilidad se aplicará la normatividad correspondiente para el diseño de las instalaciones internas y externas asociadas a las edificaciones del CCO.</p>

**Comentado [2]:** No se observan estudios de compatibilidad Electromagnética y/o lineamientos para limitar la exposición de campos eléctricos, magnéticos ,y electromagnéticos variables.

**Comentado [3]:** Falta la distribución de equipos y ergonomía del CCO

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

Aspectos críticos por atender	A corto plazo para el desarrollo de las actividades de ingeniería conceptual (Aval Técnico y Fiscal – Fase 2)	A mediano plazo para el desarrollo de las actividades de Estudios y Diseños para la Estructuración (Fase 3)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definición de cantidad y ubicación de los equipos a ser contemplados para las edificaciones del CCO en cuanto a telecomunicaciones, CCTV, control de accesos y detección de incendios.</li> <li>Estimación de costos de los equipos propuestos en la edificación del CCO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño detallado de los sistemas de telecomunicaciones y detección de incendios. Definición de arquitecturas, ubicación, cantidades, presupuestos y características técnicas de los equipos</li> </ul>
<b>Interfaces:</b>	Interfaces con: Arquitectura, localización y diseño de las edificaciones, obras civiles, sistemas de control, comunicaciones y detección de alarmas de incendio de los sistemas férreos y sistemas de las estaciones, de forma que sean compatibles.	
<b>CAPEX y OPEX</b>	El estudio de prefactibilidad no incluye costos ni presupuestos para los sistemas identificados	
<b>Otros aspectos relevantes:</b>	-	

### 2.2.23.5.3. ASPECTOS RELEVANTES DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA PLMB

Dentro de los aspectos relevantes, como parte de los diseños de la PLMB se contó con los sistemas de voz y datos para las edificaciones del Puesto Central de Control (PCC) de la PLMB, se diseñaron de forma tal que cada edificación fuera una unidad independiente y la información pueda ser intercambiada entre edificaciones (incluidas las estaciones) para ser centralizada en el PCC.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

Para los sistemas de detección y alarma contraincendios, en la PLMB el sistema se basó en la protección de las vidas humanas y la preservación de las instalaciones físicas, notificando en sus etapas más tempranas, un conato de incendio. El sistema de detección y alarma se diseñó de tipo inteligente, lo cual incluyó como parte del diseño, dispositivos de iniciación como estaciones manuales de alarma, detectores automáticos de humo, de temperatura y otros dispositivos de tipo direccionables. El diseño del sistema de detección y alarma de incendio se realizó conforme a la norma NSR-10 numerales J y K. y la norma NFPA 72.

#### 2.2.23.5.4. CONCLUSIONES

- La información contenida en el estudio de prefactibilidad será considerada como punto de partida para el desarrollo de la etapa de factibilidad del proyecto.
- En los diseños de prefactibilidad no se contó con información de cantidades o presupuestos de los sistemas indicados.
- Para los diseños de factibilidad se deberá realizar el estimativo de costos asociados a cada uno de los sistemas de telecomunicaciones, vigilancia electrónica CCTV y sistemas de detección y alarma contra incendio. Se deberán identificar las áreas que requieren de la instalación de estos sistemas según las exigencias del marco normativo
- Se evaluará conjuntamente con la especialidad mecánica, durante los análisis de factibilidad, la inclusión de control y manejo de la eliminación de aire de las salas de equipos para evitar la propagación de incendios.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>2.2.23 ET23 - CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL - MECÁNICA</b>	2
<b>2.2.23.1.1 NORMATIVIDAD APLICABLE</b>	2
<b>2.2.23.1.1.1 Normatividad nacional</b>	2
<b>2.2.23.1.1.1.1 Sistema de Extinción de Incendios</b>	2
<b>2.2.23.1.1.1.2 Ventilación</b>	3
<b>2.2.23.1.1.1.3 Drenajes</b>	3
<b>2.2.23.1.1.2 Normatividad Internacional</b>	3
<b>2.2.23.1.1.2.1 Sistema de Extinción de Incendios</b>	3
<b>2.2.23.1.1.2.2 Ventilación</b>	4
<b>2.2.23.1.1.2.3 Drenajes</b>	4
<b>2.2.23.1.2 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ</b>	5
<b>2.2.23.1.3 ASPECTOS RELEVANTES DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ</b>	12
<b>2.2.23.1.3.1 Ventilación</b>	12
<b>2.2.23.1.3.2 Drenajes</b>	14
<b>2.2.23.1.3.3 Sistema de Extinción de IncendioS</b>	14
<b>2.2.23.1.4 BENCHMARK (experiencias internacionales)</b>	14
<b>2.2.23.1.5 CONCLUSIONES</b>	14

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001\_VF

### 2.2.23.1. ET23 - CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL - MECÁNICA

<b>Disciplina 1:</b>	<b>Centro de Control Operacional - Mecánica</b>
<b>Entregable de referencia:</b>	<b>Entregable 14 / ET23</b>

#### 2.2.23.1.1 NORMATIVIDAD APLICABLE

##### 2.2.23.1.1.1 Normatividad nacional

###### 2.2.23.1.1.1.1 Sistema de Extinción de Incendios

- Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10 (v.2019), correspondiente a la tercera actualización, expedida por medio del Decreto 926 del 19 de marzo de 2010. Reglamento de Construcciones Sismo-Resistentes o la norma vigente en caso de actualización.
- NS-128 (v. 2009) Lineamientos Generales para Diseño y Construcción de Instalaciones Hidrosanitarias Internas y Sistemas Contra - Incendio.
- NTC 2885 (v.2009) Extintores portátiles contra incendios.
- NTC 1669 (v.2009) Norma para la instalación de conexiones de mangueras contra incendio.
- NTC 2301 (v.2011) Norma para la instalación de sistemas de rociadores.
- NTC 2702 (v.1997) Hidrantes de cuerpo seco contra incendios.
- RAS Título B Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – Título B.
- NTC 2050 (v.1998) Código Eléctrico Colombiano.
- RETIE (v.2013) Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.
- Normativa urbanística de aplicación de los municipios que atraviesa el sistema férreo a diseñar, incluyendo sus Planes de Ordenamiento Territorial vigentes al momento de realizar los diseños.
- Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP
- Normas Técnicas Colombianas (NTC), entre las cuales se destacan, sin limitarse a estas:
- NTC 6047 – Accesibilidad al Medio Físico.
- NTC 414 – Accesibilidad a Edificios y Espacios Urbanos.
- NTC 5183 – Ventilación para una calidad aceptable del aire en espacios interiores
- NTC 4139 – Por el cual se reglamenta la accesibilidad a los modos de transporte a la población en general y en especial de las personas con discapacidad.
- Normas y Especificaciones vigentes de Diseño y Construcción de EAAB, ETB, ENEL
- Ley 361 de 1997 – Por la cual se establecen mecanismos de integración social de las personas en situación de discapacidad y se dictan otras disposiciones.

#### 2.2.23.1.1.1.2 Ventilación

- NTC 5183: *Ventilación para una calidad aceptable del aire en espacios interiores*

#### 2.2.23.1.1.1.3 Drenajes

- NTC 1500: Código Colombiano de Fontanería.
- Normas y Especificaciones vigentes de Diseño y Construcción de EAAB, ETB, ENEL

#### 2.2.23.1.1.2 Normatividad Internacional

##### 2.2.23.1.1.2.1 Sistema de Extinción de Incendios

- NFPA 130 (v. 2020): Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems. National Fire Protection Association.
- NFPA 70 (v.2020) National Electric Code (NEC).
- NFPA 10 (v.2022) Portable Fire Extinguishers.
- NFPA 12 (v.2022) Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems
- NFPA 13 (v.2022) Standard for the Installation of Sprinkler Systems.
- NFPA 14 (v.2019) Standpipe and Hose Systems.
- NFPA 15 (v.2022) Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection.
- NFPA 20 (v.2022) Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection.
- NFPA 22 (v.2018) Standard for Water Tanks for Private Fire Protection.
- NFPA 24 (v.2022) Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and their Appurtenances.
- NFPA 25 (v. 2020) Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems
- NFPA 30 (v.2021) Flammable and Combustible Liquids Code.
- NFPA 30A (v. 2021) Code for Motor Fuel Dispensing Facilities and Repair Garages
- NFPA 72 (v.2022) National Fire and Signaling Code.
- NFPA 80 (v.2022) Standard for Fire Doors and Other Opening Protectives.
- NFPA 170 (v.2021) Standard for Fire Safety and Emergency Symbols.
- NFPA 221 (v.2021) Standard for High Challenge Fire Walls, Fire Walls, and Fire Barrier Walls.
- NFPA 2001 (V.2022) Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems.
- UL Underwriter Laboratories" Fire Protection Equipment Directory.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001\_VF

- FM Factory Mutual.
- Normas UIC - International Union of Railways.
- Eurocodes. CEN. European Committee for Standardization.
- Normas EN

#### 2.2.23.1.1.2.2 Ventilación

- ASHRAE 62.1 (v.2019) Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
- ASHRAE 55 (v.2017) Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
- ASHRAE (v.2017) Handbook—Fundamentals

#### 2.2.23.1.1.2.3 Drenajes

- American Society of Mechanical Engineers – ASME.
  - Selección de válvulas: ASME B16.34.
  - Selección de bombas: ASME B73.1
  - Tuberías: ASME B31
- American National Standards Institute – ANSI.
  - Codos: ASME/ANSI B16.28.
  - Bridas: ASME/ANSI B16.5/47.
  - Empaques: ANSI/ASME B16.20-1998
  - Diseño de Bombas: ANSI/HI 1.3-2009.
- American Society for Testing Materials – ASTM.
  - Recubrimiento de tuberías: ASTM G55-07.
  - Ensayos de ultrasonido para soldadura en tubería de acero: ASTM E273-10.
  - Ensayos de rayos X para soldadura en tubería de acero: ASTM E1032.
  - Tubería en acero inoxidable: ASTM A 511, A 269 o A 312
- National Association of Corrosion Engineers – NACE.
  - Corrosión interna de tubería de acero: SP106-2006.
  - Corrosión externa de tubería de acero enterrada o sumergida: SP169-2007.
- American Welding Society – AWS.
  - Simbología utilizada para soldaduras y ensayos no destructivos: AWS A.2.4-98.
- American Water Works Association – AWWA.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001\_VF

- Diseño de tubería de acero: AWWA M-11
- Diseño de tubería de polietileno: AWWA M-55
- Tubería de PVC: AWWA C-900
- Tubería de polietileno: AWWA C-906
- Society for Protective Coatings – SSPC.
  - Aplicación de recubrimientos: conjunto de normas SSPCPA.
  - Preparación de superficies: de normas SSPCSP.

#### 2.2.23.1.2 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ

<b>Entregables de referencia:</b>	Entregable 14
<b>Actividades desarrolladas en el marco del estudio de factibilidad:</b>	A continuación se revisan los entregables que contienen información relacionada con sistemas de extinción de incendios, ventilación y drenajes.
<b>Conclusiones del estudio de factibilidad:</b>	<p>A continuación se presentan puntos a tomar en cuenta que deben ser mejorados en desarrollo de los estudios de factibilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>● No se encuentran cálculos para el dimensionamiento de los equipos de ventilación como ventiladores, ductos y silenciadores, por lo cual el área transversal presentada para los pozos de compensación debe ser revisada al momento de dimensionar el sistema de ventilación.</li><li>● Se observa que el proyecto en cuestión no contiene ningún dimensionamiento preliminar de los equipos de extinción de incendios como extintores portátiles, gabinetes, rociadores automáticos, boquillas abiertas, sistemas de agente limpio, etc.</li><li>● Se observa que el proyecto en cuestión no contiene ningún dimensionamiento preliminar de los equipos de bombeos.</li></ul> <p>A continuación se listan comentarios generales en relación al Entregable 14:</p>

Ítem	Aspectos relevantes	¿Cómo atenderlos en el marco de la asesoría técnica?
<p><b>Equipamiento sistemas mecánicos (p.87)</b></p>	<p><i>Sistema de Extinción de Incendios:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● No se encuentran criterios para tener en cuenta</li> </ul> <p><i>Ventilación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● No se encuentran criterios para tener en cuenta</li> </ul> <p><i>Drenajes:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● No se encuentran criterios para tener en cuenta</li> </ul>	<p><i>Sistema de Extinción de Incendios:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Los extintores portátiles solicitados para las obras de construcción se instalarán de acuerdo con la NFPA 25, NTC 2885 y NFPA 10.</li> <li>● Los hidrantes en los túneles tendrán suministro desde el CCO y estarán dispuestos de acuerdo con la NFPA 130, NTC 1669 y NFPA 14.</li> <li>● El sistema de bombeo estará diseñado con base en la NFPA 24 y NFPA 20, a partir de la mayor demanda de caudal y presión. El tanque de reserva contra incendio se establecerá a partir de la mayor demanda de agua y tiempo, con base en la NFPA 22.</li> <li>● Las especificaciones de los gabinetes y tomas de manguera seguirán las directrices de la NFPA 130, NTC 1669 y NFPA 14.</li> <li>● Se instalarán interruptores de emergencia eléctrica cerca a los gabinetes y tomas de manguera del túnel para poder cortar la tensión a la línea de contacto.</li> <li>● Las salidas de emergencia de los túneles serán protegidas de acuerdo con la NFPA 130.</li> <li>● Las salidas de emergencia del CCO serán protegidas de acuerdo con la NFPA 130.</li> <li>● Todos los sistemas de protección contra incendio serán diseñados a partir de la normativa NFPA y NTC correspondientes.</li> </ul> <p><i>Ventilación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Se verificará que la disposición propuesta sea capaz de mantener las temperaturas de diseño y que sea capaz de extraer eficientemente los humos en caso de incendio. En</li> </ul>

		<p>caso de que no se óptima, se planteará otra configuración que cumpla con los requerimientos</p> <p><i>Drenajes:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe determinar el caudal y la altura estática necesaria</li> <li>• Se debe considerar una bomba de respaldo.</li> <li>• El uso de las bombas será alternado para tener un desgaste homogéneo.</li> </ul>
<b>Normatividad aplicada</b>	<p>En el estudio de prefactibilidad no se menciona la normatividad aplicada para ninguno de los sistemas mecánicos.</p>	<p>En la Sección 1 de la Disciplina 8 se menciona la normativa correspondiente a los diseños de todos los sistemas mecánicos considerados.</p>
<b>Hipótesis de diseño</b>	<p><i>Sistema de Extinción de Incendios:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No existen hipótesis previas.</li> </ul> <p><i>Ventilación:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No existen hipótesis previas</li> </ul> <p><i>Drenajes:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No existen hipótesis previas.</li> </ul>	<p><i>Sistema de Extinción de Incendios:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No existen riesgos extraordinarios fuera del uso tradicional del CCO, como almacenamiento o acumulación de líquidos inflamables, centros médicos, reclusión, presencia de gases explosivos, etc.</li> <li>• Se asume libertad de configuración de los diseños de los sistemas de extinción de incendios, para las características no definidas, teniendo en cuenta el análisis de riesgo y la economía de los sistemas.</li> <li>• Los diseños del Sistema de Extinción de Incendios se harán con los diseños arquitectónicos y estructurales vigentes al momento de iniciar los diseños.</li> </ul> <p><i>Ventilación:</i></p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Se estudiarán diferentes soluciones según el diseño estructural y arquitectónico del CCO y se presentará una solución adecuada.</li> <li>● Se deben calcular las cargas térmicas debido a los trenes, ocupación y otras fuentes; el sistema de ventilación debe ser capaz extraer el calor generado para mantener una temperatura óptima dentro del recinto.</li> </ul> <p><i>Drenajes:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Los pozos deben tener el volumen suficiente de almacenamiento para no sobrepasar el encendido máximo de bombas por hora.</li> <li>● Las bombas son de ubicación fija.</li> <li>● Las bombas deben ser capaces de bombear el caudal requerido, según el estudio realizado por la Disciplina 2 - Redes Hidráulicas y Sanitarias.</li> </ul>
<b>Plan de los sistemas mecánicos</b>	En el estudio de prefactibilidad no se menciona el plan para ninguno de los sistemas mecánicos.	Los diseños de los sistemas mecánicos se harán con los diseños arquitectónicos y estructurales vigentes al momento de iniciar los diseños.
<b>Dimensionamiento de los sistemas mecánicos</b>	En el estudio de prefactibilidad no se menciona el dimensionamiento para ninguno de los sistemas mecánicos.	<p><i>Sistema de Extinción de Incendios:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Los requerimientos de protección se definen por la NFPA 130 y la NSR-10, Título J, a partir de la clasificación del riesgo de cada área dada por la NSR-10, Título K, y las NFPA correspondientes.</li> <li>● La reserva del tanque de almacenamiento del sistema contra incendio es dimensionada a partir de la mayor</li> </ul>

		<p>demanda de caudal vs. tiempo de la NFPA 13, NFPA 14 y NFPA 15.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>● La estación de bombeo del sistema contra incendio se diseña con base en la NFPA 20, a partir de los resultados de demanda de caudal y presión de la NFPA 13, NFPA 14 y NFPA 15, y las pérdidas en tubería.</li><li>● La red húmeda se diseña a partir de la NFPA 24 y RAS Título B.</li><li>● La red de gabinetes e hidrantes se establecen a partir de la NSR-10, NFPA 14, RAS Título B y NTC 2702.</li><li>● La red de rociadores y soportes de tubería se diseñan a partir de la NFPA 13 y la NTC 2301.</li><li>● Los extintores portátiles son diseñados de acuerdo con las normas NTC 2885 y NFPA 10.</li><li>● La protección con agente limpio se diseña a partir de la NFPA 2001.</li><li>● La red de señalización se diseña a partir de la NFPA 170, NFPA 72 y la norma para cada equipo.</li></ul> <p><i>Ventilación:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>● El sistema de ventilación será configurado de tal forma que extraiga eficientemente el calor generado dentro del CCO</li><li>● Se determinarán las cargas térmicas dentro del CCO para dimensionar los ventiladores, los ductos y las rejillas.</li></ul> <p><i>Drenajes:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>● El tamaño y configuración de las bombas se dimensionarán de acuerdo con las características del bombeo, los requerimientos arquitectónicos, de operación y de mantenimiento.</li><li>● El tamaño y configuración de la tubería se dimensionarán de acuerdo con las características del bombeo, los</li></ul>
--	--	---

		requerimientos arquitectónicos, de operación y de mantenimiento.
<b>Características de los sistemas mecánicos</b>	En el estudio de prefactibilidad no se menciona el dimensionamiento para ninguno de los sistemas mecánicos.	<p><i>Sistema de Extinción de Incendios:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Las características del Sistema de Extinción de Incendios se establecerán de acuerdo con los requerimientos normativos, arquitectónicos, de operación y de mantenimiento.</li> </ul> <p><i>Ventilación:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Las características del Sistema Ventilación se establecerán de acuerdo con los requerimientos normativos, arquitectónicos, de operación y de mantenimiento.</li> </ul> <p><i>Drenajes:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Las características de las bombas se establecerán de acuerdo con los requerimientos arquitectónicos, de operación y de mantenimiento.</li> <li>Las características de la tubería se establecerán de acuerdo con los requerimientos arquitectónicos, de operación y de mantenimiento.</li> </ul>
<b>Planos de los sistemas mecánicos</b>	En el estudio de prefactibilidad no se presentan planos para ninguno de los sistemas mecánicos.	Se realizarán los diseños de los sistemas mecánicos para las características no definidas, bajo los parámetros de sencillez, efectividad y economía de los sistemas.

Aspectos críticos por atender	A corto plazo para el desarrollo de las actividades de ingeniería conceptual (Aval Técnico y Fiscal – Fase 2)	A mediano plazo para el desarrollo de las actividades de Estudios y Diseños para la Estructuración (Fase 3)
	<p><i>Sistema de Extinción de Incendios:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los diseños del Sistema de Extinción de Incendios requieren definiciones arquitectónicas para iniciar los diseños.</li> </ul> <p><i>Ventilación:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de la potencia de fuego para el dimensionamiento del sistema de ventilación del CCO.</li> <li>• La configuración general del sistema de ventilación se hace con base en el diseño estructural y arquitectónico.</li> <li>• Definir las funcionalidades de los pozos de ventilación.</li> </ul> <p><i>Drenajes:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los diseños del Sistema de Drenajes requieren la ubicación de los pozos, arquitectura definida y lugares de descarga para iniciar los diseños.</li> </ul>	<p><i>Sistema de Extinción de Incendios:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensionamiento de los sistemas de extinción de incendio y de las cámaras de bombeo y tuberías de la red.</li> <li>• Posicionamiento de extintores</li> </ul> <p><i>Ventilación:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensionamiento de los equipos del sistema de ventilación (Ventiladores, rejillas, dämpers, ductos) y se valida que pueda extraer el calor y que además sea capaz de evacuar los humos procedentes de un incendio.</li> </ul> <p><i>Drenajes:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se dimensionan las bombas con el caudal, la longitud de la tubería y la altura estática. Además, se posicionan los accesorios a lo largo de la red de tubería.</li> </ul>
<b>Interfaces:</b>	Interfaces con: Diseños arquitectónicos, Diseño estructural, Redes hidráulicas y Sanitarias, Comunicación y Control	
<b>CAPEX y OPEX</b>	No se encontraron estimaciones específicas de sistema de extinción de incendios, Ventilación, Drenajes o Aire Comprimido para CCO	

**Otros aspectos relevantes:**

*Sistema de Extinción de Incendios:*

- No se tienen comentarios al respecto.

*Ventilación:*

- No se tienen comentarios al respecto.

*Drenajes:*

- No se tienen comentarios al respecto.

### 2.2.23.1.3 ASPECTOS RELEVANTES DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ

#### 2.2.23.1.3.1 Ventilación

El dimensionamiento del sistema de ventilación parte de la definición de la temperatura de las condiciones climáticas en Bogotá:

- Temperatura seca verano: 20,2 °C
- Temperatura húmeda verano: 13,5 °C
- Temperatura seca invierno: 3,9 °C
- Variación diurna de temperaturas: 11,5 °C
- Altura sobre el nivel del mar: 2.548 m.s.n.m
- Latitud: 4° 70' Norte
- Longitud: 74° 13' W

Seguido a esto, se define la temperatura de diseño de los recintos climatizados:

- Tª interior verano:  $24 \pm 1$  °C
- Humedad relativa verano: Sin control
- Tª interior invierno:  $22 \pm 1$  °C
- Humedad relativa invierno: Sin control

Con esto, se definió la ocupación de los recintos para definir el caudal requerido en cada espacio según la norma NTC 5183. Del mismo modo, se calculó el caudal requerido según ASHRAE 62.1, y se eligió el mayor para cada recinto. Para cuartos de limpieza, almacenes y residuos se adopta un mínimo de 6 ren/hora. En los aseos y vestuarios se plantearon extractores de 25 l/s por cada inodoro, urinario o ducha, y en estos locales se planteó un mínimo de 10 renovaciones/hora. Los locales que puedan generar malos olores tendrán una presión más baja respecto a los locales contiguos.

Se plantean las siguientes alternativas para la ventilación de los recintos:

- Impulsión y extracción forzada: La impulsión y la extracción de aire de las salas se realiza mediante un sistema mecánico de impulsión y extracción, es decir, mediante ventiladores. La impulsión y la extracción se realizan mediante rejillas de impulsión y extracción respectivamente.
- Admisión y escape de aire de manera natural: Se usa una rejilla de paso para la admisión de aire en la parte baja del tabique de la sala y otra rejilla de paso para la salida de aire en la parte alta del mismo tabique. Con esta entrada y salida de aire se produce una ventilación natural de la estancia. Cuando los tabiques sean resistentes al fuego se coloca una rejilla intumescente que se cerrará mecánicamente en caso de incendio.
- Admisión de aire y extracción forzada: Se coloca una rejilla de paso en la parte baja del tabique o puerta de la sala para garantizar la admisión de aire mientras que la extracción se realiza mediante un medio mecánico, es decir, un ventilador o caja de ventilación.
- Impulsión forzada y escape natural: La impulsión de aire se realiza mediante un ventilador y el escape mediante una rejilla de paso situada en la parte alta del tabique de la sala.

Se usó el método de recuperación estática para los conductos de impulsión y el método de pérdida de carga constante para los conductos de extracción y retorno. Toda la red de conductos se diseñó en chapa de acero galvanizado de distintos espesores en función de las dimensiones del conducto, siendo la dimensión determinante la mayor. Según como exige la normativa contra incendios, se deben instalar compuertas cortafuegos que impidan que los conductos se conviertan en una vía de propagación para el fuego en caso de incendio. Adicionalmente, los conductos tienen registros de limpieza que están ubicados cada 10 m en los tramos rectos, junto a los codos, derivaciones y piezas especiales. Se han dimensionado los conductos de ventilación con una geometría 3:1 de relación longitud y altura de sección transversal, siguiendo las indicaciones de la ASHRAE. Las velocidades máximas en conductos serán de 7,5 m/s. Para los locales privados con o sin ocupación permanente se planteó el uso de unidades de aire acondicionado según el cálculo de las cargas térmica

Para los locales privados con o sin ocupación permanente se plantea el uso de unidades de aire acondicionado según el cálculo de las cargas térmica. Por otro lado, para el control de ruidos y vibraciones se ha tenido en cuenta la Resolución número 627 de 07 de abril de 2006 por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Los sistemas de ventilación funcionarán sin ruidos desagradables o vibraciones en cualquier condición de carga. El ruido proveniente de los equipos no debe superar los niveles de ruido indicados a continuación:

- Áreas públicas del edificio y locales técnicos: 70 dB de día / 55 dB de noche.
- Nivel de calle: 55 dB de día / 45 dB de noche. Las vibraciones de los equipos mecánicos y de los canales serán controladas para alcanzar los niveles de ruido indicados antes mediante silenciadores y amortiguadores de vibraciones.

#### 2.2.23.1.3.2 Drenajes

Para el cálculo del bombeo de residuales se consideró el caudal de las unidades de descarga indicado en la norma NTC 1500. El bombeo se dimensionó para dos bombas de evacuación de aguas residuales cada una de ellas del 100% del caudal obtenido mediante la expresión anterior. La acumulación de aguas residuales se dimensionó para un máximo de 12 arranques por hora de las bombas o, lo que es lo mismo, para una capacidad máxima de 5 minutos como establece la norma NTC 1500.

#### 2.2.23.1.3.3 Sistema de Extinción de Incendios

Para el cálculo de las pérdidas de carga se consideraron los dos gabinetes menos favorables. Se calcularon las pérdidas en cada tramo, luego se totalizó la presión requerida y se relaciona con el caudal para la selección de los equipos de bombeo. El volumen del tanque de agua se dimensiona de acuerdo con los tiempos de duración mínima establecidos en las normas NTC 1669 y NTC 2301. El llenado del tanque se hizo por medio de la red urbana y se fijó un tiempo de llenado de 8 horas.

#### 2.2.23.1.4 BENCHMARK (experiencias internacionales)

N/A

#### 2.2.23.1.5 CONCLUSIONES

- En el estudio de prefactibilidad no se encontró información referente a los sistemas de extinción de incendios, ventilación y drenajes.
- Para el estudio de factibilidad es necesario dimensionar cada uno de los sistemas (sistema de extinción de incendios, ventilación, drenaje) bajo la normativa aplicable. Para este dimensionamiento, es posible tomar como referencia el procedimiento de diseño del CCO de la primera línea.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>2.2.23.4.1 NORMATIVIDAD APLICABLE</b>	3
2.2.23.4.1.1 Normatividad nacional	3
2.2.23.4.1.2 Normatividad internacional	4
<b>2.2.23.4.2 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ</b>	5
<b>2.2.23.4.3 ASPECTOS RELEVANTES ASOCIADOS A LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ</b>	10
2.2.23.4.3.1 Línea 1 elevada (en construcción)	10
2.2.23.4.3.1.1 Localización y descripción	10
2.2.23.4.3.1.2 Tipología y funcionalidad	10
2.2.23.4.3.1.3 Acabados	11
2.2.23.4.3.1.4 Nivel de desarrollo de estudios y diseños	11
2.2.23.4.3.1.5 Deficiencias	12
2.2.23.4.3.1.6 Soluciones	12
2.2.23.4.3.2 Línea 1 subterránea (estudio inicial)	12
2.2.23.4.3.2.1 Localización y descripción	12
2.2.23.4.3.2.2 Tipología y funcionalidad	13
2.2.23.4.3.2.3 Acabados	14
2.2.23.4.3.2.4 Nivel de desarrollo de estudios y diseños	14
2.2.23.4.3.2.5 Deficiencias	14
2.2.23.4.3.2.6 Soluciones	14
<b>2.2.23.4.4 BENCHMARK (EXPERIENCIAS INTERNACIONALES)</b>	15
2.2.23.4.4.1 CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL DEL SISTEMA FERROVIARIO EZEQUIEL ZAMORA – TUY	15
<b>2.2.23.4.5 CONCLUSIONES</b>	18
<b>2.2.23.4.6 ANEXOS</b>	19

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización CCO en Patio Taller

Figura 2. Planta cubiertas CCO del sistema ferroviario Ezequiel Zamora - TUY

Figura 3. Plaza de acceso CCO del sistema ferroviario Ezequiel Zamora - TUY

Figura 4. Sección CCO y Edificio de servicios comunitarios del sistema ferroviario Ezequiel Zamora - TUY

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. ET 23. Arquitectura - CCO

#### 2.2.23.4 CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL - ARQUITECTURA

<b>Disciplina 4:</b>	<b>Centro de Control de Operación - Arquitectura</b>
<b>Entregable de referencia:</b>	<b>Entregable 14 / ET23</b>

##### 2.2.23.4.1 NORMATIVIDAD APLICABLE

###### 2.2.23.4.1.1 Normatividad nacional

Las normas nacionales que serán utilizadas como referencia en los diseños arquitectónicos del CCO para la etapa de Factibilidad son las siguientes:

- **Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010) Título J y K.** Tendrá aplicación en lo que respecta a los anchos de circulación, rutas de evacuación, materiales de protección contra el fuego, seguridad y confort de las edificaciones.
- **Normativa urbanística de Bogotá de aplicación.** Tendrá aplicación en lo que respecta a delimitar y calificar el suelo urbano y el suelo no urbanizable y contiene determinaciones con un grado de precisión adecuado para permitir la gestión del suelo.
- Normas Técnicas Colombianas (NTC).
  - **NTC 2769 - Reglas para la seguridad de ascensores.** Tendrá aplicación en lo que respecta a la seguridad para la construcción e instalación de ascensores.
  - **NTC 5017 - Servicios Sanitarios Accesibles.** Tendrá aplicación en lo que respecta a los requisitos mínimos de accesibilidad y características funcionales que deben cumplir los servicios sanitarios públicos accesibles.
  - **NTC 4774 - Cruces peatonales a nivel, elevados o puentes peatonales y paso subterráneo.** Tendrá aplicación en lo que respecta a las dimensiones mínimas y las características funcionales y de construcción que deben cumplir los cruces peatonales a nivel y los puentes peatonales no adosados a puentes vehiculares y pasos subterráneos.
  - **NTC 4145 - Edificios, escaleras.** Tendrá aplicación en lo que respecta a las dimensiones mínimas y las características generales que deben cumplir las escaleras principales en los edificios, advirtiendo que no se constituyen en un elemento idóneo para el logro de la accesibilidad plena.
  - **NTC 4144 - Edificios, espacios urbanos y rurales. Señalización.** Tendrá aplicación en lo que respecta a las características que deben tener las señales ubicadas en los edificios y en los espacios urbanos y rurales, utilizadas para indicar la condición de accesibilidad a todas las personas, así como también indicar aquellos lugares donde se proporcione información, asistencia, orientación y comunicación.
  - **NTC 5610 2018 Accesibilidad.** Tendrá aplicación en lo que respecta a las especificaciones técnicas para las señales podotáctiles y sus recomendaciones para una correcta instalación con el fin de ayudar a las personas con discapacidad visual a tener una movilidad autónoma y segura.

- **NTC 4201 - Bordillos, pasamanos y agarraderas.** Tendrá aplicación en lo que respecta a las características que deben tener los bordillos, pasamanos y agarraderas en los edificios para facilitar el acceso a todas las personas.
  - **NTC 4143 - Edificios, rampas fijas.** Tendrá aplicación en lo que respecta a las dimensiones mínimas y las características generales que deben cumplir las rampas que se construyan en edificaciones para facilitar el acceso a todas las personas.
  - **NTC 4140 - Edificios, pasillos y corredores.** Tendrá aplicación en lo que respecta a las dimensiones mínimas y las características funcionales y constructivas que deben cumplir los pasillos y corredores en los edificios para facilitar el acceso a todas las personas.
  - **NTC 1700 - Higiene y seguridad. Medidas en Edificaciones. Medidas de evacuación.** Tendrá aplicación en lo que respecta a los requisitos mínimos que deben cumplir los medios de salida para facilitar la evacuación de los ocupantes de una edificación, en caso de fuego u otra emergencia.
  - **NTC 4279 - Accesibilidad de personas al medio físico. Edificios. Espacios Urbanos y Rurales. Vías de circulación peatonales horizontales.** Tendrá aplicación en lo que respecta a las dimensiones mínimas y las características funcionales y constructivas que deben cumplir las vías de circulación peatonales horizontales.
  - **NTC 4349 - Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios. Ascensores.** Tendrá aplicación en lo que respecta a la seguridad para la construcción e instalación de ascensores.
  - **NTC 6047 - Accesibilidad al medio físico. Espacios de servicio al ciudadano en la Administración Pública. Requisitos.** Tendrá aplicación en lo que respecta a los estándares que deben seguir las entidades de Administración Pública y las entidades del sector privado que ejerzan funciones públicas, para que todos los ciudadanos, incluyendo aquellos que tengan algún tipo de discapacidad, accedan en igualdad de condiciones.
  - **NTC 5183 - Ventilación para una calidad aceptable del aire en espacios interiores.** Tendrá aplicación en lo que respecta a los requisitos de ventilación para espacios destinados a ocupación humana y especifica las cantidades mínimas y las recomendadas de aire ventilado para preservar la salud y bienestar de los ocupantes.
- **CONPES 3919 - Política Nacional de Edificaciones Sostenibles.** Tendrá aplicación en lo que respecta a la necesidad de incorporar y promover criterios de sostenibilidad en edificaciones de todo tipo de uso, tanto nuevas como usadas en todo su ciclo de vida.
  - **Ley estatutaria 1618 de 2013.** Tendrá aplicación en lo que respecta a garantizar y asegurar el ejercicio efectivo de los derechos de las personas con discapacidad, mediante la adopción de medidas de inclusión, acción afirmativa y de ajustes razonables y eliminando toda forma de discriminación por razón de discapacidad.

#### 2.2.23.4.1.2 Normatividad internacional

Las normas internacionales que serán utilizadas como referencia en los diseños arquitectónicos del CCO para la etapa de Factibilidad son las siguientes:

- **NFPA-130: Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems. National Fire Protection Association.** Tendrá aplicación en lo que respecta a los requisitos para la protección contra incendios y la seguridad humana de los sistemas de tránsito sobre rieles fijos y de los sistemas de transporte ferroviario de pasajeros subterráneos, sobre la superficie y elevados, incluidas las estaciones, vías, vehículos, mantenimiento de vehículos y áreas para almacenamiento.

- **NFPA 101: National Fire Protection Association 101, Life Safety Code.** Tendrá aplicación en lo que respecta a la seguridad humana basada en las características de construcción, protección y ocupación en todos los niveles del ciclo de vida útil del edificio.

#### 2.2.23.4.2 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ

<p><b>Entregables de referencia:</b></p>	<p>No se presenta un entregable propio del Centro de Control Operacional en el que se identifiquen y caractericen las áreas y dotaciones tecnológicas necesarias para este edificio; únicamente se menciona en la ET-23 Centro de Control Operacional numeral 2 la necesidad de localizar un CCO y se indican las siguientes opciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Alternativa 1: Centro de Control Operacional para la línea dos del Metro de Bogotá en un edificio independiente de la PLMB.</li> <li>● Alternativa 2: Emplear el mismo edificio del CCO para la PLMB de tal forma que sea una operación centralizada.</li> </ul> <p>Cabe resaltar que en la Factibilidad de la L2MB, se requerirá por esta consultoría presentar los resultados de la evaluación de las dos alternativas mencionadas y, a partir de las conclusiones, la EMB seleccionará la alternativa a implementar para la línea dos según la ET-23 Centro de Control Operacional numeral 4.2 y el Producto 6 – Propuesta de integración de Sistemas infraestructura Metro ferroviarias   Entregable 10 – Propuesta de integración de Sistemas infraestructura Metro ferroviarias   Informe de Sistemas y Operación numeral 10.13.</p>
<p><b>Actividades desarrolladas en el marco del estudio de prefactibilidad:</b></p>	<p>Se evalúan dos opciones de implantación, un Centro de Control de Operación para la línea dos del Metro de Bogotá, con el planteamiento de un edificio independiente de la PLMB o emplear el mismo edificio del CCO para la PLMB de tal forma que sea una operación centralizada para la ciudad. De conformidad con el documento ET-23 Centro de Control Operacional numeral 4.2, esta consultoría presentará los resultados de la evaluación de las alternativas y a partir de las conclusiones, la interventoría, la FDN y la EMB seleccionará la alternativa a implementar para la línea dos.</p>
<p><b>Conclusiones del estudio de prefactibilidad:</b></p>	<p>A continuación se presentan puntos a tomar en cuenta que deben ser mejorados en desarrollo de los estudios de Factibilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● No es posible realizar una validación de planteamiento debido a que no se presentan diseños y elementos necesarios para el análisis arquitectónico, funcional y urbanístico del Centro de Control de Operaciones.</li> <li>● Se presentan en texto dos alternativas de localización del Centro de control de operaciones y se indica que esta definición deberá realizarse en la etapa de Factibilidad del proyecto, por tanto en etapa de Factibilidad se deberá realizar una matriz multicriterio que permita definir la localización final de este equipamiento del corredor.</li> </ul>

Ítem	Aspectos relevantes	¿Cómo atenderlos en el marco de la asesoría técnica?
<b>Equipamiento y mobiliario del CCO</b>	No se encuentra información en los Entregables de la prefactibilidad de la línea dos.	<p>La posición del mobiliario y equipamiento fijo serán de trascendental importancia para garantizar el óptimo funcionamiento para el control de las instalaciones de telemando.</p> <p>El mobiliario de los puestos de operación se hará de manera ergonómica a fin de proporcionar, como mínimo, a los operadores: Una posición de trabajo confortable, un acceso fácil a los diferentes equipos tanto del Mando Centralizado como del equipo de Telecomunicaciones, una vista al conjunto de las informaciones presentadas tanto en las pantallas del pupitre como en el videográfico.</p>
<b>Normatividad aplicada al CCO</b>	No se encuentra información en los Entregables de la prefactibilidad de la línea dos.	Se aplicarán las normativas referenciadas en este documento en lo relacionado al diseño del CCO, revisando las rutas de evacuación, número de salidas, normas de accesibilidad para personas de movilidad reducida, materialidad y demás.
<b>Funciones del CCO</b>	<p>De acuerdo al Producto 4 – Estudios y Diseños de prefactibilidad Entregable 8 – Propuesta funcional y pre-dimensionamiento de infraestructura del Patio Taller numeral 12.4, el CCO se compone de las siguientes funciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Supervisión y control de la circulación de los trenes en línea principal y en el Patio-Taller. (subsistema Automatic Train Supervision – ATS vinculada con el CBTC).</li> <li>• Supervisión y Control de la energía (sistemas de Alimentación de Alta Tensión, Media Tensión, Alimentación Tracción para los Trenes y Alimentación Baja Tensión para estaciones y edificios).</li> <li>• Supervisión de la seguridad e Información a los pasajeros en las estaciones y en los trenes (CCTV, interfonía y megafonía, información visual).</li> <li>• Supervisión y Control de los equipos en estaciones (SCADA).</li> </ul>	Se tendrán en cuenta las funciones descritas en la prefactibilidad para los diseños del CCO en la etapa de Factibilidad.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

<p><b>Dimensionamiento del CCO</b></p>	<p>De acuerdo al Producto 4 – Estudios y Diseños de prefactibilidad   Entregable 8 – Propuesta funcional y pre-dimensionamiento de infraestructura del Patio Taller numeral 6.40, la superficie del Centro de Control Operacional (CCO) es de 3.500 m<sup>2</sup> .</p>	<p>Se tendrá en cuenta la dimensión descrita en la prefactibilidad para los diseños del CCO en la etapa de Factibilidad, se revisarán las áreas necesarias y de no cumplir con el área mínima se ajustará.</p>
<p><b>Características del CCO</b></p>	<p>De acuerdo al Producto 4 – Estudios y Diseños de prefactibilidad   Entregable 8 – Propuesta funcional y pre-dimensionamiento de infraestructura del Patio Taller numeral 11.9, las características del CCO son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Protección automática de trenes.</li> <li>● Conducción automática del tren e inversión automática en estaciones terminales.</li> <li>● Regulación automática de la operación tanto en modo nominal como en situaciones degradadas en función de la configuración de la operación y consignas que se definan desde el Centro de Control de Operacional (CCO).</li> <li>● Control y protección automática del intercambio de viajeros en andén.</li> <li>● Inicialización y finalización automática de la operación, tanto en funcionamiento nominal como después de una situación degradada.</li> <li>● Ingreso y retirada automática de la línea a las zonas automáticas de los patio-taller o zonas de estacionamiento de línea.</li> <li>● Lavado automático en patio taller.</li> <li>● Detección de situaciones de emergencia por el sistema.</li> <li>● Gestión de situaciones de emergencia por el sistema o de forma remota desde el Centro de Control Operacional (CCO).</li> </ul>	<p>Se tendrán en cuenta las características descritas en la prefactibilidad para los diseños del CCO en la etapa de Factibilidad.</p>
<p><b>Plano de localización</b></p>	<p>En concordancia con el Patio Taller de la Primera (PLMB) se indica la ubicación de un CCO localizado en el Patio Taller de la Línea Dos del Metro de Bogotá (L2MB) en el predio Fontanar del Río de la localidad de Suba de acuerdo al Producto 4 – Estudios y Diseños de prefactibilidad   Entregable 8 – Propuesta funcional y pre-dimensionamiento de infraestructura del Patio Taller numeral 6.38.</p>	<p>Se evalúan dos opciones de implantación, un Centro de Control Operacional para la línea dos del Metro de Bogotá en un edificio independiente de la PLMB o emplear el mismo edificio del CCO para la PLMB de tal forma que sea una operación centralizada. En el estudio de prefactibilidad se concluyó que: “el CCO de la línea dos estaría implementado en un lugar independiente de la línea uno. En el actual diseño de prefactibilidad de la línea dos, el patio</p>



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

Aspectos críticos por atender	A corto plazo para el desarrollo de las actividades de ingeniería conceptual (Aval Técnico y Fiscal – Fase 2)	A mediano plazo para el desarrollo de las actividades de Estudios y Diseños para la Estructuración (Fase 3)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Se realizará una matriz multicriterio donde se evalúen las ventajas y desventajas según aspectos técnicos, de operación y funcionalidad, de Capex y Opex, de construcción, etc de las dos alternativas de implantación para el CCO.</li> <li>● Definir el programa arquitectónico y áreas necesarias para el funcionamiento del CCO.</li> <li>● Definir la materialidad bajo los siguientes criterios: que sean antivandálicos, de fácil montaje, fáciles de limpiar y que sean para un tráfico pesado.</li> <li>● Definir criterios de eficiencia y sostenibilidad ambiental para el diseño del CCO.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Establecer los trámites o permisos necesarios para la construcción del CCO.</li> <li>● Realizar especificaciones técnicas para construcción.</li> <li>● Establecer el listado de materiales definitivo.</li> <li>● Establecer los diseños definitivos para construcción.</li> <li>● Establecer el programa arquitectónico definitivo.</li> </ul>
<b>Interfaces:</b>	En la prefactibilidad no se presenta una estructura de relaciones interdisciplinarias y definiciones básicas de espacios y funciones, sin embargo, en etapa de Factibilidad se realizarán interfaces entre las áreas de arquitectura, urbanismo, eléctrica, electrónica, comunicaciones, ventilación, sistema de extinción, estructuras otras áreas con injerencia en la construcción del CCO.	
<b>CAPEX y OPEX</b>	El capex de la prefactibilidad para el CCO adopta como fuente de información datos basados en los estudios conceptuales para proyectos similares ejecutados en Europa y Asia, estructurados por los especialistas de Egis Rail en Francia. Sin embargo se soporta en precios globales de proyectos de referencia, por lo que no existe un desglose de ítems, áreas o componentes, y no es posible contar con un marco de referencia donde se permita conceptualizar si los costos estimados están dentro del nivel de tolerancia porcentual permitido para el alcance de una prefactibilidad.	

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

	El opex de todos los componentes de la L2MB, incluyendo el CCO, contienen todos los costos de mano de obra, materiales, energía, seguros y gastos generales relacionados con la operación y el mantenimiento, incluidos los costos de renovación y reemplazo, sin embargo no se incluyen costos asociados a la política fiscal de Colombia como lo son impuestos sobre ingresos/ beneficios o el impuesto sobre el valor agregado IVA, lo cual contribuye a una mayor incertidumbre sobre los costos reales del opex, independientemente del porcentaje asignado para efectos de los riesgos e imprevistos.
<b>Otros aspectos relevantes:</b>	Se realizará una matriz multicriterio donde se evalúen las ventajas y desventajas según aspectos técnicos, de operación y funcionalidad, de Capex y Opex, de construcción, etc de las dos alternativas de implantación para el CCO, a partir de las conclusiones, la interventoría, la FDN y la EMB seleccionará la alternativa a implementar para la línea dos.

#### 2.2.23.4.3 ASPECTOS RELEVANTES ASOCIADOS A LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ

##### 2.2.23.4.3.1 Línea 1 elevada (en construcción)

###### 2.2.23.4.3.1.1 Localización y descripción

Se encuentra localizado entre las calles 24 costado sur, calle 25 costado norte y carrera 16 costado occidental y Av. Caracas costado oriental, sobre el costado occidental de la estación Metro Calle 26 barrio Santafé. El área total requerida para el funcionamiento del edificio PCC es de 2.690 m<sup>2</sup>, distribuido en el primer piso 215 m<sup>2</sup> (Acceso PCC y salida de emergencia) y cuarto piso 2.475 m<sup>2</sup>. Véase Anexo 2. ET 23. Arquitectura- CCO Ficha CCO 02.

###### 2.2.23.4.3.1.2 Tipología y funcionalidad

El PCC se ubica en el cuarto piso del edificio de acceso costado occidental del Metro, un nivel arriba del piso de cuartos técnicos, el acceso inicia en la planta baja del edificio sobre el costado de la carrera 16 para no generar conflicto con los peatones que ingresan a la estación de Metro la cual se hace por la Av. Caracas y calle 24. La salida de emergencia se ubica en el costado sur del edificio sobre la calle 24 por ser una vía de menor impacto y obstrucción para los flujos peatonales en dirección a los módulos de acceso de la estación Metro.

El primer piso del PCC cuenta con: acceso lobby sala de espera, jardín interior, esclusa de acceso, recepción, baño, escaleras y ascensor, salida de emergencia y cuarto de ductos. Véase Anexo 2. ET 23. Arquitectura- CCO Ficha CCO 03.

El cuarto piso del PCC cuenta con: cuarto técnico, zona de operación, zona de servicios, zona de oficinas y zona de mantenimiento. Véase Anexo 2. ET 23. Arquitectura-CCO Ficha CCO 04-06.

#### **2.2.23.4.3.1.3 Acabados**

Para la definición de los materiales se toma en cuenta los acabados de la estación calle 26 costado occidental, siguiendo con la estética del edificio en cuanto a paneles de vidrio de seguridad en todas sus fachadas con diferentes tonalidades, recomiendan hacer muros arquitectónicos o paneles de concreto en las salas técnicas y sala de servidores para no afectar por radiación solar los equipos electrónicos.

Muros: Muro en bloque de concreto retardante al fuego para los cuartos técnicos, sala de servidores, sala de operaciones, cuarto de corrientes débiles, cuarto de gas sistema contra incendios y cuarto de ventilación. Muro en bloque de arcilla para baños, oficinas, salas de reunión, cuarto de vigilancia, estadística, salas de juntas. Muro con marco de aluminio y vidrio en las divisiones de oficinas, sala de descanso y sala de crisis, comedor y parte de la cocina. Muro marco lámina cold rolled en el acceso al PCC planta baja con vidrio de seguridad.

Puertas: Puertas de seguridad en marco lámina cold rolled y vidrio de seguridad en acceso PCC primer piso. Puertas en marco cold rolled y lámina metálica. Puertas en marco lámina cold rolled y lámina de madera acceso baños. Puertas divisiones de baño en lámina de acero inoxidable. Puerta doble con material retardante al fuego para la sala de operaciones y cuartos técnicos. Puerta en lámina de aluminio y vidrio para divisiones de oficinas.

Piso: Piso de concreto antideslizante con recubrimientos epoxicos en cuarto de corrientes débiles, equipos de ventilación y cuarto gas sistema contra incendios. Piso de porcelanato con tráfico pesado para accesos, oficinas, salas de juntas, salas de reunión. Piso cerámico con alto tráfico para baños, comedor y cocina.

Paredes: Cerámica en baños y cocina. Paredes pañete estuco y pintura para cuartos técnicos, oficinas, salas de juntas, salas de reunión, comedor, cuarto de vigilancia, recepción primer piso y cuarto piso, accesos a espacios.

Barandas de acero inoxidable para las escaleras.

#### **2.2.23.4.3.1.4 Nivel de desarrollo de estudios y diseños**

El nivel de los estudios y diseños de la Primera Línea del Metro Elevado de Bogotá (PLMB) es de factibilidad, donde se buscó establecer unas soluciones arquitectónicas iniciales, buscando cumplir con los requerimientos técnicos y normativos.

Dentro de los diseños de factibilidad de la PLMB, se pueden observar los planteamientos arquitectónicos y funcionales para el Puesto Central de Control - PCC, estableciendo unos diseños en planta, alzados y volumetría; definiendo los acabados más relevantes para utilizar en este tipo de edificaciones, pero no se detallan planos a nivel de construcción solamente a un nivel que permita la estimación en costos y análisis de la funcionalidad del proyecto.

#### **2.2.23.4.3.1.5 Deficiencias**

Dentro de los diseños no se contemplan criterios bioclimáticos sobre el potencial uso de energía solar, aprovechamiento de agua lluvia y otros aspectos que contribuyan con la autosostenibilidad del edificio.

#### **2.2.23.4.3.1.6 Soluciones**

Implementar en los diseños criterios de eficiencia y sostenibilidad ambiental como: Sistemas para la recolección de aguas lluvias para utilizarse como riego o limpieza; llaves, grifos, sanitarios deben contar con dispositivos para el ahorro de agua; iluminación LED u otra tecnología más eficiente; sistema de generación de energía fotovoltaica, paneles solares sobre la cubierta; técnicas de arquitectura bioclimática; los equipos que sean usados para garantizar el confort térmico no podrán hacer uso ni generar gases efecto invernadero.

#### **2.2.23.4.3.2 Línea 1 subterránea (estudio inicial)**

##### **2.2.23.4.3.2.1 Localización y descripción**

El Puesto Central de Control (PCC) se encuentra ubicado junto a la Estación de Boyacá, cuyo objetivo es conseguir de manera centralizada la supervisión y gestión remota de todos los sistemas de la PLMB. La gestión integral conlleva las funciones de control, regulación y supervisión del tráfico, seguridad de la línea, información y atención al viajero, control y monitorización de instalaciones, gestión y explotación de la línea, gestión de incidencias y emergencias, control de las instalaciones y de la energía.

La implantación de la estación de Boyacá en un lote urbano, va a originar una gran área de oportunidad. Se ha previsto la posibilidad de utilizar esta área de actividad para ubicar en ella un edificio administrativo asociado al Metro de Bogotá. Junto a este gran lote, hay otra parcela, de menores dimensiones, que es necesario ocupar por la afección del paso del túnel subterráneo bajo este lote y por la implantación de una boca de acceso, esta parcela menor es la elegida como ubicación para el PCC, dejando todo el lote de la estación libre para su uso como área de oportunidad urbana disponible para emplazar en ella el mencionado conjunto administrativo del Metro de Bogotá y otros usos. Véase Anexo 2. ET 23. Arquitectura- CCO Ficha CCO 07.

En esta parcela, la zona disponible se encuentra limitada por la ubicación de la boca de acceso y el túnel subterráneo del Metro, quedando libre un área con forma trapezoidal. El área total construida requerida para el funcionamiento del edificio PCC es de 3.595 m<sup>2</sup>. Véase Anexo 2. ET 23. Arquitectura- CCO Ficha CCO 07.

#### 2.2.23.4.3.2.2 Tipología y funcionalidad

El Puesto Central de Control se desarrolla en cuatro plantas sobre el terreno, más una planta sótano:

- **Planta sótano:** Se localizan el aparcamiento y diversos cuartos de instalaciones como: salas eléctricas, sala de fontanería y drenaje, sala de instalaciones de protección contra incendios, sala de telecomunicaciones, sala de telefonía, almacén de materiales varios, aparcamiento para personal del PCC y para carga y descarga de material sensible, núcleos de comunicaciones verticales del PCC. Véase Anexo 2. ET 23. Arquitectura- CCO Ficha CCO 08.
- **Planta Primer Piso:** Se propone un uso público y restringido. Cuenta con recepción, una zona de seguridad, primeros auxilios, cuarto eléctrico, sala previa CPD1, equipos protección incendios, sala técnica CPD1, sala de operaciones, baños, archivo y pasillo peatonal restringido.

Adicionalmente el edificio cuenta con dos salidas de evacuación, en cumplimiento con la NSR-10. Una de ellas, es la puerta principal del edificio, en la zona de recepción y la otra salida se encuentra cerca de la escalera de evacuación alejada de la zona de recepción, permitiendo la evacuación directa de esta escalera a la calle; para no debilitar la seguridad del edificio, esta puerta se destinará únicamente a evacuación en caso de emergencia, por lo que estará habitualmente retenida electro mecánicamente y se desbloqueará en caso de caída de tensión o señal de alarma en el edificio. Véase Anexo 2. ET 23. Arquitectura- CCO Ficha CCO 08.

- **Planta Segundo Piso:** Se propone un uso público y restringido. Cuenta con cuarto de limpieza, sala de presentaciones, sala de crisis con visual a la sala de operaciones, sala FOPAE + Bomberos, zona visión sobre sala OPERAC, sala simulación, formación y biblioteca, sala gestión de emergencias e incidencias, sala de mantenimiento, sala de reconstrucción, baños públicos, vestuarios y baños uso restringido, cuarto eléctrico, pasillo público y pasillo restringido. Véase Anexo 2. ET 23. Arquitectura- CCO Ficha CCO 09.
- **Planta Tercer Piso:** Se propone un uso restringido. Cuenta con sala de billeteaje, dos salas de reuniones, área de responsable de línea, despacho responsable área operación, despacho responsable área energía, despacho responsable área seguridad, despacho responsable área mantenimiento, cuarto eléctrico, despacho del director, zona de oficina, baños, pasillo uso restringido, cuarto de limpieza y cuarto de comunicaciones. Esta planta es de menor tamaño que la planta segunda apareciendo una gran terraza que tendrá una cobertura de césped artificial, buscando proporcionar un entorno de trabajo agradable al personal del PCC, conjuntado con un mínimo mantenimiento. Véase Anexo 2. ET 23. Arquitectura- CCO Ficha CCO 09.
- **Planta Cuarto Piso:** Se propone un uso restringido. En esta planta se ubica la cocina y el comedor del personal del centro, abierto de nuevo sobre una gran terraza verde. También se localiza en esta planta la sala de refrigeración del PCC. Véase Anexo 2. ET 23. Arquitectura- CCO Ficha CCO 10.

#### **2.2.23.4.3.2.3 Acabados**

Mampostería: Muro de bloque de concreto y muro Drywall + aislamiento lana de roca

Acabados: Revestimientos verticales como muros autoportantes de lámina de Drywall; pañete en muros dilatado cada metro; enchape de 0,20 x 0,20 m en baños y zonas húmedas; impermeabilización pintura epoxídica + lámina PVC en aljibe; pintura plástica color en frentes y fajas de cielos rasos; pintura a base de resinas epoxídicas; pintura protección sobre perfiles metálicos; pintura de esmalte en carpintería metálica, barandas y pasamanos; forrado exterior bandeja acero lacado perforada + aislamiento lana roca; lamas fijas verticales acero lacado; forrado vidrio laminar 6+6 mm unión butiral color hielo. Revestimientos en cielo raso como placas escayola fonoabsorbente; fajas perimetrales de placas de cartón-yeso; pintura a base de resinas epoxídicas; bandeja de acero lacado.

Pisos: Loseta de gres porcelánico y antideslizante; piso acabado de concreto pulido y endurecido con cuarzo corindón; cubierta invertida transitable con piso de césped artificial; cubierta invertida con piso de grava.

#### **2.2.23.4.3.2.4 Nivel de desarrollo de estudios y diseños**

El nivel de los estudios y diseños de la Primera Línea del Metro Subterráneo de Bogotá (PLMB) es de factibilidad, donde se buscó establecer unas soluciones arquitectónicas y urbanísticas cumpliendo con los requerimientos técnicos y normativos.

Dentro de los diseños de factibilidad de la PLMB, se pueden observar los planteamiento arquitectónicos y funcionales para el Puesto Central de Control - PCC, la información cuenta con un buen nivel de detalle en donde se especifican los niveles, el acotado, materialidades de los espacios e instalaciones de las mismas. Se detallan planos a nivel de construcción permitiendo la estimación en costos y análisis de la funcionalidad del edificio.

#### **2.2.23.4.3.2.5 Deficiencias**

Dentro de los diseños no se contemplan criterios bioclimáticos sobre el potencial uso de energía solar, aprovechamiento de agua lluvia y otros aspectos que contribuyan con la autosostenibilidad del edificio.

#### **2.2.23.4.3.2.6 Soluciones**

Implementar en los diseños criterios de eficiencia y sostenibilidad ambiental como: Sistemas para la recolección de aguas lluvias para utilizarse como riego o limpieza; llaves, grifos, sanitarios deben contar con dispositivos para el ahorro de agua; iluminación LED u otra tecnología más eficiente; sistema de generación de energía fotovoltaica, paneles solares sobre la cubierta; técnicas de arquitectura bioclimática; los equipos que sean usados para garantizar el confort térmico no podrán hacer uso ni generar gases efecto invernadero.

#### **2.2.23.4.4 BENCHMARK (EXPERIENCIAS INTERNACIONALES)**

##### **2.2.23.4.4.1 CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL DEL SISTEMA FERROVIARIO EZEQUIEL ZAMORA – TUY**

El Edificio del PCC – CCP del Sistema Ferroviario Ezequiel Zamora es la sede del “centro operativo” de todo el sistema, es allí donde se concentran los controles de toda la línea Caracas – Cúa, así como también los de los Patios y Talleres.

Entre las funciones que se desarrollan en el Edificio del PCC-CCP podemos distinguir:

- Técnicas y Operativas: Equipos de señalización, telecomunicaciones, computación, control, etc.; en la sala de control.
- Administrativas: Oficinas para el personal gerencial y administrativo.
- Públicas: Áreas que servirán para cumplir funciones educativas e institucionales, por lo que se prevé el acceso de público ajeno al movimiento del Sistema.
- Infraestructura: Servicios de apoyo a la edificación tales como conserjería, centro de distribución de potencia, hidroneumático, equipos de enfriamiento, etc.

Formalmente se buscó que el conjunto de edificios del PCC-CCP tuviera su propia identidad: dos volúmenes curvos, el edificio uno contiene tres plantas y el edificio dos es de un solo piso, están interconectados por un gran techo que conforma el vestíbulo de entrada. La forma curva de los volúmenes y su composición envolvente crea una plaza central a la que abren todos los ambientes que la circundan.

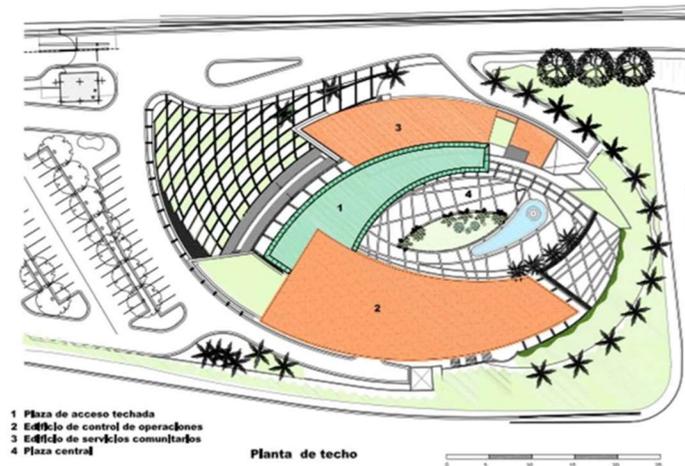


Figura 2. Planta cubiertas CCO del sistema ferroviario Ezequiel Zamora - TUY  
Fuente: Roberto Ameneiro. Carlota Alfonz. Inés Malaver. Centro de Control Operacional del sistema ferroviario Ezequiel Zamora - TUY. (2010)



Figura 3. Plaza de acceso CCO del sistema ferroviario Ezequiel Zamora - TUY  
Fuente: Roberto Ameneiro. Carlota Alfonz. Inés Malaver. Centro de Control Operacional del sistema ferroviario Ezequiel Zamora - TUY. (2010)

El edificio uno alberga en la planta baja las funciones técnicas y operativas, oficinas en la planta alta y servicios de infraestructura en el sótano. El acceso al edificio se logra a través de una recepción acristalada y a doble altura, con control de entrada y vigilancia; desde allí, otro control de entrada restringe el acceso a los cuartos técnicos: señalización, telecomunicaciones, mando centralizado, computación y las salas del PCC – CCP.

El núcleo principal de escaleras lleva al mezzanine donde se ubican las oficinas gerenciales y administrativas, dotadas también con su área de servicios. Se prevé que las divisiones internas se hagan con tabiques livianos y/o tabiques modulares para facilitar cambios en la distribución; un amplio hall ubicado como antesala de las oficinas, abierto sobre la doble altura de la recepción y con vista sobre la sala del PCC-CCP sirve como áreas de exposiciones y para recibir visitas guiadas.

El mismo núcleo de escaleras lleva, con acceso restringido, al sótano de servicios, en donde se ubicó parte de la infraestructura de apoyo: centro de transformadores, baterías, Ups, cuarto de gas halón, bombas y válvulas. En el extremo del edificio está el comedor de empleados: es un espacio a doble altura, acristalado y abierto hacia los jardines y la plaza.

El Edificio dos está dedicado a las actividades públicas. En él se ubicó el auditorio con capacidad para 80 personas, dos salas integrables de entrenamiento dotadas con todas las previsiones para los equipos audiovisuales, sanitarios; un hall como antesala a estos ambientes, dotado de aire acondicionado y total transparencia abre sus puertas hacia la plaza central.

Al final del edificio, separados por un jardín y lo más posible del resto de las actividades porque generan ruido, se ubican la planta de emergencia y los equipos de enfriamiento (chillers) que alimentan todas las unidades de aire de todos los edificios. El volumen que conforma el edificio es de un solo nivel, con altura variable desde el extremo del auditorio, que es el que requiere mayor altura hasta el patio de equipos de enfriamiento que es destechado.

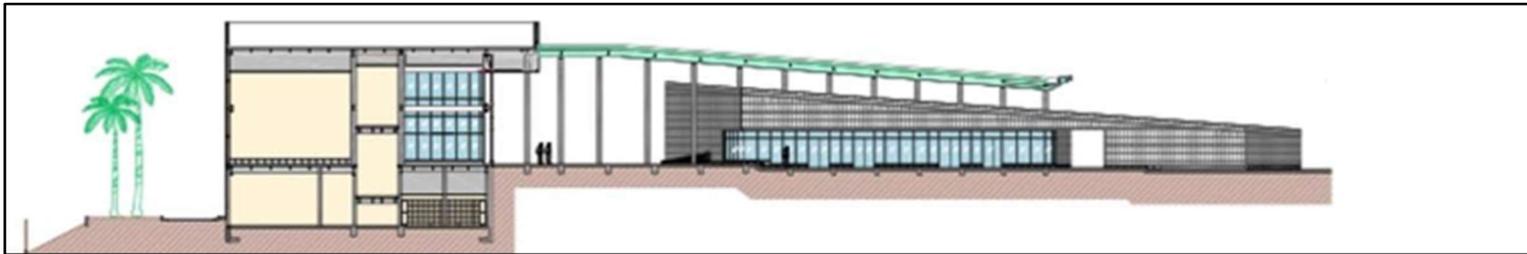


Figura 4. Sección CCO y Edificio de servicios comunitarios del sistema ferroviario Ezequiel Zamora - TUY

Fuente: Roberto Ameneiro - Carlota Alfonz - Inés Malaver, Centro de Control Operacional del sistema ferroviario Ezequiel Zamora - TUY, (2010)

En cuanto a los acabados de las edificaciones del PCC-CCP, éstas fueron diseñadas con materiales nobles y duraderos, es decir, paredes exteriores recubiertas con baldosas de granito natural, pisos interiores también en baldosas de mármol y granito natural, pisos exteriores recubiertos en lajas de piedra pizarra; acero inoxidable en barandas, marcos y puertas que tienen contacto con el público y en general, acabados que transmiten una imagen cónsona dada la importancia de la edificación dentro del conjunto.

#### 2.2.23.4.5 CONCLUSIONES

- No es posible realizar una validación de planteamiento de la prefactibilidad debido a que no se presentan diseños y elementos necesarios para el análisis arquitectónico, funcional y urbanístico del Centro de Control de Operaciones.
- En la prefactibilidad fueron evaluadas dos opciones de implantación, un Centro de Control Operacional para la línea dos del Metro de Bogotá en un edificio independiente de la PLMB y emplear el mismo edificio del CCO para la PLMB de tal forma que sea una operación centralizada. En el estudio de prefactibilidad se concluyó que: “el CCO de la línea dos estaría implementado en un lugar independiente de la línea uno. En el actual diseño de prefactibilidad de la línea dos de metro, dentro del patio taller se considera un área para la localización del edificio de CCO de la L2MB. El lugar final de implantación del CCO estará fijado durante los estudios de Factibilidad”.
- Las zonificaciones del CCO en la factibilidad de la PLMB subterránea y elevada son claras y esto permite dimensionar las áreas y espacios necesarios para complementar la información faltante, dado que en los estudios de la prefactibilidad de la L2MB no se presentó un entregable exclusivo del Centro de Control Operacional con dicha información complementaria. Es decir, en la prefactibilidad no se identificaron y caracterizaron las áreas y dotaciones tecnológicas necesarias para este edificio.
- En la prefactibilidad se recomiendan unas características que deberían poseer los materiales a utilizar en el CCO, que sean antivandálicos, de fácil montaje, fáciles de limpiar y que sean para un tráfico pesado. Estas recomendaciones serán tenidas en cuenta en los diseños de Factibilidad.
- En los diseños de Factibilidad se deberá implementar algunos criterios de eficiencia y sostenibilidad ambiental como: Sistemas para la recolección de aguas lluvias para utilizarse como riego o limpieza; llaves, grifos, sanitarios deben contar con dispositivos para el ahorro de agua; iluminación LED u otra tecnología más eficiente; sistema de generación de energía fotovoltaica, paneles solares sobre la cubierta; técnicas de arquitectura bioclimática; los equipos que sean usados para garantizar el confort térmico no podrán hacer uso ni generar gases efecto invernadero.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 \_VF

#### **2.2.23.4.6 ANEXOS**

Anexo 1. ET 23. Arquitectura - CCO