



**5^{TO} SIMPOSIO INTERNACIONAL
TUNELES Y OBRAS
SUBTERRÁNEAS**

ESTACIONES DE METRO SUBTERRÁNEAS EN MEDIOS URBANOS MÉTODOS CONSTRUCTIVOS



Asociación Latinoamericana de
Metros y Subterráneos

Misión

Compartir experiencias y promover conocimientos que lleven a implementar mejores prácticas entre sus miembros permitiendo el **desarrollo y la implementación de sistemas de transporte masivo sobre rieles**, contribuyendo, de esta manera, a la calidad de vida de los habitantes y a la movilidad sostenible de ciudades en **Latinoamérica y la península ibérica**.

Visión

Valores

- Ética y Profesionalismo
- Transparencia
- Colaboración y Participación
- Responsabilidad Social y Ambiental

- **Referencia mundial** en el transporte público masivo y la Integración Modal
- Comprometida con **estándares de seguridad de operación** del transporte público masivo
- Divulgadora de mejores prácticas relativas a **calidad del servicio** prestado a usuarios

SOCIOS PRINCIPALES

Alamys

Asociación Latinoamericana de
Metros y Subterráneos

20

23

1987

«Compartir experiencias y
promover conocimiento»

2020

Argentina
Brasil
Chile
Colombia
Ecuador
España
Francia
México
Panamá
Perú
Portugal
Rep. Dominicana



AGENCIA DE OBRA PÚBLICA
DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA
Consejería de Fomento, Infraestructuras
y Ordenación del Territorio

ATM Àrea de Barcelona
Autoritat del Transport
Metropolità

CPTM

Alamys

Asociación Latinoamericana
de Metros y Subterráneos

Ferrocarriles Suburbanos

FGC

FGV

GRUPO EFE



línea 1
Metro de Lima

METRÔ



Metrovías



metro bilbao

METRO
BRASÍLIA



metros ligeros
de Madrid



metro Málaga

METRÔ RIO



metro
SEVILLA



Metropolitano de Lisboa

METRO
DE MEDELLÍN

METRO
DE PANAMA

METRO
DE SANTIAGO

Metro do Porto

M
Metropolitano de Granada



SISTEMA
DE TRANSPORTE
COLECTIVO

SITEUR
SISTEMA DE TREN ELÉCTRICO URBANO



supervia



TRAM

TMB
Transports
Metropolitans
de Barcelona



Tranvía
de Murcia

TRANVÍA
parla

tranvía
zaragoza

TRENSURB
EMPRESA DE TRENS URBANOS DE PORTO ALEGRE S.A.

Via Quattro

43 SOCIOS PRINCIPALES

Alamys

Asociación Latinoamericana de
Metros y Subterráneos

ACYGS

ALSTOM

Ardanuy

ayesa

BOMBARDIER

CAF

CITEF

COLAS RAIL
EL CAMINO DE UNA VIDA MEJOR

DB

egis

engie

ETF

Faiveley
TRANSPORT

getzner
engineering a quiet future

GLOBALVIA

HITACHI
Inspire the Next

HUBNER

IDOM

ILF
CONSULTING
ENGINEERS

indra

ineco

LB Foster

masabi

PANDROL

ROCK ▶ DELTA

SENER

SICE

SIEMENS
Ingenio para la vida.

SIM IMPEX

SONDA.

STADLER

SYSTRA

SYTECSA

Talgo

THALES

TÜV Rheinland
Precisely Right.

**TÜV
SÜD**
Tal

voestalpine

vossloh

39 SOCIOS ADHERENTES



Alamys

Asociación Latinoamericana de
Metros y Subterráneos

GUÍA PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS METROFERROVIARIOS



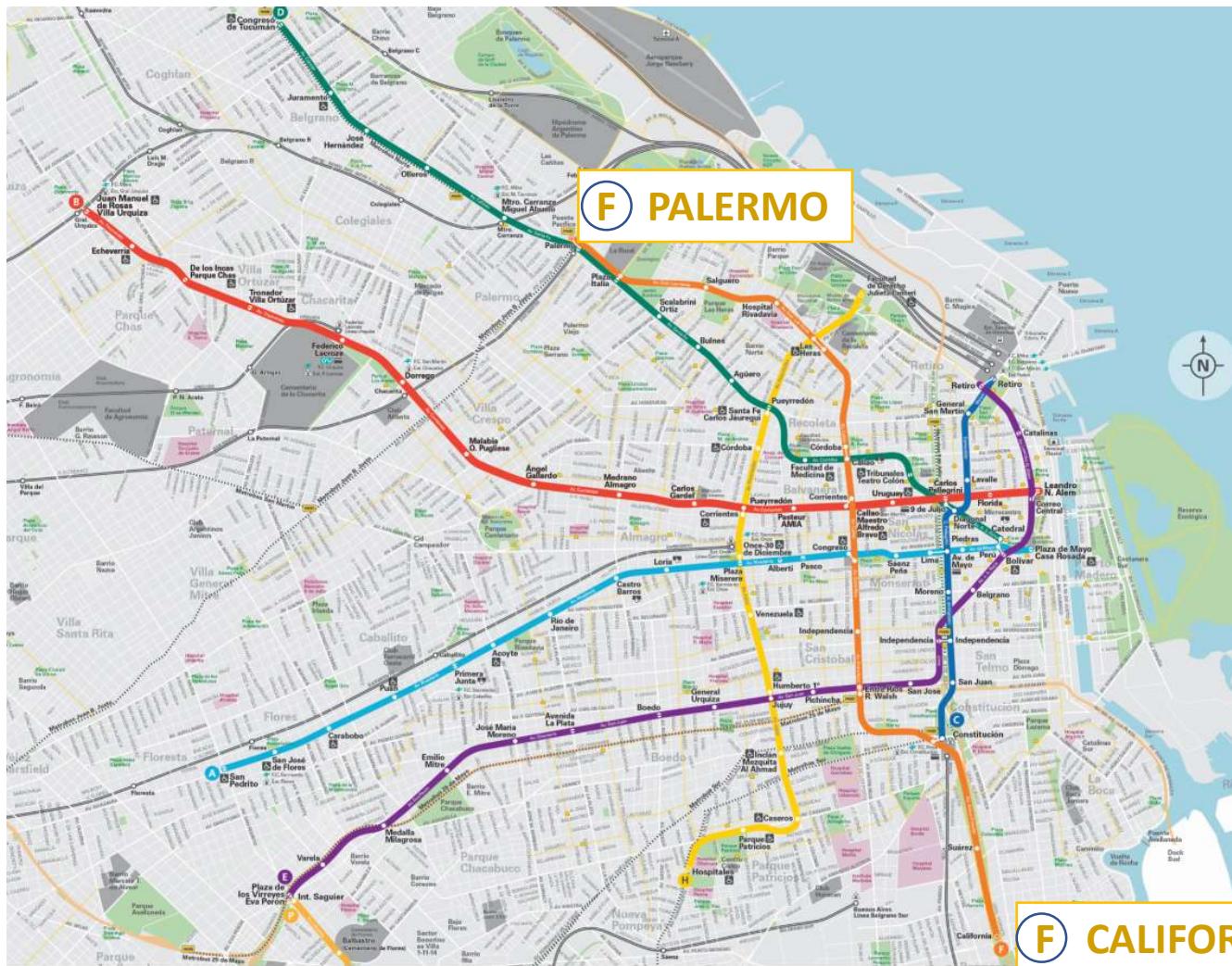
EMPRESA SBASE

SUBTERRÁNEOS DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES – SOCIEDAD DEL ESTADO
GERENCIA DE INGENIERÍA

CIUDAD DE BUENOS AIRES

RED ACTUAL **A, B, C, D, E, H**

PROYECTO DE NUEVA LÍNEA F



LÍNEA F

Datos relevantes de la traza de Línea F

Recorrido total (km): **12**
Recorrido elevado (km): **2**
Recorrido subterráneo (km): **11**
Cant. de Estaciones (u): **13**
Cant. de formaciones (u): **33**
Cant. Talleres a nivel de calzada (u): **1**
Tiempo del recorrido (minutos): **25**

Tipos y Cantidad de Estaciones

Cant. de Estaciones Elevadas (u): **2**
Cant. de Estaciones Cut&Cover (u): **1**
Cant. de Estaciones en Caverna (u): **10**

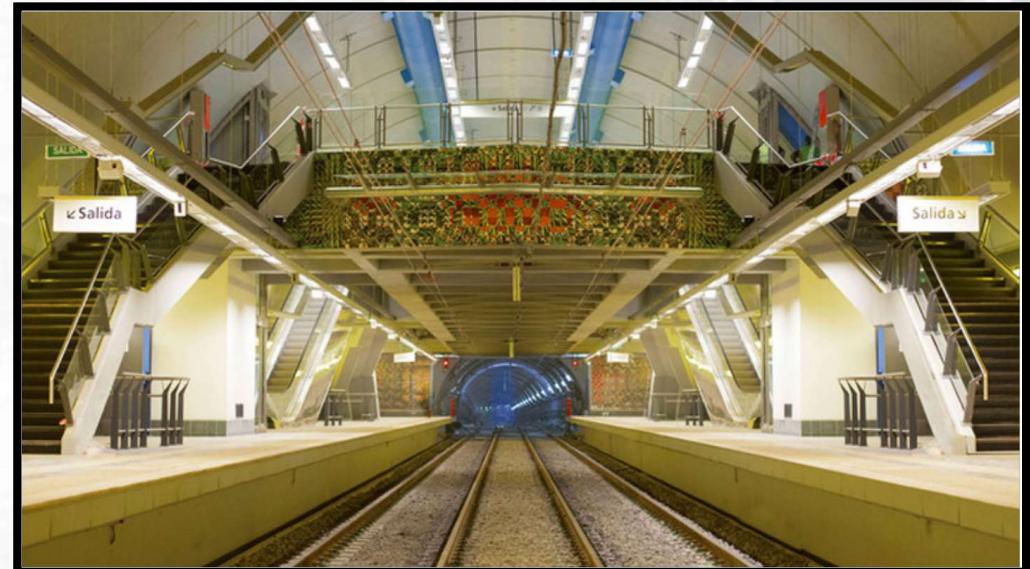
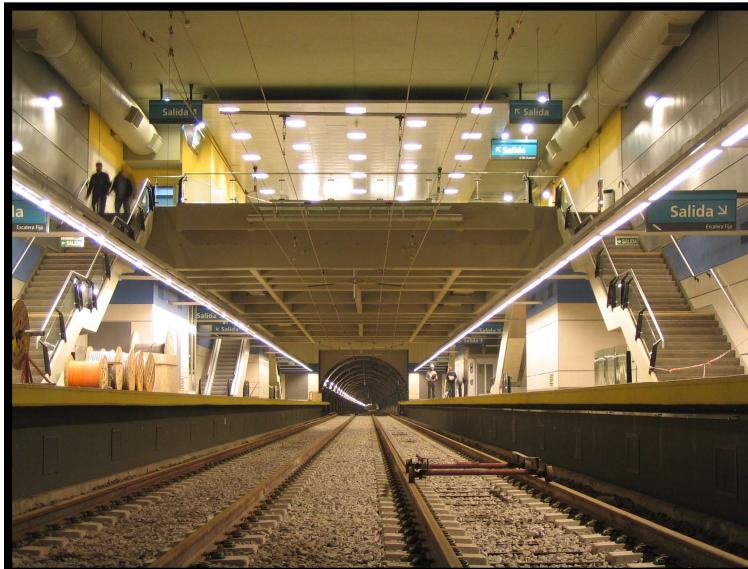
Combinaciones de Estaciones

Cant. Estaciones de combinación (u): **8**
Cant. de trasbordo internodal (u): **2**



ESTACIONES DE METRO SUBTERRÁNEAS EN MEDIOS URBANOS MÉTODOS CONSTRUCTIVOS (2005-2016)

- CUT & COVER – CIELO ABIERTO
- NATM - TÚNEL





INDICE- MÉTODOS CONSTRUCTIVOS DE ESTACIONES DE METRO SUBTERRÁNEAS EN MEDIOS URBANOS

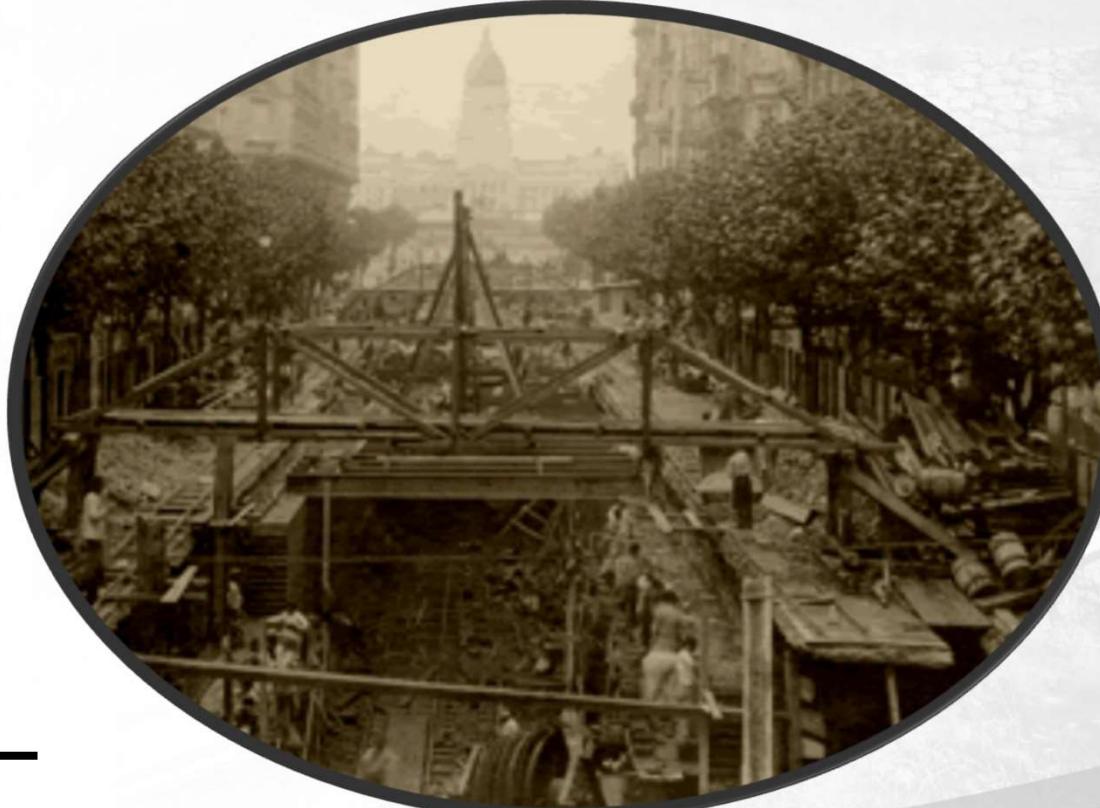
Ítem	• Descripción
	• RESEÑA HISTÓRICA
1.-	• ESTACIONES CUT & COVER – CIELO ABIERTO Y BAJO LOSA – DESDE AÑO 2005
2.-	• ESTACIONES NATM – TÚNEL - DESDE AÑO 2008
3.-	• CONDICIONES PARA ELEGIR UN TIPO DE MÉTODO CONSTRUCTIVO EN ESTACIONES
4.-	• SISTEMAS DE INGRESO Y RETIRO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTACIONES SUBTERRÁNEAS.
5.-	• TIPOLOGÍAS DE ESTACIONES DE METRO PROYECTADAS PARA LA FUTURA LÍNEA F
6.-	• PROYECTO DE SISTEMA DE ACCESO A OBRA DE ESTACIONES EN TÚNEL PARA FUTURA LÍNEA F



RESEÑA HISTÓRICA

INICIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE SUBTES (METRO)EN Bs. As. - AÑO 1908 -

METODO CONSTRUCCTIVO CIELO ABIERTO
RESTRICCIÓN TOTAL DE CALZADAS PARA EL TRANSITO VEHICULAR

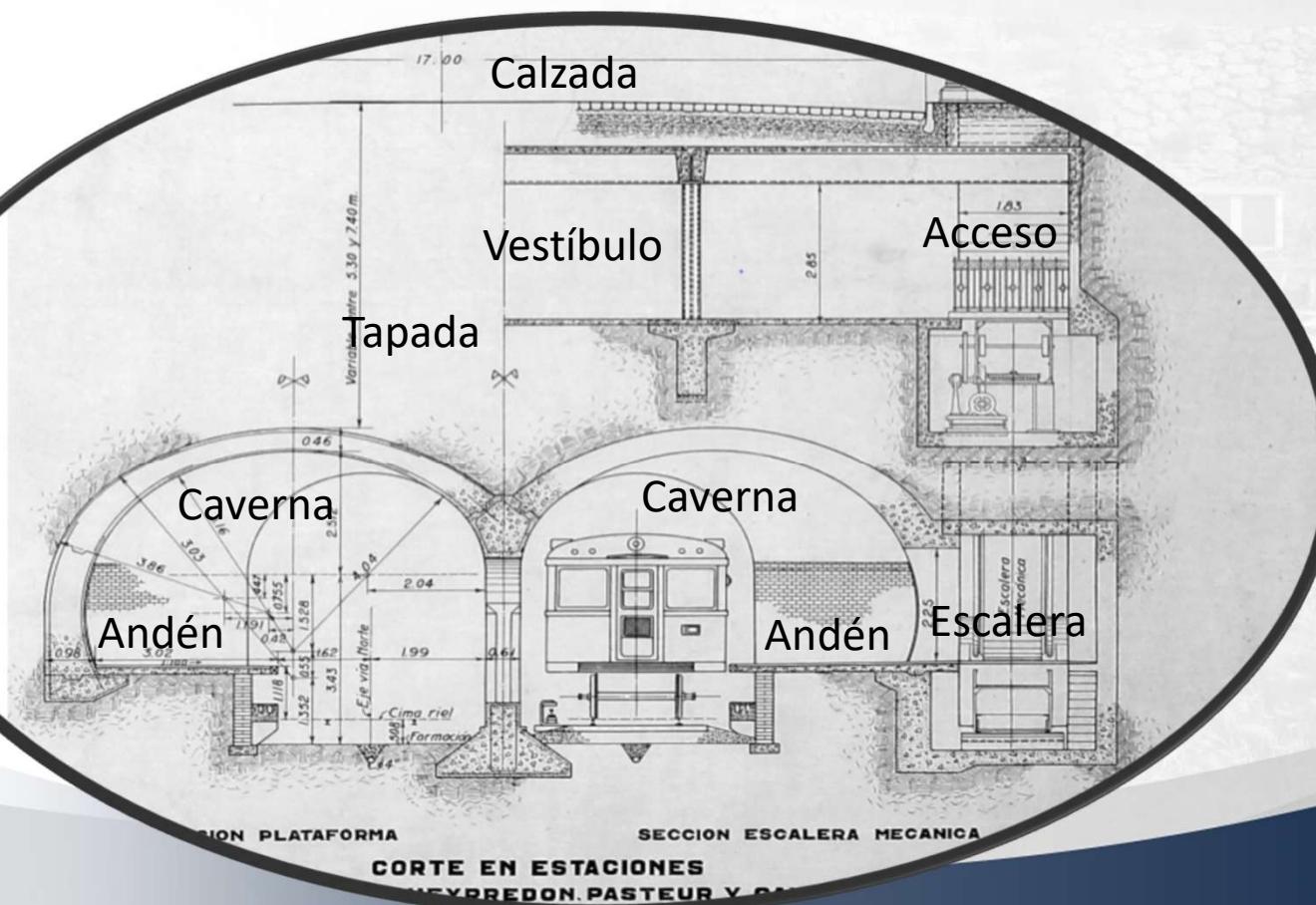


- Corte total de calzada.
- Excavaciones con talud vertical sin protección.
- Tabiques laterales de mampostería de gran espesor con algunos nervios metálicos
- Vigas metálicas de cubierta y bovedillas de ladrillo u hormigón.
- El transporte interior era por rieles



INICIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE SUBTES (METRO) EN Bs. As. - AÑO 1930 a 1970

MÉTODO CONSTRUCTIVO EN TÚNEL – MÉTODO ALEMÁN
SIN RESTRICCIÓN CALZADAS PARA EL TRANSITO VEHICULAR
RESTRICCIÓN REHICULAR PARA CONSTRUCCIÓN DE VESTÍBULOS



- Corte total de calzada en construcción de accesos.
- Excavaciones en túnel método alemán.
- Excavación a cielo abierto el acceso que es de dimensiones más reducidas que la propia excavación de la estación.



CONSTRUCCIÓN DE ESTACIONES EN Bs. As. – AÑO 1995

MÉTODO CONSTRUCTIVO CUT & COVER
RESTRICCIÓN TOTAL DE CALZADAS PARA EL TRANSITO VEHICULAR

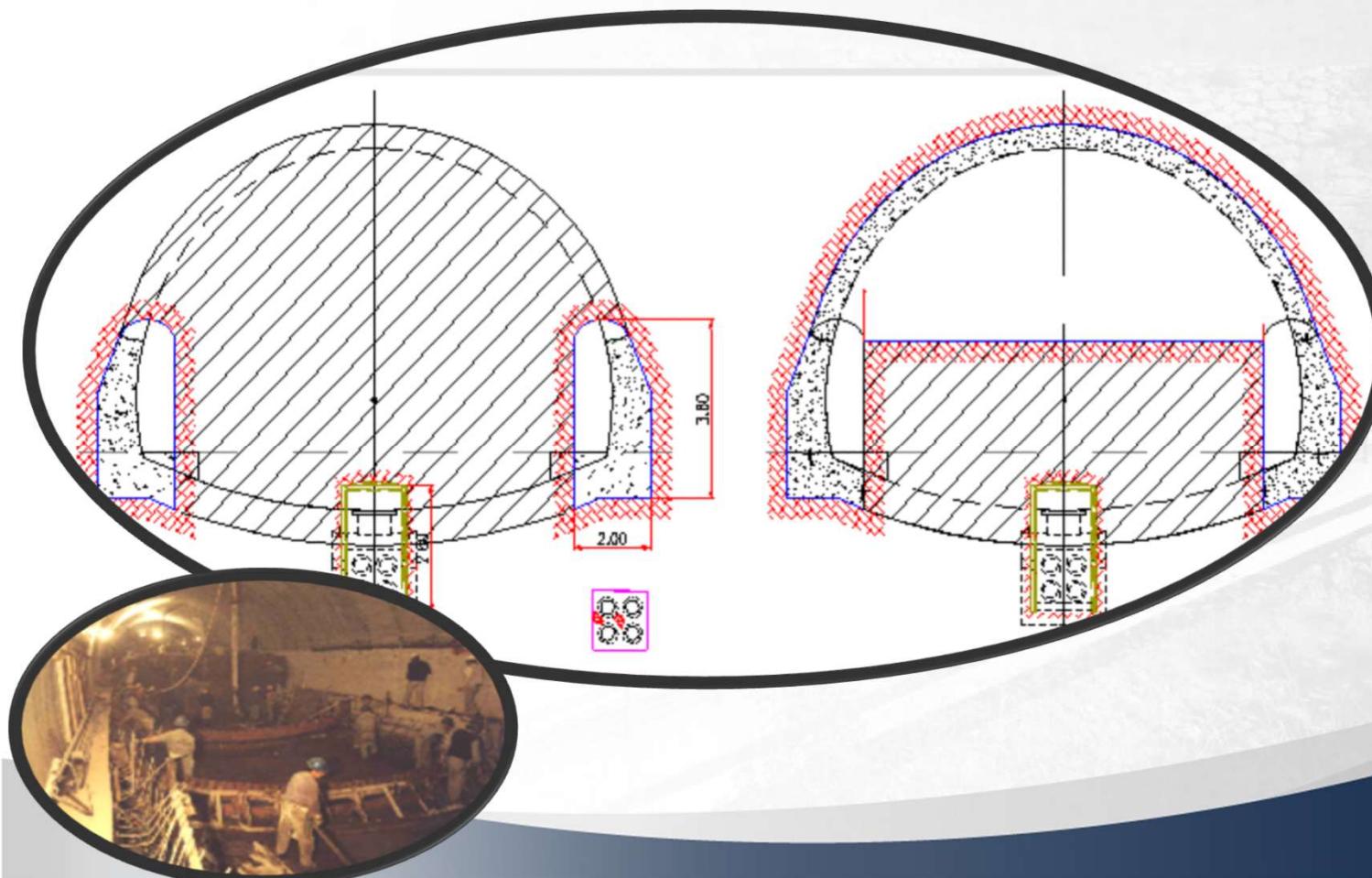


- Corte total de calzada.
- Excavaciones con contención de suelos de pilotes apoyados en el techo superior y en la ficha inferior en el estado temporal y en la solera en el estado definitivo.
- Excavación bajo cubierta ya iniciada
- Vigas de techo premoldeadas de hormigón armado y pretensadas, prelosas premoldeadas y capa de compresión de hormigón armado .



CONSTRUCCIÓN DE ESTACIONES EN Bs. As. – AÑO 1980 hasta 2005

EN TÚNEL – MÉTODO ALEMÁN
SIN CORTE DE CALZADAS PARA EL TRANSITO VEHICULAR



- Sin corte de calzada.
- Excavación en túnel
método alemán.



TIPIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES SUBTERRÁNEAS EN Bs. As.

SEGÚN EL MÉTODO CONSTRUCTIVO DESDE EL AÑO 2005 -

1. - ESTACIONES CUT & COVER – CIELO ABIERTO

REQUIERE Y PERMITE RESTRICCIÓN POR MITADES DE CALZADAS PARA EL TRÁNSITO VEHICULAR



Luz libre de estación 16m

2.- ESTACIONES NATM – TÚNEL

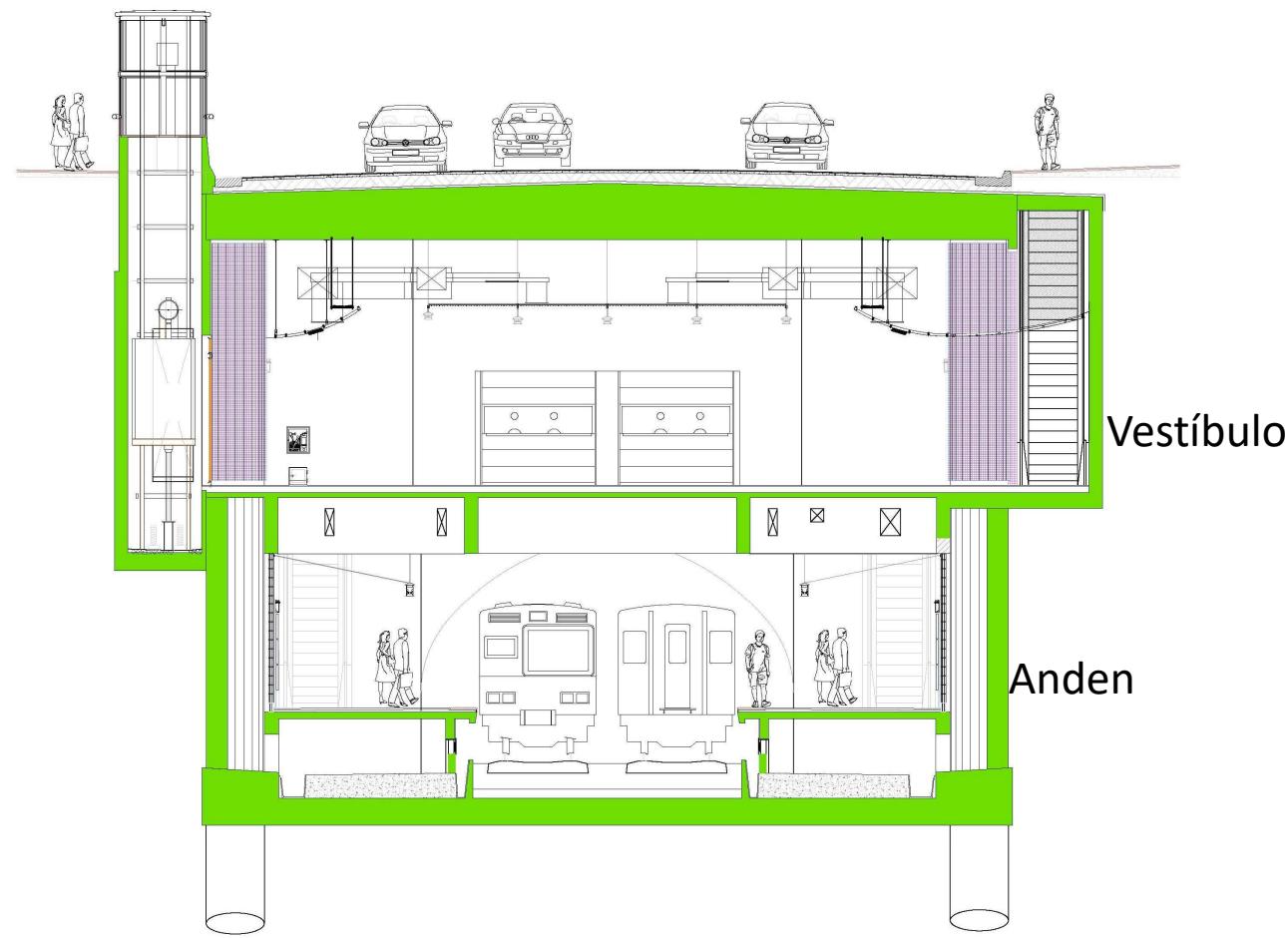
SIN RESTRICCIÓN DE CALZADAS
PARA EL TRÁNSITO VEHICULAR

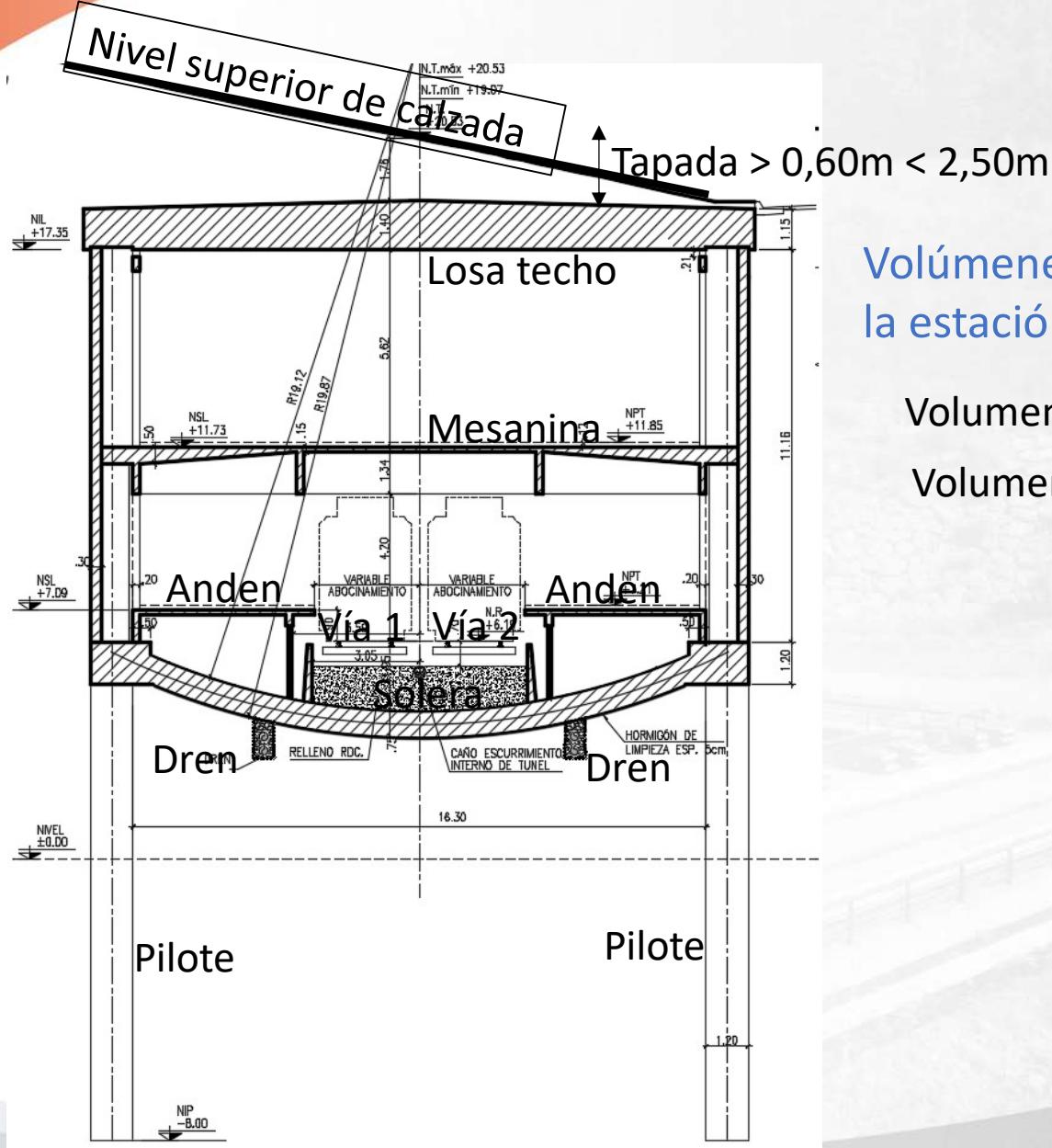


Luz libre de estación 16m



1.- CUT & COVER - EXCAVACIÓN CIELO ABIERTO Y BAJO LOSA (DESDE AÑO 2005)





Volúmenes aproximados propios de la estación Cut & Cover sin accesos

Volumen de Excavación (m³/m) : 275

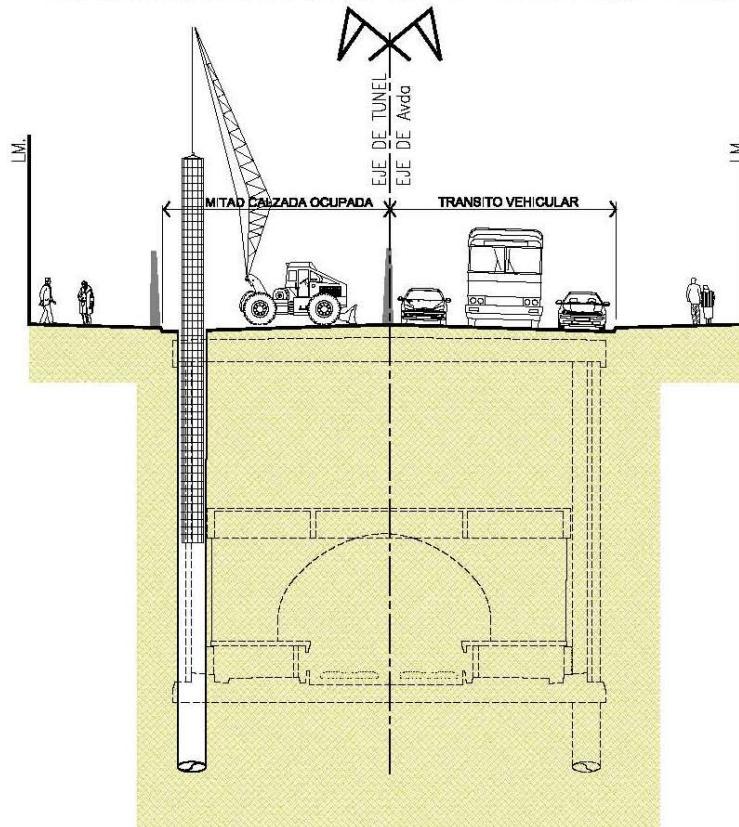
Volumen de Hormigón (m^3/m) : 63



1.1.- CUT & COVER - SECUENCIA GRÁFICA

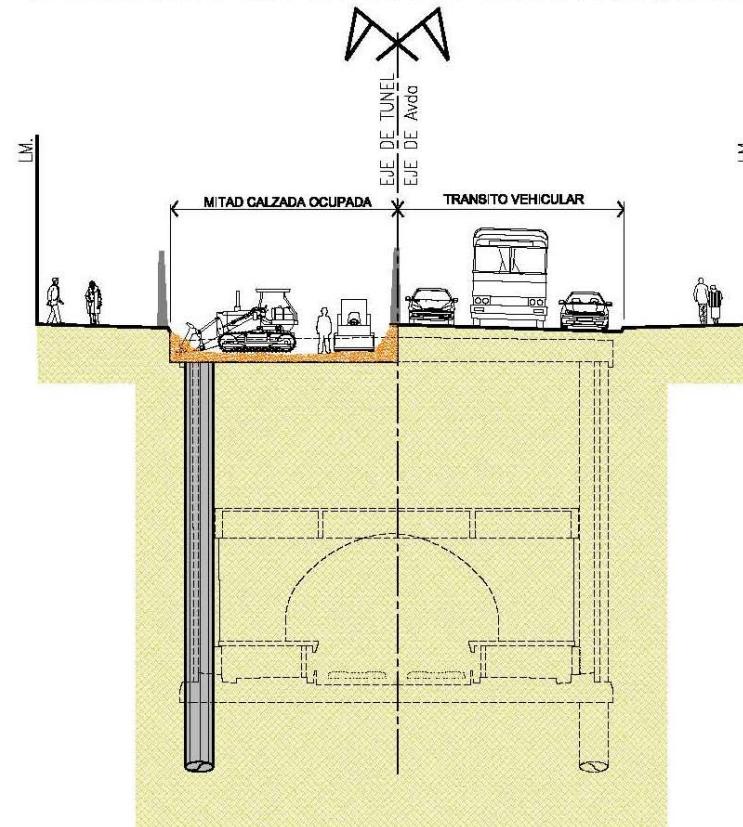
1° ETAPA

EJECUCION DE PILOTES LATERAL IZQUIERDO



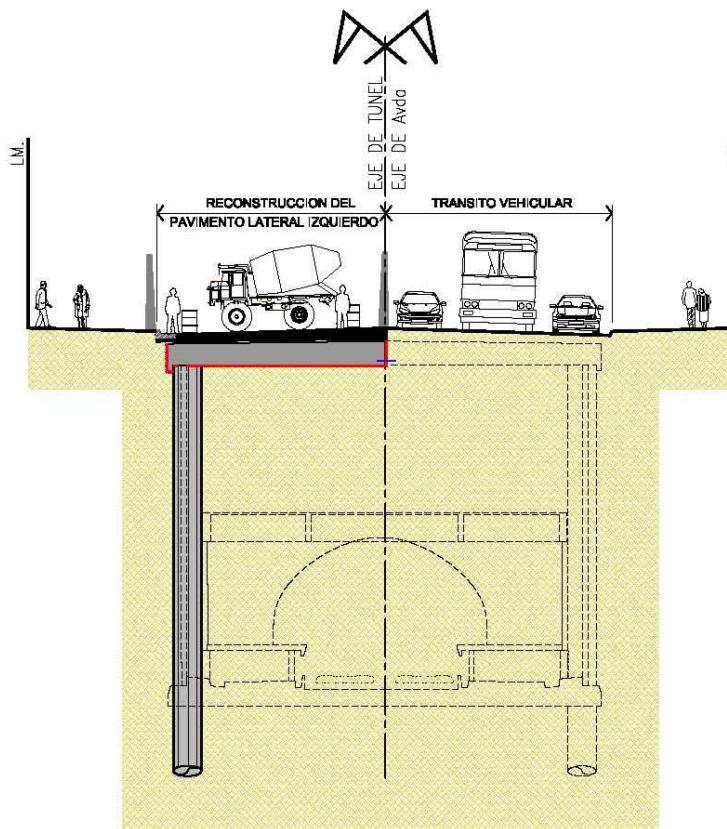
2° ETAPA

EJECUCION DE MEDIA LOSA DE TECHO IZQUIERDA

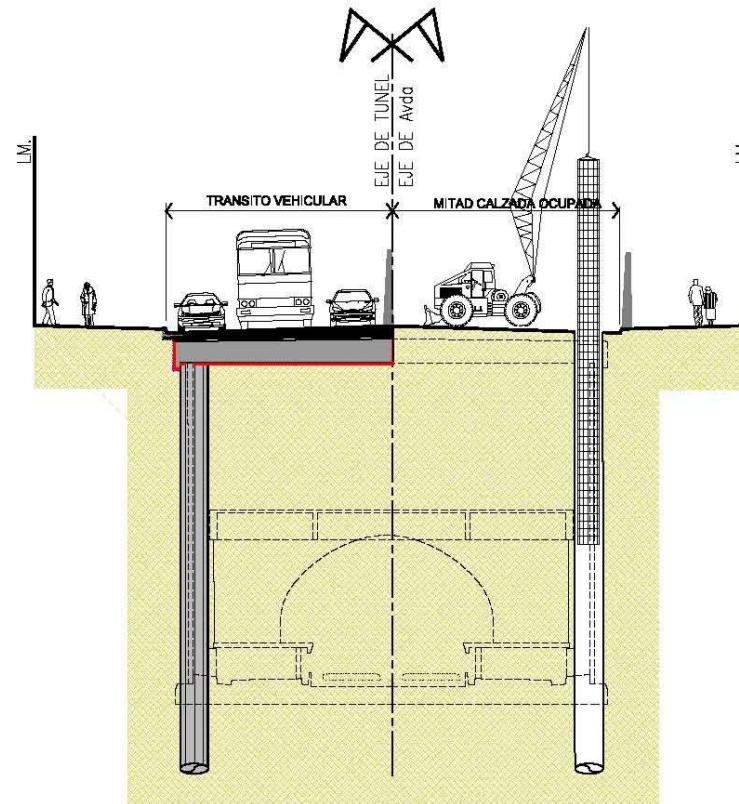




3° ETAPA
RECONSTRUCCION DEL PAVIMENTO, LATERAL IZQUIERDO



4° ETAPA
EJECUCION DE PILOTES LATERAL DERECHO

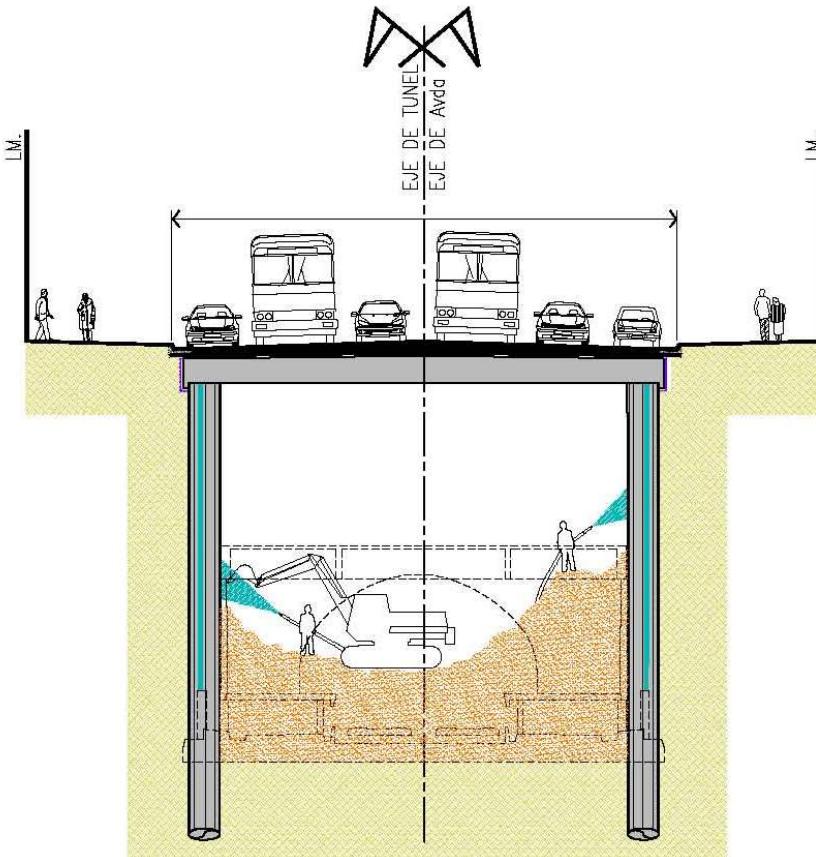




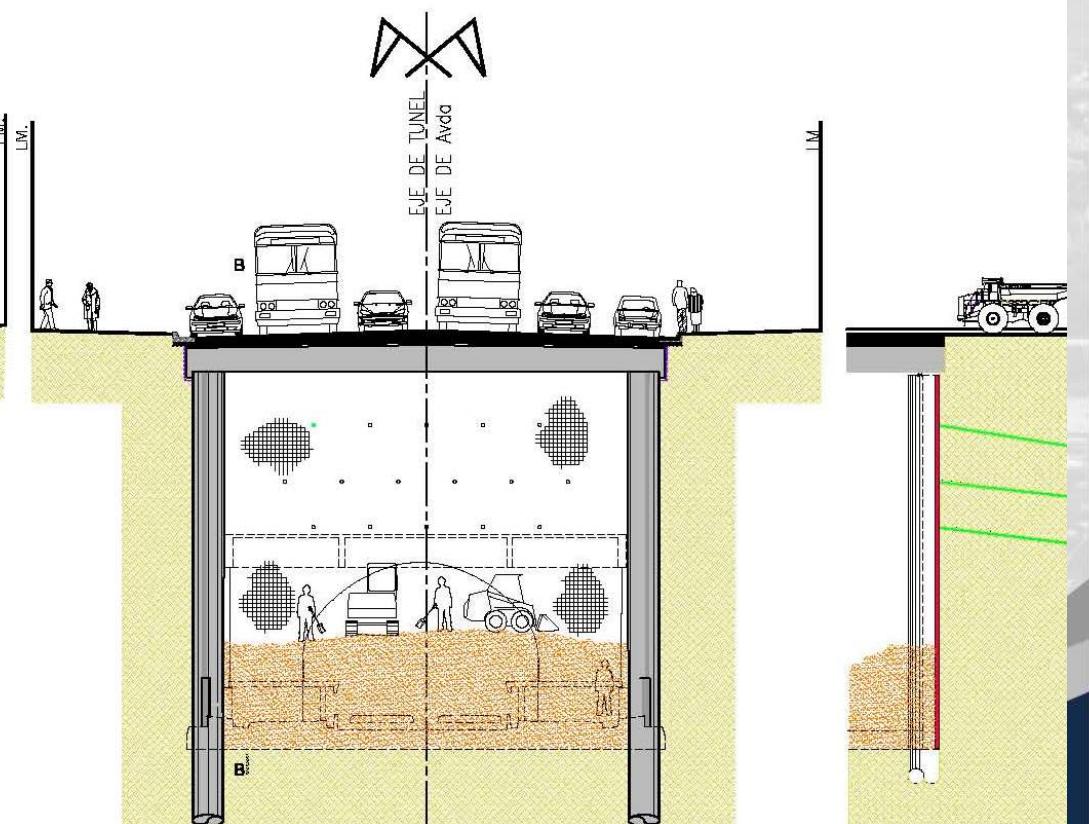
Subte
Buenos Aires Ciudad

Buenos Aires Ciudad

5° ETAPA EXCAVACIO BAJO LOSA DE TECHO Y EJECUCION DE TABIQUES GUNITADOS



6º ETAPA EJECUCION DE ANCLAJES PROVISORIOS DE TIMPANO

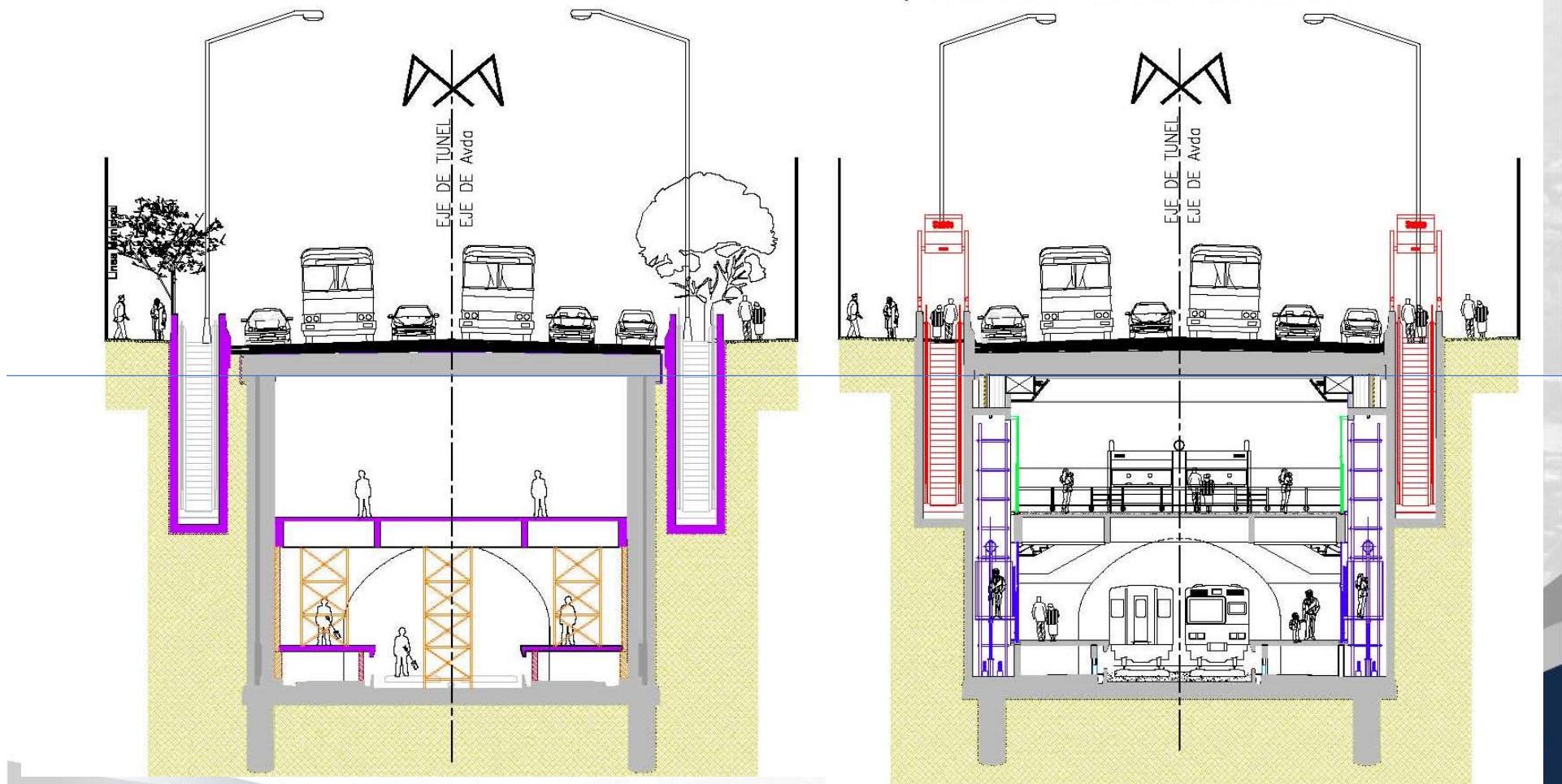


EXPO
ConVial
PERÚ 2020



7° ETAPA
EJECUCION DE COLUMNAS, ENTREPISO DE VESTIBULO
, ANDENES Y ACCESOS

8° ETAPA
ASCENSORES, ESCALERAS MECANICAS
, PANELES FONOABSORVENTES





1.2.- CUT & COVER - SECUENCIA FOTOGRÁFICA

1º ETAPA

PILOTAJE





2º ETAPA

EJECUCION DE LOSA LADO IZQUIERDO – EXCAVACION Y PERFILEADO





2º ETAPA

EJECUCION LOSA LADO IZQUIERDO – HORMIGONADO DE LOSA





2º ETAPA

EJECUCION LOSA LADO IZQUIERDO – ARMADURA ESPERA, EMPALMES POR MANGUITOS ROSCADOS





2º ETAPA

EJECUCION LADO IZQUIERDO - MANGUITOS DE EMPALME Y BARRA ROSCADA





3º ETAPA

RECONSTRUCCION CALZADA LADO IZQUIERDO – IMPERMEABILIZACIÓN LOSA DE TECHO





3º ETAPA

RECONSTRUCCION CALZADA LADO IZQUIERDO – RELLENO DE SUELO CEMENTO COLABLE O RDC





3º ETAPA

RECONSTRUCCION CALZADA LADO IZQUIERDO – PAVIMENTACIÓN





4º ETAPA

SE REITERRAN LAS ETAPAS 1, 2 Y 3 DEL LADO DERECHO





5º ETAPA

EXCAVACION BAJO LOSA DE TECHO – EXCAVACIÓN



6º EXPO
ConVial
PERÚ 2020



5º ETAPA

EXCAVACION BAJO LOSA DE TECHO – PERFILADO Y ARMADO DE TABIQUES ENTRE PILOTOS





5º ETAPA

EXCAVACION BAJO LOSA DE TECHO – HORMIGÓN PROYECTADO DE TABIQUES ENTRE PILOTOS





5º ETAPA

EXCAVACION BAJO LOSA DE TECHO – PERFILADO LOSA DE FONDO, SOLERA





5º ETAPA

EXCAVACION BAJO LOSA DE TECHO – PERFILADO Y HORMIGONADO LOSA DE FONDO, SOLERA





7º ETAPA

ESTRUCTURA INTERIOR – ENCOFRADO ARMADO Y HORMIGONADO TÍMPANOS





7º ETAPA

ESTRUCTURA INTERIOR – ENTREPISOS DE VESTÍBULO





8º ETAPA

INTERIOR – REVESTIMIENTO ENTREPISOS DE VESTÍBULO





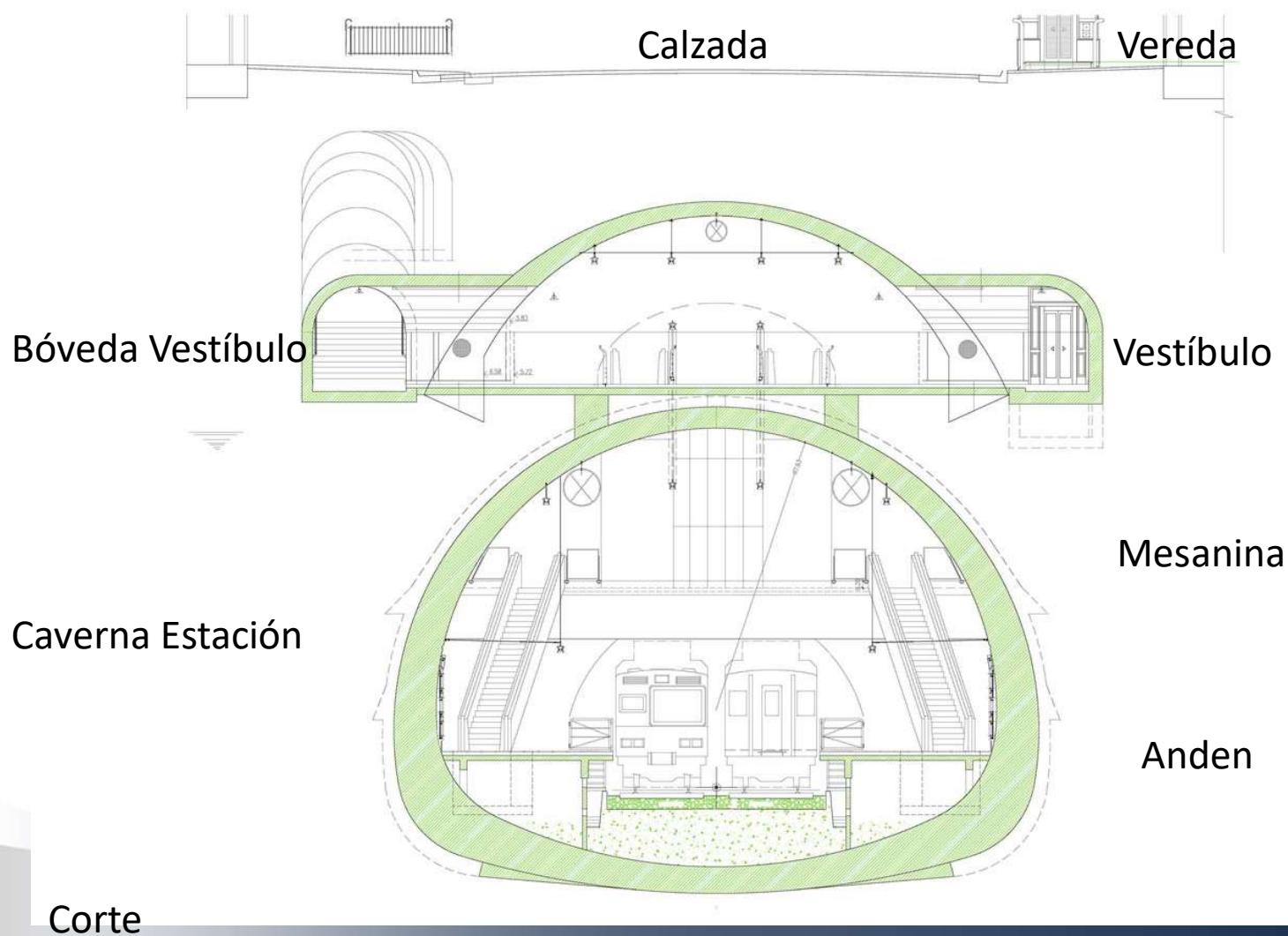
8º ETAPA

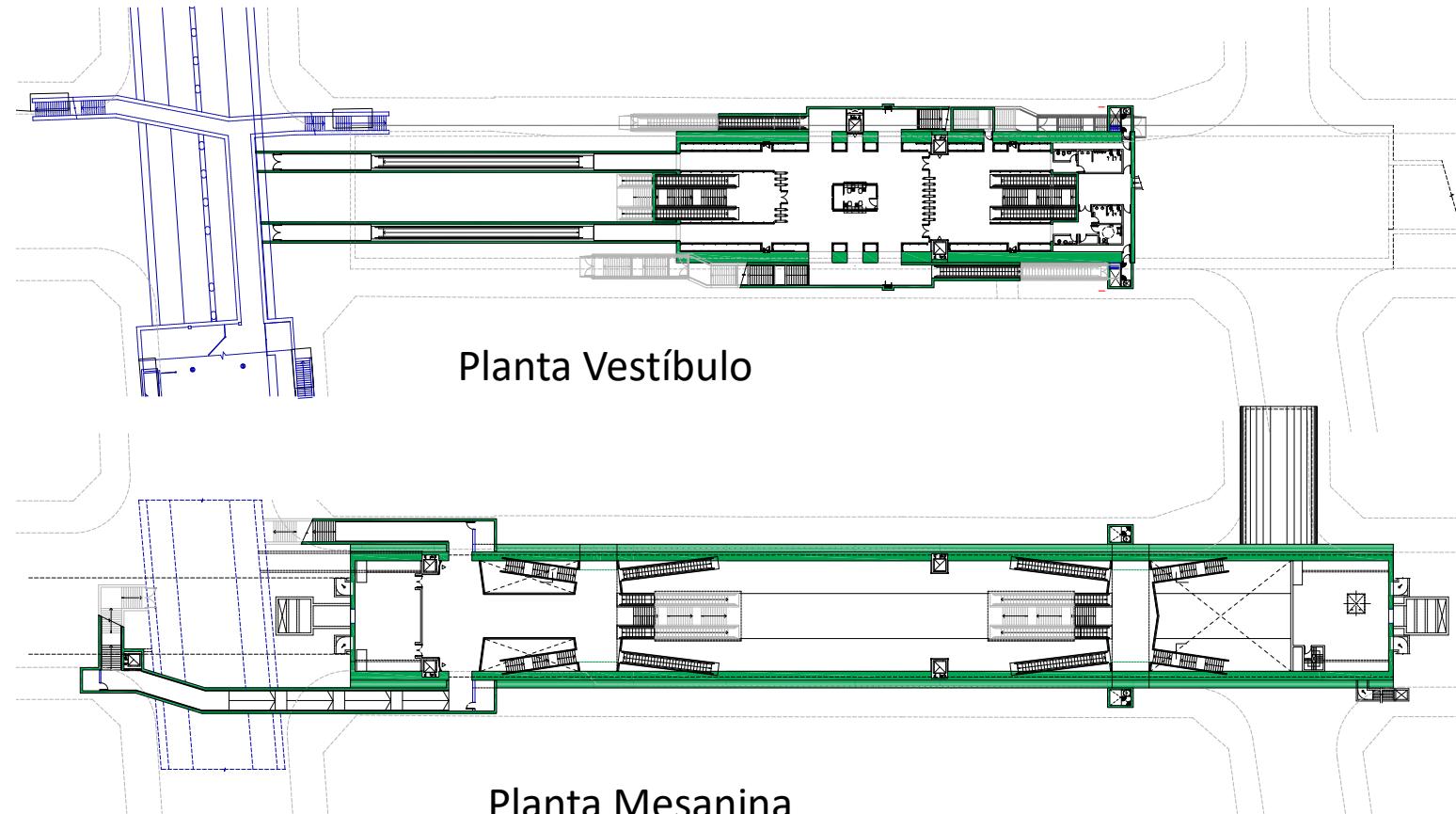
INTERIOR – ENTREPISOS DE VESTÍBULO – ESTACIÓN TERMINADA





2.- NATM - NUEVO MÉTODO AUSTRÍACO (DESDE AÑO 2008)

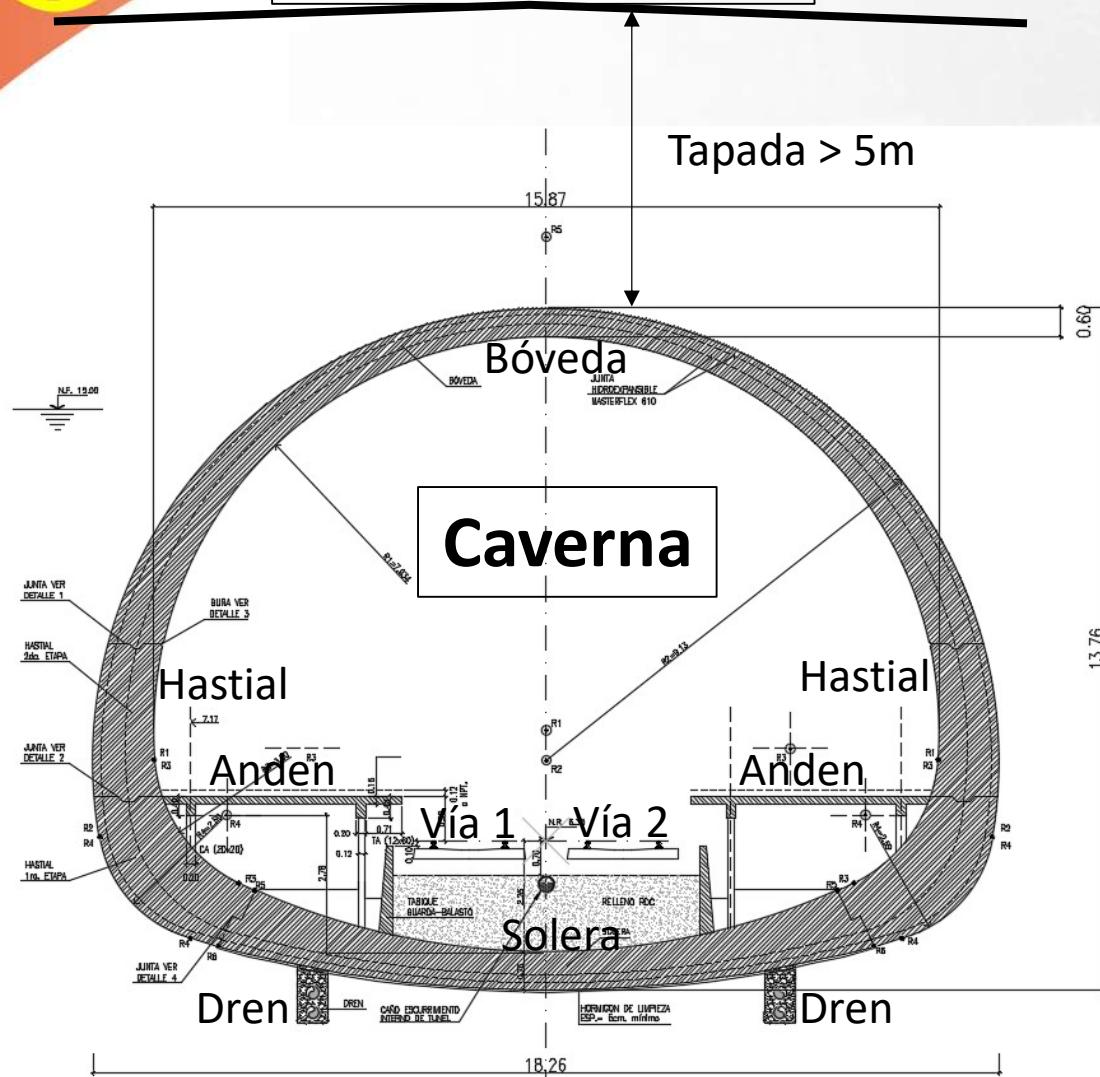




Planta Mesanina



Nivel superior de calzada



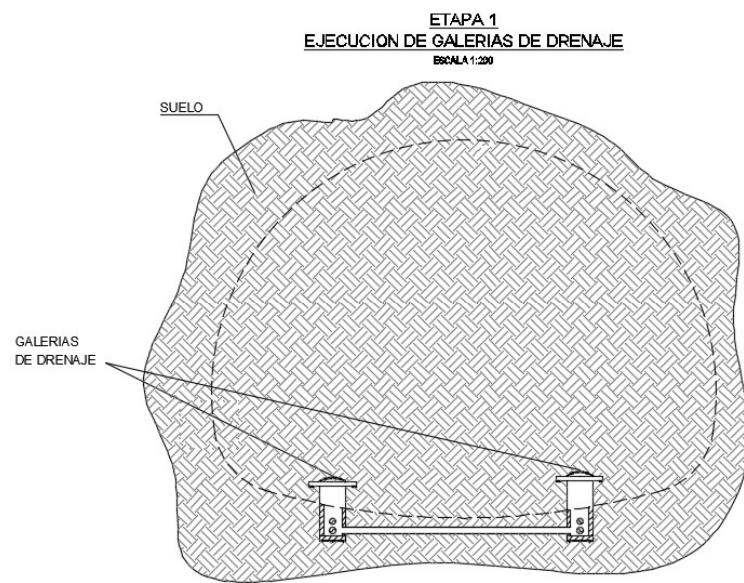
Ejemplo Volúmenes propios de la Estación NATM sin accesos:

Volumen de Excavación (m³/m) : 203

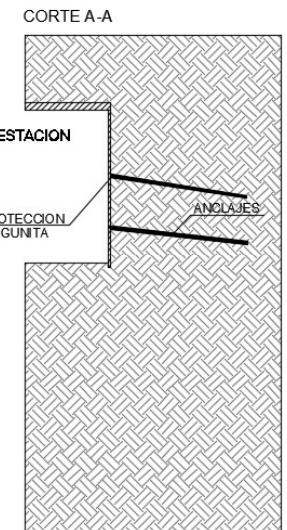
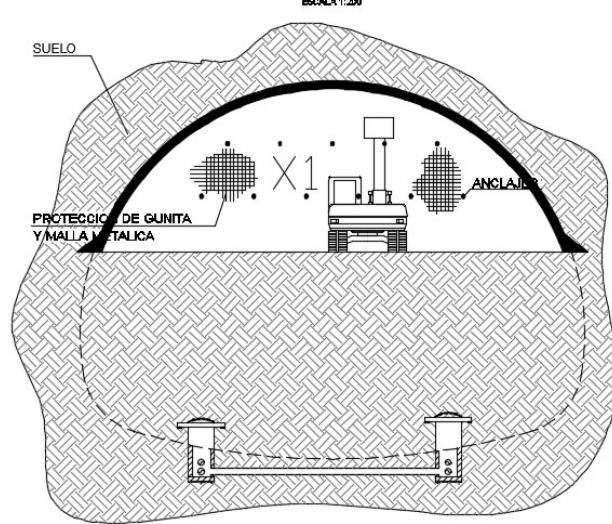
Volumen de Hormigón (m³/m) : 47



2.1.- NATM – TUNEL – SECUENCIA GRÁFICA

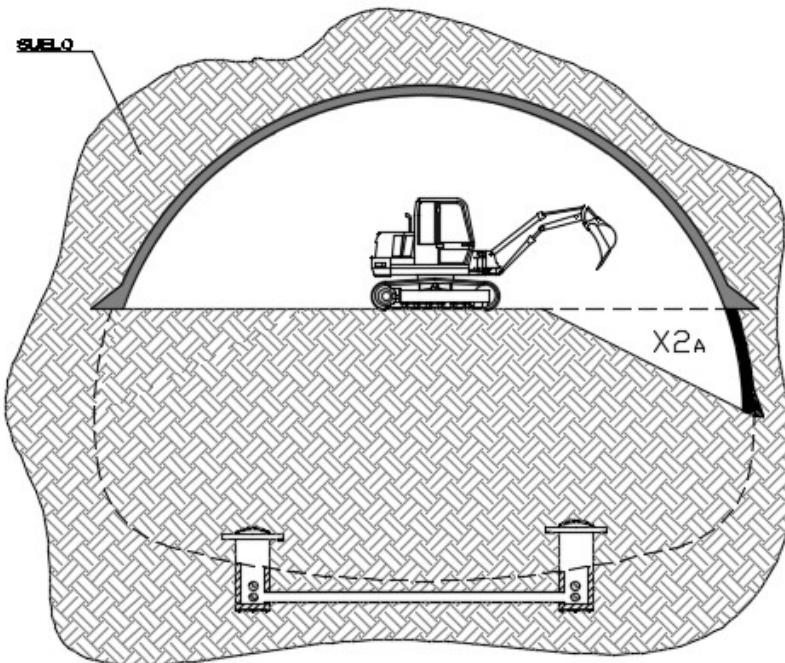


ETAPA 2
EXCAVACIÓN Y GUNITADO DE ZONA SUPERIOR - X1
ESCALA 1:200

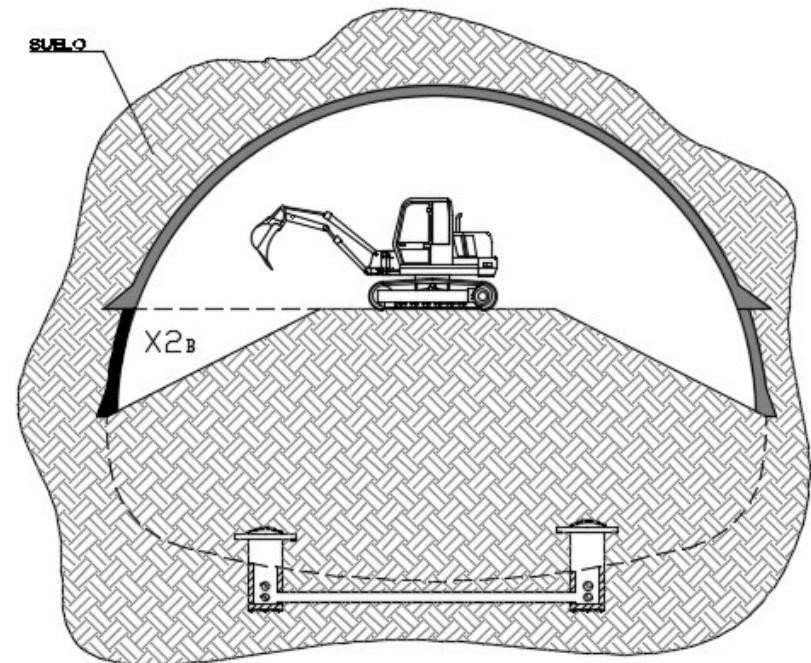




ETAPA 3
EXCAVACIÓN Y GUNITADO DE ZONA LATERAL - X2A
ESCALA 1:200

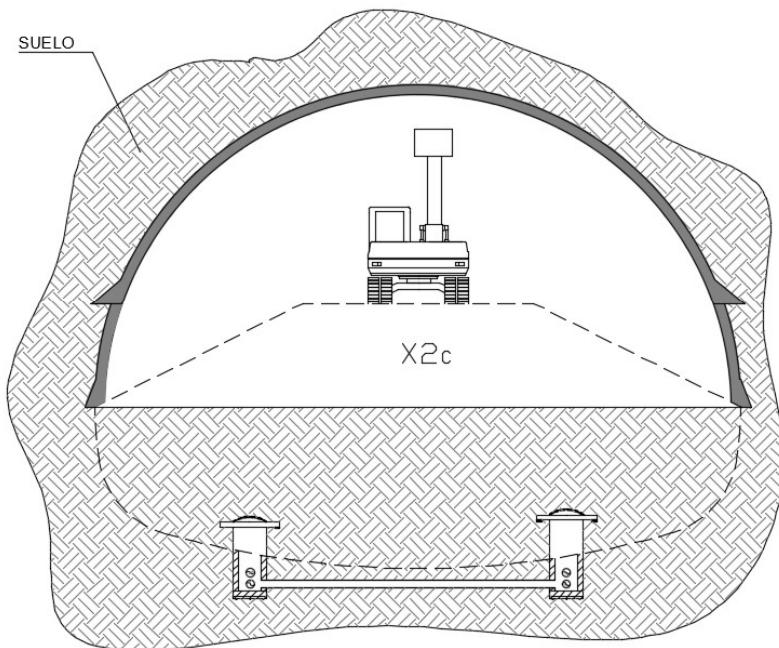


ETAPA 4
EXCAVACIÓN Y GUNITADO DE ZONA LATERAL - X2B
ESCALA 1:200

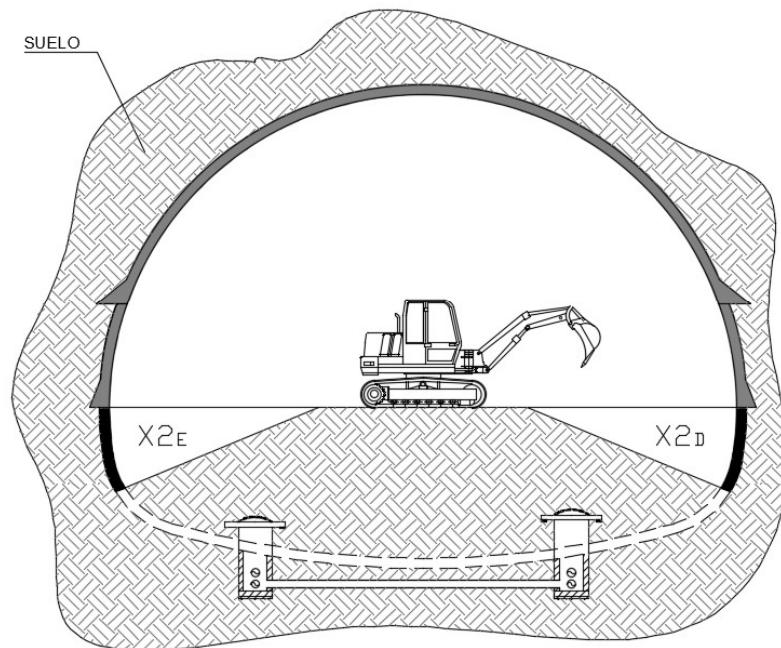




ETAPA 5
EXCAVACIÓN DE ZONA CENTRAL - X2C
ESCALA 1:200

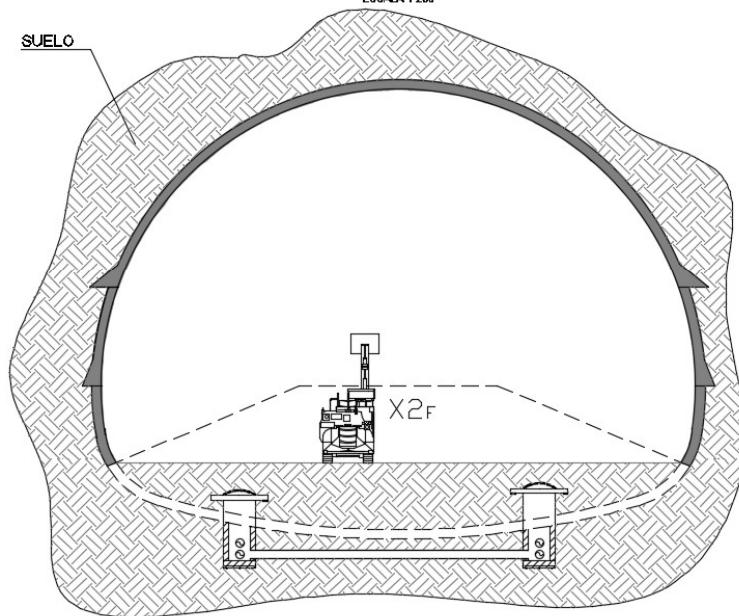


ETAPA 6
EXCAVACIÓN Y GUNITADO DE ZONAS LATERALES - X2D y X2E
ESCALA 1:200

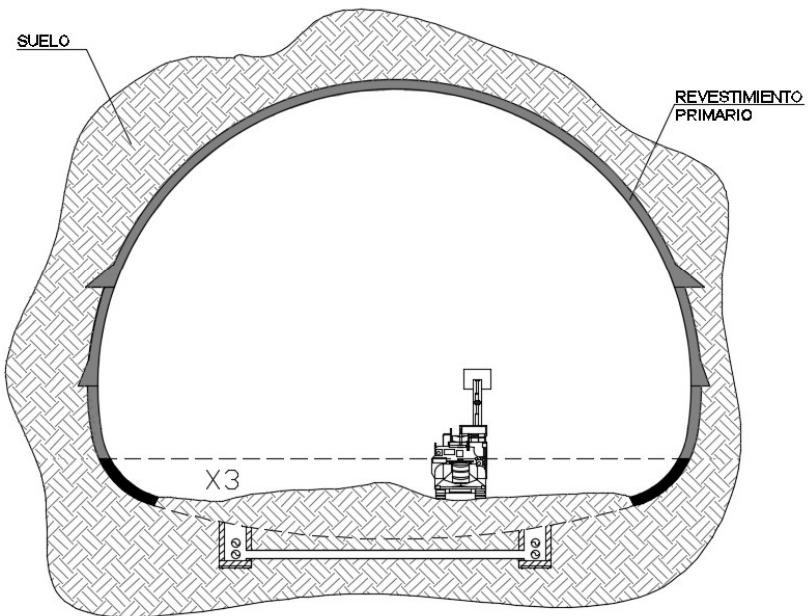




ETAPA 7
EXCAVACIÓN DE ZONA CENTRAL - X2F
ESCALA 1:200

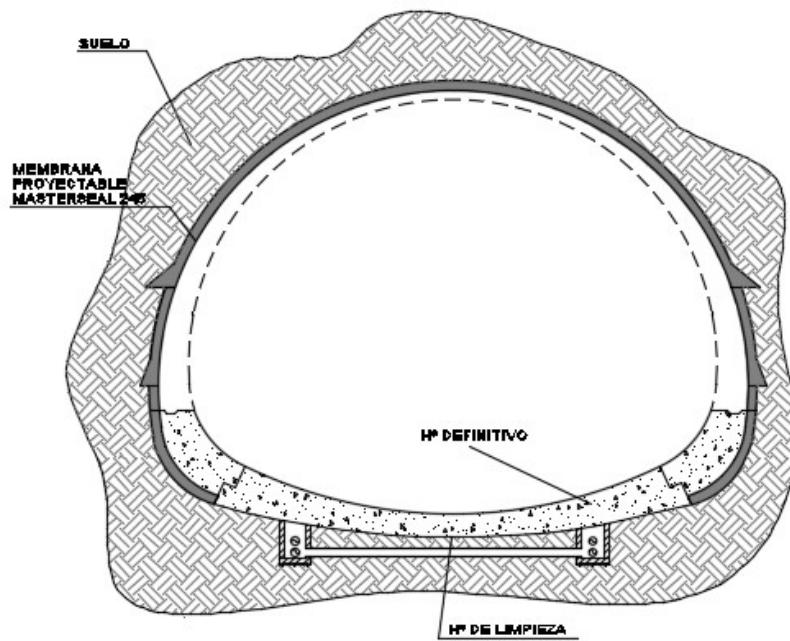


ETAPA 8
EXCAVACIÓN DE ZONA DE SOLERA X3 Y FINALIZACION REV. PRIMARIO
ESCALA 1:200

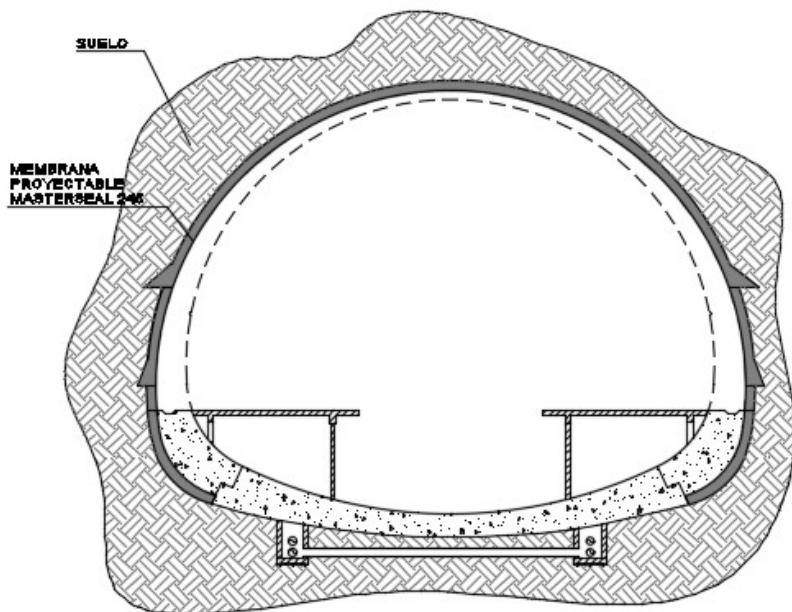




ETAPA 9 - 10
HORMIGONADO DE SOLERA
HORMIGONADO DE HASTIALES 1ra. ETAPA
ESCALA 1:200



ETAPA 11
CONSTRUCCIÓN DE ANDENES
ESCALA 1:200

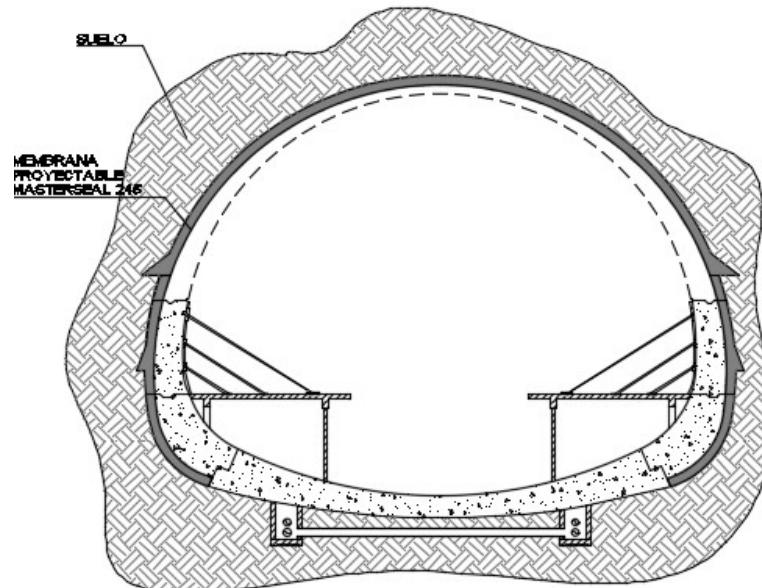




ETAPA 12

HORMIGONADO DE HASTIALES 2da. ETAPA

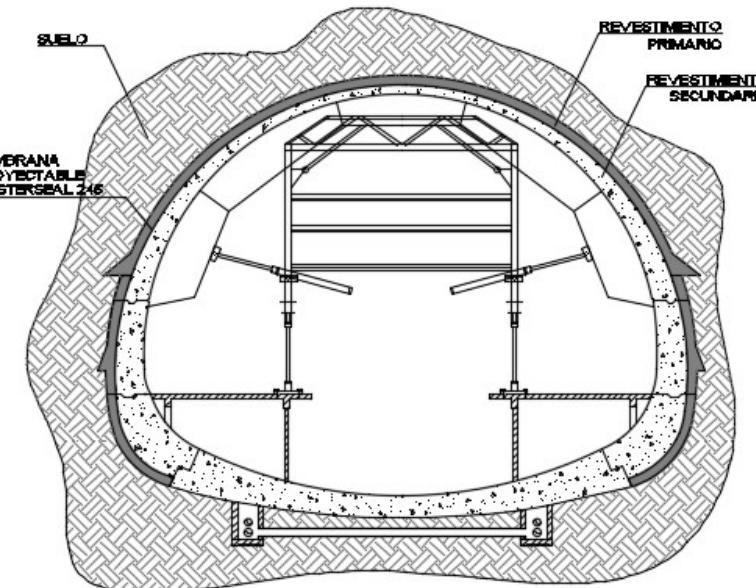
ISOLA 1200



ETAPA 13

HORMIGONADO DE LA BÓVEDA

ISOLA 1200

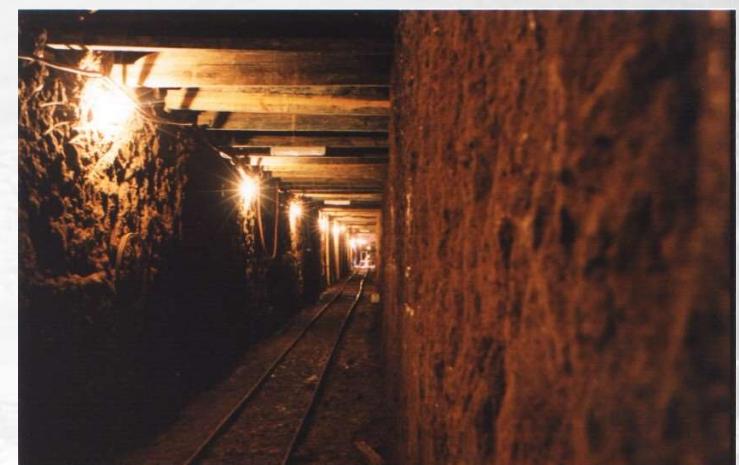




2.2.- NATM – TUNEL – SECUENCIA FOTOGRÁFICA

1º ETAPA

DRENAJES





2º ETAPA
EXCAVACION Y GUNITADO SUPERIOR





2º ETAPA
EXCAVACION Y GUNITADO SUPERIOR





2º ETAPA
EXCAVACION Y GUNITADO SUPERIOR
UNION DE CERCHAS





2º – 3º ETAPA
EXCAVACION ESCALONADA DE CAVERNA





2º - 3º - 4º - 5º - 6º - 7º - 8º ETAPA

VISTA EXCAVACION ESCALONADA DE CAVERNA





7º - 8º ETAPA

VISTA EXCAVACION ESCALONADA DE CAVERNA





7º - 8º ETAPA

VISTA REVESTIMIENTO PRIMARIO GUNITADO EN ZONA BAJA DE CAVERNA





9º ETAPA
ARMADO Y HORMIGONADO DE SOLERA





9º y 10º ETAPA

AVANCE DE LA EXCAVACIÓN DE CAVERNA E IMPERMEABILIZACION LATERAL





10º ETAPA

ARMADO Y HORMIGONADO DE PRIMERA ETAPA DE HASTIAL





12º ETAPA

AVANCE DE IMPERMEABILIZACIÓN SUPERIOR DE CAVERNA



6º EXPO
ConVial
PERÚ 2020



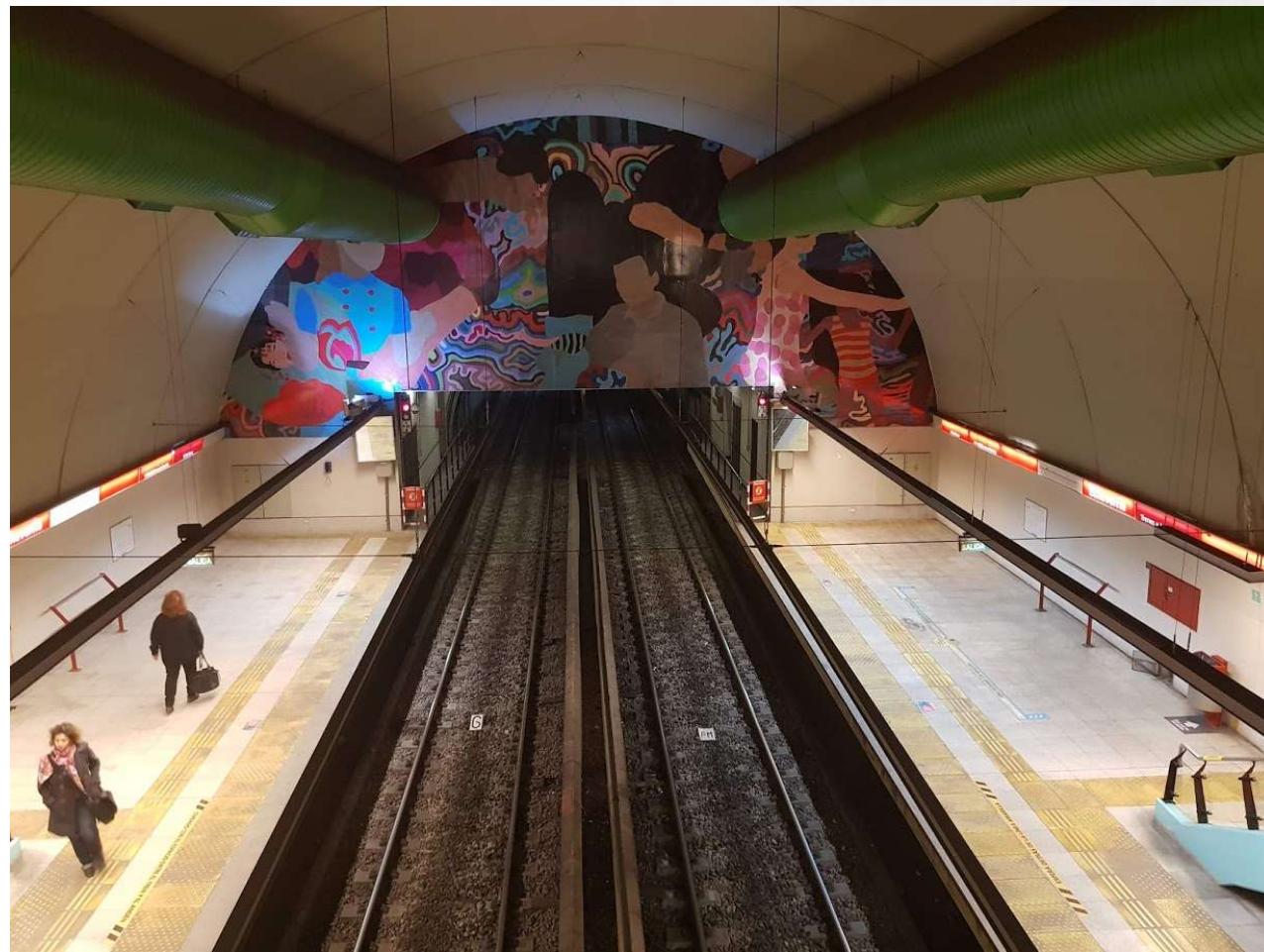
13º ETAPA
HORMIGONADO DE CAVERNA





13º ETAPA

INTERIOR – VISTA DESDE EL ENTREPISO DE VESTÍBULO – ESTACIÓN TERMINADA





2.3.- NATM - Deformaciones

LAS MAYORES DEFORMACIONES SE DAN EN EL CENTRO DE CALZADA – DEL ORDEN DEL 30mm

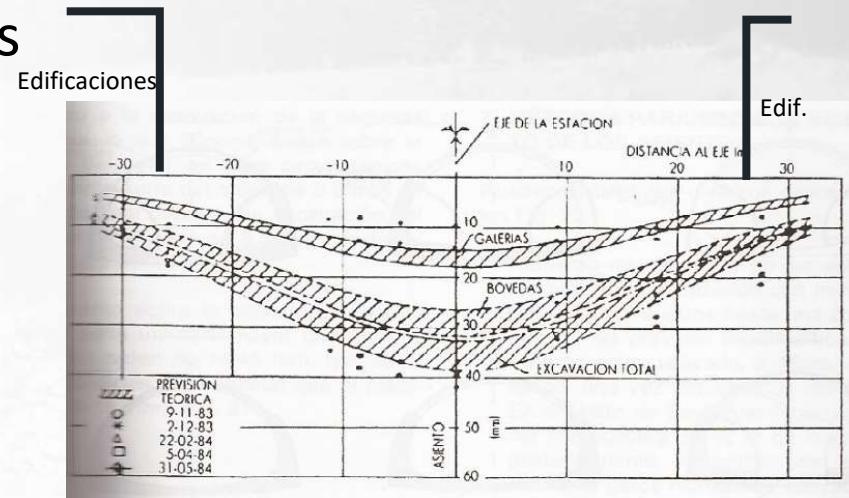
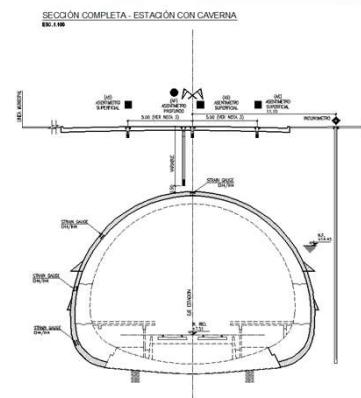
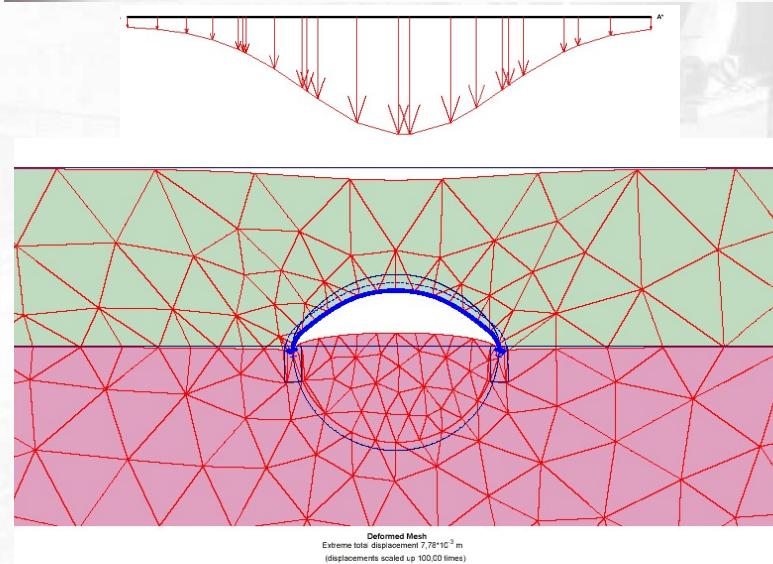
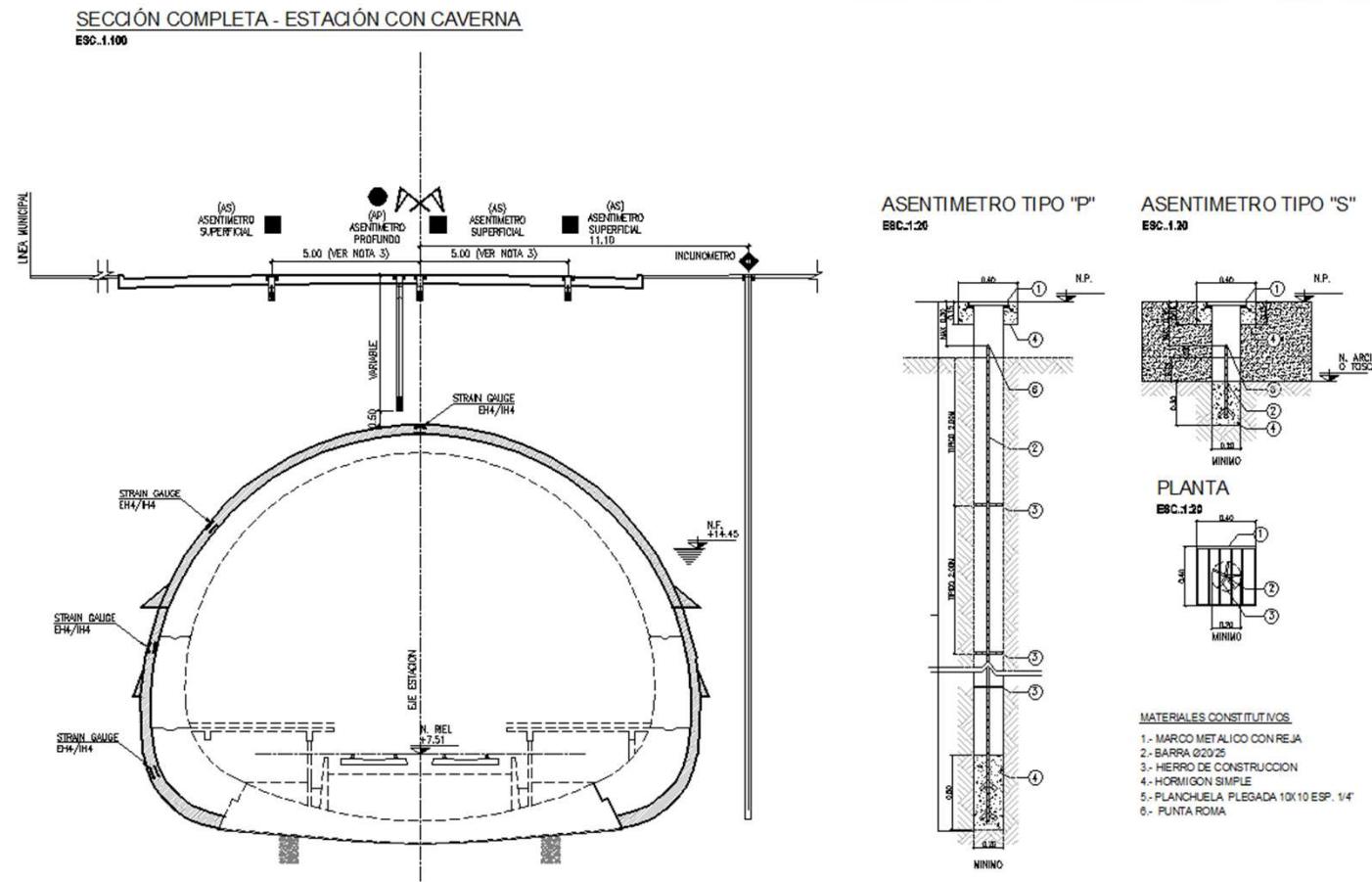


Figura 19. Asientos superficiales en la sección instrumentada.

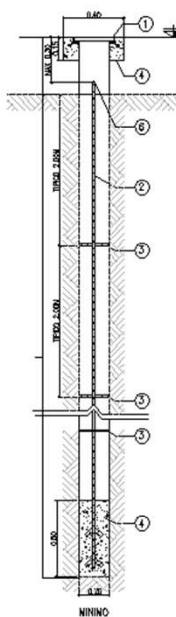




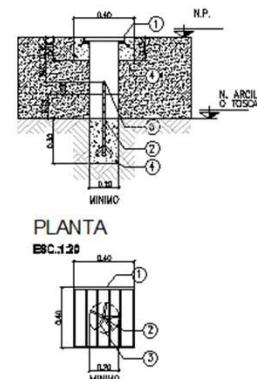
2.4.- NATM – ELEMENTOS DE MEDICION



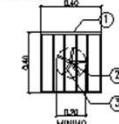
ASENTIMETRO TIPO "P"
ESC.1:20



ASENTIMETRO TIPO "S"
ESC.1:20



PLANTA
ESC.1:20



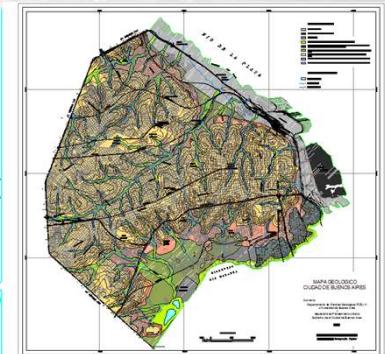
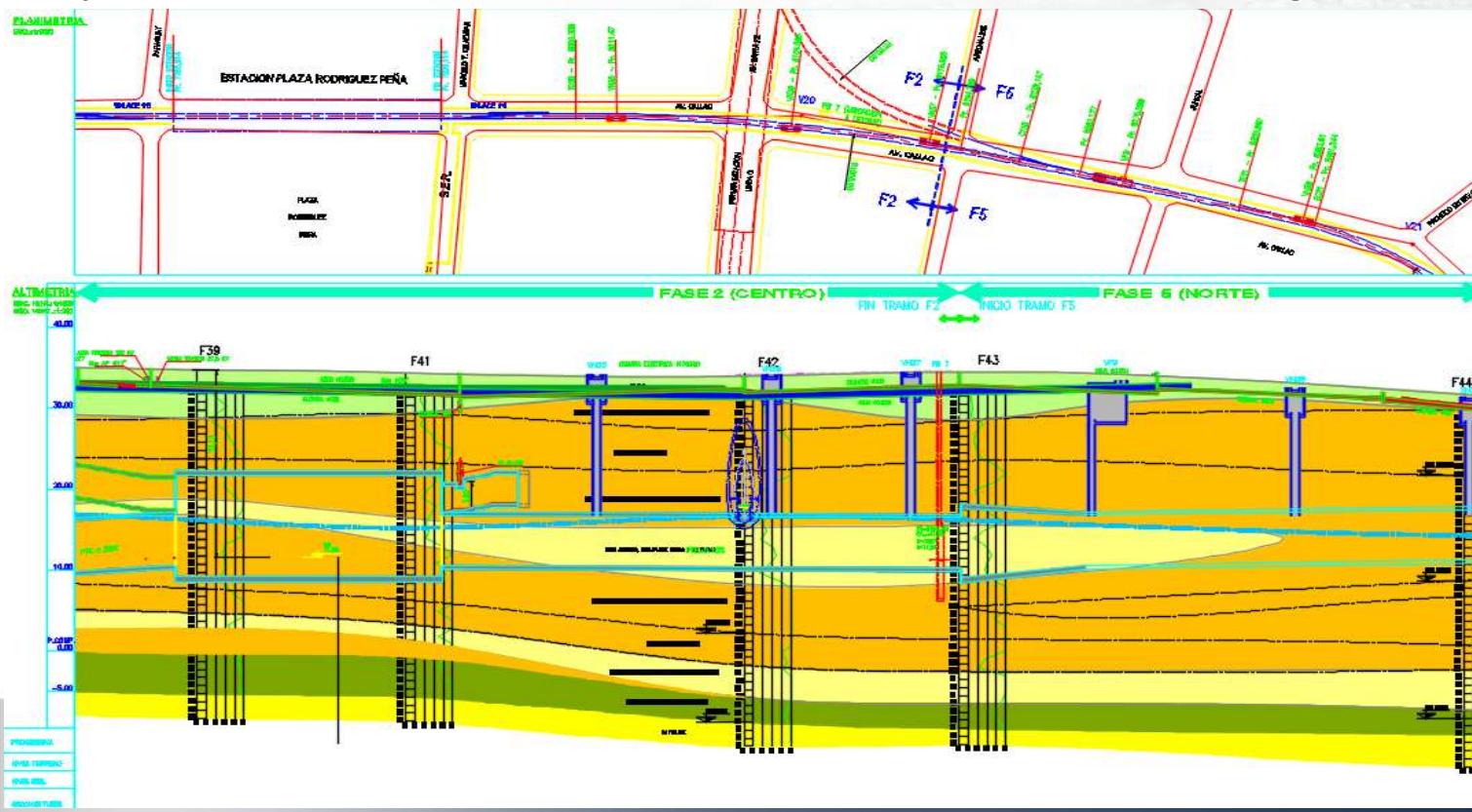
MATERIALES CONSTITUTIVOS

- 1 - MARCO METALICO CON REJA
- 2 - BARRA 020/25
- 3 - HIERRO DE CONSTRUCCION
- 4 - HORMIGON SIMPLE
- 5 - PLANCHUELA PLEGADA 10X10 ESP. 1/4"
- 6 - PUNTA ROMA



3.- CONDICIONES PARA ELEGIR UN TIPO DE MÉTODO CONSTRUCTIVO EN ESTACIONES

En base al estudio previo de las interferencias existentes de servicios públicos y a las condiciones de suelos relevadas en las campañas geotécnicas:





CONDICIONES PARA EVALUAR QUE TIPO DE PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE ESTACIÓN ES MÁS APROPIADO



• CONDICION	1.- Cut & Cover	2.- NATM	Observaciones
• Suelos muy poco competentes	SI	NO	El uso de pilotes se transforma en Muros colados continuos
• Estaciones con poca tapada (distancia entre calzada y nivel superior de losa techo o clave de bóveda	SI	NO	
• Estaciones profundas	NO	SI	Ver "Levantamiento de fondo por presiones de fondo del acuífero".
• Levantamiento de fondo por presión de fondo del acuífero	SI	NO	El uso de pilotes se transforma en Muro colado continuo
• Interferencias superficiales	NO	SI	Imposibilidad del corrimiento de interferencias y suelos competentes
• Grandes accesos sobre la estación	SI	NO	
• Zonas de alto tránsito vehicular y peatonal	NO	SI	
• Superficies superiores libres de vehículos y edificaciones	SI	SI	En parques o centros históricos, el sistema Cut & Cover frecuentemente no es admitido.
• Proximidad a línea oficial	SI	NO	Solo si el suelo es competente.



4. SISTEMAS DE INGRESO Y RETIRO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTACIONES SUBTERRÁNEAS.

4.1.- Rampas a un costado de calzada, de calles transversales



4.2.- Pozos de ataque, pórtico y tolva en el centro de la calzada de avenidas



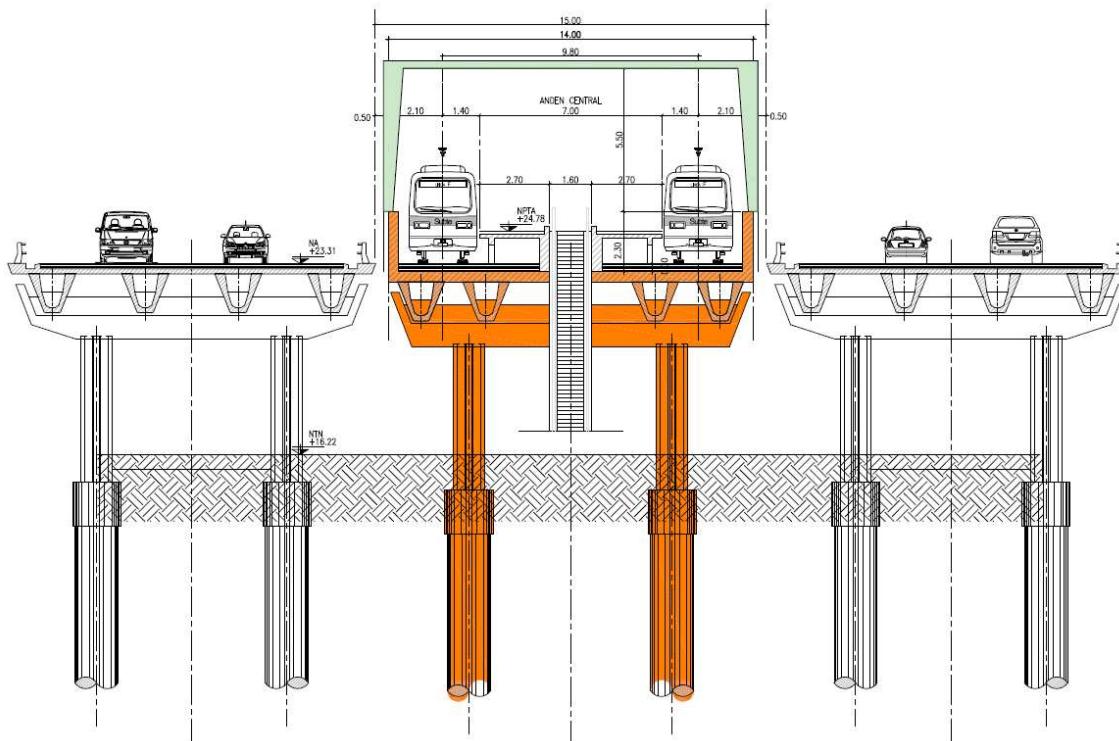


5.- TIPOLOGÍAS DE ESTACIONES PROYECTADAS

PARA LA FUTURA LÍNEA F

5.1.- Estaciones Elevadas de 2 vías – LÍNEA F

ETV



Volúmenes aproximados propios de la Estación Elevadas en proyecto de Línea F sin accesos:

Volumen de Excavación (m^3/m): 10

Volumen de Hormigón (m^3/m) : 40

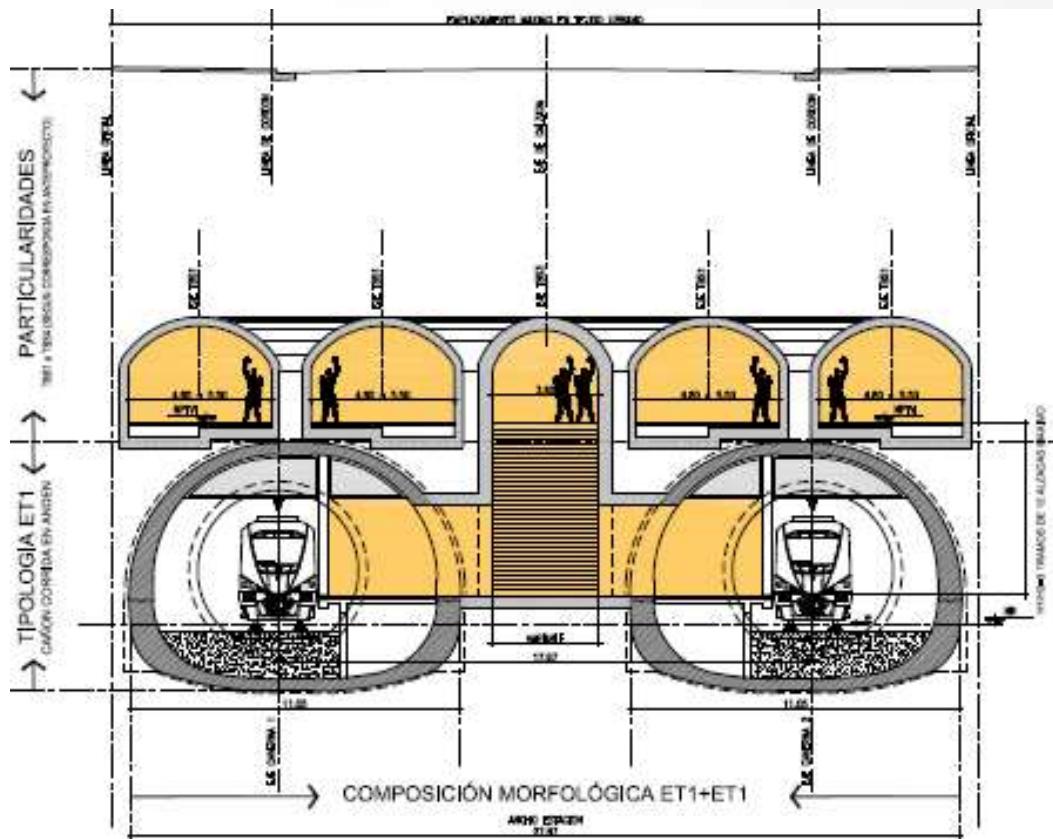
Estructura metálica (kg/m) : 1800



5.2.- Estación En túnel – 2 cavernas de 1 vía cada una.

Para futura **LÍNEA F**

ET1



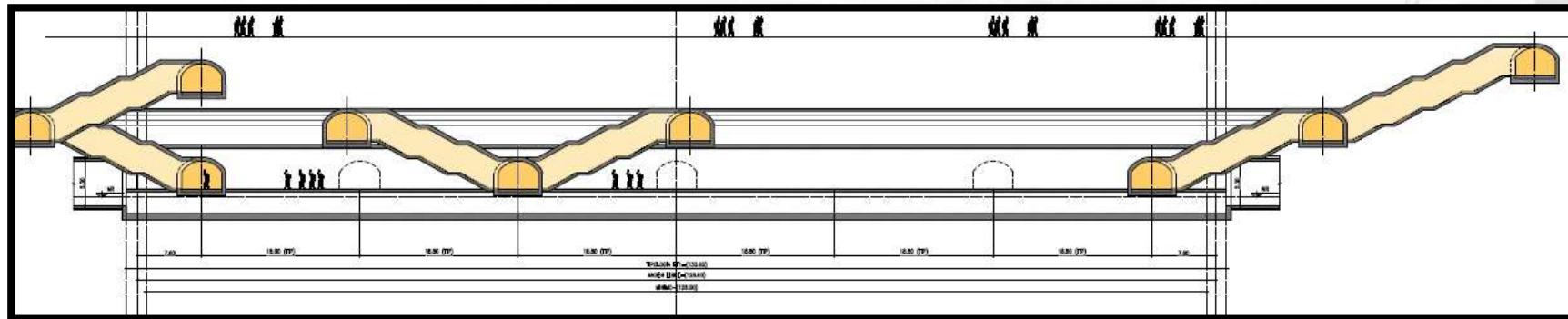
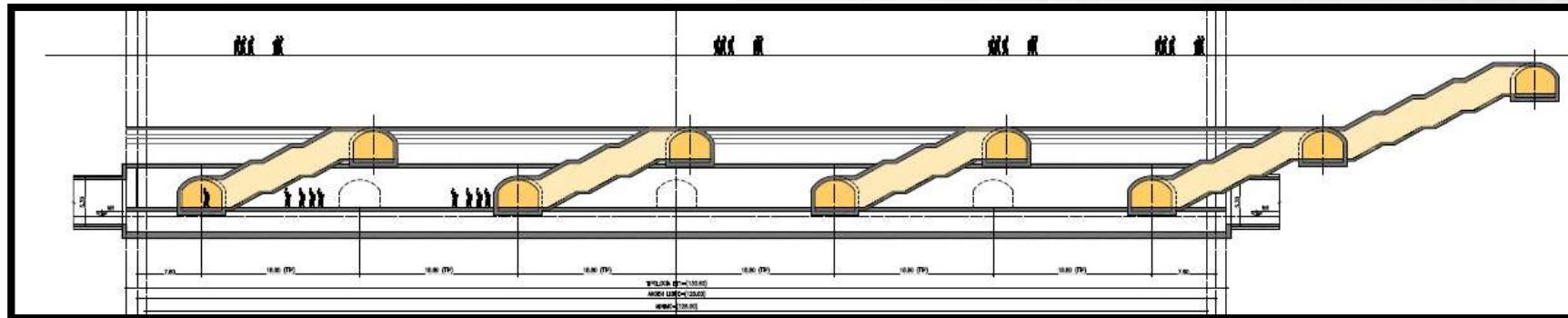
Volúmenes aproximados propios de la Estación NATM en proyecto de Línea F sin accesos:

Volumen de Excavación (m^3/m) : 185

Volumen de Hormigón (m^3/m) : 60



ET1 – LÍNEA F Cortes longitudinales típico





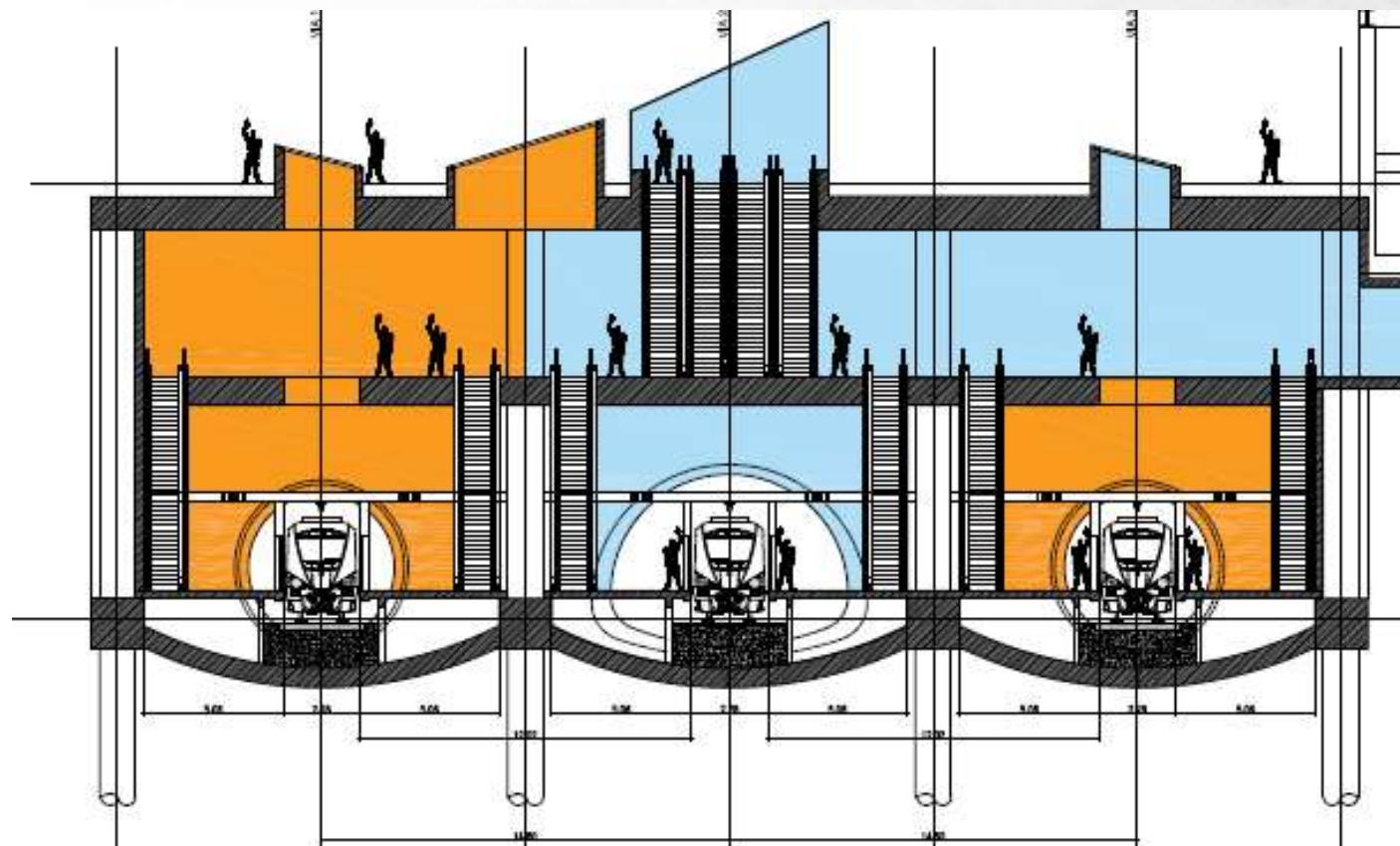
5.2.1- Premisas que llevaron a la elección de estas estaciones de 2 cavernas de una vía, andén y galerías externas en las Estaciones Típicas de **LÍNEA F**

• CONDICION PRINCIPALES	Observ.
• Por condiciones impuestas se requiere e uso de tecnología en túneles con tuneladoras (corte de suelos y construcción del túnel con dovelas).	
• Uso de tuneladora para túneles de una vía.	
• Suelos profundos competentes	
• Construir las estaciones, en una primera etapa, con lo estrictamente necesario para permitir el posterior paso de la tuneladora, evitando en lo posible, la demolición de túneles construidos con la tuneladora.	
• Se desarrollan en el espacio entre líneas municipales.	
• En Estación de combinación, “Las Heras”, para permitir el paso debajo de la línea H existente y evitar el levantamiento de fondo al construir la estación	
• Por proximidad con el puelchense (acuífero) se decidió el uso de 2 tuneladoras para no llegar a tocarlo en la proximidad de estaciones o secciones atípicas de cambios de vías.	



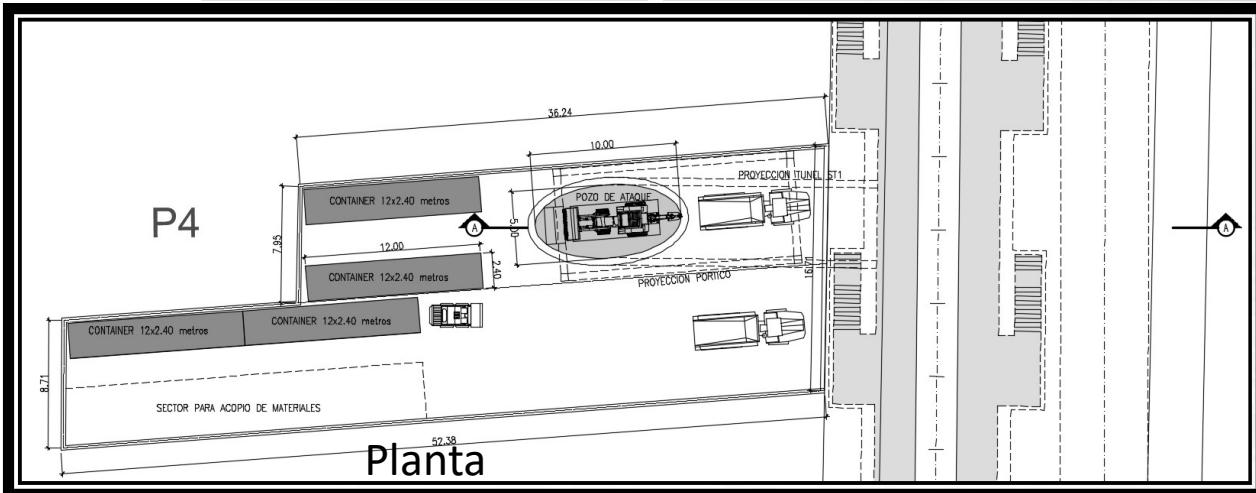
ESTACIÓN ESPECIAL CONSTITUCIÓN

MÉTODO CUT & COVER PARA FUTURA LINEA F

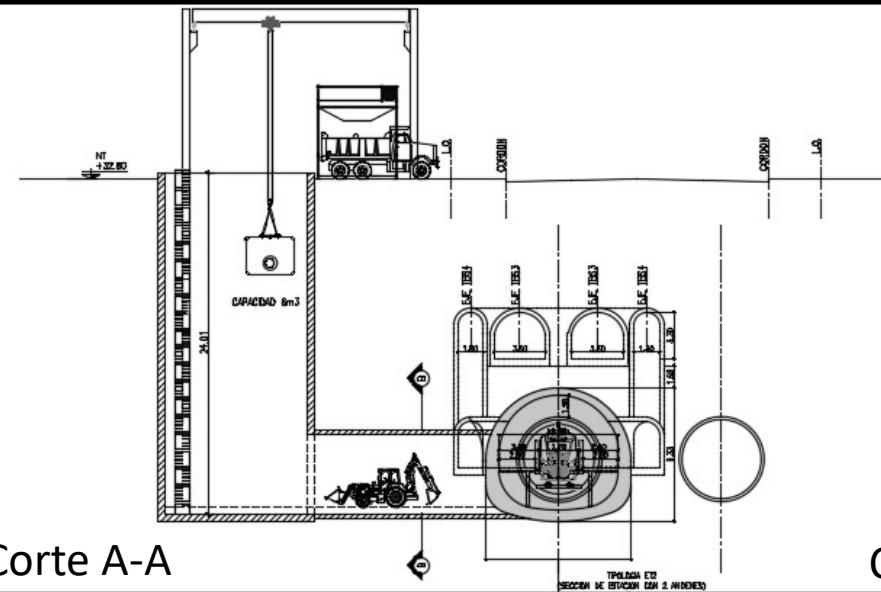




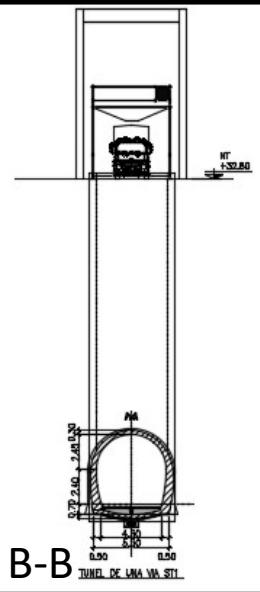
6.- PROYECTO DE SISTEMA DE ACCESO A OBRA DE ESTACIONES EN TÚNEL PARA FUTURA LÍNEA F



Vista Pórtico
y Tolva



Corte A-A



Corte B-B



Alamys

Asociación Latinoamericana de
Metros y Subterráneos



- MUCHAS GRACIAS -