



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA

**“Optimización y mejora del diseño funcional de las estaciones  
de la Línea 2 del Metro de Lima.”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Arquitecta

**AUTOR:**

Gonzales Clapham, Alejandra (ORCID: 0000-0003-0872-7266)

**ASESOR:**

Mg. Arq. Ames Candiotti, Sami Bruno (ORCID: 0000-0002-9103-8594)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

ARQUITECTURA

LIMA - PERÚ

2020



## DEDICATORIA

Le dedico el presente trabajo de suficiencia a mi familia por todo el apoyo que recibí durante la carrera y durante mi vida. Sobre todo, le dedico este documento a mi mamá que lucho con la mejor actitud en la vida y me inspiro a siempre seguir adelante.



## AGRADECIMIENTO

A Nathalie Clapham por la inspiración, el amor y fortaleza.  
A Maurice, Catherine y Carlos por ser incondicionales y por motivarme cada día.

A Frano y Carolina con quienes estaré agradecida por siempre.

A Andrés y Michelle por tantas amanecidas ayudándome durante la carrera.

A mis primos, a mi papá y a mi hermano por sus palabras alentadoras.

A mi Yoya, quien desde el inicio creyó en mi como Arquitecta.

A Antonio Conte por ser un gran guía en esta carrera.

A Natalia Simón mi mentora en arquitectura de Metro.



## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE FIGURAS .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	3
<b>1.2. OBJETIVO GENERAL</b> .....	5
<b>1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. HISTORIA DEL METRO .....	6
2.2. TEORÍAS.....	8
<b>2.2.1. MOVILIDAD URBANA</b> .....	8
<b>2.2.2. MOVILIDAD SOSTENIBLE</b> .....	8
<b>2.2.3. SISTEMA DE TRASPORTE</b> .....	8
<b>2.2.4. SISTEMA INTEGRADO DE TRASPORTE</b> .....	9
<b>2.2.5. MÉTODO “CUT AND COVER”</b> .....	9
3. ANTECEDENTES .....	12
<b>3.1. METROS, TRENES Y SUBTES</b> .....	12
<b>3.2. PROBLEMÁTICA URBANA LIMA</b> .....	12
<b>3.3. TRANSPORTE EN LIMA</b> .....	13
<b>3.4. LÍNEA 1 METRO DE LIMA</b> .....	14
<b>3.5. TIPOLOGÍA ESTACIONES DE METRO</b> .....	15
<b>3.6. TIPOLOGÍA DE LAS ESTACIONES LÍNEA 2 - PROPUESTA TÉCNICA</b> .....	16
4. PROYECTOS REFERENTES .....	17
4.1. METRO DE LONDRES - INGLATERRA.....	17
4.2. METRO DE MADRID - ESPAÑA.....	20
<b>4.3. METRO DE DOHA – QATAR</b> .....	27
<b>4.4. METRO DE QUITO – ECUADOR</b> .....	33
5. METODOLOGÍA.....	39
5.1. PARÁMETROS DE DISEÑO .....	39



5.1.1.	NORMATIVA .....	39
5.1.2.	DEFINICIÓN DE CRITERIOS BÁSICOS.....	39
<b>5.1.3.</b>	<b>NIVELES DE SERVICIO.....</b>	<b>41</b>
<b>5.1.4.</b>	<b>ZONAS DE COLA .....</b>	<b>44</b>
<b>5.1.5.</b>	<b>CÁLCULO DE ANCHO DE ANDÉN .....</b>	<b>44</b>
<b>5.2.</b>	<b>ESTACIÓN INSURGENTES – METRO DE LIMA.....</b>	<b>45</b>
5.2.1.	DESCRIPCIÓN.....	45
5.2.2.	UBICACIÓN .....	45
5.2.3.	NIVELES QUE CONFORMAN LA ESTACIÓN .....	46
<b>5.2.3.1.</b>	<b>ACCESOS PARA LA ENTRADA DEL PÚBLICO .....</b>	<b>46</b>
<b>5.2.3.2.</b>	<b>SALIDAS DE EMERGENCIA .....</b>	<b>46</b>
<b>5.2.3.3.</b>	<b>REJILLAS Y DUCTOS.....</b>	<b>47</b>
5.2.4.	NIVEL DE PREVESTÍBULO .....	47
5.2.5.	NIVEL DE VESTÍBULO .....	48
5.2.6.	NIVEL DE ANDÉN .....	50
5.2.7.	NIVEL BAJOANDÉN .....	50
5.2.8.	AMBIENTES Y ÁREAS DE LA ESTACION INSURGENTES .....	51
5.3.	OPTIMIZACIÓN Y MEJORAMIENTO FUNCIONAL DE ESTACIONES.....	53
5.3.1.	INCREMENTO DE ÁREAS ÚTILES.....	53
5.3.2.	MEJORA EN LOS NÚCLEOS DE COMUNICACIÓN VERTICAL.....	55
5.3.3.	AMPLIACIÓN DE LA SUPERFICIE DE ANDÉN .....	56
5.3.4.	CREACIÓN DE PREVESTÍBULO PARA ACCESO A LA ESTACIÓN.....	57
5.3.5.	MEJORA DE LOS CUERPOS DE ACCESO/SALIDA HABITUALES .....	57
5.3.6.	MEJORA EN LOS FLUJOS PEATONALES.....	58
5.3.7.	MEJORA EN LOS TIEMPOS DE EVACUACIÓN.....	59
5.3.8.	CREACIÓN DE ÁREAS DE SEGURIDAD PARA PERSONAS DE MOVILIDAD REDUCIDA (PMR) 63	
5.3.9.	AUMENTO DE LA DISTANCIA ENTRE BARRERA TARIFARIA - BOLETERÍAS.....	65
5.3.10.	AUMENTO DE LA DISTANCIA PARA AMPLIACION DE BARRERA TARIFARIA.....	66
5.3.11.	MEJORA DEL ACCESO AL ÁREA TÉCNICA.....	66
6.	RESULTADOS .....	68
7.	CONCLUSIONES .....	70
8.	RECOMENDACIONES .....	71
9.	REFERENCIAS.....	72
10.	DECLARACIÓN JURADA .....	75



11.	ANEXOS .....	76
11.1.	<b>PLANTA DE SITUACIÓN – ESTACIÓN INSURGENTES .....</b>	<b>76</b>
11.2.	PLANO DE PREVESTÍBULO – ESTACIÓN INSURGENTES .....	77
11.3.	PLANO DE VESTÍBULO – ESTACIÓN INSURGENTES .....	78
11.4.	<b>PLANO DE ANDÉN – ESTACIÓN INSURGENTES .....</b>	<b>79</b>
11.5.	PLANO BAJOANDÉN – ESTACIÓN INSURGENTES .....	80
11.6.	SECCIÓN 1-1. ESTACIÓN INSURGENTES .....	81
11.7.	SECCIÓN 2-2. ESTACIÓN INSURGENTES .....	82
11.8.	SECCIÓN 3-3. ESTACIÓN INSURGENTES .....	83
11.9.	SECCIÓN 4-4. ESTACIÓN INSURGENTES .....	84
11.10.	SECCIÓN 5-5. ESTACIÓN INSURGENTES .....	84
11.11.	VISTA 3D NIVEL PREVESTÍBULO. ESTACIÓN INSURGENTES.....	85
11.12.	VISTA 3D NIVEL VESTÍBULO. ESTACIÓN INSURGENTES.....	85
11.13.	VISTA 3D NIVEL ANDÉN. ESTACIÓN INSURGENTES.....	86

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Foto del primer viaje del Metro de Londres. ....	6
Figura 2. Esquema 1 de proceso constructivo Cut and Cover.....	10
Figura 3. Esquema 2 de proceso constructivo Cut and Cover.....	10
Figura 4. Esquema 3 de proceso constructivo Cut and Cover.....	11
Figura 5. Esquema 4 de proceso constructivo Cut and Cover.....	11
Figura 6. Ejemplo de clasificación de las estaciones del Metro de Bogotá. ....	15
Figura 7. Número y clasificación de las estaciones del Metro de Bogotá. ....	16
Figura 8. Líneas del Metro de Londres. ....	17
Figura 9. Ingreso a Green Park Station.....	18
Figura 10. Fachada Oxford Circus Station. ....	18
Figura 11. Acceso a Piccadilly Circus Station. ....	19
Figura 12. Ingreso Canary Wharf Station. ....	19
Figura 13. Ingreso Canary Wharf Station. ....	19
Figura 14. Sección estación tipo propuesta por Manuel Becerra. ....	20
Figura 15. Fachada de la estación de la Plaza de Toros de Goya propuesta por Manuel Becerra. ....	21
Figura 16. Sección transversal de la estación de la Plaza de Toros de Goya propuesta por Manuel Becerra. ....	21
Figura 17. Modelo de poste anunciador para las bocas de Metro. ....	23
Figura 18. Planta preandén de la estación Madrid Río L11. Alternativa 1. ....	24
Figura 19. Sección longitudinal de la estación Madrid Río L11. Alternativa 1.....	24
Figura 20. Sección transversal de la estación Madrid Río L11. Alternativa 2. ....	25
Figura 21. Esquema estación entre pantallas con apuntalamiento mediante forjados.....	25
Figura 22. Esquema estación nivel andén en alternativa 2. ....	26
Figura 23. Red total de Metro de Qatar.....	27
Figura 24. Sección transversal Metro de Doha. ....	28
Figura 25. Sección trasversal estaciones intercambiadores Metro de Qatar. ....	29
Figura 26. Sección longitudinal estación de Metro Qatar. ....	29
Figura 27. Vista 3D Qatar University Station.....	29
Figura 28. Vista 3D Alwakra Station.....	30
Figura 29. Vista 3D Al Riffa Station.....	30
Figura 30. Sección transversal estación Metro Qatar.....	30
Figura 31. Fotografía exterior de acabados estación Metro Qatar.....	31



Figura 32. Ejemplo ubicación de materialidad en fachada de estaciones Metro de Qatar.	31
Figura 33. Vista de fachada de estación y viaducto. ....	31
Figura 34. Diagrama axonometría explotada. ....	32
Figura 35. Esquema elevación 1 estaciones elevadas.....	32
Figura 36. Esquema elevación 2 estaciones elevadas.....	33
Figura 37. Esquema de ejecución método tradicional.....	34
Figura 38. Vista sección 3D ejemplo de interior de Madrid.....	34
Figura 39. Implantación de la estación Quitumbe del Metro de Quito. ....	35
Figura 40. Planta de vestíbulo y subestación eléctrica de la estación de la Magdalena. ...	35
Figura 41. Planta de andenes de la estación de la Magdalena. ....	36
Figura 42. Sección longitudinal de la estación de la Magdalena. ....	36
Figura 43. Sección transversal de la estación de la Magdalena.....	36
Figura 44. Vistas 3D de la planta de andén y vestíbulo de la estación de la Magdalena. .	37
Figura 45. Vista 3D de ubicación de estación de San Francisco Intercambiador Av. 24 de Mayo.....	37
Figura 46. Vista sección 3D de estación de San Francisco Intercambiador Av. 24 de Mayo. ....	38
Figura 47. Vista interior 3D de estación de San Francisco Intercambiador Av. 24 de Mayo. ....	38
Figura 48. Representación de Niveles de Servicio en áreas de circulación.....	41
Figura 49. Tabla resumen de niveles de servicio en zonas de cola y circulación .....	42
Figura 50. Cálculo del ancho de andén.....	45
Figura 51. Planta de salidas de emergencia, rejillas y ducto de la estación Insurgentes..	47
Figura 52. Planta de prevestíbulo estación Insurgentes.....	48
Figura 53. Planta de Vestíbulo estación Insurgentes .....	49
Figura 54. Planta de Andén estación Insurgentes.....	50
Figura 55. Área de espera en andenes. Fase de Estudio técnico .....	54
Figura 56. Área de espera en andenes. Fase de Optimización.....	54
Figura 57. Área de espera paga y no paga. Fase de Estudio técnico .....	55
Figura 58. Área de espera paga y no paga. Fase de Optimización .....	55
Figura 59. Ubicación de circulación vertical. Fase de Estudio técnico.....	56
Figura 60. Ubicación de circulación vertical. Fase de Optimización. ....	56
Figura 61. Dimensiones del material rodante (Trenes).....	56
Figura 62. Nivel prevestíbulo. Zona de acceso habitual Estación Insurgentes .....	57



Figura 63. Desarrollo de escaleras a calle de la Estación Insurgentes. Fase de Estudio Técnico.....	58
Figura 64. Desarrollo de escaleras a calle de la Estación Insurgentes. Fase de Optimización.....	58
Figura 65. Longitud de recorridos peatonales en andén en escenario normal. Fase de Estudio Técnico.....	59
Figura 66. Longitud de recorridos peatonales en andén en escenario normal. Fase de Optimización.....	59
Figura 67. Longitud de recorridos peatonales en andén en escenario de evacuación. Fase de Estudio Técnico.....	59
Figura 68. Longitud de recorridos peatonales en andén en escenario de evacuación. Fase de Optimización.....	59
Figura 69. Ejemplo de distribución de áreas de andén por escaleras de evacuación.....	60
Figura 70. Formulación de cálculo del tiempo de evacuación.....	60
Figura 71. Ubicación de PMR en escaleras de emergencia.....	63
Figura 72. Zoom de lado oeste de planta de andén. Ubicación de PMR.....	64
Figura 73. Zoom de lado este de planta de andén. Ubicación de PMR.....	64
Figura 74. Espacio entre zonas de cola. Fase de Estudio Técnico.....	65
Figura 75. Espacio entre zonas de cola. Fase de Optimización.....	65
Figura 76. Espacio para ampliación de barrera tarifaria (tornos). Fase de Estudio Técnico.....	66
Figura 77. Espacio para ampliación de barrera tarifaria (tornos). Fase de Optimización..	66
Figura 78. Planta Vestíbulo con acceso a zona técnica. Fase de Estudio Técnico.....	67
Figura 79. Planta Vestíbulo con acceso a zona técnica. Fase de Optimización.....	67



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de servicio en zonas de espera y colas .....	42
Tabla 2. Niveles de servicio en áreas de circulación .....	43
Tabla 3. Niveles de servicio en escaleras .....	43
Tabla 4. Dimensión requerida para zonas de cola estación Insurgentes.....	44
Tabla 5. Tabla de ambientes nivel Prevestíbulo estación Insurgentes .....	51
Tabla 6. Tabla de ambientes nivel vestíbulo estación Insurgentes.....	52
Tabla 7. Tabla de ambientes nivel Andén estación Insurgentes.....	53
Tabla 8. Incremento de áreas útiles estación Insurgentes .....	54
Tabla 9. Tiempo de Evacuación de andén .....	61
Tabla 10. Tiempo de Evacuación de andén a lugar seguro.....	61
Tabla 11. Comparación de recorridos diferenciados de la estación Insurgentes .....	62
Tabla 12. Cálculo de espacios para Personas de Movilidad Reducida .....	63
Tabla 13. Resumen de mejora y optimización de la Estación Insurgentes .....	68

## RESUMEN

El presente trabajo de experiencia laboral tiene como finalidad demostrar la mejora en las condiciones de diseño de las estaciones de la Línea 2, con respecto al Estudio Técnico, optimizando las áreas útiles, reduciendo los tiempos de traslado interior en la estación, disminuyendo los tiempos de evacuación, elevando el nivel de servicio de la zona no paga y mejorando la accesibilidad dentro de las estaciones.

Durante la investigación se pudo notar la importancia de la movilidad urbana como también la evolución del sistema de transporte masivo influye en el desarrollo de las ciudades.

En la experiencia obtenida podemos destacar que la funcionalidad de las estaciones viene dada por los niveles de servicio y donde es de vital importancia la seguridad y evacuación en caso de emergencia.

En el presente trabajo se explican los métodos constructivos más usados en estas edificaciones como también se explican algunas tipologías más destacadas en la arquitectura de las estaciones.

La metodología de estudio aplicada es el estudio de caso, se obtuvo información de diversas fuentes, como documentos internos realizados en la empresa, observaciones, investigaciones de otros especialistas, entrevistas, análisis desde el punto de vista arquitectónico de otros proyectos y de la historia misma.

Palabras claves: Metro, Línea 2, Lima.

## ABSTRACT

The purpose of this work experience work is to demonstrate the improvement in the design conditions of the stations of Line 2, with respect to the Technical Study, optimizing the useful areas, reducing the internal transfer times in the station, reducing evacuation, raising the level of service in the non-paying area and improving accessibility within the stations.

During the research, the importance of urban mobility was noted, as well as the evolution of the mass transport system influences the development of cities.

In the experience obtained, we can highlight that the functionality of the stations is determined by the levels of service and where safety and evacuation in an emergency are of vital importance.

In the present work, the most used construction methods in these buildings are explained, as well as some more prominent typologies in the architecture of the stations.

The study methodology applied is the case study, information was obtained from various sources, such as internal documents carried out in the company, observations, investigations of other specialists, interviews, analysis from the architectural point of view of other projects and of history itself.

Keywords: Metro, Line 2, Lima.

## 1. INTRODUCCIÓN

De una forma casual terminé vinculándome a la arquitectura ferroviaria cuando ingresé a realizar mis prácticas profesionales en Typsa, en un “Grupo independiente de empresas de servicios de ingeniería, arquitectura y consultoría, líder en soluciones de infraestructura, energía, medio ambiente y ciudades. Cuenta con más de 50 años de experiencia apoyando a clientes institucionales, públicos y privados en el desarrollo de proyectos de transporte, agua, edificación, energías renovables y desarrollo rural, desde su concepción hasta su puesta en servicio y operación” (Grupo Typsa, “Presentando el Grupo Typsa”).

“TYPESA figura entre los consultores españoles con mayor experiencia en el campo de las infraestructuras ferroviarias, habiendo participado en la planificación, diseño y supervisión de la construcción de más de 6.500 km de líneas de alta velocidad y de más de 7.200 km de líneas convencionales” (Aitor Ezquerro, Ferrocarriles).

“La extensa experiencia de TYPESA en proyectos de infraestructuras (más de 600 km de Metro, cerca de 600 km de tranvías, cerca de 17.000 km de ferrocarriles, más de 600 estaciones y paradas de transporte terrestre y un gran número de grandes terminales aeroportuarias), nos coloca en la mejor posición para acometer proyectos de arquitectura del transporte.

*Transport Hubs:* Estaciones de Metro y ferrocarril, terminales de aeropuertos, y puertos, estaciones de Metro ligero y autobús e intercambiadores de transportes.

Integración de los diferentes modos de transporte entre sí y con la ciudad.

Integración con estaciones existentes.

Planificación dimensional de terminales de transporte.

Estudio y dimensionamiento de flujos de pasajeros y de circulación de vehículos.

Diseño seguro, flexible y eficiente combinando servicios desde la arquitectura a la ingeniería más especializada” (Salvador Fernández, Transporte).

Desde el 2014, TYPESA se encuentra desarrollando la ingeniería y diseño de estaciones que forman parte del proyecto: “*Línea 2 y Ramal Av. Faucett - Av. Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao*”.

Este proyecto consiste en la implementación de una línea de Metro subterráneo en el eje Este-Oeste de la ciudad, de 27 km de longitud (Línea 2 de la Red Básica del Metro de Lima), y un ramal de 8 km correspondiente a la Av. Elmer Faucett, desde la Av. Oscar Benavides (ex av. Colonial) hasta la Av. Néstor Gambetta, pasando por el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

La Línea 2 y el Ramal de la Línea 4 del Metro de Lima y Callao será el primer transporte masivo subterráneo y totalmente automático del Perú.

“Esta mega estructura es obra del gobierno central junto con una sociedad concesionaria de gran experiencia en el rubro, que ha construido sistemas de Metro en Santiago de Chile, San Francisco, Tesalónica, Nápoles, Nueva York, túneles y cientos de estaciones construidas en todo el mundo.

Se estima que la Línea 2 y el Ramal Línea 4 del Metro de Lima y Callao acercará los destinos de más de 660 mil pasajeros al día, beneficiando a 2.5 millones de personas a lo largo de 35 kilómetros y 10 distritos: Ate, Santa Anita, El Agustino, San Luis, La Victoria, Cercado, Breña, Bellavista, Carmen de la Legua y El Callao.

Los trenes viajarán a una velocidad máxima de 90Km/h y su operación automática brindará una mejora significativa en términos de eficiencia, con intervalos entre trenes de 1,5 minutos y posibilidades casi nulas de accidente.

Esta obra contribuirá significativamente a la descongestión vehicular y al cuidado del medio ambiente (0% de gases contaminantes), convirtiéndolo en el medio efectivo y sostenible que la ciudad de Lima necesita.

A inicios del 2016, me incorporo al equipo del “*Metro de Lima*” como asistente de arquitectura, trabajando junto a la Coordinadora de Arquitectura del Proyecto, donde hemos desarrollado los funcionales de 06 estaciones para la Línea 2 y 08 estaciones para la línea 4” (Concesionario Metro de Lima Línea 2, 2015)

Dentro de las labores que he venido desarrollando en el departamento de Edificaciones (Arquitectura) para el proyecto del “*Metro de Lima*”, he desarrollado planos, secciones, memorias, cálculos de evacuación por áreas, mejoras en los tiempos de evacuación y en niveles de servicio, detalles constructivos, biciletarios, comparativas de áreas útiles, levantamiento de observaciones y coordinación entre especialidades.

En el 2019, también participé en el área de Obras Lineales, donde desarrollé planes de micro desvíos, intervención urbana, identificación de interferencias, excavaciones y áreas de obra.

En el 2020, iniciamos con el desarrollo de acabados de las estaciones de la Línea 2, donde detallamos cerrajería, carpintería, tabiquería, acabados verticales, detalles constructivos, etcétera.

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Dentro del contexto de un acelerado y desordenado crecimiento de la ciudad de Lima, se plantea la necesidad de crear una Red básica del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao que se compone de 5 líneas de Metro que pretenden dar prioridad al transporte público sobre el uso del vehículo privado.

De un exhaustivo análisis de la movilidad, de la integración urbana y tras evaluar la articulación con otros sistemas de transporte, el Metro resultó como la opción más atractiva para el servicio de transporte masivo en la ciudad de Lima. En muchas ciudades del mundo el “Metro” ha sido un pilar fundamental en el desarrollo y crecimiento.

El actual proyecto consta de dos líneas subterráneas que forman parte de una red de transporte de cinco líneas en total, de las cuales ya está construida la Línea 1, que a diferencia sigue un trayecto totalmente elevado.

Los componentes de este proyecto son la Línea 2 y la Línea 4, con un total 35 estaciones, donde existen estaciones de paso y estaciones de combinación. Las estaciones de combinación o como también las llamamos intercambiadores sirven para el paso de una Línea a otra. En nuestro caso la estación de combinación es la Estación Carmen de la Legua, que permite el transbordo entre la Línea 2 y la Línea 4.

“Dentro de los principios de diseños contemplados para el diseño y desarrollo de las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima se plantearon los siguientes criterios básicos:

- Permanente integración de la ingeniería y la arquitectura, buscando en todo momento conjugar la racionalidad técnica y la calidad estética, para armonizar lo operativo, lo funcional y lo bello.
- Materializar formas sencillas y espacios claros, amplios, confortables y eficaces, capaces de proporcionar comodidad a los cuerpos y satisfacción a los espíritus.



- Transmitir en todo momento y lugar, claridad, seguridad y confianza a los usuarios.
- Facilitar la accesibilidad de los usuarios a cualquier punto del sistema, de tal manera que ésta se produzca con la mayor naturalidad.
- Permitir el rápido acceso de los flujos de pasajeros a la zona de andenes mediante unos recorridos ágiles y directos, igualmente se ha tenido en cuenta este flujo de pasajeros para la rápida evacuación en situaciones de emergencia.
- Posibilitar una fácil limpieza y mantenimiento y una buena conservación de todo el conjunto.
- Por último, se ha pretendido homologar y unificar al máximo estos criterios de diseño, haciéndolos extensivos a todos los elementos del sistema: accesos, rampas, vestíbulos, escaleras, ascensores en todas las paradas, estaciones o intercambiadores para conseguir la fácil identificación de dichos elementos como partes de un todo” (Proinversión, “Memoria descriptiva. Principios de diseño”, p. 3).

Dentro de los criterios básicos no se menciona claramente cuáles serían los criterios para el dimensionamiento de las estaciones, ni las guías o normas para definir parámetros básicos de evacuación.

Teniendo como problema principal en la estandarización de las estaciones, en algunos casos sobredimensionamiento y en otros, la falta de áreas útiles para cubrir la demanda particular de cada estación, al evaluar las estaciones por separado tenemos diferencias en las demandas de servicios, por lo que es preferible que, aunque se mantenga la homologación y unificación en el funcionamiento, se tomen en cuenta los cálculos de pasajeros que hacen uso de cada una de las estaciones para basarse a la hora de dimensionar superficies, anchos de escaleras, niveles de servicio; en general para el óptimo funcionamiento de la estación, sin dar exceso de áreas o dejando espacios innecesarios que generen un costo de mantenimiento mayor.



## **1.2. OBJETIVO GENERAL**

El objetivo de este trabajo de investigación es demostrar la mejora en condiciones de diseño de las estaciones de la Línea 2, reduciendo los tiempos de viajes, favoreciendo el incremento de la actividad productiva, elevando el nivel de servicio del transporte público (frecuencia, confort, seguridad, accesibilidad a las personas con movilidad reducida, etcétera).

## **1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Descripción formal de la estación Insurgentes;
- Mejora en los tiempos de evacuación;
- Ampliación de la superficie del andén
- Mejora en los núcleos de comunicación vertical;
- Mejora de los flujos peatonales;
- Distribución uniforme de pasajeros en andén;
- Áreas de seguridad para personas de movilidad reducida;
- Aumento de distancia entre colas de barrera tarifaria y colas de boletería;
- Aumento de espacio disponible para ampliación de puertas validadoras;
- Mejora del acceso del área técnica;
- Mejora de los cuerpos de acceso / salidas habituales;
- Creación de prevestíbulo para acceso a la estación.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. HISTORIA DEL METRO

El término “Metro” es apocope de “*Metropolitan Railway*” cuya traducción al castellano sería Ferrocarril Metropolitano, siendo el primer sistema ferroviario de transporte masivo.

El cual nace en Londres en 1843 donde, “el inglés Charles Pearson propuso, como parte de un plan de mejora para la ciudad abrir túneles subterráneos con vías férreas. En 1853, después de años de debate el parlamento autorizó la propuesta y en 1860 empieza a construirse el primer Metro del mundo. El 10 de enero de 1863 se abrió la primera línea de Metro, con 6 kilómetros de longitud” (*Transport for London*, 2008).

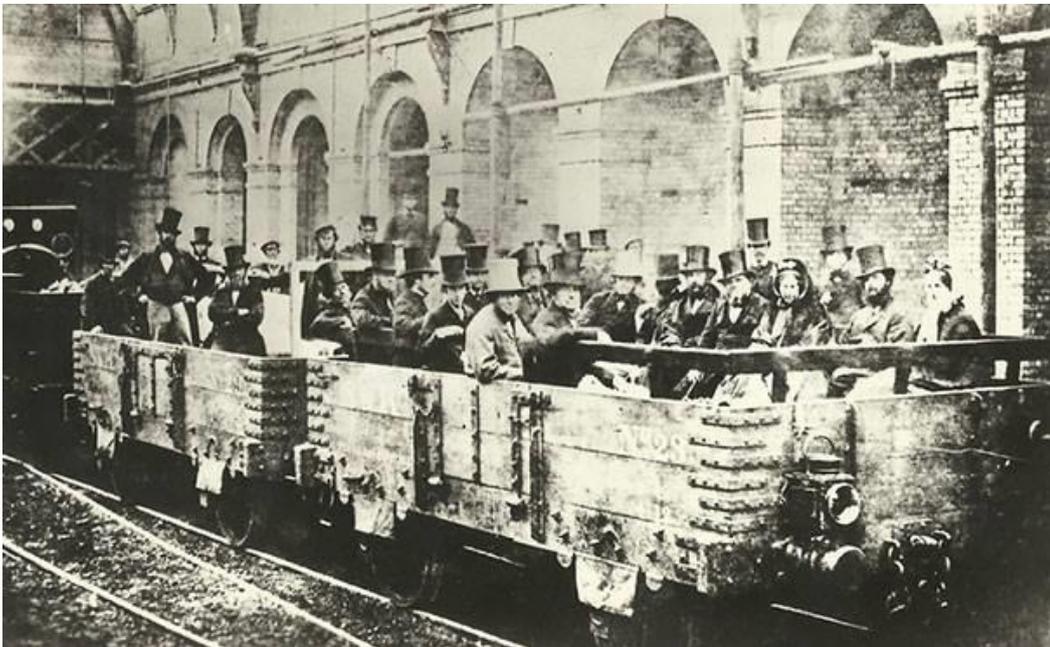


Figura 1. Foto del primer viaje del Metro de Londres.

Este sistema fue expandiéndose de forma que en 1884 ya tenía aproximadamente 20 kilómetros de longitud, luego añadiéndose otras líneas en forma radial al interior de túneles y al exterior.

La siguiente ciudad en incorporar el Metro a su sistema de transporte fue New York en 1863, conocida como la *West End de BMT* (*Brooklyn-Manhattan Transit Corporation*), para posteriormente volverse uno de los sistemas ferroviarios más grandes del mundo, con más de 420 estaciones y más de 1.062 kilómetros. Más adelante en Budapest con 5



kilómetros y en Glasgow con 10 kilómetros. Se empezó expandiendo por Europa y luego Estados Unidos.

Recién a partir del siglo XX se da la expansión en otros continentes. En Sudamérica se inaugura el subterráneo de Buenos Aires en 1913, más conocido con el “subte”.

En Lima, se coloca la “primera piedra” el 17 de octubre de 1986 en lo que sería la Línea 1 del Metro de Lima, el 5 de abril de 2012 finalmente se inicia la operación comercial del tan esperado Metro que conectaría Villa El Salvador y San Juan de Lurigancho. (Miguel García, Diario El Comercio, 2015)

## **2.2. TEORÍAS**

### **2.2.1. MOVILIDAD URBANA**

Según el diccionario *American Heritage Dictionary*, se define como movilidad aquella cualidad o estado de ser móvil, y se define móvil como la capacidad del ser en moverse o ser movido de un lugar a otro. La Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo agrega movilidad de tránsito de personas, bienes o servicio (CMMAD, 1992).

La arquitecta Montserrat Mendoza menciona que “la movilidad se conceptualiza en los desplazamientos origen-destino que tienen lugar en las ciudades, ya sea por medios de transporte motorizados o no motorizados, particulares o colectivos, haciendo referencia a la clasificación general de los modos de transporte que una persona puede utilizar para trasladarse de un lugar a otro.

La problemática de la movilidad urbana en las ciudades no es un factor de reciente aparición. Esta fue introducida entre las discusiones de los expertos por primera vez en la década de los sesentas como parte de un conjunto conceptual denominado “sostenibilidad”. Sin embargo, nunca había sido considerada de tan vital importancia como hasta ahora” (Montserrat Mendoza, 2017).

Entendemos entonces que la movilidad urbana se da por la necesidad de las personas de desplazarse para poder realizar las labores diarias.

### **2.2.2. MOVILIDAD SOSTENIBLE**

Cuando hablamos de movilidad sostenible, podemos partir de la definición de lo expresado por la Organización de la Cooperación y Desarrollo Económico (OECD, 2002) como un sistema de transporte ambientalmente sustentable que no perjudica a sus habitantes o el ecosistema, que satisfaga las necesidades de desplazamiento de sus habitantes. La Unión Europea (*Bickel et al*, 2003) agrega que una ciudad con movilidad sostenible debe garantizar accesibilidad para todos de forma eficiente en todas las áreas urbanas, así como diferentes modos de transporte.

### **2.2.3. SISTEMA DE TRANSPORTE**

Según la publicación del Departamento de Transporte de la Universidad de Buenos Aires, se define sistema de transporte a un conjunto de instalaciones fijas (infraestructura), vehículos o móvil (instrumento que permite el traslado) y un sistema de control (operador

y normas o métodos de control) que permiten movilizar eficientemente personas y bienes, para satisfacer necesidades humanas de movilidad.

#### **2.2.4. SISTEMA INTEGRADO DE TRASPORTE**

Según la ley N°30900 que crea la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU), se define como “sistema integrado de transporte público de personas compuesto por las distintas clases o modalidades del servicio de transporte reconocidas en la normatividad vigente, que cuenta con integración física, operacional y tarifaria, así como de medios de pago”.

#### **2.2.5. MÉTODO “CUT AND COVER”**

Víctor Yepes Piqueras, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos explica “la técnica de falso túnel (cut and cover, que significaría “cortar y cubrir” en español) es un procedimiento de construcción para túneles superficiales donde se excava desde la superficie la totalidad o parte del hueco que ocupa el túnel, sucesivamente se construye el túnel dentro del espacio a cielo abierto y se cubre una vez terminado. Requiere un sistema de sostenimiento fuerte para soportar las cargas del material que cubre el túnel.

Este tipo de construcción de túneles resulta apropiado cuando existe un escaso recubrimiento de terreno sobre el túnel y al mismo tiempo existe riesgo de que la construcción de una trinchera convencional pueda provocar desprendimientos. En otras ocasiones, la construcción de falsos túneles se justifica simplemente en la necesidad minimizar el impacto ambiental de la línea, especialmente cuando el trazado pasa cerca de zonas urbanas.

Existen dos formas de realizar este procedimiento constructivo:

- Método *bottom up*: se excava a cielo abierto la totalidad del hueco ocupado por el túnel y se construye en el interior. El túnel puede ser de hormigón *in situ*, hormigón pretensado, arcos pretensados, arcos con acero corrugado y también con ladrillo, que se solía usar al inicio en estas construcciones.
- Método *top down*: este método se encuentra en auge para la construcción de túneles en el interior de las ciudades (túneles de la Estación de Metro M-30, Autopista Costanera Norte, Metro de Málaga, etcétera). Requiere poca maquinaria especializada, apenas más de la utilizada en la construcción convencional de sótanos. En la superficie, desde la calle, se ejecutan las paredes del túnel cavando

una zanja que se hormigona para formar muros pantalla o una hilera de pilotes. Cuando las paredes están terminadas se ejecuta la losa superior, que se apoya en las paredes, excavando sólo el hueco que ocupa la losa y apoyándola durante su construcción contra el terreno. Cuando la losa y las paredes están terminadas, puede reconstruirse la superficie mientras continúan los trabajos en el interior del túnel. La tierra del interior del túnel no se extrae hasta esta fase, en la que, como los elementos portantes del túnel están ya contruidos, se puede excavar con retroexcavadoras. Cuando se ha excavado hasta el nivel adecuado, se ejecuta la contrabóveda, losa generalmente de hormigón que hace de suelo del túnel. Se pueden crear losas intermedias para realizar túneles de varias plantas” (Martí, Yepes, González y Alcalá, 2012, Ref. 530, 165 pp.)

Las estaciones de la Línea 2 y Ramal Línea 4 están siendo realizadas con el método *Top Down*.

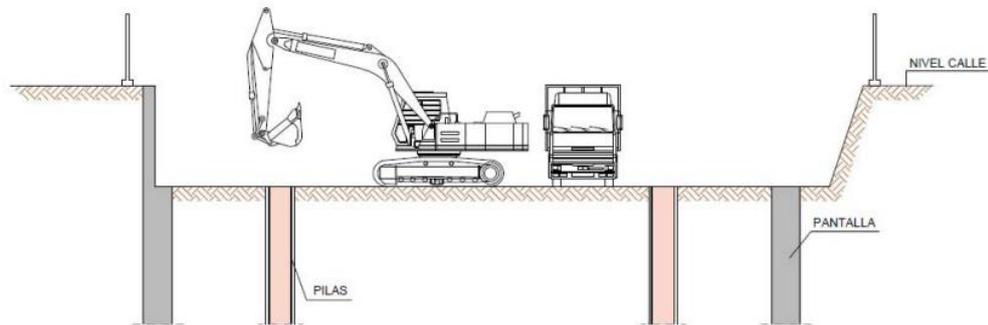


Figura 2. Esquema 1 de proceso constructivo *Cut and Cover*.

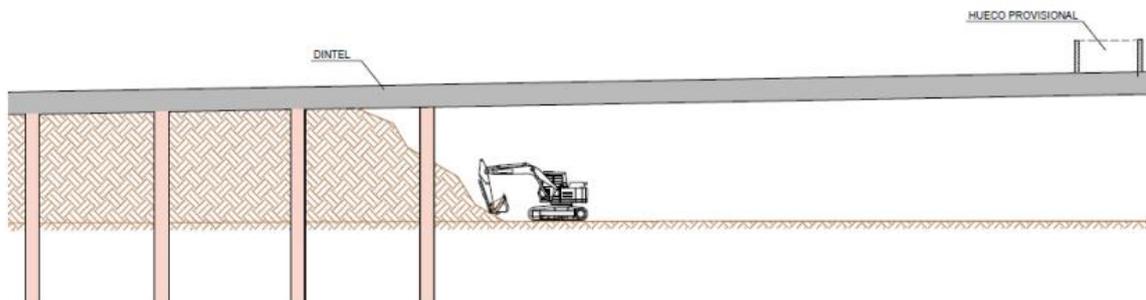


Figura 3. Esquema 2 de proceso constructivo *Cut and Cover*.

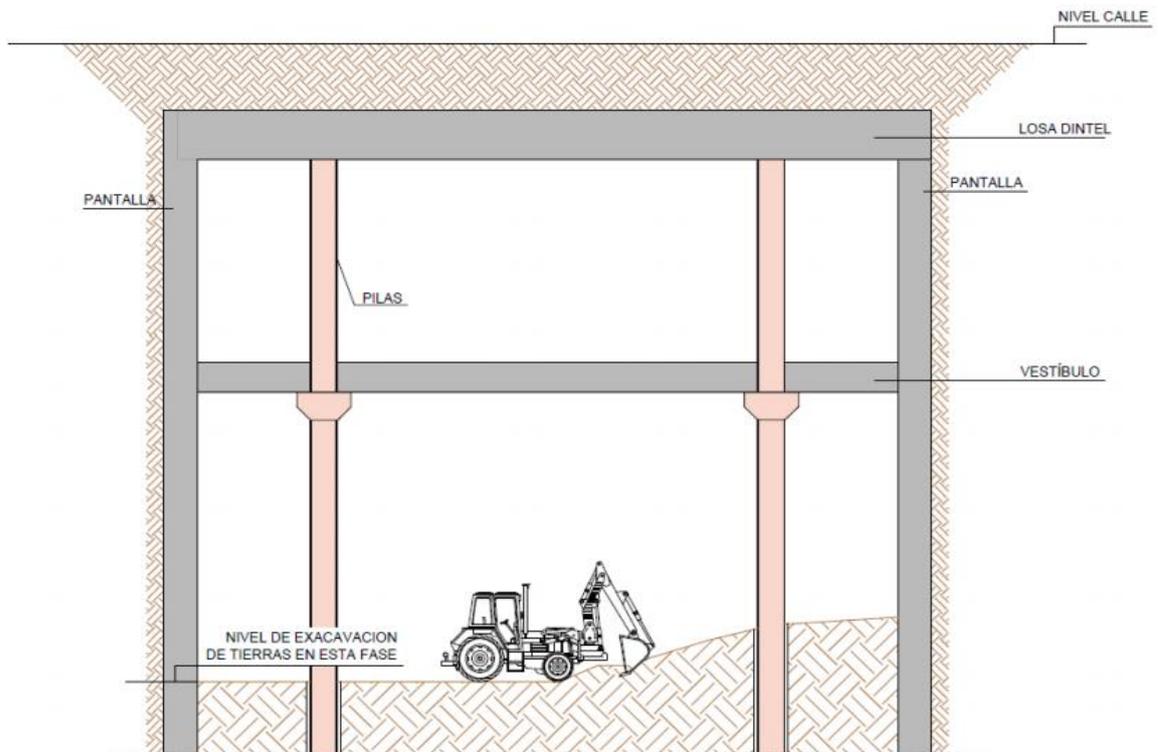


Figura 4. Esquema 3 de proceso constructivo Cut and Cover.

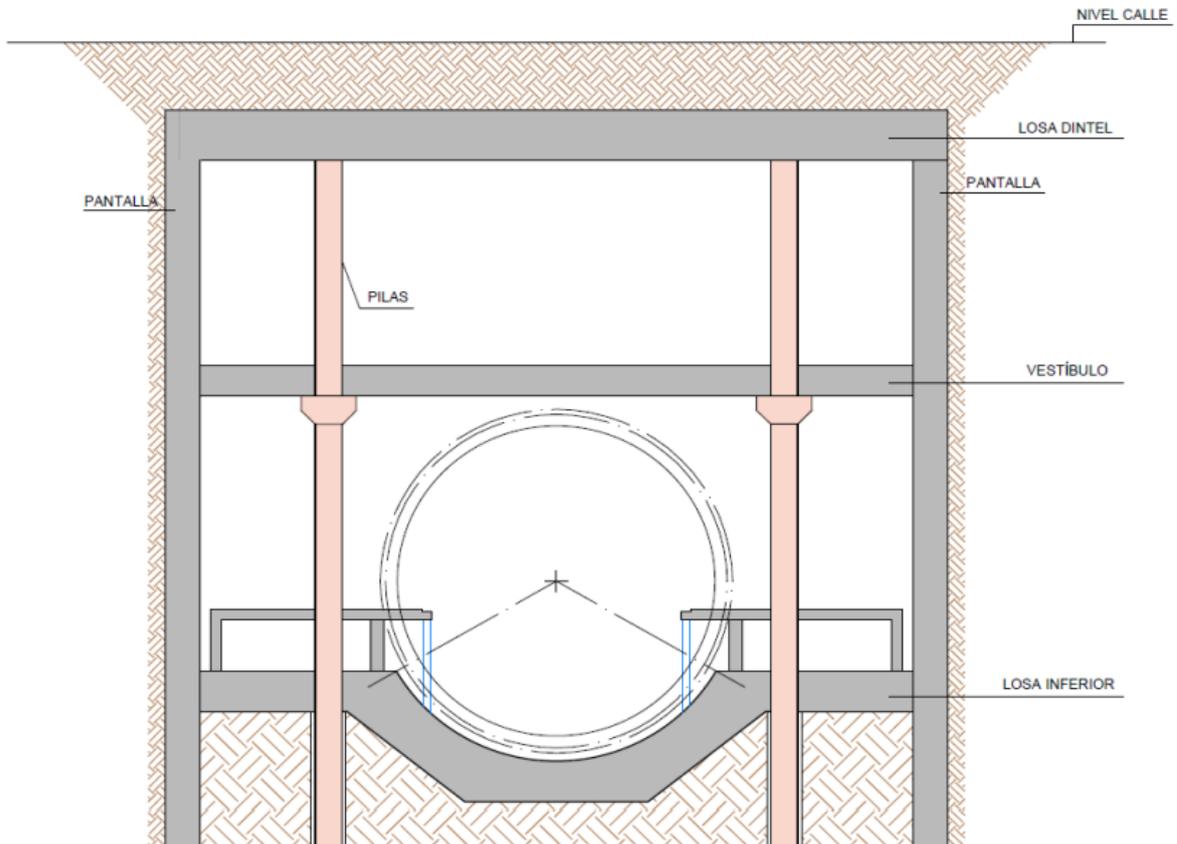


Figura 5. Esquema 4 de proceso constructivo Cut and Cover.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1. METROS, TRENES Y SUBTES

El éxito en varias ciudades del mundo en la implementación de trenes empuja en América Latina a mejorar el sistema de transporte de las ciudades más grandes (capitales), contrarrestando los impactos negativos del transporte público que se venía dando en el continente.

Como ya mencionamos anteriormente en Sudamérica el primer Metro fue construido en Buenos Aires en 1913, posteriormente en México en 1968, Sao Paulo en 1974, Santiago en 1975, Rio de Janeiro en 1979, Caracas 1983 y en Medellín en 1995.

Los sistemas férreos construidos en América Latina, como en todos los casos del mundo a excepción de Hong Kong, han necesitado un subsidio para cubrir sus costos de operación.

Por las necesidades que caracterizan a las ciudades en América Latina, se hace difícil la justificación de la financiación o subsidio de un proyecto de tan grande envergadura, pues existen otras necesidades de salud o educación que estarían compitiendo por esos recursos o subsidios” (Carlos Felipe Pardo, 2009, p. 11).

#### 3.2. PROBLEMÁTICA URBANA LIMA

Lima, según datos oficiales del INEI de 2020, bordea los 10 millones de habitantes (el 32% de la población peruana), convirtiéndose en la ciudad más poblada. “En la actualidad está considerada como el centro político, económico, Industrial, cultural, financiero y comercial del país. En el plano internacional, actualmente es la quinta ciudad más grande de América Latina, por PBI y la quinta por número de habitantes, la ciudad más grande del Pacífico sudamericano, la tercera área Metropolitana más poblada de Hispanoamérica, además la ciudad ocupa el cuarto lugar dentro de las ciudades más pobladas de América del Sur y es una de las treinta aglomeraciones urbanas más pobladas del mundo.

Lima está dividida por 5 subregiones: Lima Centro, Este, Norte, Sur y Callao, con una población densificada hacia las laderas de los cerros” (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2014, p.10).

El crecimiento desordenado de Lima Metropolitana, un poco causada por la inmigración de personas desde el interior del país, fue dando nacimiento a los asentamientos humanos en las periferias y posteriormente crea la necesidad del desplazamiento urbano dentro de Lima dada por las necesidades de labores diarias de los habitantes.

### 3.3. TRANSPORTE EN LIMA

“El transporte público es una herramienta fundamental para solucionar los problemas de transporte urbano y lograr una ciudad eficiente y equitativa, ya que el transporte público es más eficiente que el privado motorizado en términos de pasajeros transportados por unidad de espacio, en consumo energético e impactos ambientales”. (Carlos Felipe Pardo, 2009, p. 7).

Los medios de transporte de Lima son:

**Transporte aéreo:** El Aeropuerto Internacional Jorge Chávez es el principal terminal aéreo de la ciudad Metropolitana.

**Transporte marítimo:** Si bien el transporte civil marítimo en el Perú no ofrece servicios comerciales con regularidad, varios cruceros anclan en el Callao periódicamente. En Lima también se encuentra un pequeño puerto en el distrito de Lurín.

**Transporte ferroviario:** Lima también cuenta con una antigua estación de ferrocarril llamada Estación de Desamparados. Se encuentra ubicada en la margen izquierda del río Rímac. El edificio de la estación, de tres niveles, fue la primera obra pública proyectada por el arquitecto peruano Rafael Marquina y Bueno, y se terminó de construir en 1912.

**Transporte terrestre:** Por su ubicación en el centro del litoral peruano, Lima es el punto de confluencia de las principales carreteras del país. La capital se comunica con todas las ciudades de la costa a través de la Carretera Panamericana.

Las vías troncales que nacen de Lima y que comunican a todo el Perú son tres:

- Carretera Panamericana Norte;
- Carretera Central;
- Carretera Panamericana Sur.

La ciudad cuenta además con un Terrapuerto llamado Gran Terminal Terrestre de Plaza Norte, inaugurado en 2010, que permite abordar buses con rutas nacionales e internacionales. También existen terminales particulares de algunas empresas de transporte y se cuenta con otras estaciones informales.

El transporte en Lima se ve afectado por la informalidad y esto ha llevado al desorden y descontrol, teniendo consecuencias en pérdidas económicas y de bienestar. La Defensoría del Pueblo sostiene que “las pérdidas se clasifican de la siguiente forma:

- Pérdida de hora/hombre por el aumento del tiempo de viaje derivado de la congestión;



- Uso ineficiente de combustibles por la congestión;
- Pérdidas de productividad por muertes prematuras, ocasionadas por accidentes de tránsito y la contaminación;
- Gastos hospitalarios y de salud para recuperar la salud afectada por accidentes, la contaminación y el estrés;
- Pérdida de días laborables debido a enfermedades atribuibles a la contaminación.
- Mayores costos de mantenimiento o pérdida del patrimonio monumental de la ciudad por contaminación;
- Desvalorización de la propiedad inmueble a causa de la contaminación del aire y el ruido.

Estos costos originan pérdida de bienestar y deterioro de la calidad de vida. Evidentemente, todos estamos pagando un alto precio por mantener un estado de cosas que, de no ser revertido se agravará en forma inexorable” (Defensoría del Pueblo, 2008, p.54).

### **3.4. LÍNEA 1 METRO DE LIMA**

La Línea 1 del Metro de Lima supera el medio millón de pasajeros transportados al día, con esto podemos ver la cantidad de personas que hacen uso este medio de transporte público y la necesidad de seguir mejorando este sistema.

Las estaciones de esta Línea son elevadas con una estructura que está conformada de elementos de concreto armado con zapatas, pilares (columnas), cabezales, vigas y losas prefabricadas que forman el viaducto.

Dentro de las diferencias que podemos encontrar entre las estaciones elevadas y subterráneas, encontramos que según el diario “La República” de Colombia “No es coincidencia que la gran mayoría de las ciudades del mundo han optado por Metros subterráneos. No es un secreto que mientras el Metro subterráneo valoriza los predios aledaños, por aumento en el comercio y acceso a transporte, los Metros elevados desvalorizan los predios aledaños, principalmente por tema de ruido e impacto visual.

De la misma manera, es clara la diferencia con el tema de las estaciones. Mientras las estaciones de un Metro subterráneo comúnmente se convierten en centros comerciales bajo suelo, lo cual permite la posibilidad de concesionar su construcción y operación comercial, reduciendo la potencial inversión del estado, en un Metro elevado las

estaciones a nivel en ciudades de alta densidad urbanística terminan siendo cabinas simples para venta de tiquetes y torniquetes de ingreso, dado el alto costo de los predios para construir estaciones más grandes” (Carlos Ortega, 2018, párr. 2).

### 3.5. TIPOLOGÍA ESTACIONES DE METRO

Las estaciones se pueden clasificar de diferentes formas, en el Metro de Bogotá se clasificaron en función de la profundidad a la que se localizaban los andenes dentro de las clasificaciones se tomó como “Subterráneas, Semienterradas o en Superficie y dentro de esta clasificación según la función de la estación: de paso o simple, de transferencia o correspondencia y/o especiales, luego siendo más específico por el número y ubicación de los accesos y vestíbulos” (Domingo, Barceló y Navarro, 2010, p.20).

- Subterráneas (entre pantallas):
  - **Tipo A** (dos vestíbulos en los extremos):
  - **Tipo B** (un vestíbulo centrado en la estación)
- Semienterradas:
  - **Tipo C** (dos vestíbulos en los extremos):
  - **Tipo D** (un vestíbulos centrado en la estación):
- En superficie:
  - **Tipo E** (dos vestíbulos en los extremos):
  - **Tipo F** (un vestíbulo centrado en la estación):

Figura 6. Ejemplo de clasificación de las estaciones del Metro de Bogotá.

Tabla 2-2. Número y clasificación de estaciones

ESTACIONES	Por construcción	En la línea	TIPO
Portal Américas	T	T	A
Casablanca	T	P	A
Villavicencio	T	P	A
Palenque	T	P	A
Kennedy	T	P	A

Por construcción: Superficie (S), Semienterrada (Sm), Túnel (T)

En la línea: Paso (P), Transferencia (T), Especial (E)

Tipo: A, B, C, D, E, F.

Figura 7. Número y clasificación de las estaciones del Metro de Bogotá.

### 3.6. TIPOLOGÍA DE LAS ESTACIONES LÍNEA 2 - PROPUESTA TÉCNICA

“Los pasajeros se sienten más seguros si se mueven en lugares conocidos. Esta condición psicológica lleva a definir estaciones tipológicas donde el pasajero, indistintamente de donde embarque o desembarque, se sienta siempre seguro y localice rápido los recorridos de acceso/salida.

Este diseño permite evitar que los pasajeros se desubiquen y, consecuentemente, se acumulen sin control. En toda la línea se ha pretendido establecer una organización de estación que parte de una base que va modificando levemente en función de varios factores, siendo el más importante la demanda de pasajeros. De las modificaciones de esta base nacen las tipologías. Las tipologías permiten la sistematización de las estaciones y crea la flexibilidad necesaria para las condiciones particulares de cada una.

Para definir las tipologías de estación se han realizado las siguientes consideraciones:

- Inserción urbana: espacio disponible en superficie para la construcción de la estación y la ubicación de los elementos exteriores (accesos, ducto de materiales y entrada técnica, y rejas de ventilación), proximidad de edificios y estructuras, interferencias con servicios públicos, etcétera;
- Demanda de la estación, tanto en los escenarios normales como en los de emergencia;
- Equipamiento de la estación, en especial la necesidad de ubicar o no subestación rectificadora en las estaciones, que requiere de un espacio adicional en vestíbulo;
- Profundidad de las estaciones. Si bien a nivel de trazado vertical se ha fijado como objetivo el establecimiento de una diferencia de cotas entre terreno y cabeza de carril de 18 m (compatible “a priori” con el mantenimiento de un recubrimiento de 10 m en túnel en tramos inter-estación, 2 m en estaciones *Cut and Cover* y 12 m en estaciones en caverna), esto no ha sido posible en todos los casos, debido principalmente al paso del túnel bajo estructuras existentes, respecto a las que se ha fijado un recubrimiento mínimo de 7 m;
- Por último, hay estaciones especiales, como las de intercambio, que tienen unos requerimientos específicos que las convierten en estaciones no tipo” (Proinversión, 2014, p.7).

## 4. PROYECTOS REFERENTES

### 4.1. METRO DE LONDRES - INGLATERRA

El *London Underground* o “*The Tube*”, inaugurado el 10 de enero de 1863, tiene una de longitud de 408 km y 274 estaciones, con un ancho de vía 1435 mm. Cuenta con 11 líneas y 2 líneas adicionales, transporta aproximadamente 1.379 millones de pasajeros. La red de Londres es una de las más extensas del mundo: Prácticamente estés donde estés habrá una parada de Metro muy cerca.

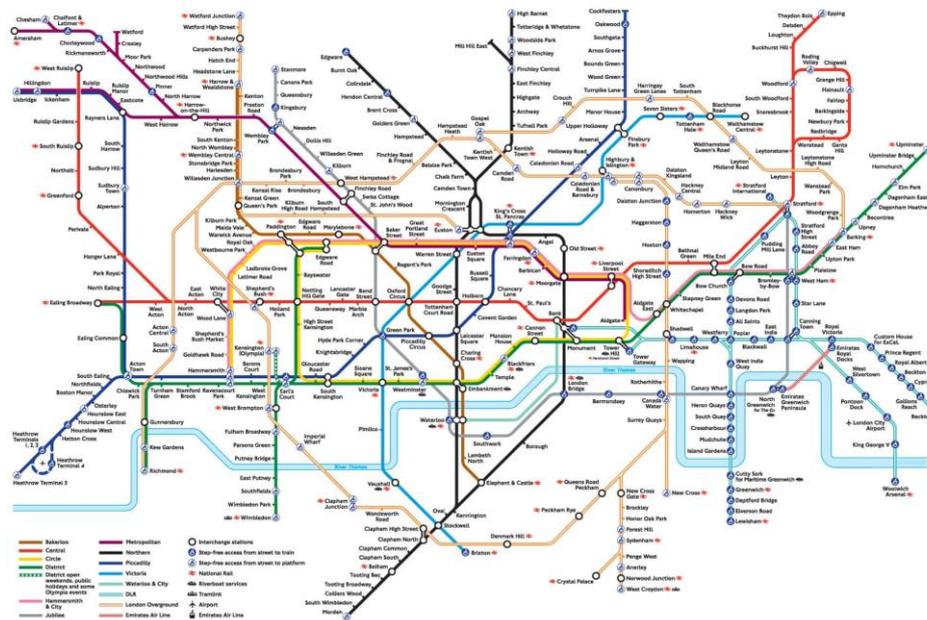


Figura 8. Líneas del Metro de Londres.

Las estaciones del Metro de Londres son un verdadero legado, dejando un manual *Station Planning Standards and Guidelines – Good Practice Guide* de Londres que sirve como una guía práctica para el diseño de estaciones de Metro.

“Una vez seleccionadas las estaciones por su importancia arquitectónica y/o histórica, hice un análisis de cada una de ellas para elegir el punto de vista, perspectiva, iluminación, etcétera. para ser dibujadas”, explica Luiz Gómez Feliu, artista e ilustrador autor de los dibujos (a continuación) que detallan la arquitectura de las estaciones “más bonitas” del Metro de Londres (María Casbas, 2019, párr. 5).



Figura 9. Ingreso a Green Park Station.



Figura 10. Fachada Oxford Circus Station.



Figura 11. Acceso a Piccadilly Circus Station.

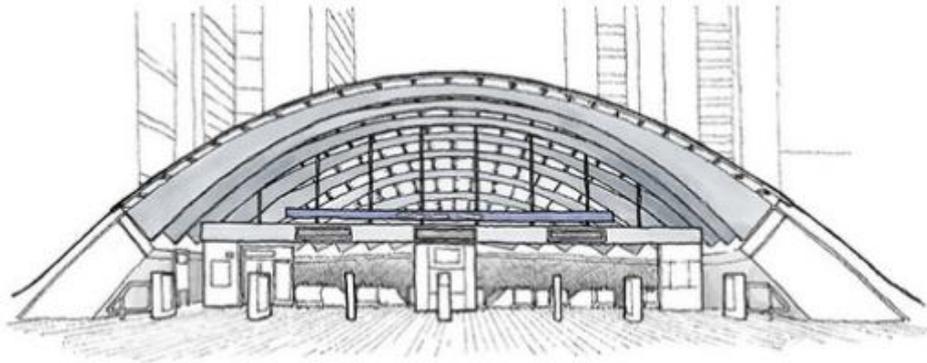


Figura 12. Ingreso Canary Wharf Station.



Figura 13. Ingreso Canary Wharf Station.

## 4.2. METRO DE MADRID - ESPAÑA

“En 1919 se inauguró en Madrid el primer tramo de ferrocarril eléctrico subterráneo de la ciudad, y con él un nuevo tipo arquitectónico, la estación de Metro.

La red construida entre 1917 y 1942 se encargó de dar forma al transporte madrileño por medio de un profundo estudio funcional desarrollado por los ingenieros de la compañía: Carlos Mendoza, Antonio González Echarte y Miguel Otamendi de la mano con el arquitecto Antonio Palacios. Juntos se encargaron de dar forma a una infraestructura con lenguaje propio y preocupada por los usuarios aprendiendo de los errores cometidos el siglo anterior.” (Alejandro Iniesta, 2018, p.20)

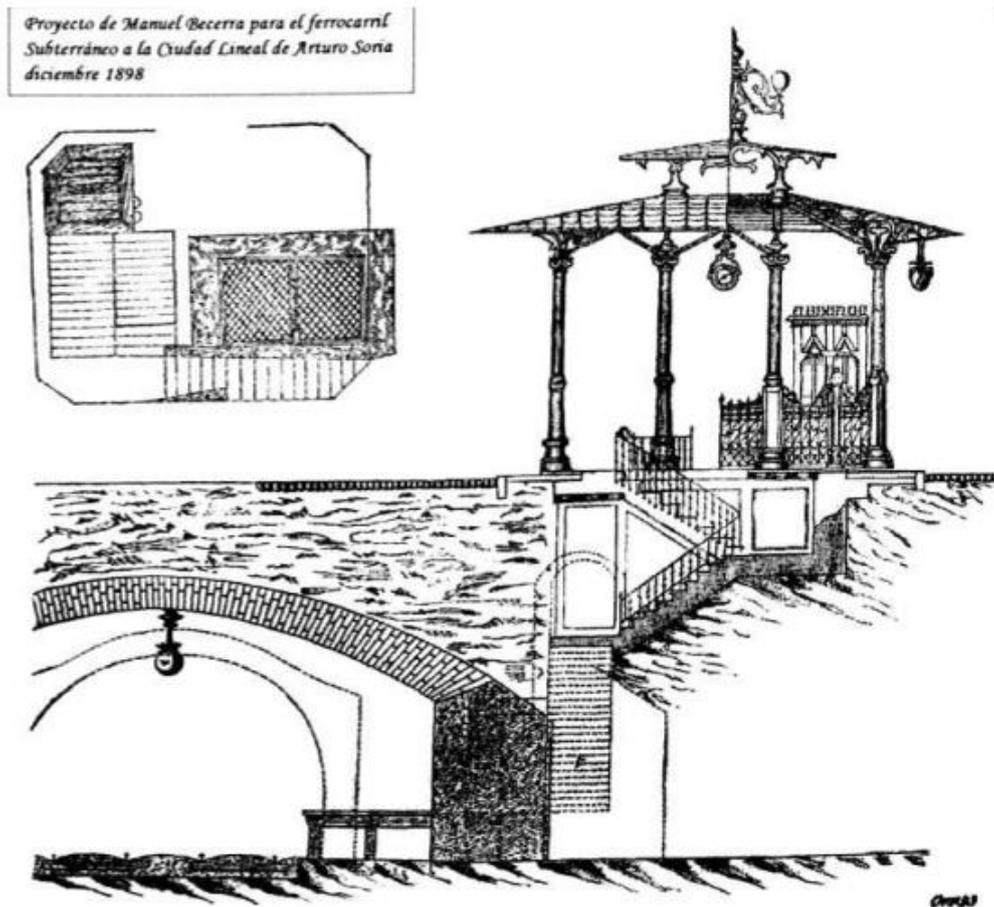
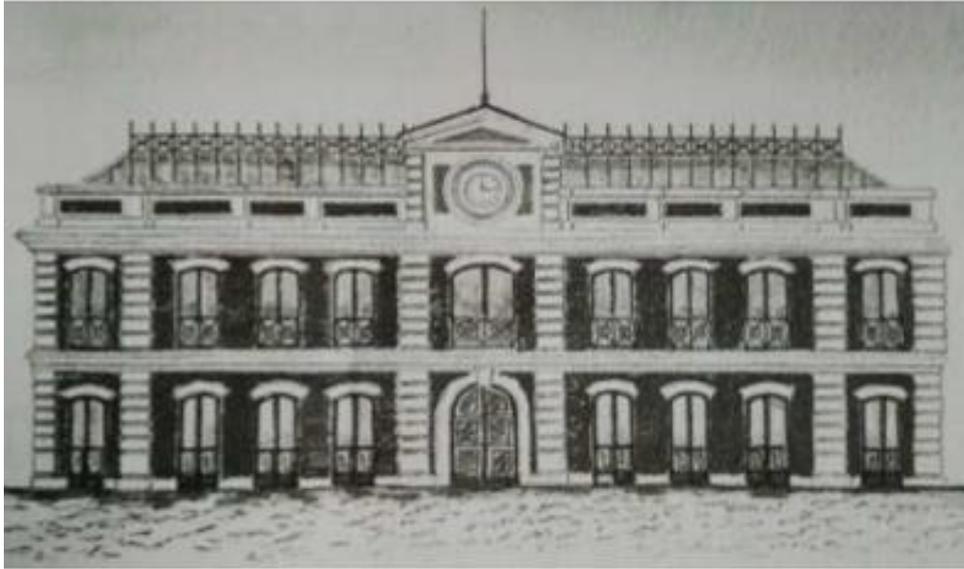
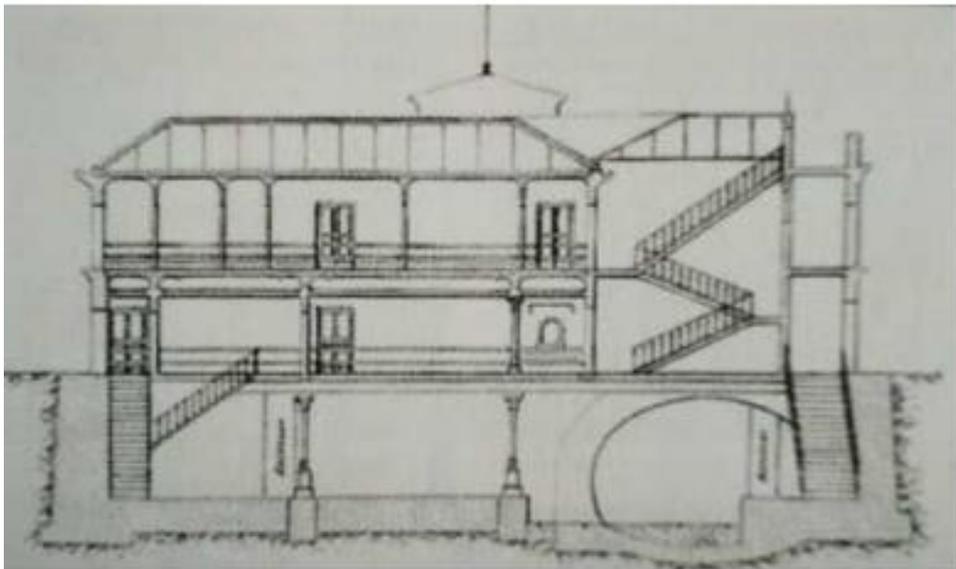


Figura 14. Sección estación tipo propuesta por Manuel Becerra.



*Figura 15.* Fachada de la estación de la Plaza de Toros de Goya propuesta por Manuel Becerra.



*Figura 16.* Sección transversal de la estación de la Plaza de Toros de Goya propuesta por Manuel Becerra.

Desde el inicio de la propuesta de “Metro”, surge la dificultad de como conectar la superficie con lo suburbano. Hallar que la estación pudiera brindar a los usuarios la calidad funcional que se necesitaba.

“El arquitecto Antonio Palacios nacido en Pontevedra, hijo de un ayudante de obras públicas y hermano de un ingeniero y un topógrafo” es quien se encargaría del diseño de las estaciones, edificios auxiliares y logotipos de la empresa. (Alejandro Iniesta, 2018, p.20)

Las estaciones que se fueron planeando intentaban mantener la funcionalidad y el uso de materiales, dando una sensación de fácil reconocimiento al usuario. Lo que se hizo de manera particular pensando en la “demanda” fue el ancho de andén que era mayor en las estaciones de inicio de línea porque se pensaba que serían las más concurridas y en las siguientes estaciones se propuso reducir el ancho de andén. El largo de las estaciones sugerido por el ingeniero Otamendi, fue de 60m para el acceso y aceleración del material rodante (hasta 5 vagones).

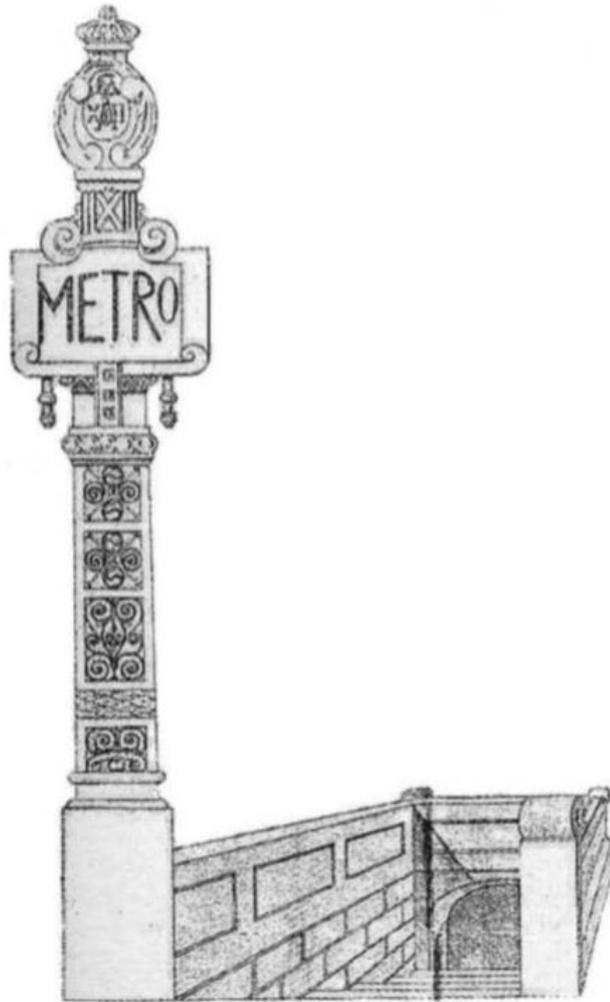
Las estaciones definidas en el tramo de la red entre Sol y Cuatro Caminos también contemplaron el vestíbulo como elemento conector entre los ingresos (superficie) y el andén, se iluminaban de forma cenital mediante lucernario en la parte superior de la bóveda. Los materiales usados en las estaciones de esta época, principalmente podemos encontrar cerámica blanca biselada de onda y cerámica sevillana de colores en cada estación diferentes para reflejar a luz y dar mayor luminosidad.

También fueron decoradas las embocaduras de túnel, que buscaban enmarcar salidas y entradas de los trenes, como materiales también se mencionan la madera en puertas de acceso y el hierro de las barandillas, tornos y cabinas de las taquillas.

En ese entonces era común tener que abrir nuevos accesos y salidas a las estaciones para poder mantener la funcionalidad cuando aumentaban el número de usuarios.

El arquitecto Palacios utilizó un templete de acceso (similar a un templo, una pequeña construcción aislada) para las estaciones más importantes o para aquellas que necesitaban un ascensor.

Las bocas de acceso a Metro eran sencillas como en el Metro de New York, descubiertas y donde solo salen a la superficie los balaustres y farolas, las cuales tenían la misión de hacer notar la ubicación de la estación.



*Figura 17. Modelo de poste anunciador para las bocas de Metro.*

En esa época los espacios para las instalaciones técnicas y operativas de las estaciones (llamados también edificios auxiliares), no se encontraban en el interior de la estación como ahora, si no que se les asignaban parcelas aledañas.

### **EJEMPLO ESTACIONES - METRO DE MADRID**

La Estación Madrid Río Alternativa 1 es una estación de paso con andenes laterales. “El recorrido para acceder a los andenes se realiza mediante una escalera fija y dos escaleras mecánicas (una de bajada y otra de subida), así como un ascensor para Personas de Movilidad Reducida (PMR), que comunican el vestíbulo con el nivel preandén. La cota del nivel preandén permite el paso de los trenes en el nivel inferior con gálibo suficiente.

En el otro extremo de andenes se proyectan sendas salidas de emergencia que, partiendo del andén, se unen en un nivel superior para continuar en un único núcleo de escaleras hasta calle.

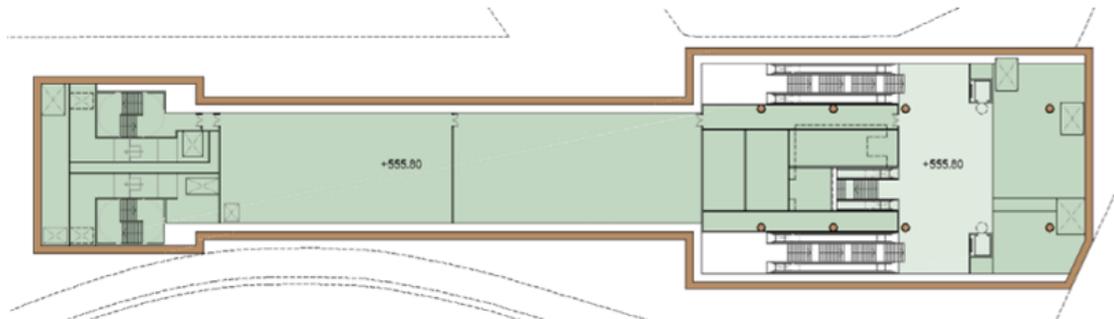


Figura 18. Planta preandén de la estación Madrid Río L11. Alternativa 1.

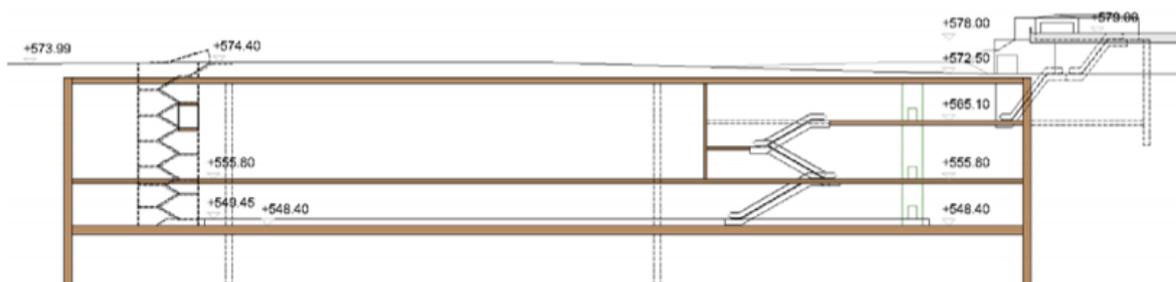


Figura 19. Sección longitudinal de la estación Madrid Río L11. Alternativa 1.

Los niveles principales son: el vestíbulo (un recinto para albergar la subestación de tracción, con 8 m libres de altura), preandén, y andén.

Esta estación no presenta intercambio con otras líneas, pero se diseña con andén central para optimizar las dimensiones de la caverna de estación, que en el caso de andenes laterales incrementaría sensiblemente su sección para inscribir en ella, con gálibo suficiente para el paso de personas, de las escaleras y ascensores de acceso a andén.

La conexión entre el nivel vestíbulo y la caverna de andenes de la Estación L11 se resuelve mediante un pozo vertical de sección circular de 24,6 m de diámetro interior que acoge una batería de Ascensores de Gran Capacidad (AGC) que comunican nivel vestíbulo y preandén.

A través de este pozo también tiene lugar la entrada del aire de inmisión y compensación. Desde el nivel preandén, una galería horizontal permite conectar el pozo con el túnel de L11, de 7,50m de anchura y 4,50m de altura libre en clave. Esta galería acogerá el acceso

peatonal y las secciones de ventilación, de manera que el aire de compensación llegue hasta túnel a través del hueco bajo la losa peatonal y el de inmisión sobre la galería peatonal, conduciéndolo con conductos sobre andenes” (Comunidad de Madrid, 2019, p. 60).

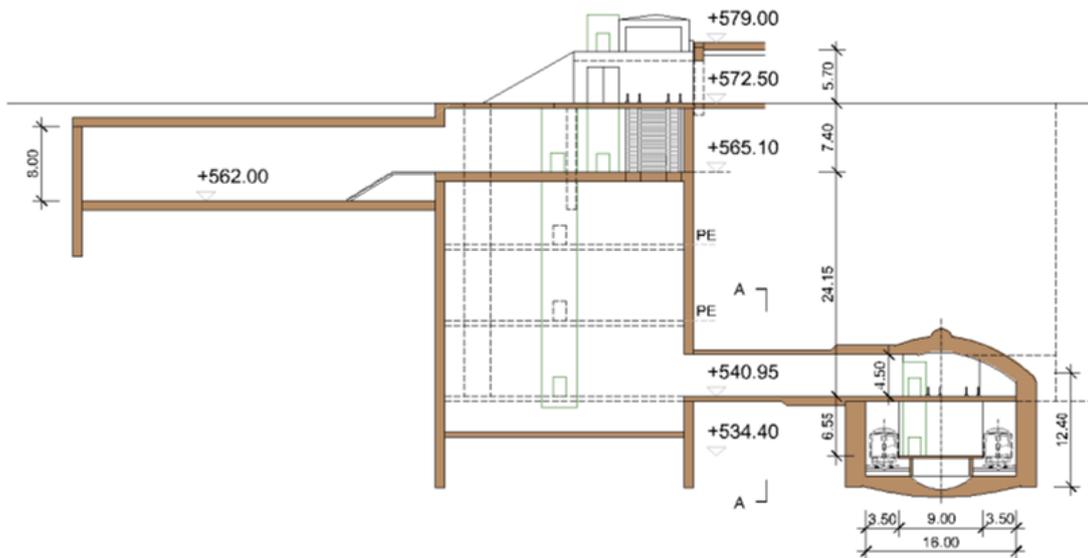


Figura 20. Sección transversal de la estación Madrid Río L11. Alternativa 2.

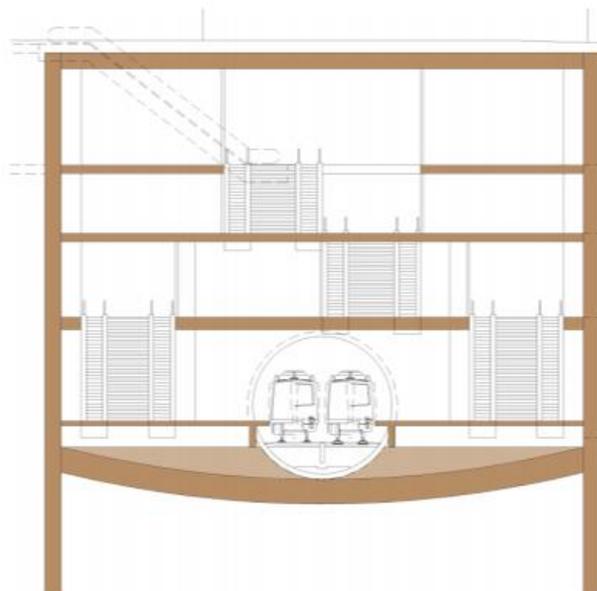


Figura 21. Esquema estación entre pantallas con apuntalamiento mediante forjados.

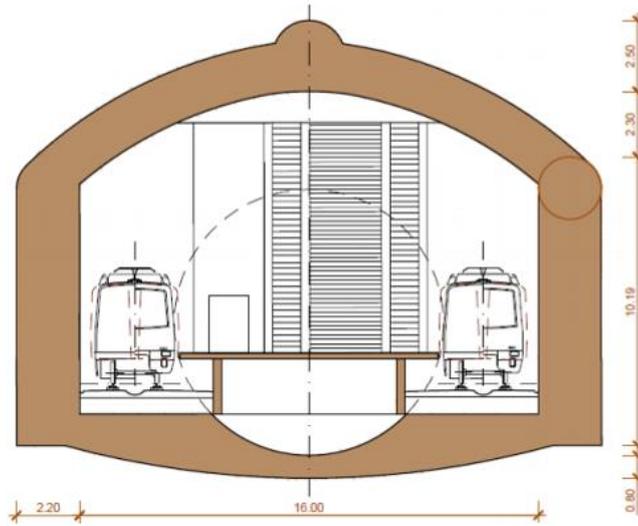


Figura 22. Esquema estación nivel andén en alternativa 2.

En ambas secciones podemos encontrar como la ubicación del andén puede variar la geometría y composición de las estaciones, en algunos casos siendo un beneficio tener el andén en el centro y en otros casos resulta mejor a los laterales de las vías.”

En la Figura 22 podemos ver como las naves de la estación se excavan en caverna, mediante el “Método Alemán” antes mencionado, mientras en la Figura 21 se aplica el método *Cut & Cover, top down* para la estación y el uso de la tuneladora para el túnel.

### 4.3. METRO DE DOHA – QATAR

Está en construcción uno de los sistemas ferroviarios y de Metro más modernos del mundo en la ciudad de Doha, capital de Qatar. Con vistas al Mundial de Fútbol (FIFA 2022) y con ánimos de ser sede de los juegos Olímpicos posteriormente, este país viene invirtiendo con el objetivo de tener una red principal para unir Qatar con Arabia Saudita y Bahrein.

“Actualmente, el Metro de Doha es el proyecto de infraestructura es el más grande del mundo en la etapa de planificación” (Hauptbeiträge, 2012, párr. 1).

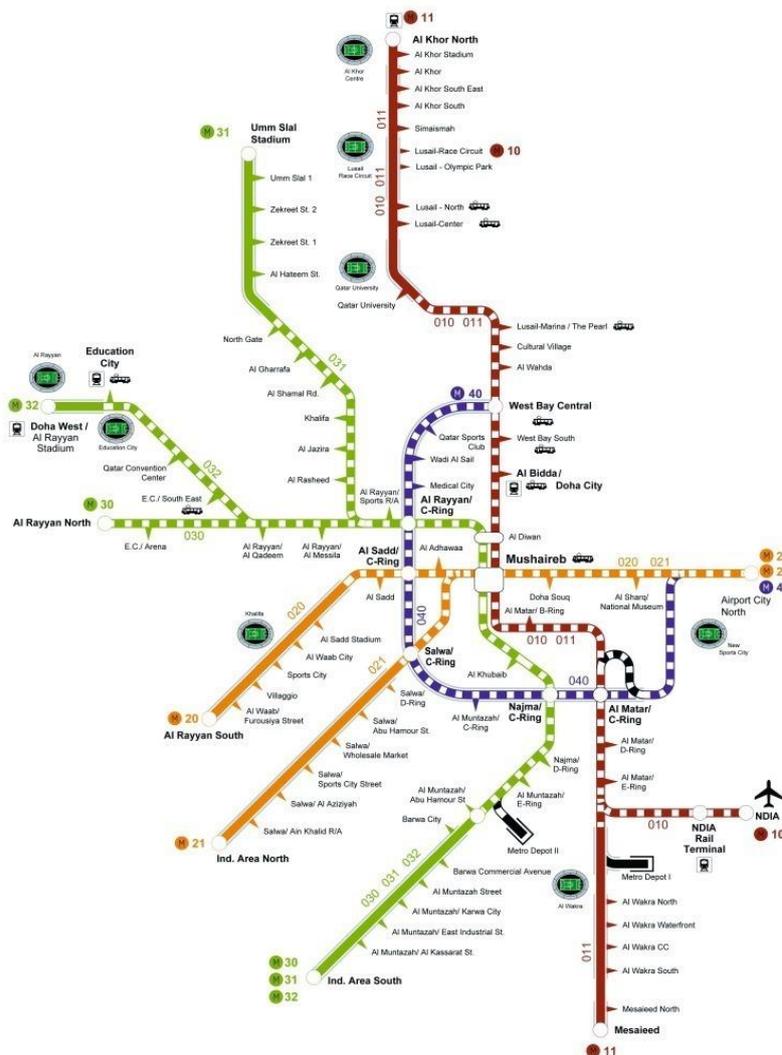


Figura 23. Red total de Metro de Qatar.

La red de Metro de Qatar se divide en 4 líneas individuales:

- La Línea Roja (*Sea Line*) corre de norte a sur a través del Emirato y, por lo tanto, forma la línea clave del sistema de tránsito de Qatar. También conecta la franja costera poblada con la capital;
- La Línea Dorada (Línea Histórica) corre principalmente en dirección este-oeste y une Al *Rayyan* y el Área Industrial Norte con el aeropuerto.
- La Línea Verde (Línea de la Educación) corre de sur a noroeste y conecta el gran complejo universitario *Education City* y el centro de Doha.
- Línea *Blue Line* (*City Line*). Corre a lo largo del anillo C en un círculo de norte a sur dentro de Doha, creando así intersecciones y oportunidades de transferencia a las otras líneas.

Este Metro en su conjunto tiene diferentes tipologías de estaciones (elevadas y subterráneas) y también cuenta con el sistema de tuneladoras para la ejecución de túneles.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de las estaciones elevadas del Metro de Doha.

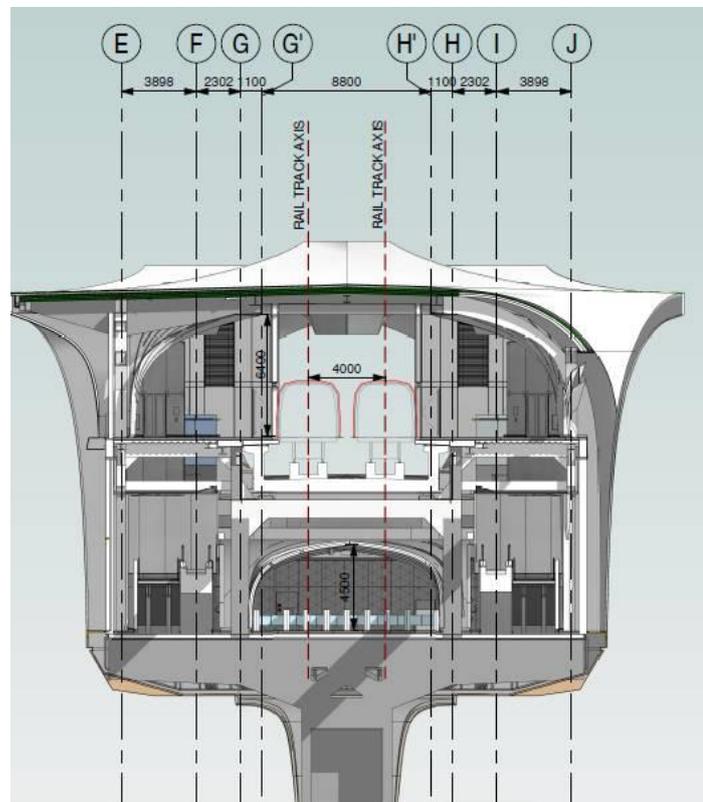


Figura 24. Sección transversal Metro de Doha.

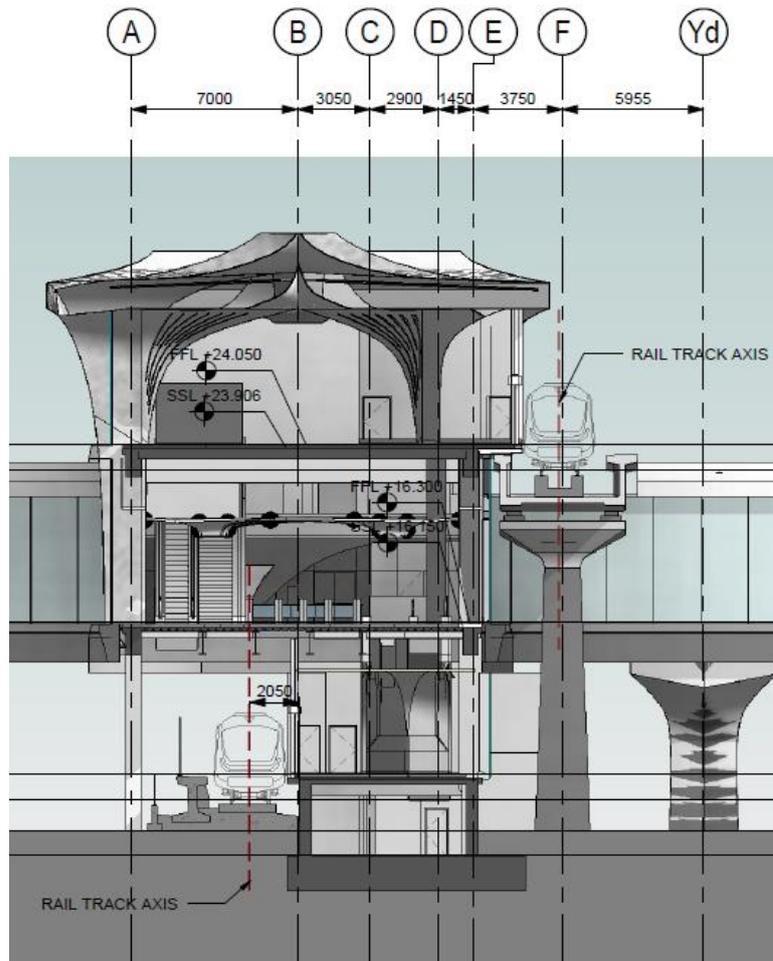


Figura 25. Sección trasversal estaciones intercambiadores Metro de Qatar.

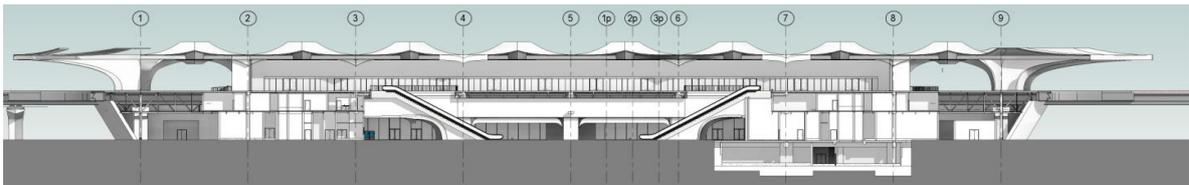


Figura 26. Sección longitudinal estación de Metro Qatar.



Figura 27. Vista 3D Qatar University Station.

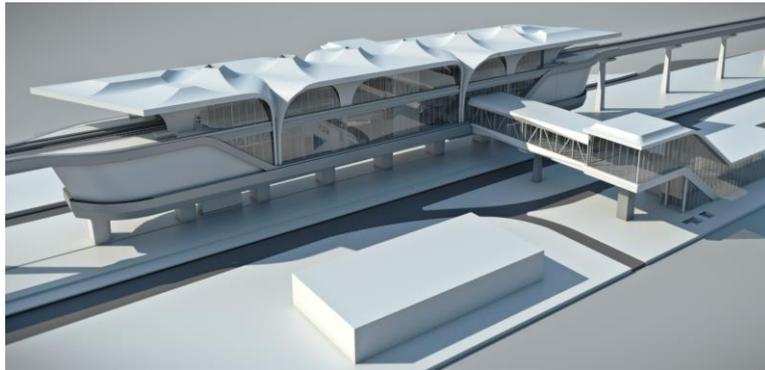


Figura 28. Vista 3D Alwakra Station



Figura 29. Vista 3D Al Riffa Station.

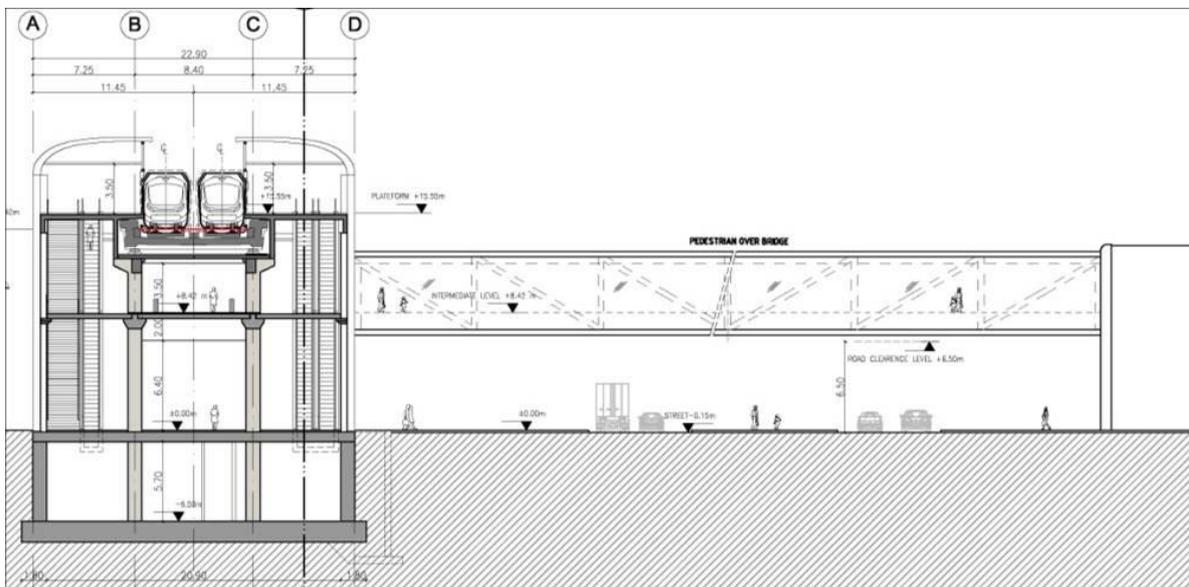


Figura 30. Sección transversal estación Metro Qatar.

Podemos destacar una arquitectura moderna que no abandona la funcionalidad de una estación de Metro. En las estaciones elevadas podemos observar accesos en forma de

mangas que llevan a los pasajeros al interior del edificio con una estructura que permite una vista panorámica durante el recorrido.



Figura 31. Fotografía exterior de acabados estación Metro Qatar.

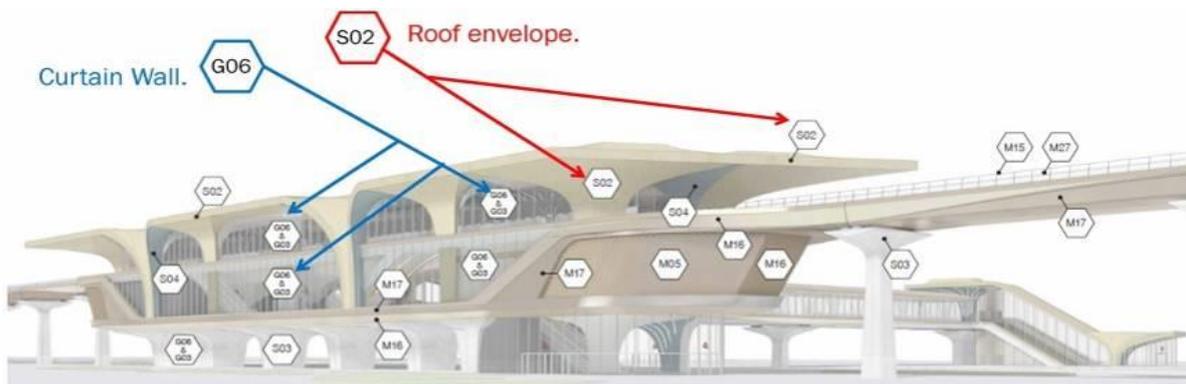


Figura 32. Ejemplo ubicación de materialidad en fachada de estaciones Metro de Qatar.



Figura 33. Vista de fachada de estación y viaducto.

Los acabados y revestimientos de este proyecto aportan una elegancia y sofisticación particular.

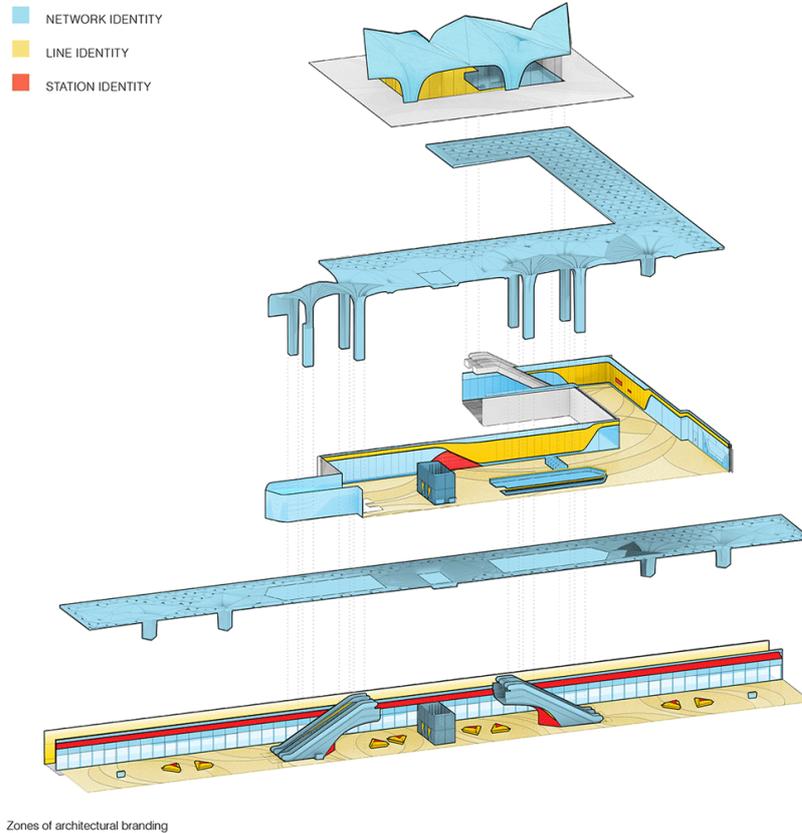


Figura 34. Diagrama axonometría explotada.

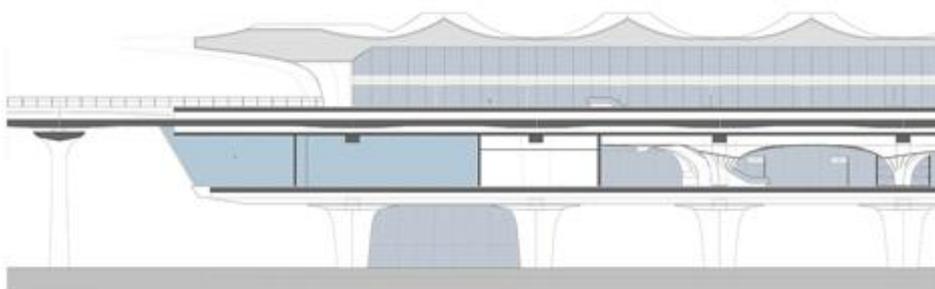


Figura 35. Esquema elevación 1 estaciones elevadas.

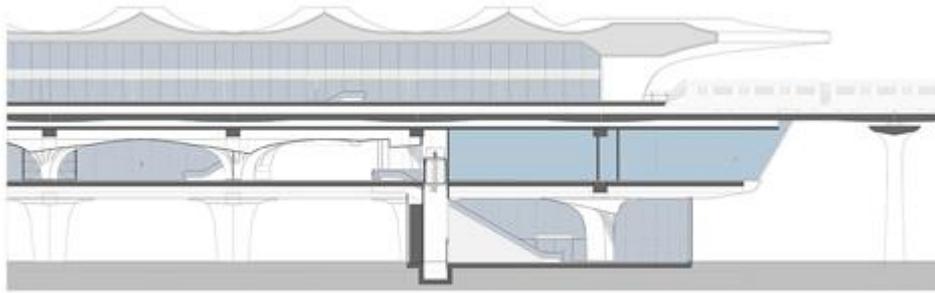


Figura 36. Esquema elevación 2 estaciones elevadas.

#### 4.4. METRO DE QUITO – ECUADOR

“El Metro de Quito es el mayor proyecto de movilidad que la ciudad haya emprendido en su historia y tendrá un enorme impacto en el funcionamiento de la capital al constituirse en la columna vertebral del sistema público de transporte.

La Línea 1 de Metro de Quito tendrá una extensión de 22 km desde Quitumbe hasta El Labrador, distancia que podrá recorrerse en tan solo 34 minutos. A lo largo de los 22 km habrá 15 estaciones subterráneas de 150 m de largo cada una, es decir, el equivalente a 1.5 canchas de fútbol profesional. La Línea 1 de Metro transportará a 400.000 pasajeros por día.

La implementación del Metro permitirá una nueva organización del transporte público de Quito, buscando disminuir la congestión vehicular, una mejor cobertura de servicios, menos tiempo de traslados y una ciudad más ordenada” (Empresa Metropolitana Metro de Quito, 2018, párr. 1).

La construcción del Metro de Quito se realiza al igual que la Línea 2 del Metro de Lima, con el sistema *cut & cover*, buscando reducir el impacto durante la construcción.

En su totalidad será subterráneo, la mayoría de la ejecución del túnel será con máquinas tuneladoras. Tan solo una pequeña parte será realizada con el método tradicional que consiste en realizar la excavación con maquinaria pequeña y con cuadrillas de trabajadores, a la vez que se hace el túnel se coloca el recubrimiento del mismo.

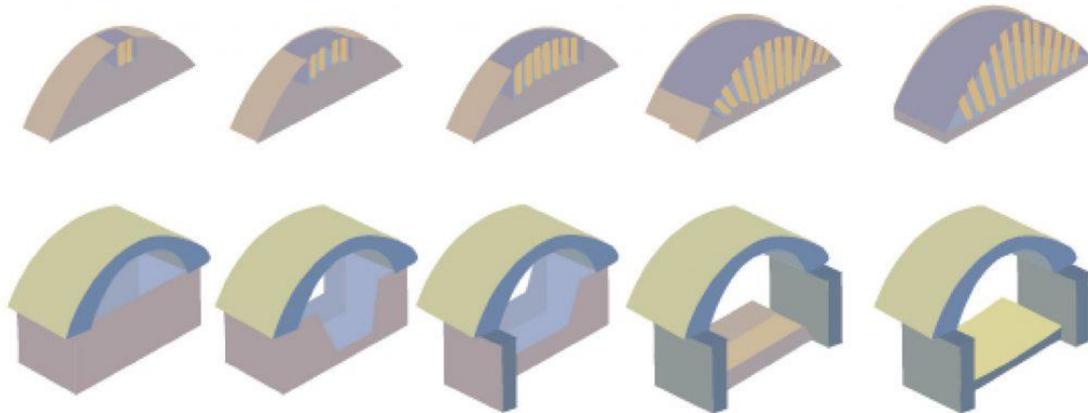


Figura 37. Esquema de ejecución método tradicional.



Figura 38. Vista sección 3D ejemplo de interior de Madrid.

Las estaciones del Metro de Quito, al ser hechas con el mismo sistema constructivo que las del Metro de Lima son muy similares en cuanto a la arquitectura y funcionalidad.

En este caso compuestas en su mayoría por dos niveles, nivel de vestíbulo y nivel de andén y en este caso se agrega en algunas estaciones un nivel intermedio donde van cuarto técnicos como la subestación eléctrica.



Figura 39. Implantación de la estación Quitumbe del Metro de Quito.

A continuación, se muestran ejemplos de estaciones del Metro de Quito similares a las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima.

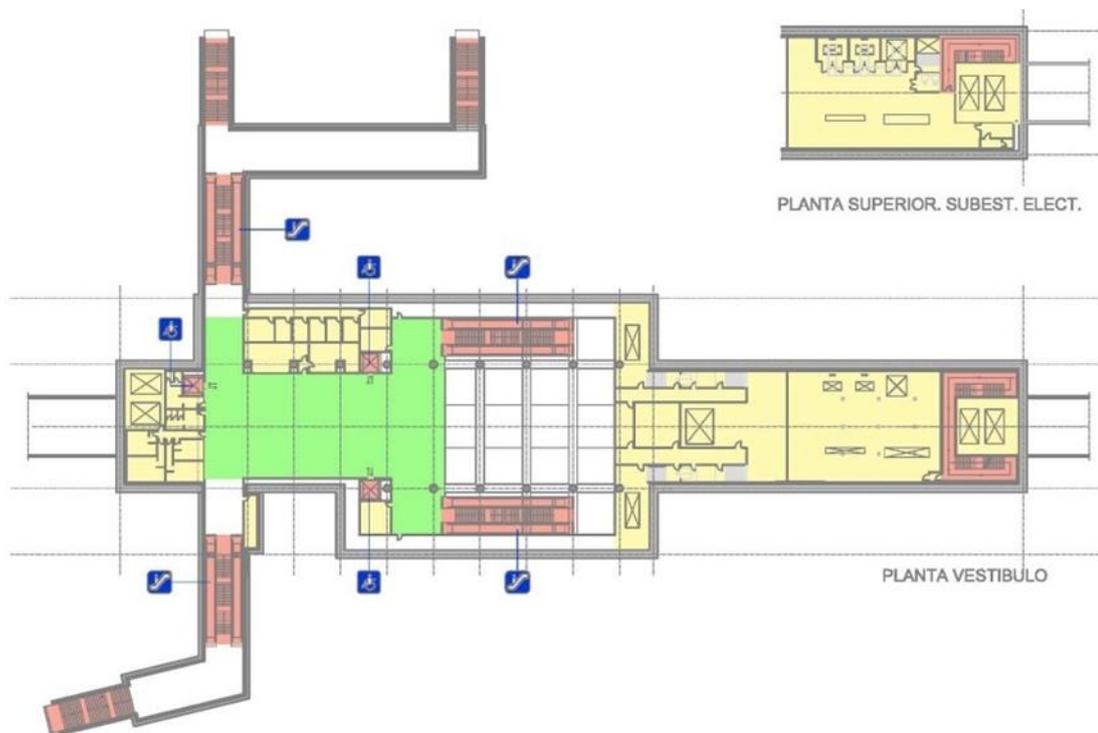


Figura 40. Planta de vestíbulo y subestación eléctrica de la estación de la Magdalena.

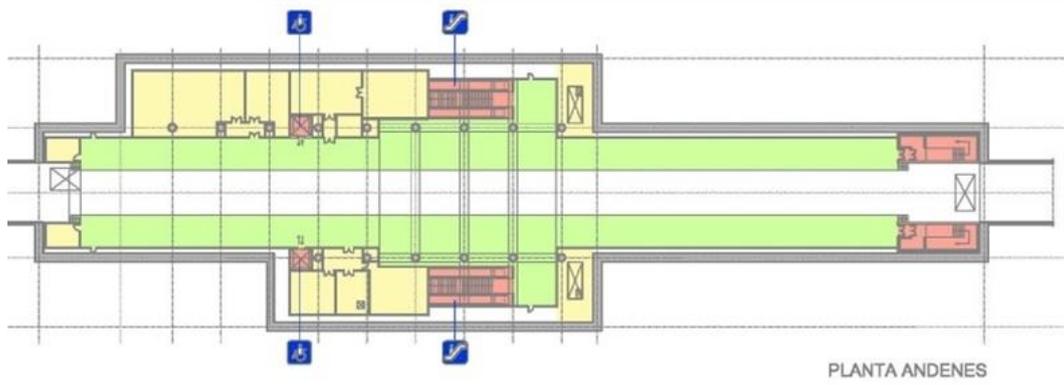


Figura 41. Planta de andenes de la estación de la Magdalena.

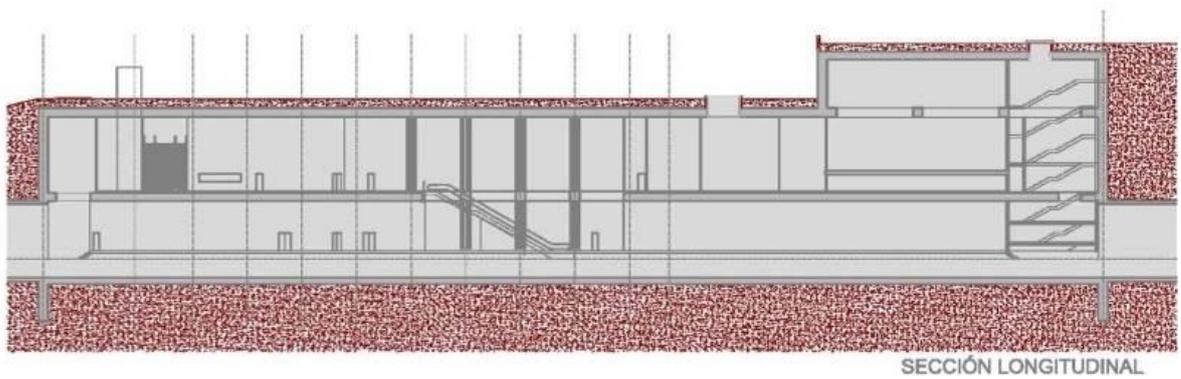


Figura 42. Sección longitudinal de la estación de la Magdalena.

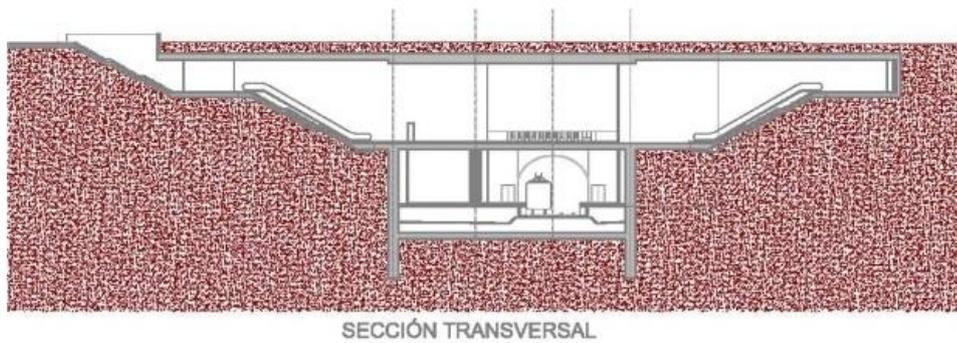


Figura 43. Sección transversal de la estación de la Magdalena.

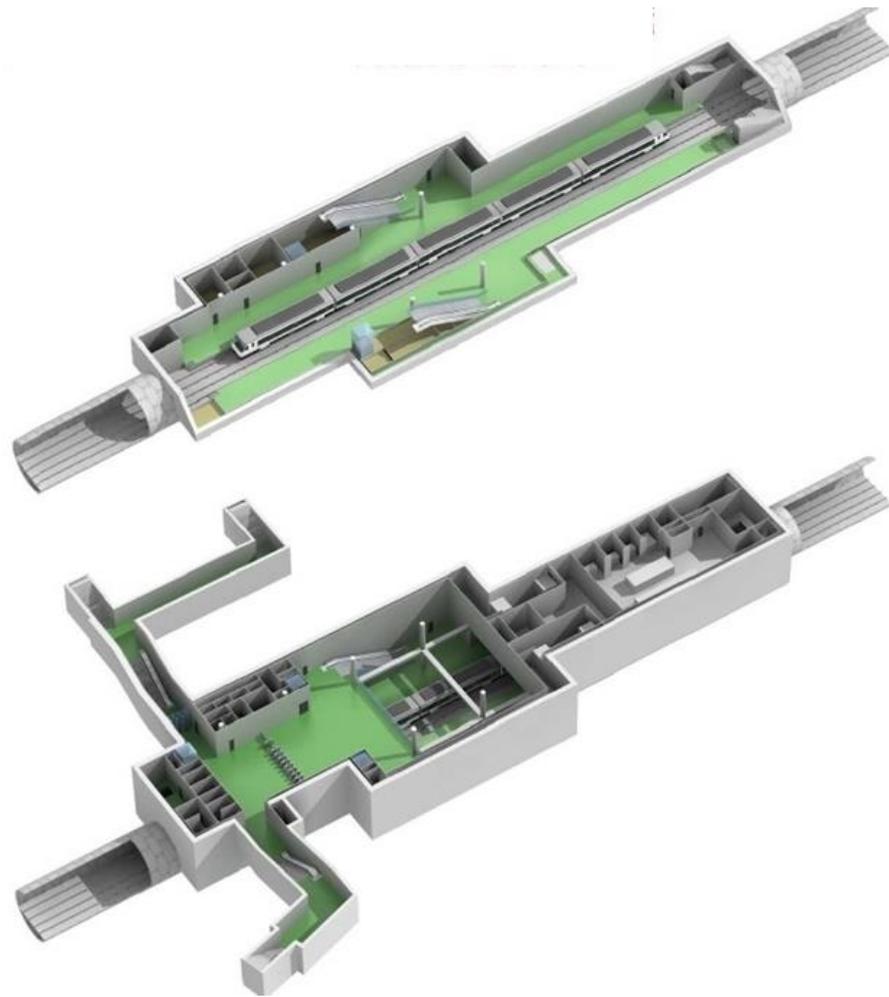


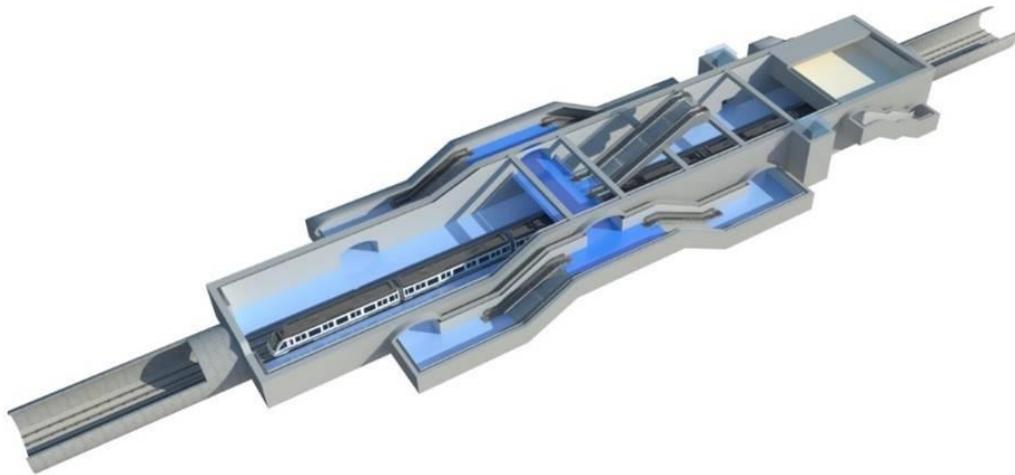
Figura 44. Vistas 3D de la planta de andén y vestíbulo de la estación de la Magdalena.



Figura 45. Vista 3D de ubicación de estación de San Francisco Intercambiador Av. 24 de Mayo.



*Figura 46.* Vista sección 3D de estación de San Francisco Intercambiador Av. 24 de Mayo.



*Figura 47.* Vista interior 3D de estación de San Francisco Intercambiador Av. 24 de Mayo.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

Para la optimización y mejoramiento de la funcionalidad de una estación, se tomaron en cuenta principalmente algunos aspectos, que desarrollan a continuación.

#### 5.1.1. NORMATIVA

Normas y estándares que han sido utilizados para el diseño funcional-arquitectónico y de seguridad en las estaciones son:

- NFPA 101(R), Código de Seguridad Humana, ed. 2012;
- NFPA 220, *Standard on Types of Building Construction*, ed. 2013;
- RNE, Reglamento Nacional de Edificaciones, Ed. 2014;
- Reglamento Nacional del Sistema Eléctrico de Transporte de Pasajeros en vías férreas que forman parte del Sistema Ferroviario Nacional aprobados bajo los siguientes decretos:
  - Decreto Supremo nº039-2010-MTC, Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 5 de enero de 2006;
  - Decreto Supremo nº003-2013-MTC, Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 12 de enero de 2013;
  - Decreto Supremo nº001-2014-MTC, Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 9 de enero de 2014;
- *TCRP REPORT 100 – Transit Capacity and Quality of Service*, ed.2003;
- *Station Planning Standards and Guidelines - Good Practice Guide* de Londres, ed. 2012.

#### 5.1.2. DEFINICIÓN DE CRITERIOS BÁSICOS

- Tiempos de evacuación;

Este tiempo de evacuación depende del número de salidas del edificio o recinto a evacuar en un escenario de emergencia. Se considera que los ocupantes asignados a una salida deben poder traspasarla en un tiempo determinado para poder estar en un lugar seguro. En el caso de que existan escaleras en las salidas, deben considerarse para los cálculos de tiempos de evacuación, los anchos de dichas escaleras.

- Superficie del andén;

Consideramos que las superficies de los andenes son las más relevantes pues son las que abarcan a los pasajeros que están a la espera de abordar el tren y también abarcan a los pasajeros que bajan del tren. Permite además una distribución uniforme de los pasajeros en los andenes, brindando facilidad a la hora de ingresar y bajar del tren.

- Núcleos de comunicación vertical;

En el caso de que existan escaleras en las salidas, deben considerarse para los cálculos de tiempos de evacuación, los anchos de dichas escaleras. Además, la circulación vertical es de suma importancia para el funcionamiento de la estación.

- Flujos peatonales;

Van de la mano con la accesibilidad y la funcionalidad. Una estación con recorridos bien dirigidos permite un funcionamiento más organizado y que los usuarios lleguen con facilidad a todos los espacios accesibles de la estación.

- Áreas de seguridad para personas de movilidad reducida;

En el momento de evacuación debemos contar con espacios de seguridad cercanos a las escaleras de evacuación, señalizados, para que las personas de movilidad reducida puedan esperar a ser evacuados.

- Áreas útiles;

Es importante contar con las áreas útiles necesarias para cumplir con la demanda de la capacidad de usuarios de los trenes, ya que así se pueden obtener niveles de servicio óptimos para un buen funcionamiento del servicio de transporte.

El óptimo funcionamiento de la estación también está ligado a tener espacios necesarios para que las colas y aglomeración de personas en las zonas de boleterías y barreras tarifarias no interfieran en la circulación normal de los usuarios. También es importante dejar los espacios necesarios para una futura ampliación de puertas validadoras y espacios para máquinas expendedoras de *tickets* (boletos/tiquetes) o tarjetas, como consecuencia de un aumento de la demanda de la estación y uso del servicio de transporte.

- Prevestíbulo de acceso a la estación;

El uso de prevestíbulo permite crear un paso a desnivel de un lado a otro de la pista, brindando un cruce seguro y accesible a los peatones.

El tamaño de las estaciones de la Línea 2 depende en gran medida de la situación de emergencia. Dado que se trata de estaciones subterráneas de ferrocarriles urbanos, el estándar internacional de referencia para las dimensiones es la norma NFPA-130. La

norma define los parámetros básicos de evacuación y en gran medida determina la geometría básica de la estación y gran parte de la estructura de la estación.

### 5.1.3. NIVELES DE SERVICIO

Los niveles de servicio se establecen en base a la escala de John Fruin empleada en el *Transit Capacity and Quality of Service Manual (TCRP)* que permite medir la calidad del espacio, mediante intervalos de densidad de uso, que permiten clasificar 6 niveles de servicio etiquetados de A (el mejor o más holgado) a F (el peor o correspondiente a una congestión total del espacio, sólo aplicable en situaciones de emergencia).

La definición de estos intervalos depende entre otros factores, de si se trata de espacios de espera o circulación de personas (véase Figuras a continuación), y en este sentido, se definen básicamente tres escalas diferentes en función de que se trate de zonas de espera, zonas normales de circulación y escaleras fijas. Las tablas a continuación muestran la tipificación de los niveles de servicio según se trate de áreas de espera, circulación o escaleras fijas.

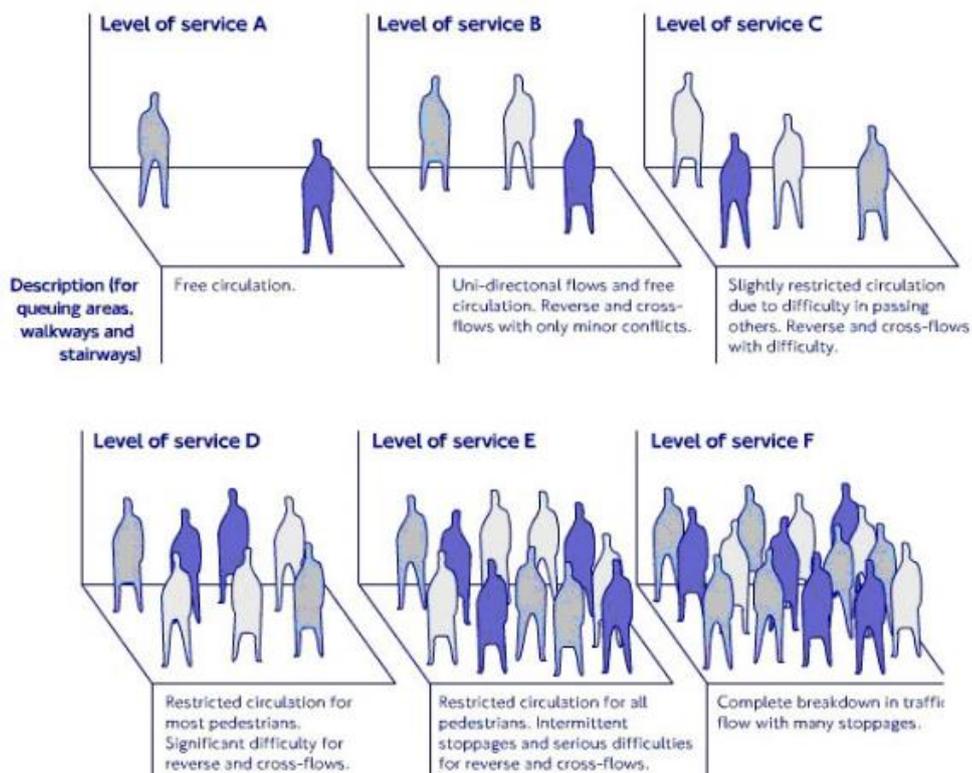


Figura 48. Representación de Niveles de Servicio en áreas de circulación.

## VISWALK OUTPUT – FRUIN LEVEL OF SERVICE

Level of Service	Footways (peds/m/min)	Footways (peds/m <sup>2</sup> )	LOS	Description
<b>A</b>	<23.0	<0.31	Flow rate less than 23 people per metre per minute	Free circulation
<b>B</b>	23.0-32.8	0.31-0.43	Flow rate 23 to 33 people per metre per minute	For one directional flows, free circulation. For reverse and crossing flows, minor conflicts
<b>C</b>	32.8-48.2	0.43-0.72	Flow rate 34 to 49 people per metre per minute	Some restriction in selection of walking speed and ability to pass others. High probability of conflict.
<b>D</b>	48.2-65.6	0.72-1.08	Flow rate 49 to 66 people per minute.	Restricted and reduced walking speed for most pedestrians. Difficulties in passing. Multiple conflicts, momentary stoppages of flow.
<b>E</b>	65.6-82.0	1.08-2.17	Flow rate 66 to 82 people per metre per minute.	Restricted and reduced walking speed for all pedestrians. Shuffling progress at higher densities. Extreme difficulties in reverse or cross flows.
<b>F</b>	>82.0	>2.17	Flow rate >82 people per metre per minute	Circulation reduced to shuffling. Reverse and cross flows near impossible. Frequent contact. Sporadic forward flow.

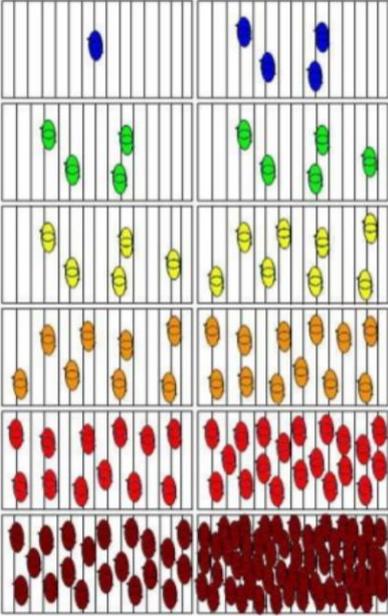


Figura 49. Tabla resumen de niveles de servicio en zonas de cola y circulación

Tabla 1. Niveles de servicio en zonas de espera y colas

Nivel de Servicio	Espacio para Peatones (m <sup>2</sup> /pax)	Espacio Promedio Inter-Persona (m)
A	> 1,2	> 1,2
B	0,9-1,2	1,1-1,2
C	0,7-0,9	0,9-1,1
D	0,3-0,7	0,6-0,9
E	0,2-0,3	< 0,6
F	< 0,2	Variable

Fuente: elaboración propia con información y datos brindados por la empresa.

Tabla 2. Niveles de servicio en áreas de circulación

Nivel de Servicio	Espacio para Peatones (m <sup>2</sup> /pax)	Velocidad media (m/min)	Flujo de pasajeros (pax/m/min)
A	> 3,3	79	0-23
B	2,3-3,3	76	23-33
C	1,4-2,3	73	33-49
D	0,9-1,4	69	49-66
E	0,5-0,9	46	66-82
F	< 0,5	<46	Variable

Fuente: elaboración propia con información y datos brindados por la empresa.

Tabla 3. Niveles de servicio en escaleras

Nivel de Servicio	Espacio para Peatones m <sup>2</sup> /pax	Flujos de pasajeros (pax/m/min)
A	> 1.9	< 16
B	1.4-1.9	16-23
C	0.9-1.4	23-33
D	0.7-0.9	33-43
E	0.4-0.7	43-56
F	< 0.4	Variable

Fuente: elaboración propia con información y datos brindados por la empresa.

En el caso de las estaciones de la Línea 2 de Metro de Lima, se ha seguido la referencia fijada en el Estudio de Factibilidad y empleada para desarrollar la Propuesta Técnica presentada durante la licitación de la Concesión. De acuerdo con estos antecedentes, se considera que en el escenario normal siempre se debe mantener un Nivel de Servicio (NdS) igual o superior a C, que puede bajar a nivel D en ocasiones críticas y excepcionales (por ejemplo, en escenarios de congestión).

El concepto de niveles de servicio se emplea para el dimensionamiento de las estaciones, con las siguientes excepciones:

- Los elementos de equipamiento como puertas validadoras y equipos para la expedición de billetes, se dimensionan en escenario de máxima demanda ateniendo al número de operaciones por minuto que pueden ejecutar, no siendo de aplicación un nivel de servicio determinado.

- Para las comprobaciones relativas a los escenarios de evacuación, se emplea una metodología basada en NFPA 130 que no está basada en niveles de servicio, si bien los parámetros de densidad y velocidad de flujo empleados corresponden a un nivel de servicio F.

#### 5.1.4. ZONAS DE COLA

Los criterios requeridos en las zonas de cola son los expuestos a continuación:

- Se proporciona un espacio para los pasajeros que permita hacer cola en todos los sentidos de circulación, áreas de servicio y puntos de decisión sin afectar el flujo de los demás pasajeros.
- Los espacios de zonas de cola están colocados en paralelo y no se superponen. A continuación, se exponen los espacios requeridos en las zonas de cola:

Tabla 4. Dimensión requerida para zonas de cola estación Insurgentes

Puertas validadoras hasta escalera mecánica	8.0 – 12.0m
Puertas validadoras	6.00m
De escalera mecánica a escalera mecánica	8.0 – 12.0m
Escalera mecánica	6.00m
De escalera a puertas validadoras	6.0 – 10.0m
Escalera fija	4.00m
Elevador	2.50m
Boletería	4.00m
Expendedoras	4.00m

Fuente: elaboración propia con información y datos brindados por la empresa.

#### 5.1.5. CÁLCULO DE ANCHO DE ANDÉN

Para dimensionar el ancho de andén se emplea el criterio establecido en el *Station Planning Standards and Guidelines de Transport of London*. Se dimensiona el andén suponiendo que el 35% de la carga de andén se distribuye en una longitud del 25%, con una densidad de ocupación de 0.8 pax/m<sup>2</sup> por persona. El suponer que un 35% del pasaje se concentra en una cuarta parte del andén, permite tener en cuenta la concentración de usuarios que suele producirse en la proximidad de los elementos de salida. La siguiente expresión permite obtener el ancho medio de andén a disponer en función de la demanda existente:

$$\text{Ancho andén} = \left( \frac{\text{carga max de andén} \times 0,35 \times 0,8\text{m}^2}{\text{Largura andén} \times 0,25} + 1 \right)$$

Figura 50. Cálculo del ancho de andén

Dónde:

- Carga máxima de andén es el total de usuarios que suben y bajan en el período punta, entre trenes;
- 0,35 corresponde al porcentaje de carga considerado en el 25% de andén;
- 0,25 es el 25 % de la longitud de andén;
- 0,80 es la densidad de ocupación máxima considerada para el andén;
- Se añade 1 m para considerar el efecto de borde en ambos lados del andén;

El documento *Station Planning Standards and Guidelines* establece como densidad de ocupación para la determinación el ancho de andén un valor de 0.93 m<sup>2</sup>/pax, pero se toma como referencia 0.8 m<sup>2</sup>/pax, ya que es el valor considerado en el Estudio de Factibilidad. En cualquier caso, la densidad de ocupación final depende del área útil, siendo la determinación del ancho de andén solamente un primer paso para establecer las dimensiones finales de los andenes.

Adicionalmente, el ancho mínimo de un andén lateral, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento Nacional de Ferrocarriles (Artículo 18), deberá ser de mínimo 5 m a cada lado de la vía férrea, dejándonos una medida mínima de ancho de andén de 4 m aproximadamente.

## 5.2. ESTACIÓN INSURGENTES – METRO DE LIMA

### 5.2.1. DESCRIPCIÓN

La Estación de Insurgentes es la estación número 04 de la Línea 2 de Metro de Lima, actualmente se encuentra en construcción.

Como forma geométrica, la estación es un volumen paralelepípedo, con una longitud máxima de 142,40 m y un ancho de 24,58 m aproximadamente.

Las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima se construyen mediante el método tradicional de *Cut & Cover*, y cuenta con tres niveles.

### 5.2.2. UBICACIÓN

La estación se encuentra situada bajo la avenida de Óscar R. Benavides cercano al cruce de la Av. Los Insurgentes y Av. Haya de la Torre.

### 5.2.3. NIVELES QUE CONFORMAN LA ESTACIÓN

La Estación de Insurgentes cuenta con 3 niveles: presvestíbulo, vestíbulo y andén, contando con un nivel de bajoandén y un nivel superior que contiene los accesos, salidas de emergencia y los huecos con salida a calle.

Dentro de los accesos y huecos tenemos los siguientes:

- Accesos peatonales para la entrada habitual del público;
- Salidas de emergencia para escenarios de evacuación;
- Rejillas de ventilación / extracción de aire y ductos de materiales.

#### 5.2.3.1. ACCESOS PARA LA ENTRADA DEL PÚBLICO

Los accesos se ubican en la proximidad de las intersecciones de vías principales, de manera que sean accesibles y funcionen también como cruce subterráneo, por lo que la estación posee un acceso a cada lado de la vía en la que se ubica, permitiendo un traslado más seguro.

Debido a la escasez de lluvias en la ciudad, ambos accesos están descubiertas.

##### **El Acceso 1:**

Se localiza en el entorno cercano a un centro comercial, en el área de concesión ubicada junto a la vereda sur de la Avenida Oscar R. Benavides.

Cuenta con una escalera fija, dos escaleras mecánicas y un elevador que cubre las necesidades de acceso de las personas con movilidad reducida.

##### **El Acceso 2:**

Se localiza “enfrentada al acceso anterior” en el espacio público próximo al cruce de la vereda norte de la Avenida Oscar R. Benavides con la vereda oeste de la Calle de Canchones. Al igual que el Acceso 1 cuenta con una escalera fija, una escalera mecánica y un elevador.

#### 5.2.3.2. SALIDAS DE EMERGENCIA

En esta estación las escaleras de evacuación se sitúan en ambos extremos de los andenes. Las escaleras situadas al lado Oeste de la estación tienen su salida sobre la vereda norte de la Avenida Óscar R. Benavides. Las escaleras ubicadas en el extremo Este de la estación desembarcan en el vestíbulo que se define como zona segura, para posteriormente evacuar por las salidas públicas.

### 5.2.3.3. REJILLAS Y DUCTOS

#### Rejillas de ventilación

En el extremo este de la estación, se encuentran las rejillas de ventilación. Ambas, la de impulsión y la de extracción, se han colocado sobre el área de concesión ubicada en la actualidad en un predio privado que se incorporará a la vereda norte de la Avenida Óscar R. Benavides.

Las rejillas se sitúan a nivel de vereda para evitar resaltes que afecten a la circulación de los peatones.

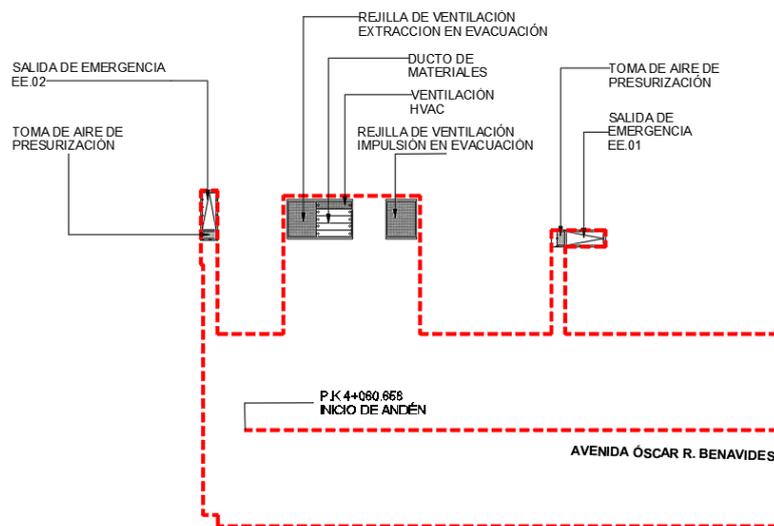


Figura 51. Planta de salidas de emergencia, rejillas y ducto de la estación Insurgentes

#### Ducto de materiales

La estación cuenta con un ducto para la introducción de materiales.

### 5.2.4. NIVEL DE PREVESTÍBULO

El primer nivel de la estación, denominado prevestíbulo, se encuentra a unos 7.00 m bajo la cota de calle. Sirve como área de transición entre los accesos y el vestíbulo, además como paso a desnivel de un lado a otro de la avenida.

El nivel de prevestíbulo cuenta con un área comercial que se utilizará para la venta de periódicos, bebidas u otros. Este ambiente también permite al pasajero situarse dentro de la estación y visualizar las alternativas de recorrido y poder optar por el más conveniente para llegar a su destino.

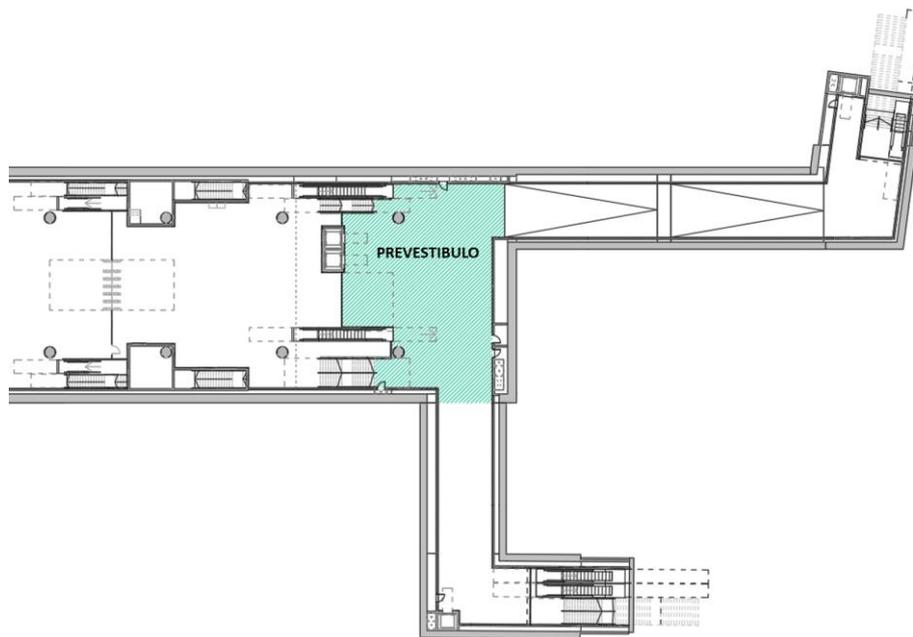


Figura 52. Planta de prevestíbulo estación Insurgentes

### 5.2.5. NIVEL DE VESTÍBULO

El segundo nivel corresponde al vestíbulo. Se sitúa 3,06 m más profundo que el nivel de prevestíbulo. Es el nivel principal de la estación donde los pasajeros buscan su destino. Aquí se encuentran la venta de boletos y las puertas validadoras, que separan el área paga y el área no paga.

Este nivel consta de dos espacios públicos y dos espacios con acceso restringido, destinado al personal técnico y operativo de la estación:

- Área no paga, todos los usuarios pueden ingresar y circular gratis. Se sitúan la boletería, las máquinas expendedoras y los puntos de información para dar servicio a los pasajeros;
- Área paga, un área a la que solo se puede acceder después de verificar el boleto. Asimismo, en cada una de estas áreas existen espacios separados para uso restringido;
- Área técnica destinada a equipos de instalaciones para el funcionamiento de la estación, principalmente de la ventilación y la electricidad, están ubicados en el vestíbulo para aprovechar los espacios disponibles y para generar facilidad en el acceso para el personal y equipos técnicos.

El ingreso para el personal técnico se realiza a través de una puerta de servicio al final de la zona paga;

- Área de operaciones que incluyen las boleterías, cuarto de vigilancia, cuarto de control, los servicios higiénicos del personal, el comedor y los depósitos de limpieza y basura, funcionando con un área restringida y situada debajo del prevestíbulo.

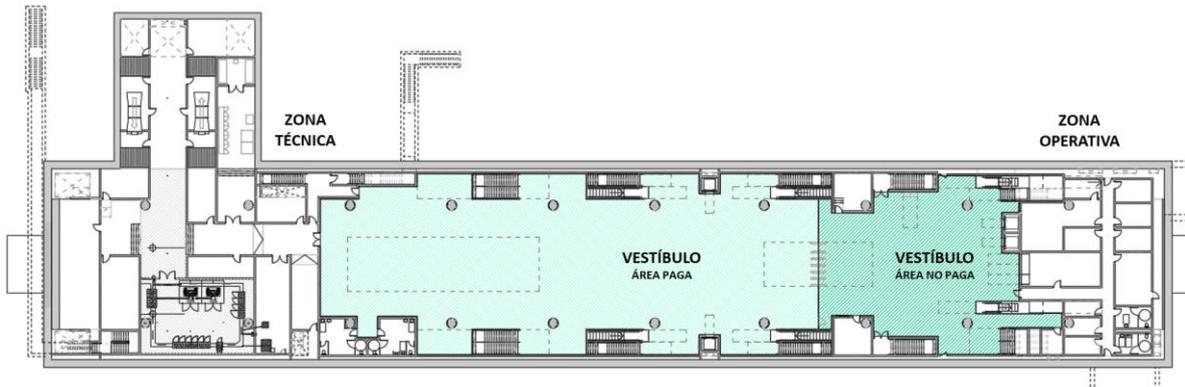


Figura 53. Planta de Vestíbulo estación Insurgentes

Este nivel es donde el pasajero define el recorrido cuando se dirige al andén que corresponde para continuar su trayecto. Tras haber comprado sus boletos y pasado por la barrera de las puertas validadoras (que están compuestas por 5 tornos estándar y uno para las personas de movilidad reducida además de una puerta de servicio), el pasajero llega a un espacio que ayuda a dirigir al público a los andenes a través de 3 núcleos (cañones) de escaleras para descender a los andenes, de los cuales dos de los núcleos llevan una escalera fija y una mecánica y el tercer núcleo solo una escalera fija.

- Escaleras mecánicas: Se disponen dos escaleras mecánicas por andén (una de subida y otra de bajada). Este es el número de escaleras mecánicas mínimo a instalar en cada andén (en cumplimiento del Artículo 18 del Reglamento Nacional de Ferrocarriles).
- Escaleras fijas: Se dispondrá el ancho suficiente para certificar el correcto funcionamiento tanto en situación normal y de hora pico, como en situación de emergencia.

Como parte de la ruta accesible, también se dispone un ascensor para acceder a cada plataforma. El ascensor se ubica en la zona central de la plataforma para facilitar el acceso a usuarios con movilidad reducida. El servicio de baños públicos está ubicado en el nivel del vestíbulo del área paga de la estación y cumple con los requisitos de mantenimiento y seguridad.

### 5.2.6. NIVEL DE ANDÉN

El tercer, y último, nivel de la estación corresponde a los andenes.

La profundidad de andenes se sitúa a 7.65m bajo el vestíbulo. La estación cuenta con dos andenes laterales físicamente separados de la plataforma de vías mediante *Platform Screen Doors* (PSD), nombre que se les da a las puertas de andén. El nivel del riel está a 1.05 m por debajo del nivel de andén, que da lugar al bajoandén.

Como se describió en el nivel de vestíbulo, el acceso a los andenes se da a través de los tres cañones de escaleras.

En cada uno de los extremos de cada andén se ubica un cuerpo formado por una escalera de emergencia; en el oeste de la estación que comunican el nivel de andén con el nivel de calle y en el Este el desembarco final es en vestíbulo considerado punto de seguridad.

Las escaleras de evacuación permiten un recorrido alternativo a los cañones en caso de emergencia.

El andén tiene 124,5 m de largo y un ancho mínimo de 4 m. Además, el paso libre entre el límite de las puertas de andén y cualquier obstáculo fijo nunca es menor de 3.20 m, según lo dispuesto en el Reglamento Nacional de Ferrocarriles.

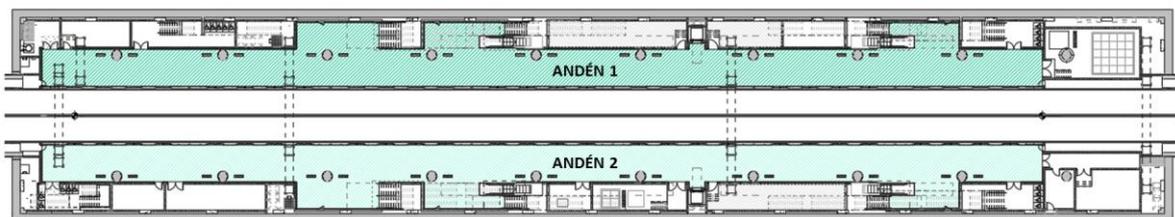


Figura 54. Planta de Andén estación Insurgentes

### 5.2.7. NIVEL BAJOANDÉN

El espacio bajo el andén tiene estrictas funciones técnicas para el paso de las instalaciones ferroviarias y electromecánicas de la estación. La altura mínima útil bajo la estructura de losa del andén es superior a 1.325 m.

### 5.2.8. AMBIENTES Y ÁREAS DE LA ESTACION INSURGENTES

A continuación, se lista el programa de dependencias definiendo la ubicación de la Estación Insurgentes (prevestíbulo, vestíbulo o andén).

*Tabla 5.* Tabla de ambientes nivel Prevestíbulo estación Insurgentes

PREVEST.	1.24	Espacios comerciales concesionaria
	2.14B	Cuarto de telecomunicaciones auxiliar

*Fuente:* elaboración propia con información y datos brindados por la empresa.



Tabla 6. Tabla de ambientes nivel vestíbulo estación Insurgentes

VESTÍBULO	1.11	Agentes estación (Sala de supervisión)
		Agentes estación (jefe de estación)
	1.11A	Cuarto de valores
	1.12	Seguridad y vigilancia (Control de seguridad)
		Seguridad y vigilancia (Vigilancia)
	1.13	Tópico para primeros auxilios
	1.14	Vestuarios H Operadora
	1.15	Vestuarios M Operadora
	1.16	Vestuarios H Subcontrata
	1.17	Vestuarios M Subcontrata
	1.18M- 1.18F	S.H. personal
	1.19M- 1.19F	S.H. público
	1.20	Refectorio
	1.21	Depósito de basuras
	1.22	Depósito de limpieza
	1.23	Boletería
	1.24	Espacios comerciales concesionaria
	2.12	Sala de baterías
	2.13/2.19	Sala UPS
		CE (Cabinas eléctricas)
	2.14A	Cuarto de telecomunicaciones aux.
	2.16	Sala de control de pasajeros
	3.11	CGBT (Baja tensión ppal)
	3.15	UPS servicios estación + sala de baterías
	3.16	Ventilación de estación
	3.17	Sala equipos climatización
	3.19	Sala auxiliar de Instalaciones
	4.11	Disponible

Fuente: elaboración propia con información y datos brindados por la empresa.

Tabla 7. Tabla de ambientes nivel Andén estación Insurgentes

ANDÉN	1.01	Taller y depósito de herramientas
	1.02	Depósito
	2.01	Sala de telecomunicaciones Principal
	2.02	Sala de señalización (Ferroviaria)
	2.03	Sala de control
	2.04/2.15A	Sala de equipos limitadores de tensión- Seccionadores
	2.15B/2.06	Seccionadores - Sala de Cons. Auxiliar
	3.01	Cuarto de BT auxiliar
	3.02/3.03 /3.07	Depósitos contra incendio 1
		Depósitos contra incendio 2
		Cuarto de bombas
	3.04	Cuarto de bombas y depósito de agua doméstica
	3.05	Sala de drenaje
3.06	Cuarto de fecales	
4.01	Disponible	

*Fuente:* elaboración propia con información y datos brindados por la empresa.

### 5.3. OPTIMIZACIÓN Y MEJORAMIENTO FUNCIONAL DE ESTACIONES

En los siguientes puntos se describe en detalle el resumen de las mejoras propuestas para la estación y la evolución del diseño funcional que hemos realizado.

#### 5.3.1. INCREMENTO DE ÁREAS ÚTILES

En la siguiente tabla se puede observar un resumen de la comparación de áreas útiles por sector y el incremento de área para la propuesta de optimización:

Tabla 8. Incremento de áreas útiles estación Insurgentes

SECTOR	ESTUDIO TÉCNICO	PROPUESTA OPTIMIZACIÓN	INCREMENTO DEL ÁREA
Área de espera en Andén	633.44	649.7	16.26
Área no paga (circulación)	400.82	771.47	370.65
Área paga más el área no paga	1251.53	1812.71	561.18
<b>TOTAL</b>	<b>1884.97</b>	<b>2462.41</b>	<b>577.44</b>

Fuente: elaboración propia con información y datos brindados por la empresa.

Se puede detallar que:

- Se tiene un incremento del área del andén de 16,26 m<sup>2</sup>, lo que supone un aumento del 2,52% respecto a lo definido en el Estudio Técnico;
- Se tiene un incremento del área no paga de 370,65 m<sup>2</sup>, lo que supone un aumento del 92,67% respecto a lo definido en el Estudio Técnico;
- Se tiene un incremento del área paga + no paga de 561,18 m<sup>2</sup>, lo que supone un aumento del 44,83% respecto a lo definido en el Estudio Técnico.

Se ha incrementado el área de pasajeros, lo que significa que se mejoran y garantizan las funciones de la estación.



Figura 55. Área de espera en andenes. Fase de Estudio técnico

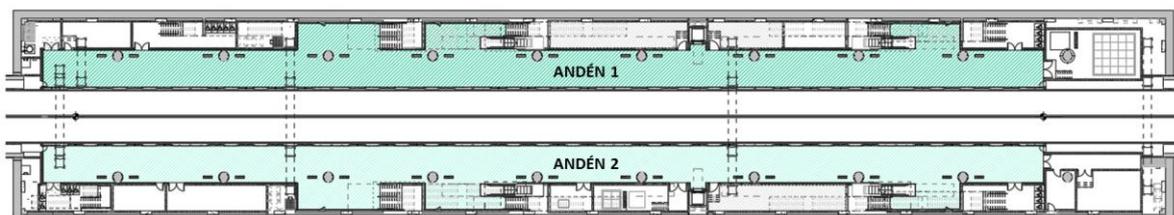


Figura 56. Área de espera en andenes. Fase de Optimización

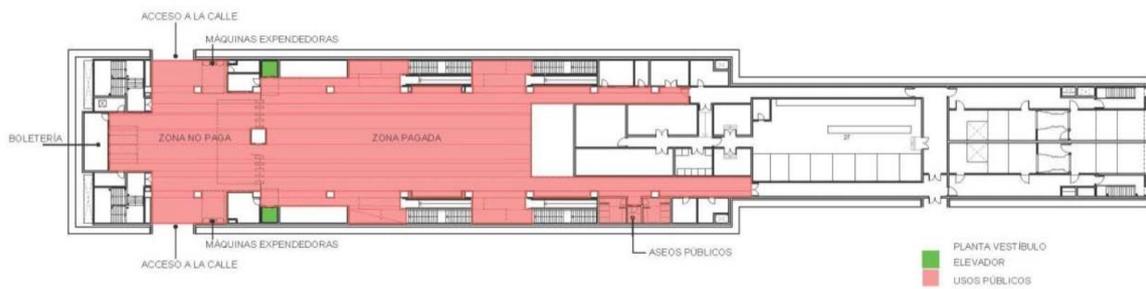


Figura 57. Área de espera paga y no paga. Fase de Estudio técnico

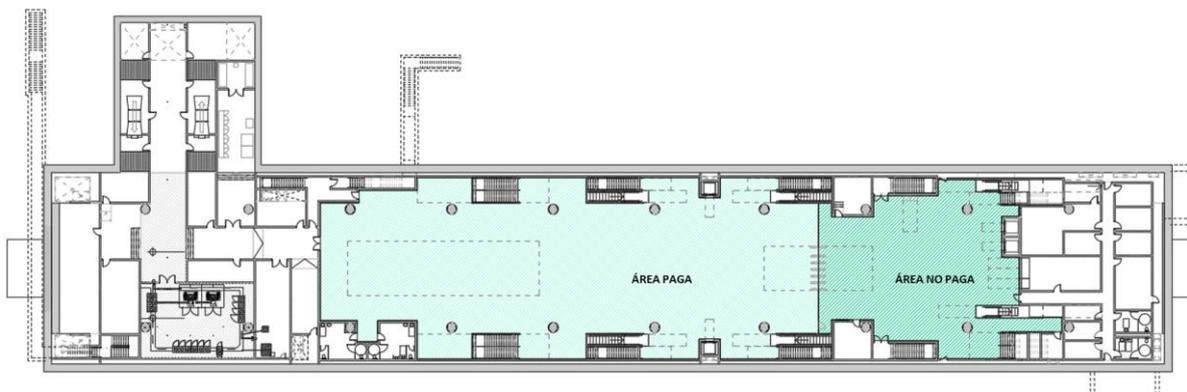


Figura 58. Área de espera paga y no paga. Fase de Optimización

### 5.3.2. MEJORA EN LOS NÚCLEOS DE COMUNICACIÓN VERTICAL

La nueva inclusión y reubicación del núcleo de comunicación vertical representa una mejora sustancial en el movimiento de peatones en el área de espera. Como se muestra en la figura, esta mejora significa una reducción de los recorridos normales. En comparación con las soluciones proporcionadas en el estudio técnico, la adaptabilidad de la plataforma también permite a los usuarios distribuir mejor, debido a que se han distribuido mejor las salidas y los usuarios tienden a concentrarse en las proximidades de las mismas.

En particular se ha introducido una nueva escalera fija y se ha realizado una distribución más compensada de las escaleras y ascensor de andén, de manera que su disposición es más centrada en el andén, creando distancias más equitativas a lo largo de la longitud de embarque de 116 m, definida por la primera y última puerta del tren.

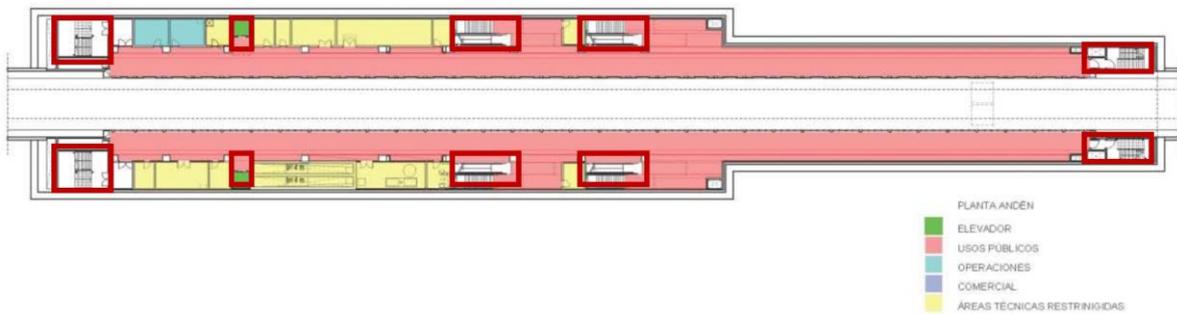


Figura 59. Ubicación de circulación vertical. Fase de Estudio técnico

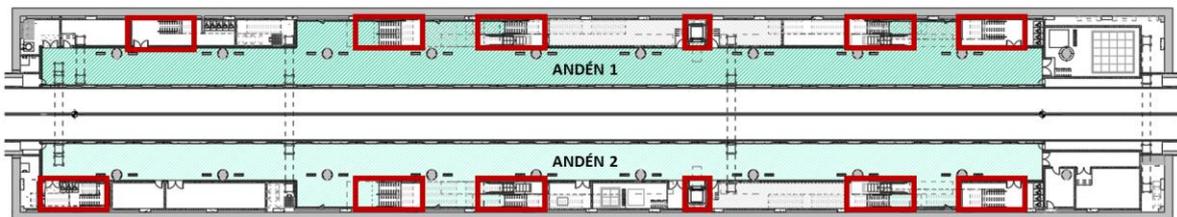


Figura 60. Ubicación de circulación vertical. Fase de Optimización.

### 5.3.3. AMPLIACIÓN DE LA SUPERFICIE DE ANDÉN

Se lleva a cabo el cambio de forma en la geometría de la estación E-04 Insurgentes, que, al pasar a una forma rectangular, ha permitido organizar el programa de salas y los elementos de comunicación vertical de una forma más eficiente, aportando superficie útil efectiva al área de espera, mejorando los flujos peatonales.

En el Estudio Técnico se barajaban longitudes de andén en torno a los 135 m, sin embargo, la disposición de un material rodante de dimensión distinta aconseja modificar la longitud del mismo, adaptándose a ésta para garantizar la eficiencia espacial, ya que los usuarios que esperan en el andén se distribuyen mayoritariamente frente a las puertas de parada del tren.

La previsión de trenes de una longitud de 124.50 m, nos hace proponer una longitud de embarque de 116 m, ya que la creación de un andén de superior longitud a la del tren no mejora la funcionalidad del mismo.

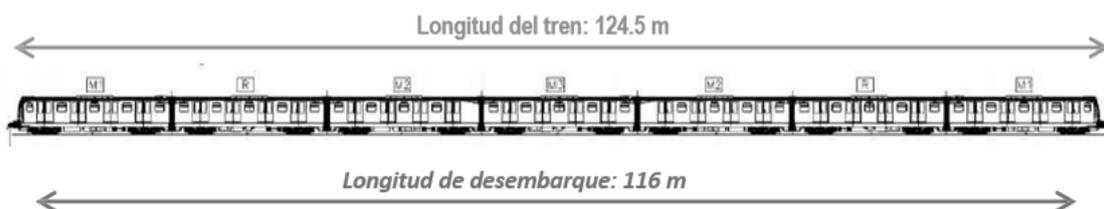


Figura 61. Dimensiones del material rodante (Trenes).

### 5.3.4. CREACIÓN DE PREVESTÍBULO PARA ACCESO A LA ESTACIÓN

La creación de un nivel intermedio entre la cota de calle y la cota de vestíbulo, tanto en la zona de accesos a la estación como en salidas de emergencia, es una de las principales evoluciones y mejoras respecto al Estudio Técnico. Dicho nivel puede crearse al existir altura libre suficiente en el nivel vestíbulo de las estaciones.

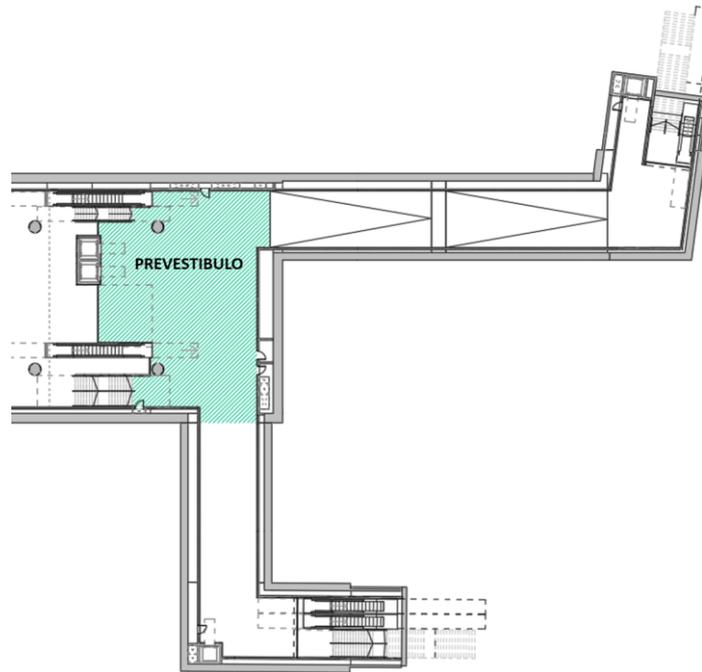


Figura 62. Nivel prevestíbulo. Zona de acceso habitual Estación Insurgentes

Se obtiene, por tanto, un aumento de los Metros construidos dentro de la caja de la estación, mejorando la funcionalidad general y garantizándose la calidad de los espacios habitables bajo y sobre este nivel, sin precisar un aumento del volumen total de las estaciones. Además, a la mejora funcional interna de la estación, se le une la mejora de la inserción urbana y el impacto sobre el espacio en superficie de la propia estación.

### 5.3.5. MEJORA DE LOS CUERPOS DE ACCESO/SALIDA HABITUALES

La creación de un nivel de prevestíbulo permite reducir a la mitad la altura a salvar desde fuera de la caja; los cuerpos de escalera de entrada/salida habituales y salidas de emergencia cuentan con un menor desarrollo reduciendo su longitud total, y, por ende, su impacto en el entorno urbano de la estación.

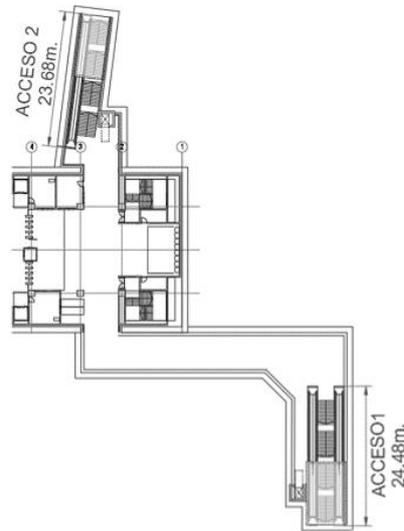


Figura 63. Desarrollo de escaleras a calle de la Estación Insurgentes. Fase de Estudio Técnico

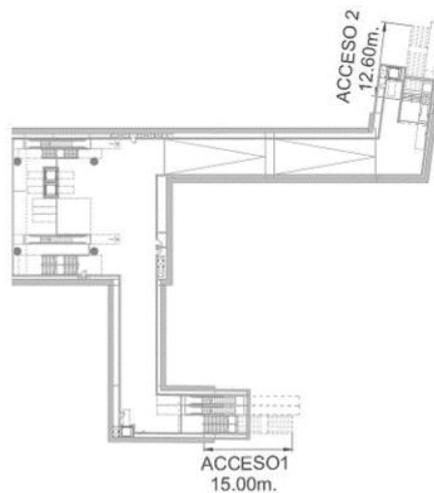


Figura 64. Desarrollo de escaleras a calle de la Estación Insurgentes. Fase de Optimización

### 5.3.6. MEJORA EN LOS FLUJOS PEATONALES

La reubicación de los núcleos de comunicación vertical, así como la ampliación de superficie del andén, supone una mejora sustancial de los movimientos peatonales en el área de espera. La mejora se traduce en una reducción de los recorridos dentro de este nivel tal y como se muestra en las figuras. La adaptación del andén permite evitar la situación de embotellamiento en la escalera de emergencia que estaba previsto en el Estudio Técnico.

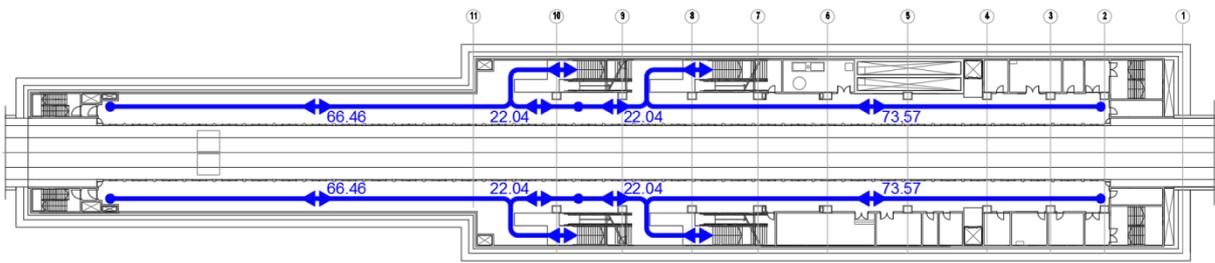


Figura 65. Longitud de recorridos peatonales en andén en escenario normal. Fase de Estudio Técnico

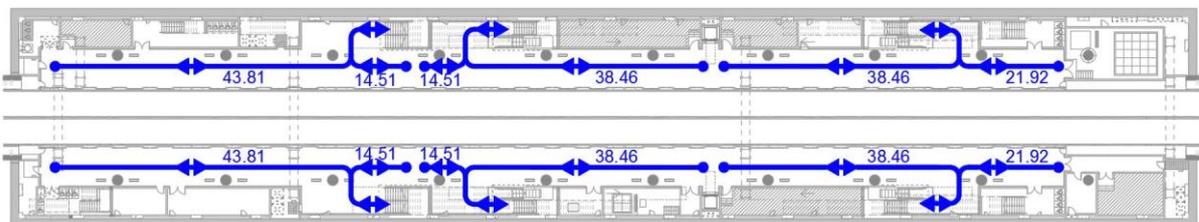


Figura 66. Longitud de recorridos peatonales en andén en escenario normal. Fase de Optimización

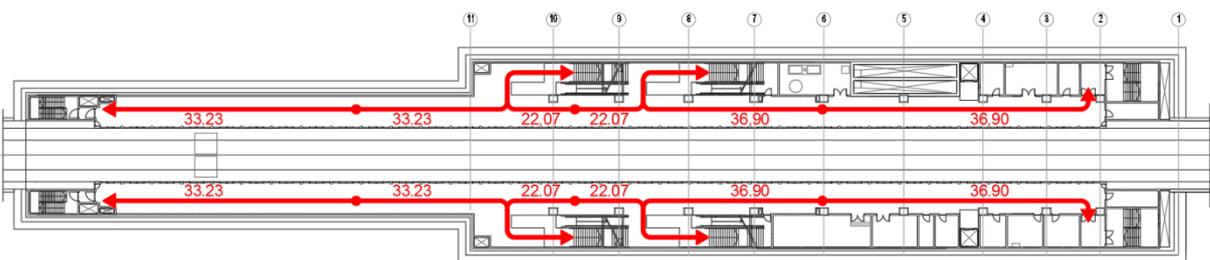


Figura 67. Longitud de recorridos peatonales en andén en escenario de evacuación. Fase de Estudio Técnico

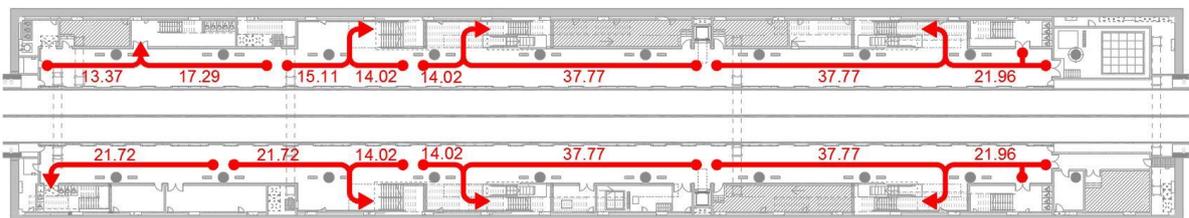


Figura 68. Longitud de recorridos peatonales en andén en escenario de evacuación. Fase de Optimización

### 5.3.7. MEJORA EN LOS TIEMPOS DE EVACUACIÓN

Para calcular el tiempo de evacuación desde un andén, se utiliza una analogía hidráulica. Se considera el tiempo de evacuación como el necesario para realizar el recorrido que

tenga un punto con menor capacidad. Considerando los siguientes puntos, esto determina la salida de pasajeros de la plataforma.

Esta es la suma del tiempo necesario para que todos los pasajeros en el andén utilicen la salida que constituye un cuello de botella, sin mayor problema.

Para un elemento dado de una ruta de evacuación, los datos estándar nos permiten calcular.

Tiempo de evacuación por capacidad de un tramo y por velocidad de un tramo.

Los datos de partida son la carga de pasajeros del andén con la carga de pasajeros del tren que llega al andén. Para distribuir la carga de ocupación, se asume que la distribución del área tributaria de los pasajeros que esperan en el andén es uniforme a lo largo de la zona de embarque. Como primer paso para calcular el tiempo de evacuación, se define un diagrama de cálculo.

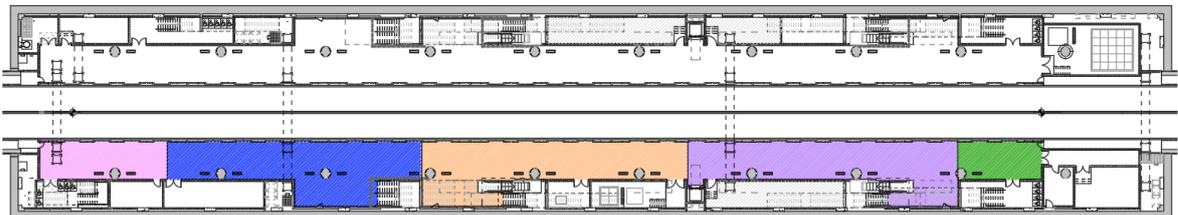


Figura 69. Ejemplo de distribución de áreas de andén por escaleras de evacuación

De este modo se analiza la configuración de la estación y sobre los planos se estudia la ruta de evacuación. En la ruta se diferencian los pasillos y las escaleras ya que son diferentes elementos de los cuales la norma establece la velocidad y la capacidad de evacuación. Así, la formulación para el cálculo del tiempo de evacuación de los pasajeros a un sitio seguro se ha caracterizado, para cada tramo, por una cuadrícula de dos columnas y tres filas, que contiene los siguientes valores:

Tiempo de evacuación por capacidad del tramo	Tiempo de evacuación por velocidad de un tramo
Tiempo acumulado si el tramo no es crítico	Tiempo acumulado si el tramo es crítico
Tiempo de evacuación del último evacuado	Tiempo de evacuación del primer evacuado

Figura 70. Formulación de cálculo del tiempo de evacuación

Los datos de la primera fila son los datos de partida del cálculo:

- Tiempo por capacidad del tramo;
- Tiempo por velocidad del tramo.

En la segunda fila hay dos datos intermedios de cálculo:

- Tiempo acumulado si el tramo no es crítico: (Tiempo de evacuación del último evacuado del tramo anterior + Tiempo de evacuación por velocidad del tramo).
- Tiempo acumulado si el tramo es crítico: (Tiempo de evacuación del primer evacuado del tramo anterior + Tiempo de evacuación por capacidad del tramo).

En la tercera fila aparecen los resultados finales del cálculo hasta ese tramo:

- Tiempo de evacuación del último evacuado = (máx. Tiempo acumulado si el tramo no es crítico, Tiempo acumulado si el tramo es crítico).
- Tiempo de evacuación del primer evacuado = (Tiempo de evacuación del primer evacuado del tramo anterior + Tiempo de evacuación por velocidad del tramo).

*Tabla 9. Tiempo de Evacuación de andén*

Tiempo de evac. andén	Decimal	Tiempo
<b>Estudio Técnico</b>	3.77	03:46
<b>Propuesta de Optimización</b>	3.44	03:26
<b>DIFERENCIA</b>	<b>0.33</b>	<b>00:20</b>

*Fuente:* elaboración propia con información y datos brindados por la empresa.

Se tiene que para la Propuesta de Optimización a los 3'26" todos los usuarios ya han evacuado el andén, mientras que en el Estudio Técnico esto se conseguía en 3'46". Esto supone una mejora en el tiempo de evacuación.

A partir de aquí, se calcula el tiempo de llegada a lugar seguro, que resulta de añadir el tiempo requerido para subir la escalera de andén a vestíbulo, al tiempo de evacuación del andén:

*Tabla 10. Tiempo de Evacuación de andén a lugar seguro*

Tiempo de evac. lugar seguro	Decimal	Tiempo
<b>Estudio Técnico</b>	4.14	04:08
<b>Propuesta de Optimización</b>	4.07	04:04
<b>DIFERENCIA</b>	<b>0.07</b>	<b>00:04</b>

*Fuente:* elaboración propia con información y datos brindados por la empresa.

Esto supone una mejora del tiempo de evacuación respecto a la Propuesta Técnica.

Por otro lado, cabe señalar comparando el recorrido desde el inicio de la salida de emergencia a nivel de andén hasta nivel de calle, se tiene:

*Tabla 11.* Comparación de recorridos diferenciados de la estación Insurgentes

#### Estudio Técnico

	Andén Norte			Andén Sur		
	Recorrido (m)	Velocidad (m/min)	Tiempo (min)	Recorrido (m)	Velocidad (m/min)	Tiempo (min)
Pasillo	77,08	37,7	2,04	74,82	37,7	1,98
Escaleras a calle	18,45	12,1	1,52	18,45	12,1	1,52
<b>TOTAL</b>	<b>95,53</b>	-	<b>3,57</b>	<b>93,27</b>	-	<b>3,51</b>

#### Optimización

	Andén Norte			Andén Sur		
	Recorrido (m)	Velocidad (m/min)	Tiempo (min)	Recorrido (m)	Velocidad (m/min)	Tiempo (min)
Pasillo	37,35	37,7	0,99	64,78	37,7	1,72
Escaleras a calle	18,36	12,1	1,52	18,36	12,1	1,52
<b>TOTAL</b>	<b>55,71</b>	-	<b>2,51</b>	<b>83,14</b>	-	<b>3,24</b>

*Fuente:* elaboración propia con información y datos brindados por la empresa.

Como se puede observar:

- En la salida de emergencia del andén sur, prácticamente es el mismo recorrido que en la Propuesta Técnica;
- En la salida de emergencia del andén norte, se tiene una reducción del 41.69% en la longitud del recorrido. Esto es así porque se ha diseñado la salida para acceder a la calle de la forma más directa posible según indicación del Reglamento Nacional de Edificaciones.

### 5.3.8. CREACIÓN DE ÁREAS DE SEGURIDAD PARA PERSONAS DE MOVILIDAD REDUCIDA (PMR)

Se han creado espacios de espera para las personas de movilidad reducida (PMR) en el espacio protegido de las escaleras de emergencia, como mejora de los medios de evacuación en caso de emergencia.

El dimensionamiento de estos espacios se hace en base a las hipótesis y estándares NFPA (NFPA 101 art. 7.2.12.3.1), y permite incrementar la seguridad de este colectivo durante el estado de emergencia.

Tabla 12. Cálculo de espacios para Personas de Movilidad Reducida

Número de pasajeros considerado		Mañana	Tarde
PREVISIÓN DE DEMANDA AÑO 2047 (Pasajeros)	HORAS PICO Oeste/Oeste 2047	Suben 0	Bajan 0
		Bajan 2840	Suben 3157
	HORAS PICO Oeste/Este 2047	Suben 1800	Bajan 1052
		Bajan 0	Suben 0

REQUERIMIENTOS GENERALES DE OPERACIÓN		
Factor de mayoración para el minuto pico		1,50
Tiempo de paso entre trenes (1/Frecuencia) (min)	HPM	1,33
Tiempo de paso entre trenes (1/Frecuencia) (min)	HPT	1,60
Tiempo de acumulación de pasajeros para embarcar en el andén más ocupado (min)		5,00
Máxima carga del tren (pax)		1400,00

Tipología de estación	estación de paso -	plataformas laterales	
Cargas de pasajeros	Pico más cargado	Pasajeros minuto punta	Pasajeros en 5 minutos
Mayor carga total de embarque	Oeste-Este; Mañana; Suben	1800	45 225
Carga de desembarque	Tren con carga máxima		1.400
Número total de personas			1.625 Personas para evacuar

9	N° de PMR
---	-----------

Fuente: elaboración propia con información y datos brindados por la empresa.

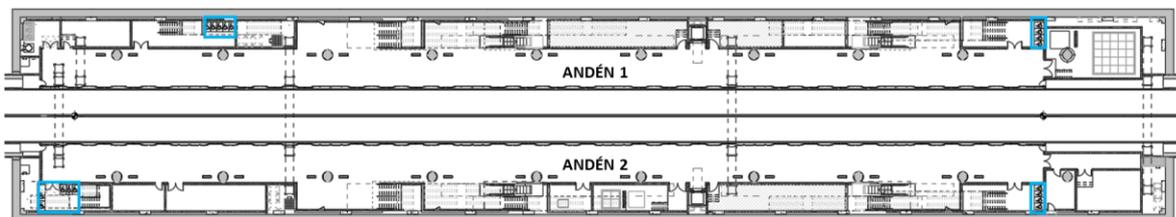


Figura 71. Ubicación de PMR en escaleras de emergencia

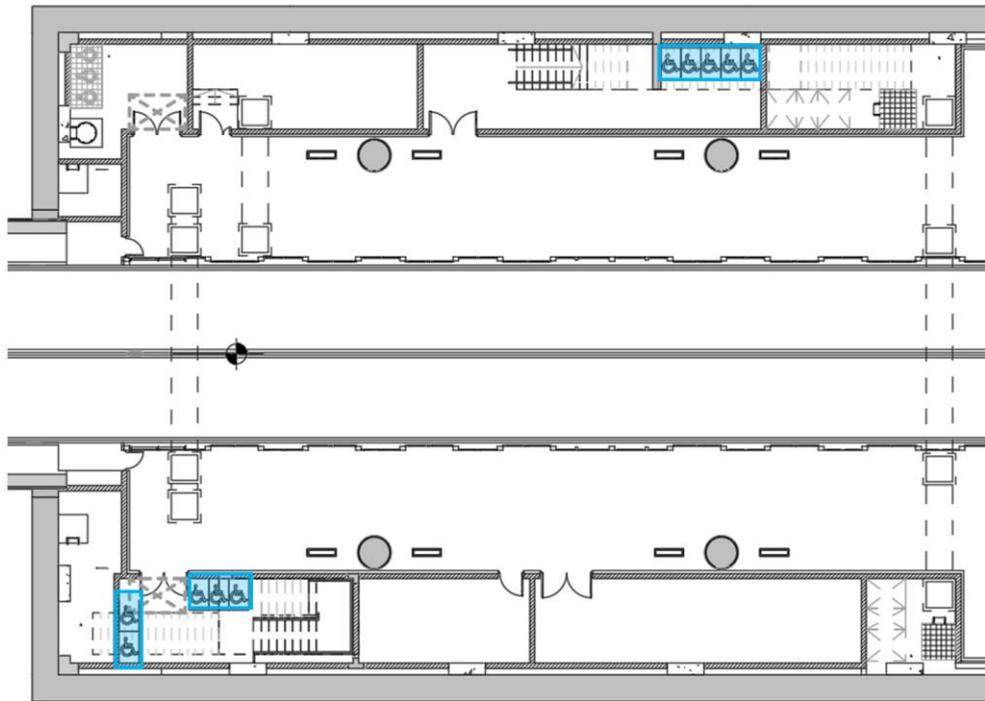


Figura 72. Zoom de lado oeste de planta de andén. Ubicación de PMR

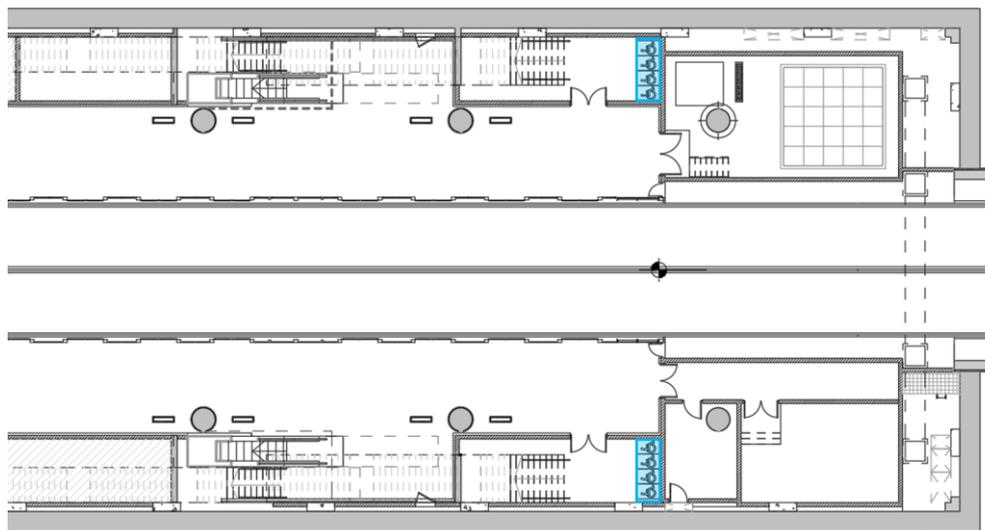


Figura 73. Zoom de lado este de planta de andén. Ubicación de PMR

### 5.3.9. AUMENTO DE LA DISTANCIA ENTRE BARRERA TARIFARIA - BOLETERÍAS

Como se ha mencionado anteriormente, estas zonas para colas no deben superponerse y se recomienda dejar un espacio para la circulación que cubra la capacidad funcional. En el caso del Estudio Técnico, solo se deja un espacio entre las zonas de cola de 1.54 m, mientras en la propuesta de Optimización se deja un espacio libre de circulación de 14.80 m.



Figura 74. Espacio entre zonas de cola. Fase de Estudio Técnico

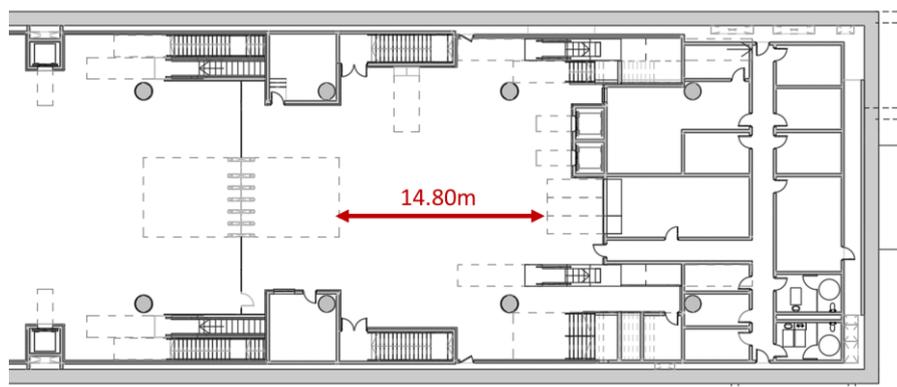


Figura 75. Espacio entre zonas de cola. Fase de Optimización

### 5.3.10. AUMENTO DE LA DISTANCIA PARA AMPLIACION DE BARRERA TARIFARIA

En la optimización se prevé un espacio para ampliación de tornos en función al aumento de demanda del uso de la estación, para facilitar el paso por los tornos (barrera tarifaria).

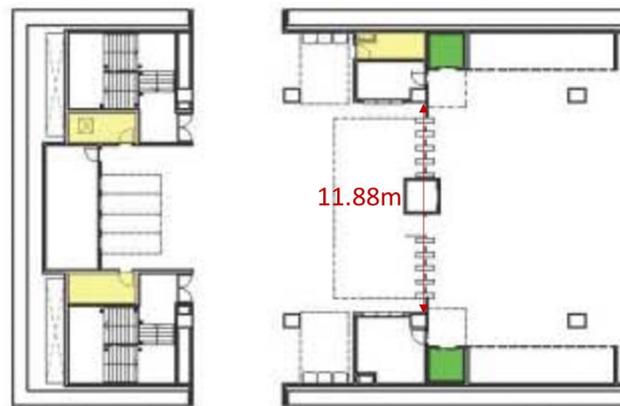


Figura 76. Espacio para ampliación de barrera tarifaria (tornos). Fase de Estudio Técnico

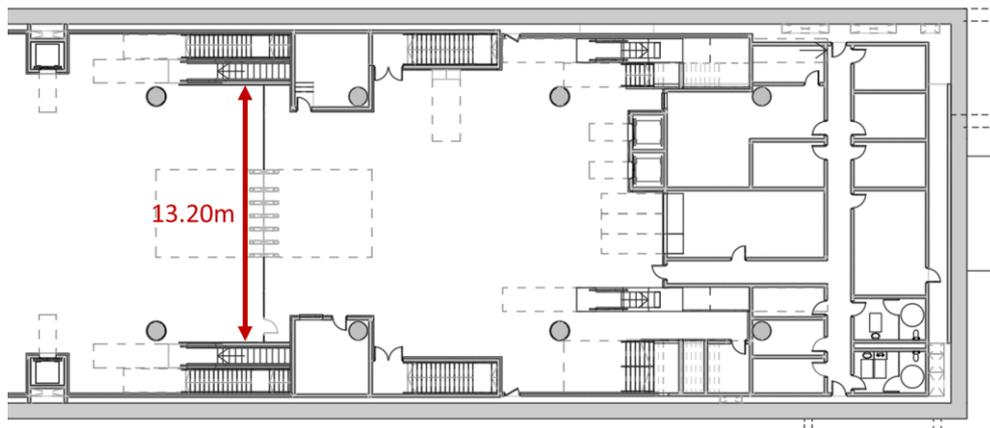


Figura 77. Espacio para ampliación de barrera tarifaria (tornos). Fase de Optimización

### 5.3.11. MEJORA DEL ACCESO AL ÁREA TÉCNICA

Entre las ventajas que origina esta disposición del acceso al área técnica, tenemos:

- Permite un verdadero control de accesos centralizado de las entradas y salidas del personal de mantenimiento y operación por parte de los responsables de control y seguridad de la estación y del Centro de Control de la Línea 2. Esto aplica también a los trabajos fuera del horario de atención al pasajero.

- Bajo ningún concepto la solución planteada restringe el ingreso del personal de Operación y Mantenimiento en horario fuera de la hora de atención al pasajero, por razones obvias inherentes a la operación. Por tanto, representa una mejora de la seguridad de la estación.
- Representa una mejora de los costos de Operación y Mantenimiento durante toda la vida de la infraestructura y reduce considerablemente los riesgos de intrusión y vandalismo.
- Considerar que, en la modelización de la evacuación de la estación, llevada a cabo con el software Legión, nunca se ha contabilizado dicho acceso como vía de evacuación; por lo que queda del lado de la seguridad ya que, en caso de evacuación este acceso, al igual que el resto de barrera tarifaria, quedaría con libertad de paso.
- La solución planteada viene siendo práctica habitual en las infraestructuras de transporte masivo subterráneo y es la que se está implementando en las últimas actuaciones de Metro de Madrid y Barcelona.

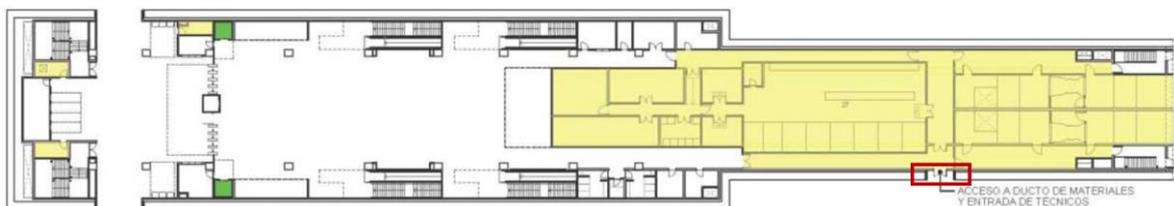


Figura 78. Planta Vestíbulo con acceso a zona técnica. Fase de Estudio Técnico

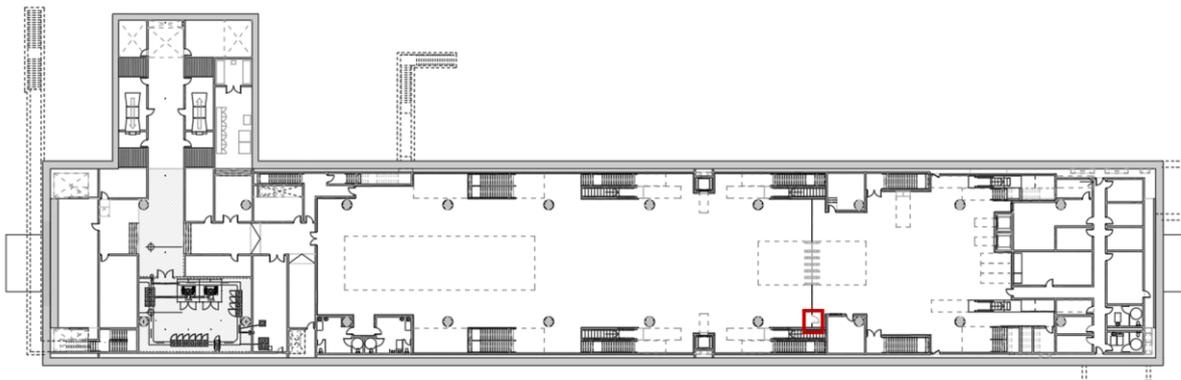


Figura 79. Planta Vestíbulo con acceso a zona técnica. Fase de Optimización

## 6. RESULTADOS

Como resultado de la investigación tenemos una tabla comparativa para exponer la mejora y optimización de la Estación Insurgentes.

Tabla 13. Resumen de mejora y optimización de la Estación Insurgentes

CONCEPTO	ESTUDIO TÉCNICO	PROPUESTA OPTIMIZACIÓN
Distancia entre barrera tarifaria y boletería	1,54 m	14,80 m
Espacio para colocar torniquetes de barrera tarifaria	11,88 m	13,20 m
Superficie de andén	633,44 m <sup>2</sup>	649,70 m <sup>2</sup>
Superficie área paga + área no paga	1251,53 m <sup>2</sup>	1498,37 m <sup>2</sup>
Superficies prevestíbulo	-	314,34 m <sup>2</sup>
Ancho de andén (media)	4,69 m	5,22 m
Tiempo ocupado por recorrido de calle a andén	3,57 m	3,24 m
Acceso particular al área técnica (tornos)	-	1 acceso
Áreas seguras para personas de movilidad reducida (PMR)	no tiene	capacidad para 9 sillas por andén
Tiempo de evacuación de andén	3'77"	3'44"
Tiempo de llegada a un lugar seguro en caso de emergencia	4'14"	4'07"

Fuente: elaboración propia con información y datos brindados por la empresa.

Se puede observar una mejora significativa en el espacio entre colas de barrera tarifaria y la boletería, generando un mejor funcionamiento en niveles de servicio de la Estación Insurgentes. Se obtuvo mayor espacio para la colocación de tornos, es decir se mejoró el tiempo de los pasajeros para atravesar la barrera tarifaria.

La mejora en las superficies de los andenes aumenta la capacidad del andén y también los niveles de servicio para el embarque y desembarque de los trenes. No solo en el caso de los andenes sino también en la zona paga y no paga de la estación brindando a la estación un mejor funcionamiento.

El prevestíbulo nos permite un paso seguro de un lado al otro de la avenida Oscar R. Benavides, así como también mejoró la visualización de los recorridos a los pasajeros

dentro de la estación, permitió además reducir la dimensión de las escaleras de los Accesos a la estación.

Se disminuyó el tiempo de evacuación del andén y el tiempo de llegada de los pasajeros a un lugar seguro en el caso de una emergencia.

Se creó espacios seguros para que personas de movilidad reducida puedan esperar ser evacuados, ayudando a una evacuación fluida de los demás pasajeros.

Se incorporó una puerta particular en la barrera tarifaria que permite el control de ingreso del personal técnico y operativo de la estación Insurgentes.

## 7. CONCLUSIONES

Según todo lo expuesto en el presente trabajo de investigación, queda demostrada la mejora del diseño de la Estación Insurgentes, cumpliendo los requerimientos funcionales y teniendo especial cuidado en mantener o mejorar los niveles de servicio previstos en las soluciones presentadas en el Estudio Técnico.

La arquitectura de Metros nos permite relacionarnos con la vida urbana, el movimiento y el traslado de las personas dentro de la ciudad. Los pasajeros que van en busca de cumplir diariamente sus objetivos y que algunas veces pasan muchas horas en estos recintos.

Nuestro compromiso como arquitectos y diseñadores de espacios nos da la oportunidad de brindar facilidades para el paso de las personas por nuestras estaciones, con un óptimo funcionamiento y además de la sensación de holgura en el tránsito a través de estas.

El Metro son las personas que viajan en él, su velocidad, los transbordos, las estaciones, la decoración interior, los anuncios comerciales, y hasta la voz que anuncia la llegada a la estación. Todo ello debe ser recogido a la hora de concebir los Metros. Lo importante de la funcionalidad en la arquitectura dentro de un subterráneo y el hecho vivir la seguridad desde adentro.

Cuando una estación de Metro es pensada en el pasajero “Lo verdadero, lo bello y lo bueno se encuentran unidos en lo útil” -Humboldt.

## 8. RECOMENDACIONES

La arquitectura del Metro de este siglo debe recoger todo lo que el Metro ha ido imprimiéndole de carácter a su personalidad. El Metro, con o sin intención, refleja la ciudad y la ciudadanía donde se encuentra. En este proyecto de la L2 y L4 de Lima, el Metro transmite una idea de la ciudad, en la memoria y en la actualidad.

Como recomendación podemos mencionar que el área de las estaciones sea calculada según las demandas de las mismas, además de prever el posible aumento de demanda con los años y dejar la posibilidad de aumentar tornos en las barreras tarifarias, ampliación de los servicios higiénicos, aumento de máquinas expendedoras, dejar los espacios establecidos en normas para las áreas de colas, como también tomar en cuenta todo lo relacionado con la accesibilidad universal.

Además de brindar espacios amenos y la señalización necesaria para la fácil ubicación de los pasajeros dentro de las estaciones.

Si bien a la hora de construcción es mejor una estandarización en las estaciones, también se considera que puedan tener una particularidad en la misma generando una cualidad visitable como turismo.

Como hemos podido observar en la investigación hay diferentes diseños en las estaciones, unas más modernas, unas más funcionales e incluso otras más artísticas. Pero nunca dejando de lado la funcionalidad y el objetivo de hacer que el pasajero transite hacia su destino cómodamente.

## 9. REFERENCIAS

CASBAS, María. Las estaciones de Metro más bonitas de Londres se convierten en dibujos. 2019

Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, 1992.

Disponible en: <https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>

Comunidad de Madrid, Estudio informativo de ampliación de la línea 11 del Metro de Madrid. Tramo: plaza elíptica – conde de casal. 2019 (p. 60). Disponible en: <http://www.madrid.org/media/transportes/ampliacion-linea11-Metro/documento1-memoria.pdf>

Decreto Supremo nº039-2010-MTC, Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 5 de enero de 2006.

Decreto Supremo nº003-2013-MTC, Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 12 de enero de 2013.

Decreto Supremo nº001-2014-MTC, Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 9 de enero de 2014;

Defensoría del Pueblo, El Transporte Urbano en Lima Metropolitana: Un desafío en defensa de la vida. Informe Defensorial N°137. 2008, p.54

DOMINGO, Susana. BARCELÓ, Juli. NAVARRO, Marta. Parámetros de diseño funcional de la infraestructura (PRODUCTO N°28, Alcaldía Mayor de Bogotá, p.20) febrero 2010.

Empresa Metropolitana Metro de Quito. Metro de Quito avanza con tu apoyo. 2018. (párr. 1). Disponible en: <https://www.Metrodequito.gob.ec>

GARCÍA, Miguel. [en línea] Diario El Comercio, 2015 [Fecha de consulta 22 de octubre 2020]

Disponible en: [https://elcomercio.pe/lima/transporte/17-octubre-que-paso-dia-como-hoy-noticia-1847900/?ref=flujo\\_tags\\_514046&ft=nota\\_1&e=titulo](https://elcomercio.pe/lima/transporte/17-octubre-que-paso-dia-como-hoy-noticia-1847900/?ref=flujo_tags_514046&ft=nota_1&e=titulo)

Grupo TYPESA, 2020

Disponible en: <https://www.typpsa.com/presentando-el-grupo-typpsa/>

Grupo TYPESA, Aitor Ezquerro, 2020 [Qué hacemos, FERROCARRILES]

Disponible en: <https://www.typpsa.com/area-actividad/transporte/ferrocarriles/>

Grupo TYPESA, Salvador Fernández, 2020 [Qué hacemos, TRANSPORTE]

Disponible en: <https://www.typpsa.com/area-actividad/edificios-y-ciudades/transporte-edificios-y-ciudades/>

HAUPTBEITRÄGE. El Metro de Doha: Túneles en dimensiones especiales. 2012. [Fecha de consulta: 20 de noviembre 2020]. Disponible en: [https://www.tunnel-online.info/en/artikel/tunnel\\_2012-](https://www.tunnel-online.info/en/artikel/tunnel_2012-5_The_Doha_Metro_Tunnelling_in_special_Dimensions_1459895.html)

[5\\_The\\_Doha\\_Metro\\_Tunnelling\\_in\\_special\\_Dimensions\\_1459895.html](https://www.tunnel-online.info/en/artikel/tunnel_2012-5_The_Doha_Metro_Tunnelling_in_special_Dimensions_1459895.html).

INIESTA, Alejandro. La arquitectura del Metro de Madrid: Conservación y restauración. 2018, (p.20) Disponible en: [http://oa.upm.es/52174/1/TFG\\_Iniesta\\_Munoz\\_Alejandro.pdf](http://oa.upm.es/52174/1/TFG_Iniesta_Munoz_Alejandro.pdf)

Instituto Nacional de Estadística e Informática, “*Lima Metropolitana*”, 2014, p.10

Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/>

Ley n°30900. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 28 de diciembre de 2018.

MARTÍ, J.V.; YEPES, V.; GONZÁLEZ, F.; ALCALÁ, J. (2012). “Técnicas de voladuras y excavación en túneles”. Apuntes de la *Universitat Politècnica de València*. Ref. 530, 165 pp.

MENDOZA, Montserrat. ¿Qué es movilidad urbana? [en línea] 31 de enero de 2017. [Fecha de consulta 22 de octubre 2020]

Disponible en: <https://unlugar.org.mx/que-es-movilidad-urbana/>

NFPA 101(R), Código de Seguridad Humana, ed. 2012.

NFPA 220, *Standard on Types of Building Construction*, ed. 2013.

Organización de la Cooperación y Desarrollo Económico. (OECD). 2002

Disponible en:

<https://www.oecd.org/acerca/#:~:text=La%20Organizaci%C3%B3n%20para%20la%20Cooperaci%C3%B3n,bienestar%20para%20todas%20las%20personas.>

ORTEGA, Carlos. “La obsesión por el Metro elevado” Bogotá, 13 de julio de 2018)

Disponible en: <https://www.larepublica.co/infraestructura/la-obsesion-por-el-Metro-elevado-2748719>

PARDO, Carlos Felipe. “Los cambios en los sistemas integrados de transporte masivo en las principales ciudades de América Latina”. 2009)

Proinversión, [2014?]

Disponible en:

<https://www.proinversion.gob.pe/modulos/LAN/landing.aspx?are=0&pfl=1&lan=18&tit=I%C3%ADnea-2-Metro-de-lima-y-callao>

RNE, Reglamento Nacional de Edificaciones, Ed. 2014.

Sociedad Concesionaria Metro de Lima Línea 2, 2015.

Disponible en: <https://www.Metrolima2.com/inicio.php>

*TCRP REPORT 100 – Transit Capacity and Quality of Service*, ed.2003;

*Station Planning Standards and Guidelines - Good Practice Guide de Londres*, ed. 2012.

*Transport for London*. 2 de mayo 2007

Disponible en:

<https://web.archive.org/web/20080412143803/http://www.tfl.gov.uk/corporate/modesoftransport/londonunderground/1604.aspx>

VELASQUEZ, Carmen. Espacio público y movilidad urbana

Sistemas integrados de transporte masivo (SITM). Barcelona. Septiembre de 2015.

Disponible

en:

[https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/319707/01.CVVM\\_1de5.pdf?sequence=1](https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/319707/01.CVVM_1de5.pdf?sequence=1)

### 10. DECLARACIÓN JURADA

Yo, ALEJANDRA GONZALES CLAPHAM con DNI 46630961, con Domicilio en Av. José Pardo 190, Miraflores y con grado académico de Bachiller en Arquitectura, Inscrito en SUNEDU con fecha 09 de febrero del 2018 declaró Bajo Juramento:

Tener autorización de la empresa para realizar esta investigación relacionada a mis funciones laborales y exponer la experiencia obtenida.

Realizo la presente declaración jurada manifestando que la información proporcionada es verdadera y autorizo la verificación de lo declarado; de acuerdo a la Ley N° 274444. Ley de procedimiento Administrativo General.

Miraflores, 05 de diciembre del 2020



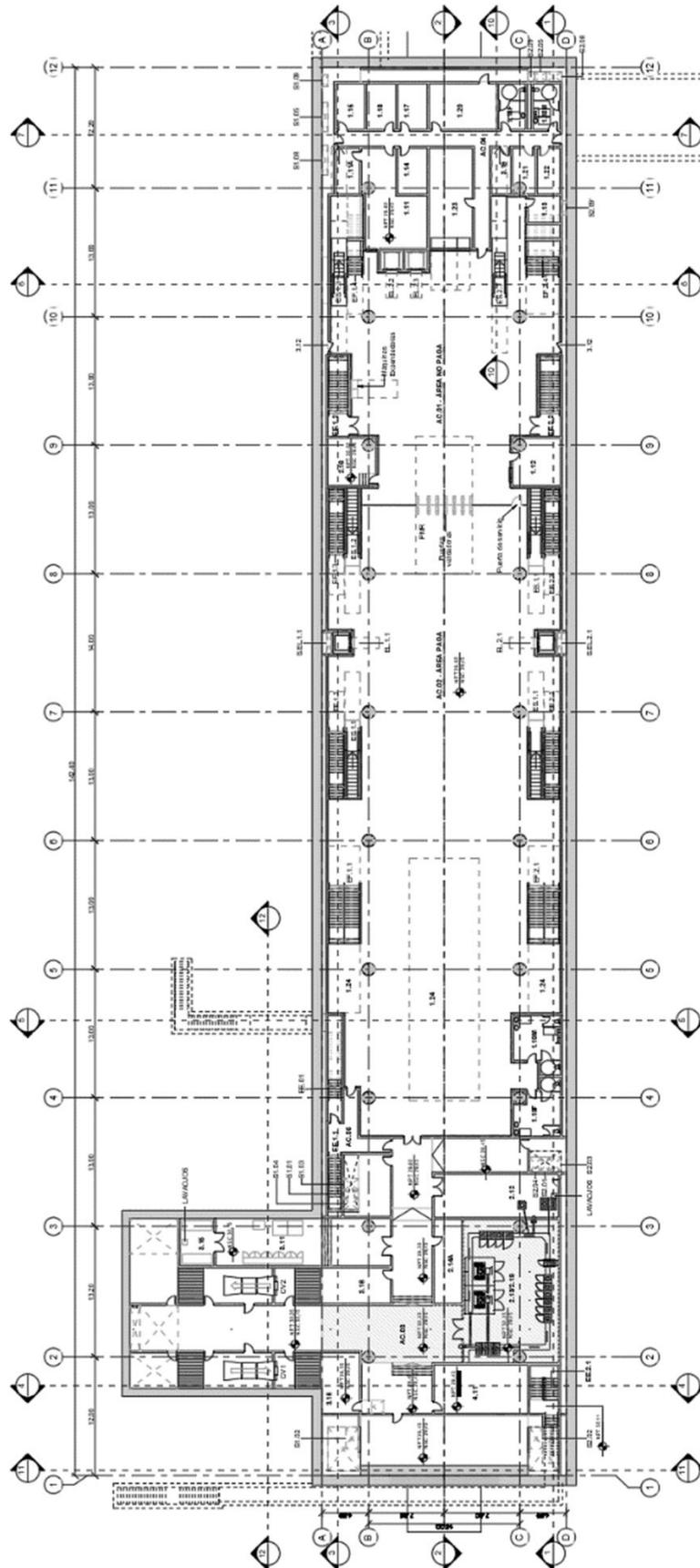
---

ALEJANDRA GONZALES CLAPHAM



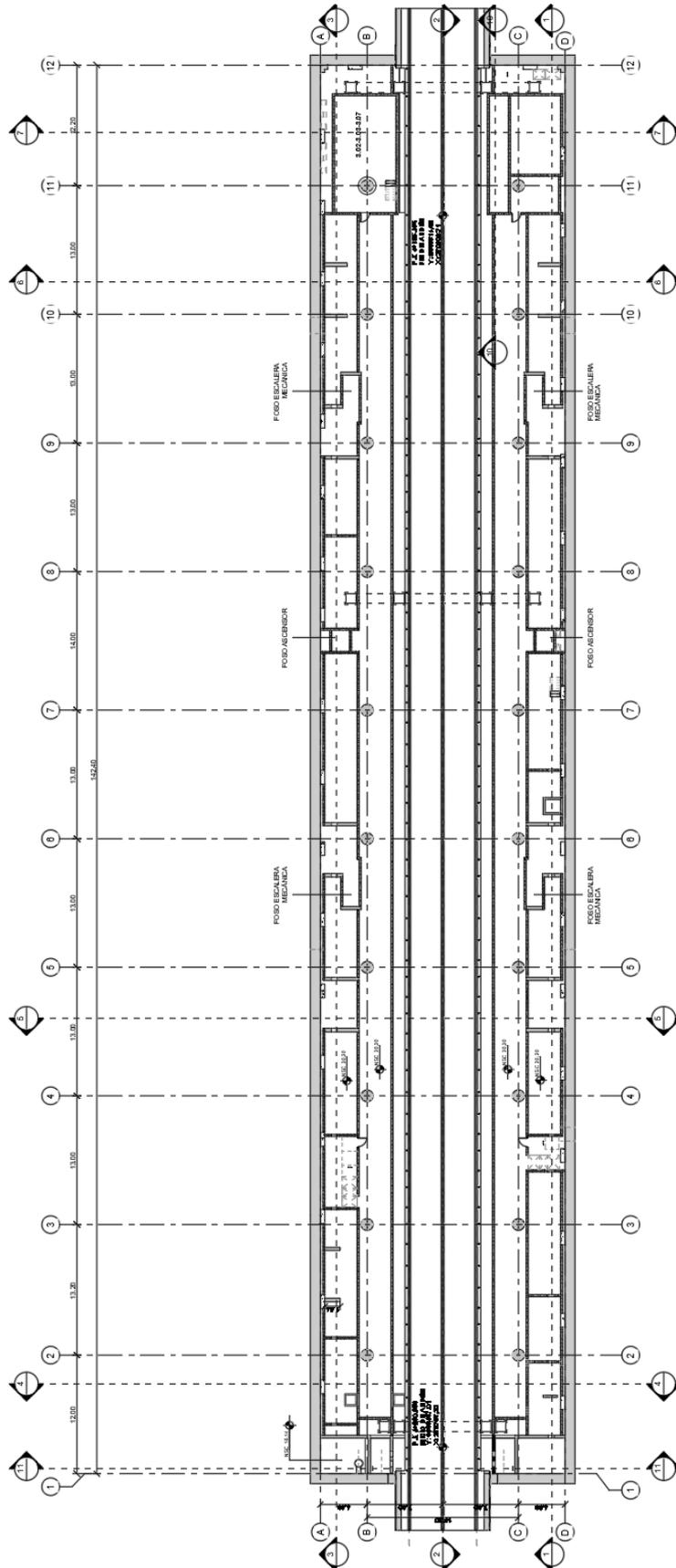


### 11.3. PLANO DE VESTÍBULO – ESTACIÓN INSURGENTES

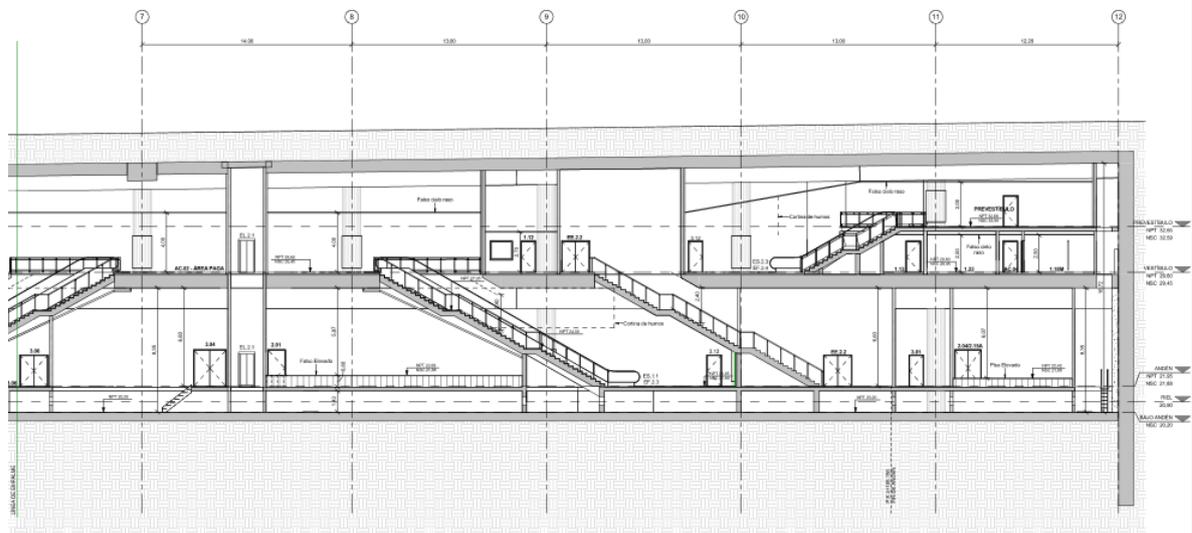
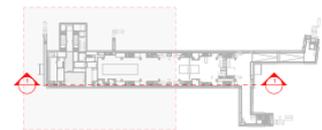
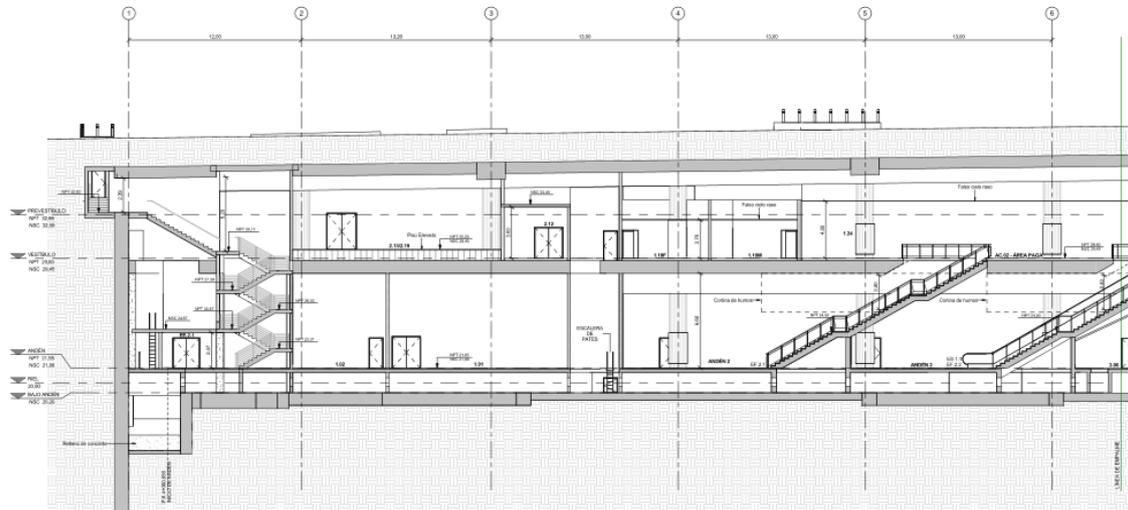




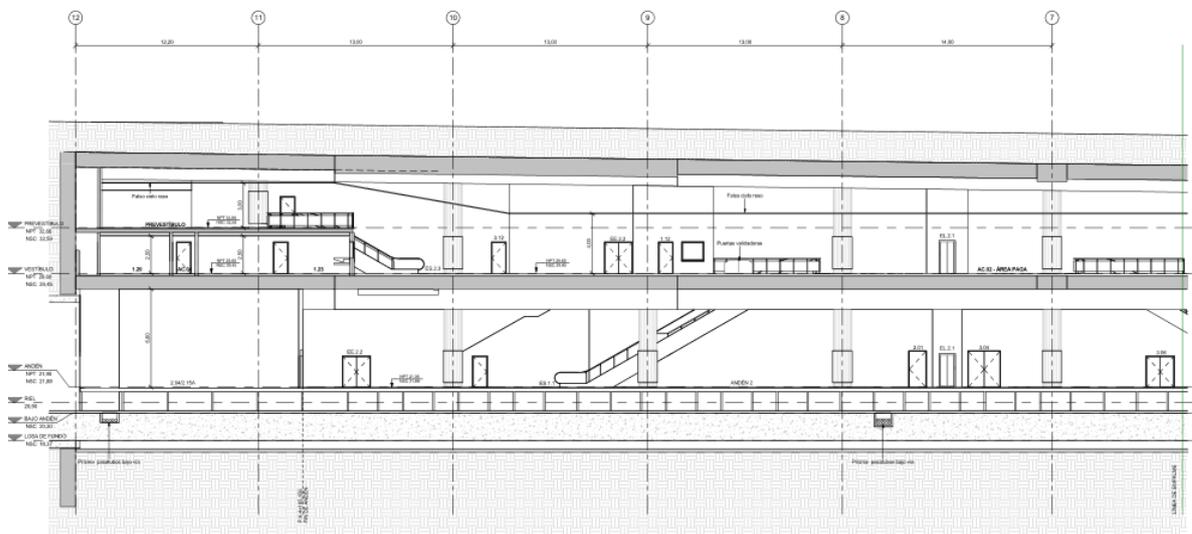
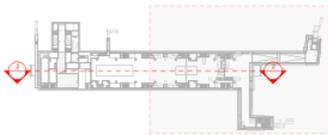
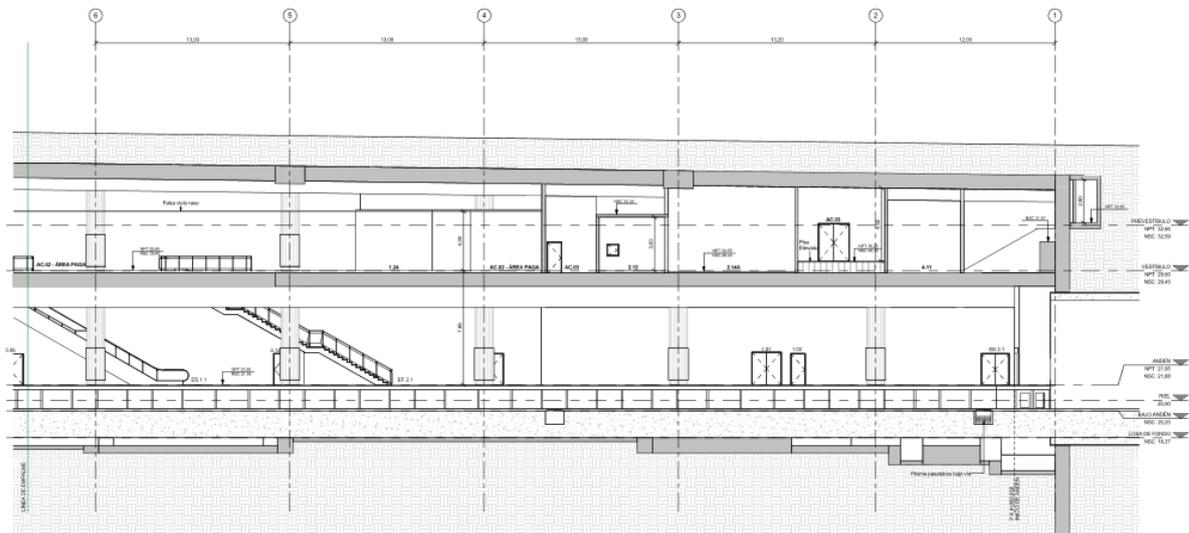
11.5. PLANO BAJOANDÉN – ESTACIÓN INSURGENTES



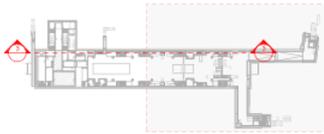
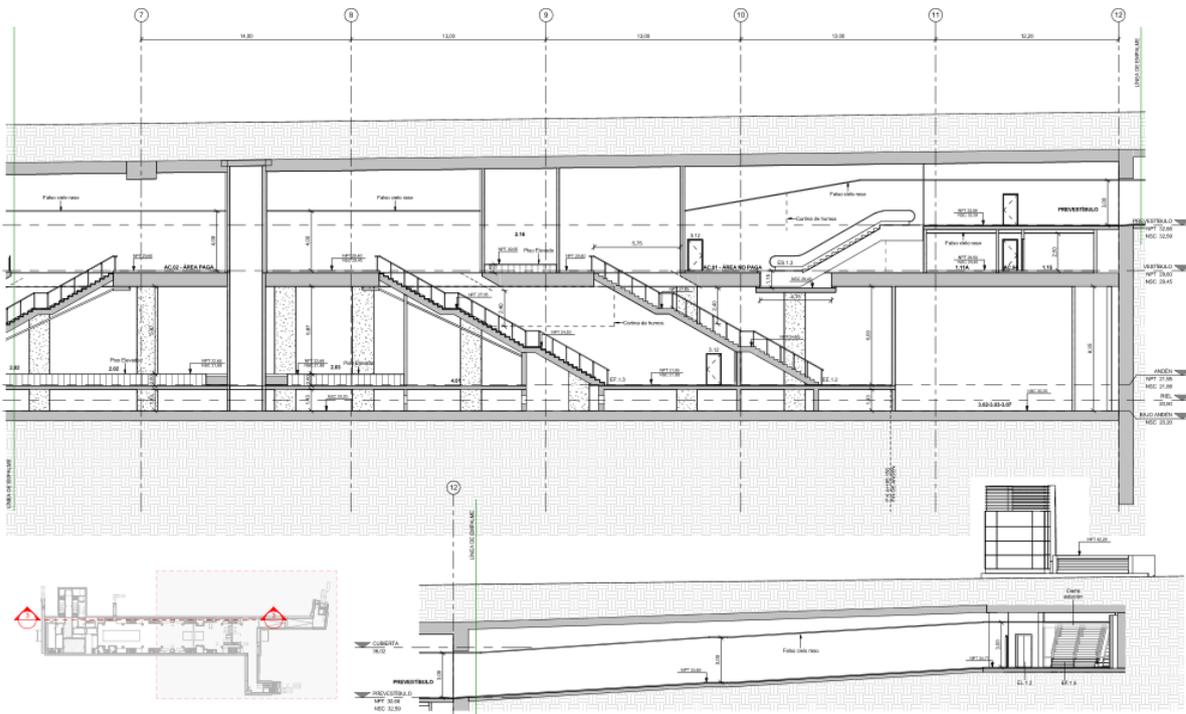
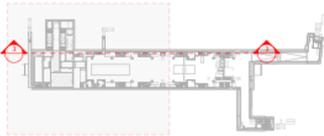
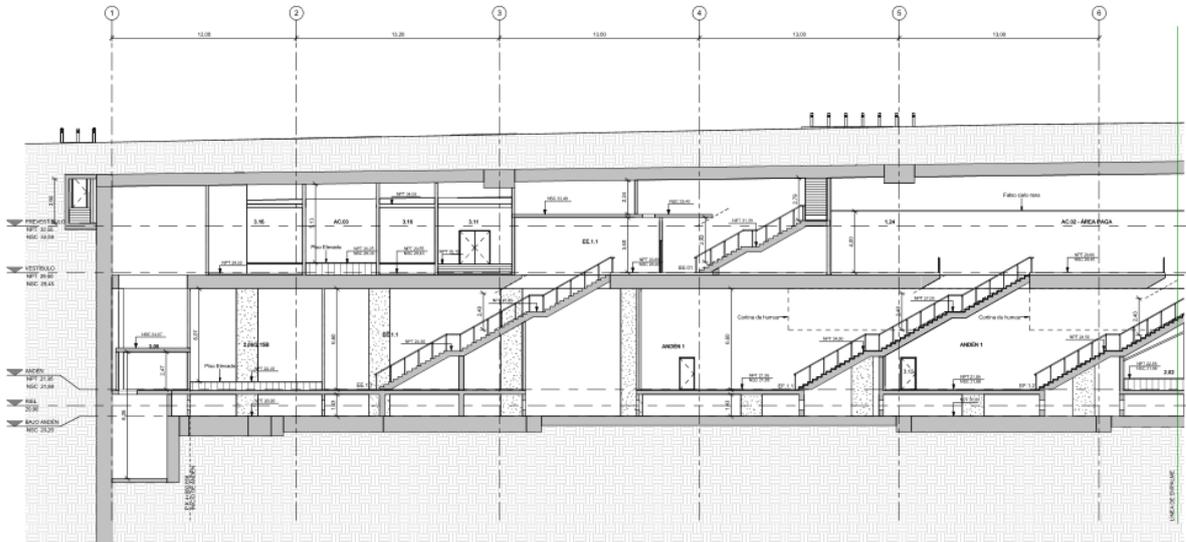
### 11.6. SECCIÓN 1-1. ESTACIÓN INSURGENTES



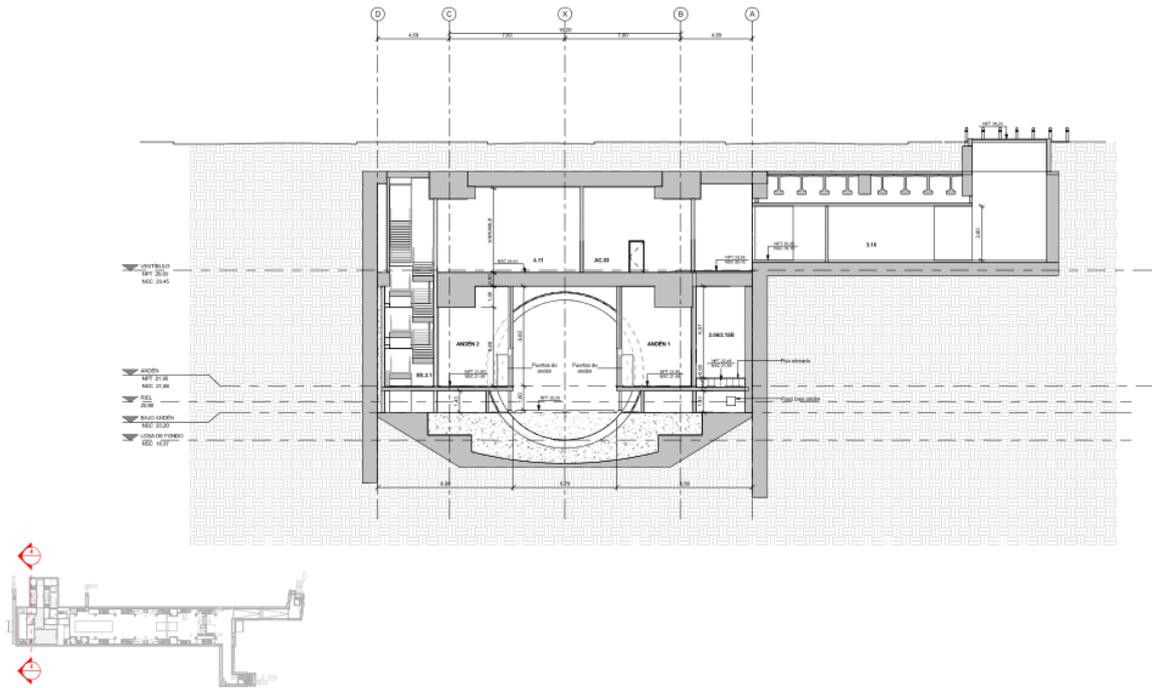
### 11.7. SECCIÓN 2-2. ESTACIÓN INSURGENTES



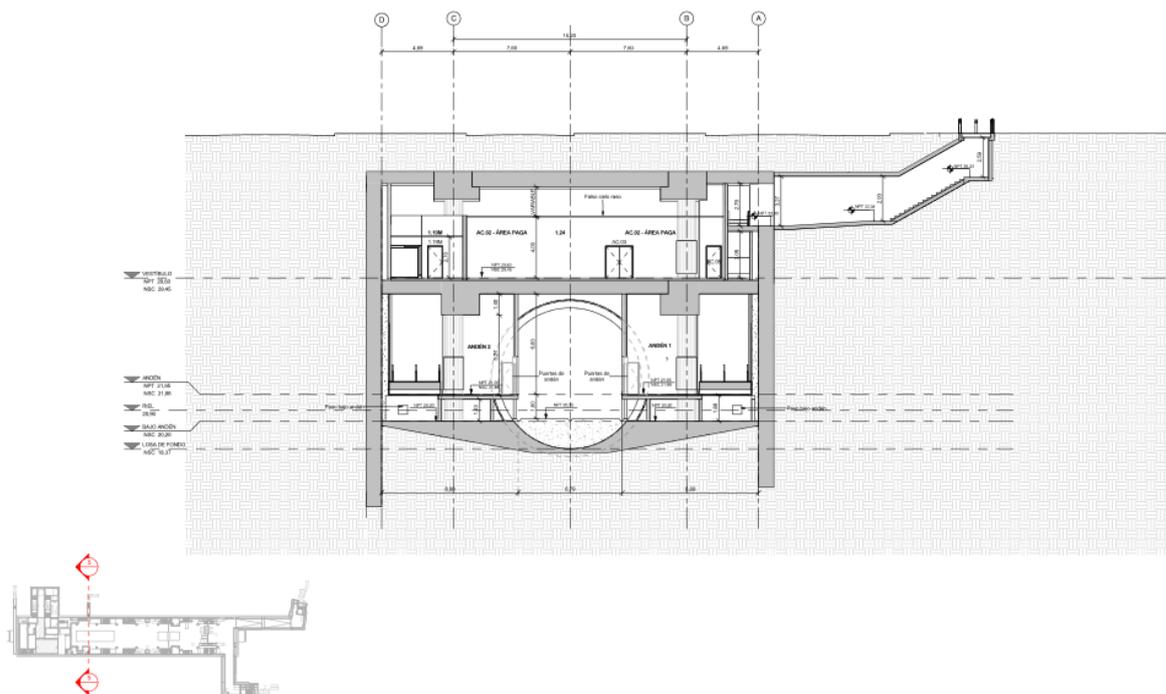
### 11.8. SECCIÓN 3-3. ESTACIÓN INSURGENTES



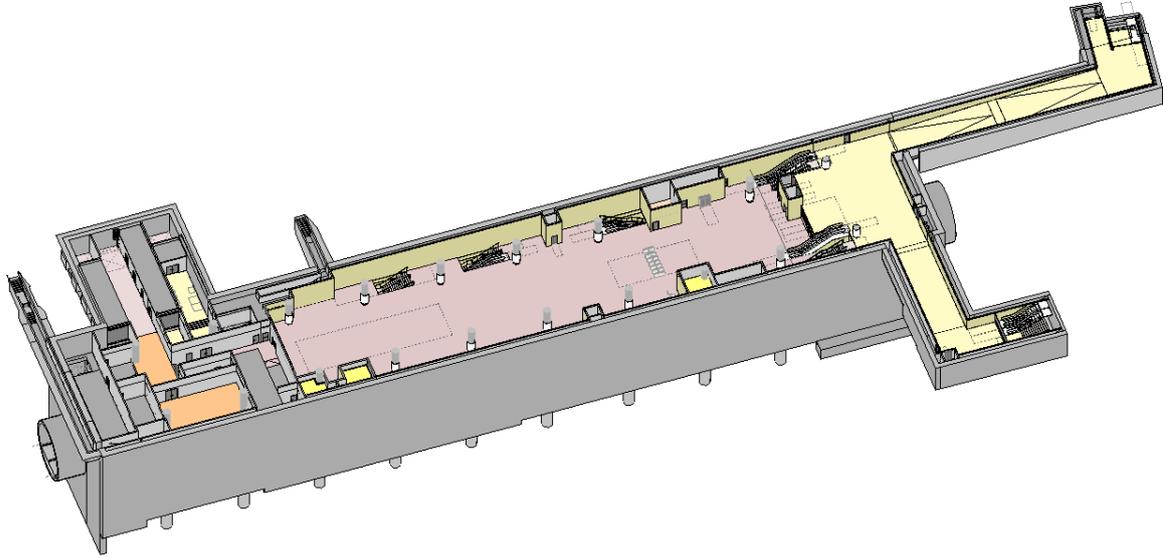
### 11.9. SECCIÓN 4-4. ESTACIÓN INSURGENTES



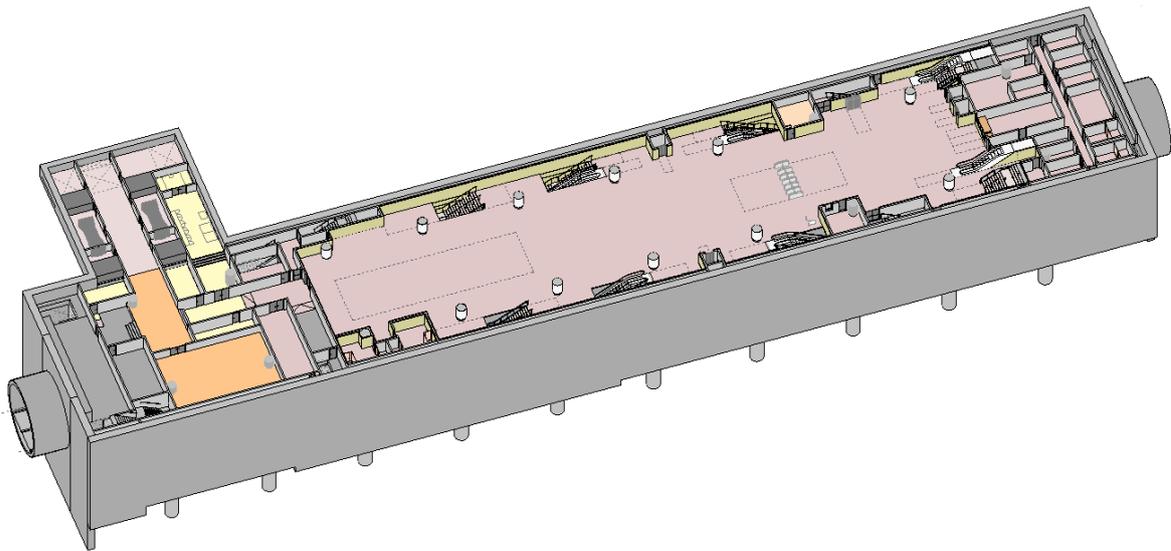
### 11.10. SECCIÓN 5-5. ESTACIÓN INSURGENTES



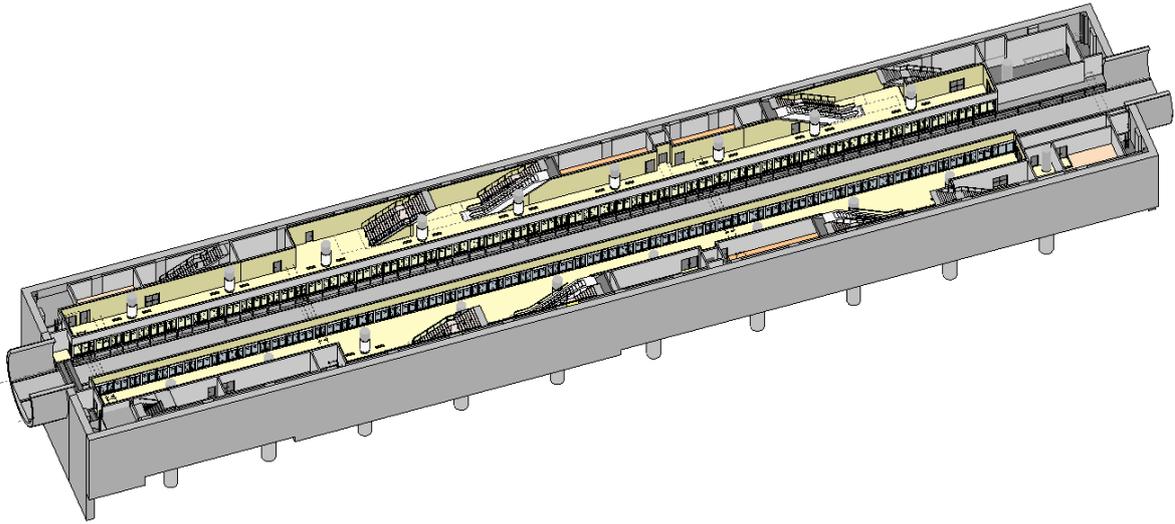
**11.11. VISTA 3D NIVEL PREVESTÍBULO. ESTACIÓN INSURGENTES**



**11.12. VISTA 3D NIVEL VESTÍBULO. ESTACIÓN INSURGENTES**



**11.13. VISTA 3D NIVEL ANDÉN. ESTACIÓN INSURGENTES**



## Declaratoria de Originalidad del Autor/ Autores

Yo, **Gonzales Clapham, Alejandra**, egresada de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Arquitectura de la Universidad Alas Peruanas (Sede Lima), declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación/Tesis titulada:

### **“OPTIMIZACIÓN Y MEJORA DEL DISEÑO FUNCIONAL DE LAS ESTACIONES DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE LIMA”**

es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación / Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 04 de enero de 2021

Apellidos y Nombres del Autor Gonzales Clapham, Alejandra	
DNI: 46630961	Firma 
ORCID: 0000-0003-0872-7266	