



NAP 2-3-1.0

NORMA ADIF PLATAFORMA

TÚNELES

3ª EDICIÓN: MARZO 2025

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV.
Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

CONTROL DE CAMBIOS Y VERSIONES

Revisión		Modificaciones	Puntos Revisados
Nº	Fecha		
ED1M1	JUNIO 2018	Inclusión de las conclusiones del "Estudio de efectos aerodinámicos sobre tapas de canaletas en túneles de Alta Velocidad".	Apartado 6.1 Trazado y sección transversal
ED2	ENERO 2023	Revisión completa del documento, tanto del índice tipo como de las fases constructivas. Inclusión de las distintas instalaciones del túnel y de la documentación propia del mismo.	Todos
ED2M1	JUNIO 2023	Inclusión de referencia a la Orden TMA/135/2023, revisión de los apartados de protección frente al fuego y simulación de incendio y evacuación.	1, 5.1.6, 5.1.10 y 10
ED3	MARZO 2025	Revisión completa del documento. Adaptación a la Orden TMA/135/2023. Revisión completa del apartado 5.1 Instalaciones de Seguridad, 5.2.3 Pozos de Bombeo y 5.9 Estaciones Subterráneas. Anejo 4.	Todos

EQUIPO REDACTOR

Grupo de Trabajo GT-102. Túneles.

<p>Propone:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Grupo de trabajo GT-102 Fecha: 20 de marzo de 2025</p>	<p>Aprueba:</p> <p>Comité de Normativa Reunión de XX de XX de XXXX</p>
--	--

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA

1.- OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	5
2.- INTRODUCCIÓN.....	5
3.- CONTENIDO MÍNIMO DEL ANEJO DE TÚNELES	6
4.- OBRA CIVIL DEL TÚNEL.....	12
4.1.-ANÁLISIS JUSTIFICATIVO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA. SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS BÁSICAS.....	12
4.2.-DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN LIBRE DE ACUERDO CON LA ETI DEL SUBSISTEMA DE INFRAESTRUCTURA.....	13
4.2.1.-CRITERIOS DE SALUD	13
4.2.2.-CRITERIO DE CONFORT.....	14
4.2.3.-SONIC BOOM.....	14
4.3.-SECCIÓN GEOMÉTRICA	15
4.4.-PERFIL LONGITUDINAL.....	16
4.5.-RECOMENDACIONES SOBRE GEOLOGÍA, GEOTECNIA E HIDROGEOLOGÍA	16
4.6.-RECOMENDACIONES SOBRE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTOS	16
4.6.1.-MÉTODOS CONSTRUCTIVOS	16
4.6.2.-CÁLCULO DE LA EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO	17
4.6.3.-CONTRABÓVEDAS.....	18
4.6.4.-EMBOQUILLES	19
4.6.5.-SOSTENIMIENTO Y REVESTIMIENTO	20
4.6.5.1.-Sostenimiento en túnel	20
4.6.5.2.-Sostenimientos de emboquille	21
4.6.6.-RELLENO SOBRE TÚNEL ARTIFICIAL.....	22
4.6.7.-ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS NECESARIOS	23
4.6.8.-MEJORA DE LA EXCAVABILIDAD Y TRATAMIENTOS ESPECIALES.....	24
5.- INSTALACIONES A CONTEMPLAR EN LOS TÚNELES.....	24
5.1.-INSTALACIONES DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD.....	25
5.1.1.-EVACUACIÓN DE PERSONAS.....	25
5.1.2.-PASILLOS DE EVACUACIÓN	26
5.1.3.-ZONAS SEGURAS Y DE RESCATE	27
5.1.4.-PROTECCIÓN Y SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS	28
5.1.5.-ESTUDIOS DEL INCENDIO Y DE EVACUACIÓN	29
5.1.5.1.-Introducción a los estudios de modelización del incendio y de evacuación.....	29
5.1.5.2.-Parámetros iniciales para el estudio del incendio y evacuación.....	31
5.1.5.2.1.-Estudio de incendio.....	31
5.1.5.2.2.-Estudio de evacuación	32
5.1.5.2.3.-Selección de hipótesis de cálculo.....	32
5.1.5.2.4.-Criterios de aceptación o rechazo	33

5.1.5.3.-Ventilación.....	33
5.2.-INSTALACIONES DE PLATAFORMA.....	34
5.2.1.-IMPERMEABILIZACIÓN	34
5.2.2.-DRENAJE	34
5.2.3.-POZOS DE BOMBEO	35
5.2.4.-ILUMINACIÓN NORMAL.....	36
5.3.-INSTALACIONES DE VÍA	36
5.4.-INSTALACIONES DE CABLES.....	37
5.4.1.-CANALIZACIONES HORMIGONADAS BAJO PASILLO DE EVACUACIÓN	37
5.4.2.-CANALETAS PREFABRICADAS	38
5.4.3.-CRUCES DE CABLES BAJO VÍA	39
5.5.-INSTALACIONES DE ENERGÍA Y LÍNEA AÉREA DE CONTACTO	39
5.6.-INSTALACIONES DE CONTROL, MANDO Y SEÑALIZACIÓN	40
5.7.-INSTALACIONES DE TELECOMUNICACIONES	40
5.8.-PUESTAS A TIERRA	41
5.9.-ESTACIONES SUBTERRÁNEAS	42
5.10.- SUBESTACIONES SUBTERRÁNEAS	42
6.- EXPEDIENTE DE MANTENIMIENTO	42
7.- DOCUMENTACIÓN A ENTREGAR	43
8.- NORMATIVA DEROGADA	44
9.- DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR	44
10.-NORMATIVA DE REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA.....	44
I.Anejo 1. SECCIONES TIPO	48
II.Anejo 2. DETALLES DE INSTALACIONES DE CABLES	54
III.Anejo 3. ESQUEMAS DE PUESTAS A TIERRA	60
IV.Anejo 4. INTERFACES IFI Y ETI SEGURIDAD EN TÚNELES.....	65

1.-OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente norma tiene por objeto establecer los criterios para el diseño de los túneles ferroviarios que van a formar parte de la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG) gestionada por Adif y Adif AV (en adelante Adif).

Las condiciones establecidas en este documento serán de aplicación a los túneles de nueva ejecución.

Las actuaciones en túneles existentes, renovación, rehabilitación, ampliación y acondicionamiento, no son objeto del presente documento y se realizarán conforme a lo recogido en el apartado 7.2.2 de la ETI¹ de «seguridad en los túneles ferroviarios», y las instrucciones adicionales recogidas en el apartado 7.3.2 de la IFI² y 7.4.2 de la IFE³, pudiendo utilizar el presente documento como referencia. Además, se deberá actuar garantizando la compatibilidad técnica con el material rodante previamente autorizado a circular por las vías contenidas en el túnel o túneles objeto de la actuación.

2.-INTRODUCCIÓN

Un túnel ferroviario es una excavación o una construcción alrededor de las vías que permite que el ferrocarril pase, por ejemplo, por debajo del terreno, edificios o agua. La longitud de un túnel viene definida por la distancia cuya sección transversal está totalmente confinada, medida al nivel del carril. Un túnel, en el ámbito del presente documento y conforme a la ETI de «seguridad en túneles ferroviarios», es el que tiene una longitud igual o superior a 0,1 km. Dichos elementos se inventariarán según la norma NAG 2-4-1.4 "Inventario de túneles ferroviarios. Obra civil" y la norma NAG 2-4-5.5 "Inventario de Instalaciones de Protección y Seguridad".

Las estaciones que formen parte del túnel deberán cumplir las normas nacionales en materia de seguridad contra incendios y la norma NAG 5-0-1.0 "Requerimiento para la protección y seguridad en el diseño de estaciones subterráneas".

Cualquier elemento que se instale dentro de un túnel ferroviario debe respetar la ETI de seguridad en túneles ferroviarios y las modificaciones introducidas por el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/776 en el apartado 4.2.1.3. e IFI en su apartado 4.1.4.9.5 relativo a la reacción al fuego de los materiales de construcción.

Se enumerarán los materiales que no contribuyan significativamente a la carga de fuego.

instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI) y la instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de energía (IFE)

¹ ETI: Especificación Técnica de Interoperabilidad.

² IFI: Instrucción Ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de Infraestructura.

³ IFE; Instrucción Ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de Energía.

3.-CONTENIDO MÍNIMO DEL ANEJO DE TÚNELES

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto

1.2. Datos de partida. Se resumirá la información que se ha tenido en cuenta para el diseño de los túneles pertenecientes al subtramo, tanto la proporcionada por Adif (Estudio Informativo, Estudio geológico-geotécnico, Declaración de Impacto Ambiental) como la desarrollada por el propio proyectista en otros Anejos del proyecto. Se incluirá el análisis multicriterio.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS TÚNELES PROYECTADOS

Se relacionarán los túneles proyectados, identificados por sus P.K. y su designación, y para cada uno de ellos se hará la siguiente descripción:

2.1. Sección libre. Se confirmarán los criterios de salud y confort.

2.2. Sección geométrica. Deberá incluirse la justificación matemática, mediante cálculo, de que se cumple la sección libre recomendada. Se analizarán posibles interferencias entre todos los subsistemas.

2.3. Perfil longitudinal. Se incluirá una tabla con los puntos altos, bajos y pendiente longitudinal, así como la descripción de los pozos de bombeo y salidas de emergencia, si procede.

2.4. Velocidades de paso. Se incluirá una tabla donde para cada túnel se describa todo el proceso de dimensionamiento y de determinación de la velocidad máxima por aerodinámica. Dicha tabla constará de los siguientes epígrafes:

- Velocidades máximas desarrollables en el túnel por condicionantes geométricos (planta, alzado) o de explotación (proximidad de bifurcaciones, estaciones, apartaderos, etc.).
- Tipología de vía a disponer (vía con o sin balasto).
- Longitud del túnel.
- Descripción de la sección (vía doble, vía única, instalaciones de que dispondrá, etc.).
- Descripción y justificación del método de cálculo y dimensionamiento de la sección libre del/los túneles.
- Comprobaciones (de la sección libre).
- Recomendaciones sobre otros efectos aerodinámicos a tener en cuenta, relacionados con el diseño de la sección (p.e.: Efecto sobre la capa límite por elementos auxiliares como pasillos de evacuación; cumplimiento de aspecto medioambientales derivados del efecto pistón, etc.).
- Determinación de las velocidades máximas de paso por el túnel debidas a efectos aerodinámicos.

2.5. Excavación. Descripción de los tipos de terreno considerados, métodos constructivos y maquinaria más adecuada para la excavación, fases de excavación previstas, longitudes

de avance recomendadas, consideraciones específicas para contrabóveda, emboquilles, rellenos, etc. Adjuntar documentación en abierto y digital de cálculo.

- 2.6. Emboquilles. Justificación de la tipología y ubicación de los emboquilles. Tratamiento previsto del talud frontal y plano de emboquille.
- 2.7. Sostenimiento. Definición y justificación de los distintos tipos de sostenimiento previstos, descripción de los elementos que los constituyen, orden de colocación, etc. y justificación de presolera en avance, contrabóveda o solera sin función resistente. Adjuntar documentación en abierto y digital de cálculo.
- 2.8. Revestimiento. Definición de la sección adoptada y, en su caso, función estructural considerada y su cálculo (tensiones inducidas por el sostenimiento, fluencia diferida del terreno, etc.).
- 2.9. Impermeabilización y drenaje. Descripción de las zonas de posible irrupción de agua en la excavación y precauciones a adoptar. Definición del sistema de impermeabilización y sus elementos constituyentes. Definición de la captación transversal de filtraciones y de la evacuación longitudinal (drenes, colectores, cunetas) en el centro y laterales del túnel. Detalles del sistema de impermeabilización en el entronque entre las galerías y el túnel principal.
- 2.10. Túneles artificiales (si procede): condicionantes del trazado, ambientales, accesos, y factores geomecánicos: cobertura necesaria y calidad del terreno, etc.
- 2.11. Condiciones especiales de contorno o diseño:
- Se comprobará la correcta conexión con los tramos adyacentes comprobando la totalidad de la sección transversal, en cuanto a características geométricas (planta y alzado), canalizaciones de instalaciones, sistemas de drenaje y en cuanto al cierre de coordenadas de las bases de replanteo. En todo caso se verificará el trazado obtenido de forma que la rasante proyectada optimice el consumo de materiales (volumen de hormigonado, etc.) y los condicionantes en cada caso (posición del tercer hilo si lo hubiera, etc.)
 - Se definirán las oportunas transiciones de rigidez a nivel de infraestructura en todo caso a la salida del túnel de forma compatible según NAV 7-1-0.7 Diseño y montaje de vía sin balasto para obra nueva y según NAP 1-2-4.0 Geología, geotecnia y estudio de materiales.
 - Se establecerán los requisitos especiales de seguridad de la explotación (necesidad de tránsito de vehículos de emergencia, continuidad de pasillos laterales de evacuación, etc.) y de mantenimiento de la vía que puedan condicionar la definición de la infraestructura de acceso o evacuación.
 - Cuando se requiera el montaje de aparatos de vía en el interior del túnel, se deberá considerar el gálibo necesario para la ubicación de los accionamientos y evitar la inundación de los motores mediante las obras de drenaje necesarias.
- 2.12. Diseño de Galerías (si procede): La sección tipo de éstas debe tener en cuenta la instalación de, al menos, puertas de emergencia y equipos de presurización.

2.13.Expropiaciones: Se determinarán y definirán los terrenos a expropiar para dar respuesta a las necesidades de ocupación para la ejecución, explotación y mantenimiento de los túneles. Se indicará la tipología de afectación expropiatoria (expropiación, ocupación temporal, etc.) y criterios a aplicar (por ejemplo, distancias de zonas de dominio público) según tipo de túnel (en mina y falso túnel) y entorno del trazado (rural o urbano). Se incluirá en el anejo de expropiaciones del proyecto, junto con el resto de documentación necesaria para el expediente de expropiaciones según se indica en la norma NAG 1-2-0.0 "Expropiaciones".

3. MAQUINARIA UTILIZADA (epígrafe a incluir cuando proceda).

3.1. Maquinaria (Incluir un capítulo por cada tipo de maquinaria utilizada, cuando proceda).

- Descripción de la tipología actual de máquinas, para los diversos tipos de terrenos.
- Descripción de las condiciones geológicas y geotécnicas de la traza, y parámetros que influyen en la selección de la tipología de máquina, a saber:
 - Características geomecánicas del terreno.
 - Abrasividad.
 - Perforabilidad.
 - Presencia de cavidades.
 - Riesgo de atrapamiento en escudos.
 - Presencia de agua (presión, golpes de agua, sifonamiento en arenas, etc.).
 - Presencia de gases peligrosos: grisú/metano.
 - Granulometría en suelos y contenido de finos.
 - Grado de conocimiento de los terrenos atravesados y posibles incertidumbres.
- Selección de la tipología de máquina adecuada para el túnel, en función del terreno que se va a excavar, justificando las razones.
 - Tuneladora de roca (Topo, Simple Escudo, Doble Escudo).
 - Tuneladoras para suelos (Escudo de presión de tierras (EPB), Hidroescudo).
 - Tuneladoras mixtas para suelos y rocas.
- Evaluación de los riesgos geotécnicos según el tipo de máquina elegido.
- Condicionantes geométricos para la excavación: diámetro de excavación, diámetro interior del revestimiento, radio mínimo en planta y en alzado.
- Descripción del proceso constructivo, con la máquina seleccionada.
- Estimación de rendimientos y plazos.
- Descripción general de los componentes de la máquina, elementos auxiliares y parámetros básicos (potencia instalada, empuje máximo y de trabajo, par, etc.).

- Procedimiento de trabajo; descripción de un ciclo de avance, inyección del trasdós de las dovelas, revisión de herramientas, parámetros de trabajo de la tuneladora.
- Protocolo para el mantenimiento de cortadores auxiliares y medidas que conlleve.
- Ubicación de los pozos de ataque y extracción de la máquina, en caso de ser túneles urbanos, y de los emboquilles cuando es un túnel no urbano.
- Definición de la zona de instalaciones en el punto de ataque, para la ejecución del túnel, zona de talleres, oficinas, acopios y desescombro.
- Definición de elementos auxiliares, como conexiones entre tubos o salidas al exterior, método de transporte (cinta o vagonetas), accesos, etc.
- Necesidad de acondicionar accesos a las bocas y/o zonas de instalaciones auxiliares.
- En túneles con escudo, ubicación y acometidas para plantas de prefabricación de dovelas.
- Prever la necesidad de acometida eléctrica para instalaciones y tuneladoras. En su caso, proyecto de acometida y estimación de plazos, autorización, ejecución y legalizaciones.
- Instalaciones de tratamiento de aguas procedentes de la excavación.

3.2. Sostenimiento y revestimiento

- Descripción de la tipología actual de máquinas para los diversos tipos de terrenos.
- Descripción de las condiciones geológicas y geotécnicas de la traza, y parámetros que influyen en la selección de la tipología de máquina.
- Características geomecánicas del terreno (matizar para cada tipo de maquinaria utilizada).
 - Tuneladoras con escudo.
 - Tipología de anillos de dovelas existentes (universal, izquierda-derecha, etc.) y selección del más adecuado.
 - Definición del revestimiento seleccionado; geometría, materiales, junta de impermeabilización (en función de las cargas de agua existentes y condiciones de ejecución), fibras, etc.
 - Dimensionamiento estructural de las dovelas con sus cálculos correspondientes: por empuje del terreno y gatos, acopio, desencofrado, etc.
 - Tuneladoras abiertas. Topos.
 - Definición del tipo de sostenimiento seleccionado para los diferentes tipos de terreno.
 - Definición y dimensionamiento estructural del revestimiento definitivo.
 - Estudio del ciclo de construcción. Momento de ejecución del revestimiento respecto al avance de la excavación.

3.3. Análisis de subsidencias

- Estudios de subsidencias.
- Evaluación de riesgos y zonificación.
- Modelización numérica de subsidencias.

3.4. Instrumentación y control de subsidencias

- Criterios generales para la definición del Plan de Auscultación.
- Definición de las magnitudes que han de controlarse: movimientos del terreno, edificios, infraestructuras, revestimiento del túnel, franja de posibles subsidencias.
- Definición de la instrumentación necesaria.
- Definición detallada de las secciones a instrumentar en el túnel.
- Secciones internas.
- Secciones de control externas.
- Metodología del control de subsidencias.
- Estudio estructural de los edificios en la franja de subsidencias, con su estado de conservación y valor patrimonial, si procede.

3.5. Tratamientos del terreno

- Justificar la necesidad de realizar tratamientos del terreno en determinadas zonas, en función del análisis de subsidencias y de todas las condiciones de contorno del túnel; edificios, infraestructuras, servicios, cobertera del túnel, terreno, etc.
- Definición de los tratamientos del terreno necesarios.
- En túneles que tengan tramos largos en terrenos de baja calidad se ejecutarán tratamientos del terreno para crear "zonas seguras" en las que puedan hacerse operaciones de mantenimiento de la máquina.

4. SEGUIMIENTO Y AUSCULTACIÓN DE LOS TÚNELES

Se definirá el plan de seguimiento, la separación media entre secciones de auscultación en cada tipo de terreno, detalles de la instrumentación a instalar, tipo y frecuencia de las medidas de tensiones y deformaciones, así como pautas/criterios respecto a las medidas a adoptar en obra en función de la deformación acumulada, de los umbrales de alarma, de las velocidades de las deformaciones y de su aceleración.

Los planes de auscultación deben incluir la medida del caudal de agua evacuado durante la excavación del túnel. Según la complejidad del túnel, la medida del caudal se realizará por formaciones, instalando secciones de aforo intermedias.

5. MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD

Se describirán, aunque que no sea objeto del proyecto, con detalle las medidas de protección y seguridad adoptadas en el proyecto a fin de satisfacer los criterios fijados por la ETI de Seguridad en Túneles e IFI, y recogidos en el apartado 5.1 del presente documento.

6. INSTALACIONES

Se describirán las instalaciones del resto de técnicas que contemplen el proyecto, y en caso de no contemplarlas, indicarlas con el objeto de identificar posibles incompatibilidades, debiéndose recoger planos de detalles que eviten problemas durante la fase de construcción.

Se adjuntará un cálculo estático con una presión conforme a lo indicado en la IFI 4.1.4.9.3.

7. APÉNDICE

Se incluirán:

- Cálculos auxiliares. Métodos de cálculo utilizados para definir los sostenimientos, en media sección y en destroza, y en su caso la contrabóveda, así como los elementos del emboquille (talud frontal, protecciones), acompañando los esquemas necesarios.
 - Estudio de sensibilidad del diseño. El proyecto incluirá, con el suficiente detalle, un análisis de sensibilidad sobre el diseño realizado para cada túnel, examinando el posible efecto que variaciones en los parámetros e hipótesis geotécnicas adoptadas, dentro de una gama razonablemente previsible, pudieran tener en el dimensionamiento del conjunto sostenimiento + revestimiento. Además, incluirá el análisis del efecto de variaciones en los parámetros de abrasividad, perforabilidad y parámetros de permeabilidad.
 - Estudio del comportamiento a largo plazo. En determinadas condiciones (ver recomendaciones en el punto 5) el proyecto debe incluir la consideración de las acciones correspondientes a una eventual degradación a largo plazo de la resistencia al corte, expansividad o fluencia del terreno.
- Documento de integridad estructural frente al fuego.
- Otros. Documentación fotográfica del emplazamiento de los emboquilles, así como otros temas que el proyectista considere de interés específico, como problemas singulares, por ejemplo: Squeezing, Karst, Gases explosivos, etc. con descripción de la problemática y justificación de las soluciones adoptadas.
- Expediente de mantenimiento.
- Plan de mantenimiento.

4.-OBRA CIVIL DEL TÚNEL

4.1.-ANÁLISIS JUSTIFICATIVO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA. SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Se realizará un análisis multicriterio independiente para cada una de las siguientes características básicas, como mínimo:

- Sección geométrica tipo.
- Método constructivo.

Cada análisis simple tendrá como mínimo los siguientes criterios de valoración:

- Costes de construcción.
- Proceso de evacuación y rescate.
- Longitud del túnel.
- Costes de mantenimiento.
- Rendimiento de construcción.
- Accesibilidad para inspección y mantenimiento.
- Afección al tráfico ferroviario.
- Integración ambiental.
- Adaptación del túnel al cambio climático: temperatura, precipitación, nivel del mar, velocidad del viento, humedad y radiación solar.
- Consideraciones sobre geología, geotécnicas e hidrogeología.
- Dificultad en la ejecución.
- Afección durante la ejecución a otras infraestructuras existentes.
- Facilidad de drenaje.
- Otros a seleccionar por el proyectista.

Los pesos del análisis multicriterio serán propuestos por el proyectista y validados por la dirección del contrato.

Para la realización del análisis multicriterio, se deberán tener en cuenta las consideraciones recogidas en el presente documento.

4.2.-DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN LIBRE DE ACUERDO CON LA ETI DEL SUBSISTEMA DE INFRAESTRUCTURA

La sección libre del túnel es la sección excavada menos los elementos estructurales de sostenimiento y revestimiento y los diferentes equipamientos.

La sección libre a adoptar para cada túnel es un dato de proyecto que el proyectista deberá proponer a Adif, justificando en cada caso el cumplimiento del presente documento.

La longitud total que debe tener el túnel (en mina + túnel artificial) se habrá justificado previamente por el proyectista, teniendo en cuenta los condicionantes topográficos, de trazado, geológico-geotécnicos y medioambientales.

La longitud de cálculo no deberá diferir en ± 5 m respecto a la longitud total del túnel.

En el caso que se prevean estaciones subterráneas dentro del túnel, deberán estudiarse de manera particular los efectos de las variaciones de presiones conforme al apartado 4.1.4.9.1 del libro III de la IFI.

Para túneles de igual o más de 200 m, deberán revisarse los criterios de variaciones de presión conforme al apartado 4.1.4.9.2 del libro III de la IFI.

4.2.1.-Criterios de salud

Para la determinación de los criterios de salud que se deben tener en cuenta a la hora del diseño del túnel, se atenderá a lo recogido en el apartado 4.1.4.9.2 a de la IFI.

Una vez se ha determinado la sección que cumple con el criterio de salud, se le aplicará el criterio de confort y en caso de que cumpla se dará por válida.

Criterios de aplicación en la comprobación del criterio de salud:

- Para comprobar el criterio de salud es necesario realizar cálculos específicos con programas de simulación aerodinámica en túneles ferroviarios, con el fin de determinar el área libre del túnel que satisfaga dicho criterio.
- El tren de cálculo será el tren interoperable definido en la ETI de Material Rodante: Tren de sección transversal según gálibo de acuerdo con los apartados 6.2.4.12 y 7.7.15.9 de la ETI de infraestructura, longitud máxima 400 m y con la firma aerodinámica definida por la "curva característica tren-túnel-presión en una posición fija en un túnel" (valores aerodinámicos del tren a considerar en los programas) de la Norma EN 14067-5.
- En túneles de vía única la velocidad máxima del tren será de 350 km/h, o la velocidad de diseño máxima.
- En túneles de vía doble se analizará el caso de cruce de dos trenes no estancos a la velocidad de proyecto incrementada en un 10% si el resultado de la velocidad es inferior a 300km/h, con un mínimo de 220 km/h, y con el desfase a la entrada pésimo (máximas variaciones de presión pico a pico). Se analizarán las longitudes de trenes más críticas en función de la longitud del túnel (100, 200 y 400m).

- En cualquier caso, la máxima variación de presión no debe superar los 10 kpa durante todo el tránsito del tren en el túnel, incluida la diferencia de presión debida a la declividad del túnel.
- Según la norma EN 14067-5, la franja temporal adecuada y suficiente para captar los picos es $\Delta t \leq L_{tu}/5c$, siendo L_{tu} la longitud del túnel y "c" la velocidad del sonido. En túneles de vía doble, se simulará el cruce de los dos trenes durante todo el tránsito de los mismos en el interior del túnel con intervalos de desfase citado, partiendo de una entrada simultánea hasta la salida de uno de los trenes.

4.2.2.-Criterio de confort

Para la determinación de los criterios de confort que se deben tener en cuenta a la hora del diseño del túnel, se atenderá a lo recogido en el apartado 4.1.4.9.2 b de la IFI.

Criterios de aplicación en la comprobación del criterio de confort:

- Para comprobar el criterio de confort en túneles de vía única se considera un tren convencional moderno no estanco a la velocidad de 220km/h, limitándose a 2kpa la máxima variación de presión en 4 segundos.
- En túneles de vía doble se considera el cruce de dos trenes, con el desfase pésimo, uno de alta velocidad a la velocidad de proyecto incrementada en un 10% si el resultado es inferior a 300km/h, y con un mínimo de 220 km/h, y otro convencional a 220 km/h (admitiéndose un tren no estanco con una estanqueidad pasiva de 0,5 segundos al no tener ventanas practicables) limitándose a 4kpa en 4 segundos la máxima variación de presión que puede experimentar el tren convencional.
- Adicionalmente al cálculo anterior, para el confort de los trenes estancos, se calculará con un tren de estanqueidad 6 segundos las presiones experimentadas por los viajeros o la tripulación que no deberán exceder los siguientes límites:
 - 1,0 kPa en un periodo de 1 segundos.
 - 1,6 kPa en un periodo de 3 segundos.
 - 2,0 kPa en un periodo de 10 segundos.
 - 3,0 kPa durante todo el tránsito del tren en el túnel.

La Ficha UIC 779-11 "Determination of railway tunnel cross-sectional areas on the basis of aerodynamic considerations", solo está recomendada para prediseño, según indica la propia ficha. En ningún caso podrá justificarse la sección libre de un túnel mediante su aplicación para el criterio de salud.

4.2.3.-Sonic Boom

Se debe comprobar la posible generación del "Sonic Boom / Estallido Sónico" para velocidades de paso por los túneles igual o superiores a 200 km/h, según lo establecido en la norma EN 14067-5, en relación con el cálculo de micro presiones.

En el caso de los túneles cuyo emboquille se encuentre en zona urbana y se haya estimado que puede producirse el fenómeno de "Sonic Boom/Estallido Sónico", el emboquille deberá dimensionarse para amortiguar el ruido ocasionado.

4.3.-SECCIÓN GEOMÉTRICA

Para la determinación de la sección geométrica que se debe tener en cuenta a la hora del diseño del túnel, se atenderá a lo recogido en el apartado 4.1.4.9.3 del libro III de la IFI.

La sección geométrica es la sección utilizada que integra todos los requisitos de los diferentes subsistemas.

Para cada túnel específico, una vez fijada la sección libre, el proyectista ha de diseñar su sección geométrica.

El proyectista deberá hacer un cálculo justificativo del cumplimiento de la sección libre estricta conforme a la ETI de Seguridad en Túneles. En caso de que esta sección libre estricta sea un valor inferior a los 52 m² en vía única y 85 m² en vía doble, se tomarán estas para la sección libre del proyecto. En caso justificado, se podrá dimensionar la sección libre menor a 52 m² en vía única y 85 m² en vía doble.

En el caso de un túnel con más de dos vías se realizará un análisis para determinar la sección libre.

Dadas las distintas soluciones posibles para una misma sección libre total, el proyectista deberá presentar al comienzo de su trabajo la sección geométrica totalmente definida, incluido dimensiones de soleras, pasillos de evacuación, colectores, etc., respetando lo especificado en los Reglamentos (UE) 1303/2014 "ETI de Seguridad en túneles y el Reglamento (UE) 1299/2014 "ETI de Infraestructura" (DOUE 12/12/2014) así como el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/776 de la Comisión, de 16 de mayo de 2019, y los requisitos para cada tipo de instalación recogidos en el presente documento o los que proceda.

En la presente NAP se recogen unas secciones tipo a modo de esquemas con la disposición de elementos y criterios a tener en cuenta. En cualquier caso, el diseño en su conjunto deberá justificarse desde todos los puntos de vista (técnico, funcional y de su carácter de interoperabilidad según el Real Decreto 929/2020, de 27 de octubre, sobre seguridad operacional e interoperabilidad ferroviarias). Cuando proceda, el túnel deberá incorporar, las instalaciones y equipamientos recogidos en el presente documento. En el caso de no poder satisfacer lo recogido en el presente documento, se deberá justificar su no inclusión.

El gálibo empleado en los planos será coherente con la Orden FOM/1630/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la Instrucción Ferroviaria de Gálivos, y deberá respetar las especificaciones técnicas de interoperabilidad de los subsistemas de infraestructura, material rodante y energía de los sistemas ferroviarios. En caso de ser necesario un gálibo más restrictivo por condicionante externos o contar con características menos restrictivas, se ajustará la sección transversal a estos condicionantes.

La sección transversal, además de estar dimensionada a efectos de las variaciones de presión del aire en su sección libre, deberá cumplir los siguientes condicionantes mínimos en todos los casos:

- Sostenimiento estructural y revestimiento de hormigón en todos los casos. Se dispondrá de contrabóveda, en lugar de losa plana, en los siguientes casos:
 - Excavación de túnel en suelos.
 - Excavación de túnel en roca, siempre que se justifique su necesidad estructural.
- Se estudiará caso por caso la necesidad de armado de la contrabóveda.
- Impermeabilización del revestimiento.

- Espacio suficiente para las instalaciones ferroviarias (plataforma, vía, cables, energía y catenaria, control, mando y señalización, telecomunicaciones, puestas a tierra, lazos de conexión y otras conexiones a tierra, etc.) y las instalaciones de protección y seguridad (pasillos de evacuación, zonas seguras, protección contra el fuego, suministro de agua, etc.). Los criterios generales se recogen en el apartado 5 del presente documento.

En trazados urbanos o cercanos a edificaciones se realizará un estudio vibratorio para analizar la necesidad de disponer de elementos para mitigar las vibraciones. Como mínimo se realizará este estudio cuando existan edificaciones en una franja igual a la profundidad del túnel medida en proyección horizontal a ambos lados del eje.

4.4.-PERFIL LONGITUDINAL

Adicionalmente a los requisitos recogidos en el presente documento para cada instalación, el diseño del perfil longitudinal tendrá en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Evitar los puntos bajos en los que no haya posibilidad de desagüe del túnel por gravedad y puedan producirse acumulación de aguas en el interior del túnel y, en su caso, proyectar los pozos y equipos de bombeo necesarios.
- Se evitará, en la medida de lo posible, que la rasante dentro del túnel tenga puntos altos, ya que puede favorecer la acumulación de gases.
- La pendiente longitudinal mínima será de 5‰ salvo en acuerdos verticales. En casos excepcionales de estaciones subterráneas la pendiente longitudinal mínima podrá ser de hasta el 2‰ salvo en acuerdos verticales. La pendiente máxima será de acuerdo con el apartado 4.4.14 de la NAP 1-2-1.0 Metodología para el diseño de trazado ferroviario. Para túneles de más de 1.000 m se realizarán simulaciones de dinámica computacional de fluidos (en adelante, CFD) de incendio y evacuación para la confirmación de que la pendiente máxima de diseño elegida no obliga a implantar ventilación mecánica.

4.5.-RECOMENDACIONES SOBRE GEOLOGÍA, GEOTECNIA E HIDROGEOLOGÍA

Se realizarán los estudios según la norma NAP 1-2-4.0 "Geología, geotecnia y estudio de materiales".

4.6.-RECOMENDACIONES SOBRE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTOS

4.6.1.-Métodos constructivos

La excavación mediante máquinas tuneladoras, rozadoras, palas, o explosivos; la protección y estabilidad de las excavaciones mediante escudos a presión atmosférica o presurizados, precortes, cerchas, bulones, hormigón proyectado, armadura con mallazos o fibras metálicas, micropilotes, jet-grouting, inyecciones, etc., serán convenientemente analizadas.

Se realizará una descripción de los aspectos fundamentales de la secuencia operativa del método de construcción elegido. Adicionalmente, se tendrán en cuenta las canalizaciones, arquetas y lazos de conexión requeridos para realizar las conexiones de puesta a tierra descritas en el apartado 5.8 y según la electrificación a instalar en el túnel.

Se calculará y definirá el sostenimiento y el revestimiento de la obra subterránea. Se entiende por sostenimiento el conjunto de dispositivos precisos para mantener la estabilidad de la excavación de manera definitiva. En situaciones especiales, que justifique el proyectista, será necesaria la colaboración estructural del revestimiento. El revestimiento, en condiciones normales, será un elemento no estructural.

Se justificarán y proyectarán las condiciones de drenaje o impermeabilización de los entornos de la excavación durante la construcción y explotación.

En el caso de que las deformaciones sean prioritarias por la proximidad de edificaciones o instalaciones importantes, los métodos constructivos y los sostenimientos se dirigirán especialmente hacia una admisibilidad de los movimientos originados por la obra, fijándose en el proyecto las condiciones de admisibilidad.

Salvo justificación en contrario, la selección de pesos sobre el análisis multicriterio priorizará que el proyecto de los túneles en macizos rocosos se ajuste a la técnica del Nuevo Método Austríaco de Construcción de Túneles, tanto en lo que se refiere a su diseño y cálculo como a la definición del procedimiento constructivo.

En suelos, rocas blandas, etc. la selección de pesos sobre el análisis multicriterio considerará al mismo nivel otros posibles métodos como los de sostenimiento-revestimiento (método Belga o Alemán), el Bernold, los de sostenimiento al avance (como el precorte mecánico), sin descartar, en determinadas condiciones, el empleo de rozadoras, escudos o tuneladoras.

La subdivisión del avance y/o la destroza y sus posibles decalajes en secciones menores deben estudiarse si el terreno lo requiere, contemplándose en todo caso que los tamaños de las secciones deben permitir la ejecución con maquinaria habitual de excavación de túneles.

Salvo justificación en contrario, los túneles se excavarán en dos secciones: avance y destroza. La línea divisoria entre ambas deberá tener en cuenta criterios constructivos: altura y sección suficiente para albergar la maquinaria más adecuada en cada caso.

A la vista del perfil geológico – geotécnico del terreno, el proyecto definirá si la excavación se realiza a sección completa o en avance y destroza. Se podrá plantear la alternancia entre un método y otro de excavación, pero siempre que la longitud del tramo con cada tipo de excavación se justifique técnica y económicamente.

4.6.2.-Cálculo de la excavación y sostenimiento

Con independencia de la clasificación geomecánica basada en las características intrínsecas de los terrenos a atravesar, todos los proyectos deberán incluir comprobaciones de cálculo y/o modelos que reproduzcan adecuadamente el comportamiento de los macizos en el entorno de la excavación, así como las acciones de los elementos básicos del sostenimiento.

En todos los cálculos se reflejarán con claridad las características de los procedimientos y datos de entrada utilizados, y en cuadros o gráficos de síntesis se dará la comparación global de los resultados obtenidos.

Cuando se calcule para métodos de voladura, se recomienda incorporar una corona de terreno alterado.

Como criterios de rotura se recomienda utilizar los de Hoek y Brown (1992) en roca y el de Mohr-Coulomb, especialmente apropiado para suelos y rocas blandas, si bien, se justificará debidamente el criterio de rotura seleccionado, debiendo justificarse con claridad la relación elegida para las tensiones principales.

En los túneles en rocas blandas y suelos se estudiará con especial detenimiento las condiciones de paso en zonas de especial peligrosidad: contactos con rocas duras, zonas de filtraciones, en función de su cuantía e importancia prevista y de la consistencia del terreno, etc.

En los casos en los que el túnel tenga presencia de agua, se ha de especificar claramente el caudal de cálculo máximo, así como su repercusión en los métodos de construcción.

Se estudiará con especial detenimiento las zonas con montera reducida (menos de dos diámetros).

Se analizarán las consideraciones que puedan dar lugar a sobre – excavaciones.

Deberá incluirse en la memoria una descripción detallada de las fases y de cómo se ha realizado el modelo, incluyendo características de las juntas, interfaces, etc.; se deberá reflejar el modelo de endurecimiento de hormigones utilizado; si el cálculo es 2D, deberá considerarse el efecto Panet y explicar cómo se materializa.

Se realizarán cálculos en 3D en aquellas zonas donde exista una clara componente 3D: por ejemplo, intersecciones de túneles, galerías de conexión, emboquilles y en zonas urbanas donde los asientos sean una magnitud importante a considerar.

El revestimiento deberá ser justificado con cálculos. Se pueden considerar dos hipótesis de cálculo:

- Hipótesis 1. Estudio de las máximas compresiones en clave de bóveda y centro de contrabóveda. Relajando los empujes del terreno hasta el 60% de su valor inicial, y empeorando el sostenimiento (tras la ejecución del revestimiento) reduciendo su módulo de elasticidad, cohesión y resistencia a tracción hasta un 30% de su valor inicial.
- Hipótesis 2. Estudio de las máximas tracciones en clave de bóveda y centro de contrabóveda. Se relaja el terreno hasta el 10 % de su valor inicial, y no se empeora el sostenimiento en el momento en que se ejecuta el revestimiento.

Se estudiará incorporar armadura al revestimiento para mejorar la durabilidad del mismo.

Se entregarán los archivos de cálculo en formato digital abierto, o al menos se fijarán un listado de gráficas obligatorias y listados completos.

4.6.3.-Contrabóvedas

Como norma general, se proyectará y calculará contrabóveda en todos los casos de túnel en suelos. Las juntas constructivas serán radiales (normales a las tensiones).

En terrenos de roca, teniendo en cuenta todas sus características específicas: valores del RMR, condicionantes especiales, altura de montera, etc. deberá razonarse justificadamente la no necesidad de contrabóveda. En este caso, se dispondrá una losa plana armada o, si se trata de roca sana no evolutiva, una solera de hormigón de regularización. Cuando se disponga de losa plana, dicha losa debe quedar enrasada con los muretes de arranque de la bóveda. Cuando se requiera contrabóveda, se calculará.

El diseño de la contrabóveda, su geometría y la armadura necesaria, en su caso, deberán quedar definidos en los planos del sostenimiento.

Cuando la losa sea plana, se dispondrá de hormigón de limpieza. En el caso de las contrabóvedas se utilizará hormigón de limpieza de manera general salvo en aquellos casos en los que los condicionantes geotécnicos recomienden una ejecución inmediata de la contrabóveda armada.

4.6.4.-Emboquilles

En los emboquilles debe comprobarse siempre la estabilidad de los taludes (frontal y laterales) frente a deslizamientos generales de la ladera o inestabilidades locales. En los taludes en roca es obligado efectuar un análisis previo que determine qué modelos de rotura son posibles en el talud, contemplando como mínimo el deslizamiento general a través de una superficie circular o combinada, la rotura plana, la rotura por cuña, el vuelco de estratos o combinaciones de estas roturas. Deberá analizarse también la posibilidad de inestabilidades a medio largo plazo por erosión (general o diferencial) y/o alteración y meteorización de la superficie del talud.

En base a las conclusiones del análisis de modelos de rotura del talud, se realizará el cálculo aplicando los modelos de cálculo habituales a cada tipo de inestabilidad que se pueda dar. En el caso de inestabilidades que no dispongan de un modelo de cálculo específico (p.e. caídas de estratos por erosión diferencial), podrán emplearse métodos empíricos o semiempíricos para proponer medidas de refuerzo y/o sostenimiento.

En todos los casos, sean cuales sean los modelos de rotura posibles, se realizará una comprobación de la estabilidad global del talud suponiendo una superficie de rotura circular. En suelos relativamente homogéneos y rocas blandas, siempre que no presenten planos de fracturación preexistentes, el modelo general de cálculo será el de deslizamiento general a través de una superficie circular. En caso de que la complejidad del emboquille lo requiera, se podrá realizar un estudio por elementos finitos 3D que incluya la afección a la estabilidad del túnel.

Los taludes de emboquilles deben proyectarse con una inclinación mixta, reservando las mayores inclinaciones (aprox. 1H:5V) para el frente de emboquille (hasta unos 3-5 m por encima de la clave) donde se ejecutaría, en su caso, el paraguas de protección. Se tendrá en cuenta en el diseño la posterior finalización (demolición o no) para la implantación de las viseras. Por encima de esa cota se justificará el talud usado, no siendo recomendable superar el 1H:2V o incluso el 2H:3V, ya que pueden plantearse problemas en la fase de excavación, antes de bulonar el talud.

Si el terreno lo requiere será necesario proyectar medios especiales para su estabilización: anclajes, hormigón proyectado, cosido del terreno, etc. así como medios de captación y drenaje en caso de afloramientos de surgencias o rezumes en el talud.

Para el encaje de la sección del túnel se buscará un plano lo más vertical posible en la parte inferior del frente de ataque, y la cobertura que garantice la estabilidad del talud frontal (normalmente entre 1 y 2 diámetros).

Los elementos que se instalasen en los emboquilles para mitigar los riesgos medioambientales derivados del efecto pistón no deberán de afectar a la evacuación y cumplirán los requisitos de la clase de reacción al fuego B de acuerdo con el Reglamento Delegado (UE) 2016/364.

Los elementos de instalaciones y sus anclajes existentes en el túnel y en la zona de afección del emboquille serán diseñados para soportar el efecto pistón cuando se considere dicho efecto.

La instalación de Detectores de Caída de Objetos se llevará a cabo en aquellos lugares donde como resultado del análisis de riesgos se adopte dicha medida mitigadora según se recoge en el apartado 5.6.- Instalaciones de control, mando y señalización.

En las trincheras próximas al emboquille de los túneles puede ser mayor el riesgo de caída de piedras o tierra a la plataforma de la vía, por lo que debe estudiarse especialmente las medidas necesarias (bermas, barreras, protecciones superficiales, etc.).

Cuando se requiera de colocación en los emboquilles de los túneles y trincheras próximas del sistema de detección de caída de objetos a la vía (DCO), se tendrá en cuenta en el diseño una accesibilidad óptima mediante escalera metálica u hormigonada para tareas de mantenimiento y conservación (inspecciones, desbroces, tratamientos de desprendimientos, etc.). Siempre que sea técnicamente viable, deberán prever la disposición de una berma de 5,0 m de anchura para la ubicación de los dispositivos del DCO. Además, para mayor protección de la vía se dejará sin cubrir el último metro del emboquille.

4.6.5.-Sostenimiento y revestimiento

De acuerdo con el tipo y requerimientos de la obra, con las características del terreno y con los métodos de construcción elegidos, se justificará la seguridad del túnel u obra subterránea durante la construcción y explotación frente a los diferentes modos de posible inestabilidad que puedan presentarse.

Se definirán una o varias secciones tipo, longitudinales y transversales, de la obra, de su sostenimiento, y, si es el caso, de su revestimiento, que respondan a las diversas circunstancias previsibles del terreno y de la profundidad o situación de la obra. Se prestará especial atención a las zonas de emboquille.

Si la consecución del sostenimiento o revestimiento finales tiene lugar según diferentes etapas (desfases entre excavación y dispositivos del sostenimiento, galerías u otro tipo de excavaciones en avance, destroza, etc.), se justificará también la estabilidad en todas las fases intermedias.

También se contemplará la seguridad frente a eventuales desprendimientos de bloques.

Se determinará la seguridad de cada uno de los elementos que configuran la obra, su sostenimiento y revestimiento, y el del conjunto obra-terreno. En el caso de utilizar el cálculo tenso-deformacional, se justificará la admisibilidad de las tensiones de trabajo y el coeficiente de seguridad a la rotura permisible, según las circunstancias de la obra, el modo de inestabilidad analizado, el método de diseño utilizado y la fiabilidad de los datos que han servido de base para los cálculos de estabilidad.

En el caso de obras lineales, y en concordancia con los estudios geológico-geotécnicos, se incluirá la justificación de una sectorización longitudinal que prevea la adopción, por tramos, de alguna de las secciones tipo diseñadas. En el caso de que existan edificaciones o instalaciones industriales próximas, será preceptivo un cálculo deformacional que demuestre la inocuidad en aquéllas de los movimientos originados por la obra.

Cuando el sostenimiento o revestimiento se realice mediante elementos metálicos, como cerchas, se debe conectar a la tierra que ejecute Línea Aérea de Contacto, por lo que se conectarán todas las cerchas entre sí y se dejarán cables de cobre desnudo que atraviesen el revestimiento para su puesta tierra con el resto de los elementos metálicos del túnel.

4.6.5.1.-SOSTENIMIENTO EN TÚNEL

Se procurará no definir demasiados tipos distintos de sostenimientos (en general no más de cinco), evitando cambios en longitudes inferiores a 40 metros, salvo si se trata de fallas o secciones singulares. La definición se resumirá en cuadros de síntesis que permitan la visión rápida y comparativa de los diversos sostenimientos utilizados. Cada sección tipo de sostenimiento definida en el proyecto debe ir referida a criterios inequívocos de aplicación, al menos intervalo de RMR corregido aplicable y montera máxima, con objeto de que, si el perfil geológico geotécnico de proyecto no coincide con lo observado en el terreno, se puedan adoptar fácilmente las secciones tipo que resultarían adecuadas al terreno realmente observado.

En el Anejo de Túneles y en la Memoria del proyecto se incluirá una tabla o cuadro que refleje la tramificación de las secciones tipo de sostenimientos adoptadas para los túneles. Se deberá establecer de forma clara y explícita (mediante una tabla, por ejemplo), independientemente de la guitarra reflejada en los planos geotécnicos, la distribución por PPKK de las secciones tipo de sostenimientos a aplicar en los túneles.

Para cada tipo de sostenimiento debe definirse el gálibo de excavación que tenga en cuenta los márgenes necesarios para absorber las deformaciones previsibles, así como la máxima distancia al frente para eventuales cerramientos en solera o contrabóvedas.

Además de los sostenimientos deducidos para cada tipo de terreno, el proyecto debe contener también unidades de obra que permitan ejecutar, medir y valorar otros posibles sostenimientos requeridos por variaciones imprevistas en la naturaleza del terreno.

Para los tratamientos del frente de avance debe preverse que el hormigón proyectado, en lugar de mallazo, esté reforzado con fibras. Asimismo, se emplearán de preferencia bulones de fibra de vidrio que puedan ser cortados por la maquinaria de excavación. Salvo razones justificadas, debe evitarse el refuerzo de hormigón proyectado con mallazo de acero por la dificultad y riesgo de su colocación, siendo preferible el refuerzo del hormigón proyectado mediante la adición de fibras.

Se podrán sustituir las cerchas de sostenimiento tradicionales por costillas reforzadas de hormigón de forma justificada cuando existan recomendaciones de sostenimiento como la derivada del índice Q del NGI.

En caso de ser necesario, se utilizarán paraguas de micropilotes en el interior del túnel.

4.6.5.2.-SOSTENIMIENTOS DE EMBOQUILLE

En el entorno de los emboquilles se podrá diseñar, además del paraguas de protección, una aureola formada por una corona circular de bulones, mallazo y hormigón proyectado a una cierta distancia del contorno del túnel.

Se realizan las siguientes recomendaciones sobre sostenimiento de emboquilles:

- **Bulones en emboquilles.** No conviene que la longitud de estos bulones sea inferior a los 8 metros y es preferible colocar mallazo en lugar de incorporar fibras al hormigón proyectado. El diseño debe tratar de evitar, sin detrimento de la seguridad, el bulonado o gunitado de las partes de los frentes de emboquille que no vayan a quedar tapados por los rellenos posteriores de los falsos túneles.

- Paraguas de protección. Se recomienda usar micropilotes tubulares los cuales deberán ser justificados mediante cálculos.

Se debe indicar expresamente en el resultado del cálculo cuál es la resistencia nominal del micropilote considerada y si se ha aplicado algún coeficiente de reducción de éstas por el tipo de juntas.

Las cabezas de los elementos del paraguas de protección deberán unirse mediante una viga de atado de hormigón armado in situ.

4.6.6.-Relleno sobre túnel artificial

Se dimensionará la colocación de una piel de escollera en el frente del relleno de los túneles artificiales, con el objeto de proteger de la escorrentía de material a la plataforma.

El Pliego de Prescripciones Técnicas del Proyecto debe incluir un apartado específico de definición de las condiciones relativas a ejecución y materiales (utilización de escombros seleccionados del túnel, simetría de cargas sobre la bóveda, p.e.) para los rellenos a realizar sobre los túneles artificiales y sus hastiales. Se deben establecer los criterios para las hipótesis de cálculo. Se justificará en proyecto el tamaño máximo del relleno.

Se deben impermeabilizar mediante geocompuestos o similar el falso túnel y se deben disponer los elementos de drenaje del relleno del falso túnel y, a ser posible, que desagüen hacia la boca y no hacia el túnel en mina en caso de que la pendiente de la rasante sea a favor del túnel.

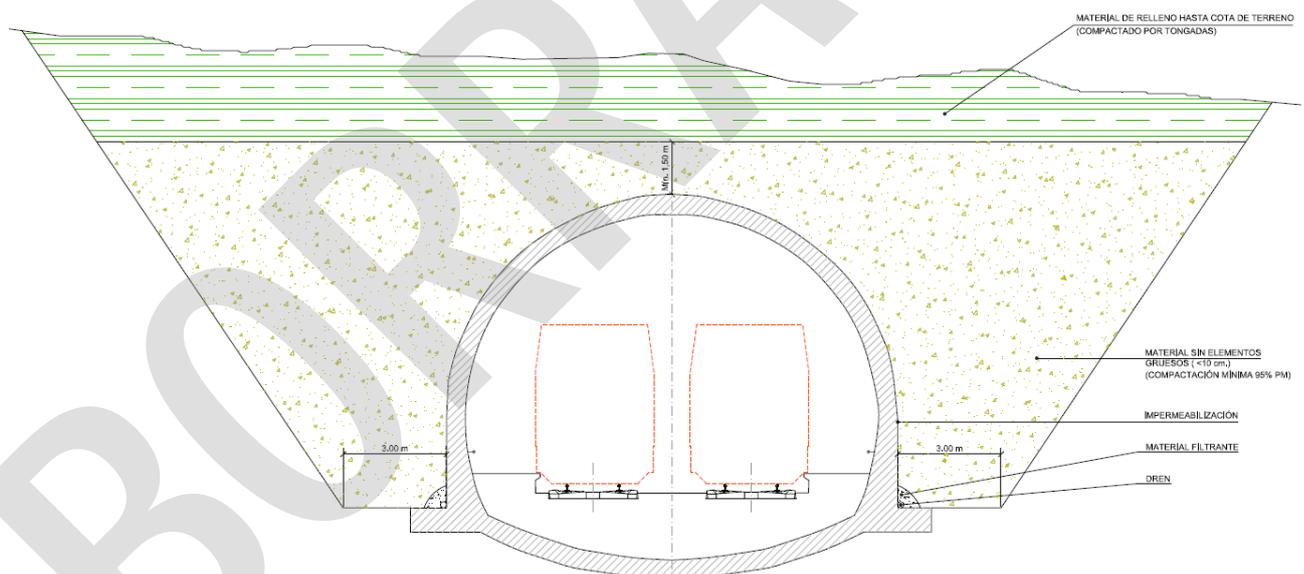


Figura 1. Relleno sobre túnel artificial.

Los rellenos sobre túnel artificial en las bocas, siempre que sea técnicamente viable, deberán prever la disposición de una berma de 5,0 m de anchura para la ubicación de los dispositivos del DCO. Además, para mayor protección de la vía se dejará sin cubrir el último metro del pico de flauta. (Ver figura esquemática adjunta).

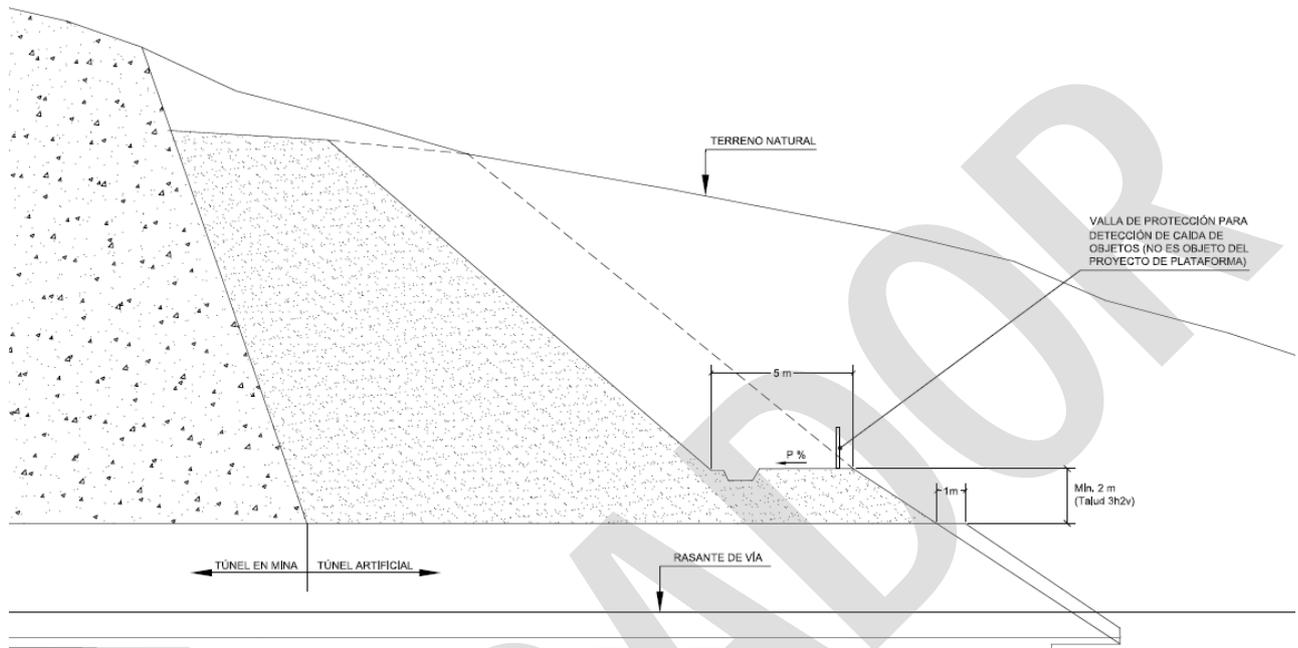


Figura 2. Esquema de emboquille.

La berma deberá contar con pendiente hacia el interior y cuneta al pie del talud para recogida y desagüe de la escorrentía superficial. Además, en la medida de lo posible, se contemplará acceso a la misma para vehículos desde el camino de servicio o, alternativamente, acceso peatonal mediante escalera hormigonada desde cota de vía o cabeza de desmonte lateral.

La estructura del falso túnel se prolongará un metro dentro del túnel en mina, salvo justificación contraria por el proyectista.

4.6.7.-Estudios complementarios necesarios

Estudio de sensibilidad del diseño. El Proyecto incluirá, con el suficiente detalle, un análisis de sensibilidad sobre el diseño realizado para cada túnel, examinando el posible efecto que variaciones en los parámetros e hipótesis geotécnicas adoptadas, dentro de una gama razonablemente previsible, pudieran tener en el dimensionamiento del conjunto sostenimiento + revestimiento.

Comportamiento a largo plazo. A partir de la información hidrogeológica disponible, el diseño de la Impermeabilización y Drenaje incluirá los elementos necesarios para captación y conducción de las aguas que en el futuro puedan afluir hacia el contorno del túnel en servicio, justificando expresamente la suficiencia de dichos elementos para anular las eventuales presiones hidrostáticas que puedan originarse sobre el revestimiento definitivo. Si no se pudiera garantizar a largo plazo y con las mejores técnicas disponibles el funcionamiento del sistema de drenaje, el revestimiento deberá diseñarse para resistir las presiones hidrostáticas esperables. En cualquier caso, el sistema de drenaje deberá estar suficientemente dimensionado, a la vez que deberá facilitar sus labores de limpieza y mantenimiento para asegurar su correcta funcionalidad en el tiempo.

Por otra parte, siempre que el túnel deba atravesar terrenos de naturaleza arcillosa o margosa, anhidritas o materiales evolutivos, cuyas características geotécnicas permitan suponer posibles fenómenos a largo plazo de degradación de la resistencia al corte, expansividad o fluencia, el diseño del conjunto sostenimiento + revestimiento incluirá obligadamente la consideración de las acciones correspondientes.

En los casos en los que el túnel tenga presencia de agua, se ha de especificar claramente el caudal de cálculo máximo, así como su repercusión en los métodos de construcción. Se analizará la presencia de agua con dióxido de carbono disuelto puesto que puede generar un deterioro acelerado del hormigón.

4.6.8.-Mejora de la excavabilidad y tratamientos especiales

El proyectista analizará la excavabilidad y los tratamientos especiales y, en caso de ser compleja, deberá proponer mejoras a la misma.

5.-INSTALACIONES A CONTEMPLAR EN LOS TÚNELES

Este apartado incluye únicamente los aspectos a considerar en los proyectos de plataforma para la posterior inclusión de medidas de seguridad e interoperabilidad en los túneles recogiendo los requisitos técnicos de seguridad establecidos en la IFI e indirectamente la ETI de Seguridad en túneles ferroviarios y que se resumen en el anejo 4. En el caso de requerir aclaraciones específicas, se consultará al área responsable en la materia dentro de Adif.

En los proyectos de obra civil de túneles, dentro de su anejo, se debe tener en cuenta las necesidades de espacio para las instalaciones necesarias en el interior del túnel, salas técnicas (en el interior del túnel o salidas de emergencia), salidas de emergencia y zonas seguras y sus accesos. De colocar instalaciones, de manera general, se ubicarán en salas técnicas, que excepcionalmente se podrán disponer en una salida de emergencia o galería de conexión, donde le será de aplicación la protección contra incendios correspondiente. Todas las estancias en el interior de los túneles deberán contar con una ventilación adecuada que evite la condensación de humedad. En caso de que la solución de ventilación sea a través de la instalación de puertas de salida al exterior en templete y compuertas de emergencia se cumplirá con lo dispuesto en la ET 03.399.008.6.

Se podrá disponer de alumbrado normal en aquellas estancias o zonas que requieran de una iluminación para las tareas de mantenimiento y según la normativa sectorial o de prevención de riesgos laborales aplicable.

Debería evitarse la utilización de estructuras metálicas en elementos estructurales portantes como escaleras, pasillos, plataformas, etc. En caso de elegirse elementos metálicos, se realizará un estudio de corrosividad de las aguas existentes de cara a proteger dichas estructuras portantes. En estructuras no portantes (pasamanos, puertas, armarios, ...) en caso de que el proyectista elija un elemento metálico para las mismas se realizará, como mínimo, un galvanizado de 400 g/m² de espesor.

En los cálculos de los espacios interiores para la construcción de las salidas de emergencia, se deberá de tener en cuenta su equipamiento (por ejemplo, el espacio de los sistemas de presurización, armarios de comunicaciones, etc.) y además deberá garantizar o al menos argumentar el cumplimiento del punto 4.2.1.5.1 a), del Reglamento (UE) 1303/2014 (M2).

Todos los equipos y componentes de las instalaciones del túnel que puedan verse afectados por las variaciones de presión generadas por el paso de los trenes, independientemente de su posición respecto a las bocas o estaciones subterráneas, deberán acreditar su resistencia a una sobrepresión conforme a lo recogido en la IFI, apartado 4.1.4.9.2.c.

5.1.-INSTALACIONES DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD

Las instalaciones de protección civil y seguridad se realizarán conforme a la norma NAPS 001 "Montaje de elementos de protección en túneles".

El listado de instalaciones a contemplar depende de la longitud del túnel y deben de coordinarse y aprobarse por las Áreas Responsables de Protección y Seguridad de Adif.

El diseño de los siguientes elementos o sistemas se realizará conforme a las indicaciones de la norma NAPS 001 y resto de normativas de aplicación.

- Señalización de evacuación.
- Alumbrado de emergencia.
- Pasamanos.
- Puertas de emergencia
- Puertas de salida al exterior en templete.
- Comunicaciones de emergencia (en zonas seguras y de emergencia).
- Instalaciones de protección contra incendios.
- Presurización de vestíbulos de independencia.
- Prevención de acceso no autorizado.
- Instalaciones de seguridad (control de accesos, etc.)
- Centralización y control de instalaciones de protección.

5.1.1.-Evacuación de personas

El diseño de los túneles debe asegurar la evacuación de las personas hasta que puedan alcanzar un lugar seguro final. Para los criterios de diseño se atenderá a los indicado en la IFI, libro tercero, apartado 4.1.4.9.6 y 4.1.4.9.8 para rutas y pasillos de evacuación. Además, para túneles de más de 1000 m se atenderá a los apartados 4.1.4.9.7, 4.1.4.9.12, 4.1.4.9.13, 4.1.4.9.14 y 4.1.4.9.15 sobre salidas de emergencia, zonas seguras y puntos de evacuación y rescate.

En el caso de discrepancias entre la normativa vigente de aplicación, se atenderá a la más restrictiva, previa consulta al área responsable de protección y seguridad de Adif y Adif Alta Velocidad.

5.1.2.-Pasillos de evacuación

Los pasillos de evacuación llegarán a una Salida de Emergencia (a través de galería o pozo), a una galería o túnel auxiliar paralelo, a una estación subterránea o terminarán en una zona segura situada preferentemente en el exterior del túnel. La instalación de armarios u otros elementos que deban ir adosados a los hastiales no afectarán a las dimensiones mínimas del pasillo de evacuación. El pasamanos debe delimitar la zona libre de obstáculos, por lo tanto, debe situarse en planta de forma que cualquier paramento, conducción, instalación, elemento, hueco, etc. quede entre el propio pasamanos y el hastial del túnel. Además cumplirá con lo dispuesto en el apartado 4.1.4.9.8 de la IFI y en la NAPS 001.

Con el objeto de que la evacuación de personas en situaciones de emergencia se realice sin necesidad de ningún elemento intermedio entre el material rodante y el pasillo de evacuación, con carácter general, el borde del pasillo de evacuación se situará a la distancia correspondiente al gálibo nominal de implantación de obstáculos, calculado de acuerdo con lo definido en el apartado 3.4 de la Orden FOM/1630/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la "Instrucción ferroviaria de gálibos" (en adelante, IFG), para la posición más desfavorable del peralte y teniendo en cuenta el resto de las condiciones de implantación de la vía.

En aquellos casos donde esté debidamente justificado, por ejemplo, para permitir una adecuada evacuación de los trenes, Adif podrá autorizar, previo informe que incluya las razones que lo justifiquen, distancias inferiores reduciendo los márgenes complementarios laterales definidos en el apartado 3.2.2.4 de la IFG para el de cálculo de dicho gálibo, sin que en ningún caso se invada el gálibo límite de implantación de obstáculos. La autorización, previa consulta de las empresas ferroviarias que ya operen o tengan previsto operar, podrá realizarse en el documento de aprobación del proyecto, mencionando los parámetros específicos en dicho documento.

Las transiciones de los pasillos de evacuación por la plataforma, para facilitar el paso a otro pasillo de evacuación o andén de estación u otra parte del recorrido de evacuación, serán solucionadas según apartado 4.1.4.9.8 de la IFI y la NAPS 001. Cuando la velocidad de circulación en dicho cruce sea superior a 160 km/h, se analizará la implantación de vía sin balasto o soluciones alternativas en la zona del cruce, evitando las soluciones técnicas de cruces con elementos de caucho.

En los túneles colindantes con estaciones subterráneas, se incluirán elementos de transición entre túnel y andén de la estación que permite dar continuidad al recorrido de evacuación del túnel hasta el extremo del andén. Su diseño se realizará acorde con lo establecido en el punto 7.4. "Conexión entre túneles y andenes" de la norma NAG 5-0-1.0.

Los pasillos de evacuación de túneles sucesivos, en la medida de lo posible, deberán intentar homogeneizar su disposición y configuración.

En los casos en los que el pasillo de evacuación se base en rejillas metálicas o plásticas, la unión entre los tramos de rejilla no debe dejar espacio ni relieves que puedan provocar caídas, debiéndose tener especial cuidado en la ejecución de los tramos curvos de pasillo de evacuación. Adicionalmente y para este tipo de rejillas, se recomienda seguir las indicaciones del CTE-DB-SUA 1 en cuanto a discontinuidades en el pavimento para el tránsito de personas por superficies perforadas: "c) En zonas para circulación de personas, el suelo no presentará perforaciones o huecos por los que pueda introducirse una esfera de 1,5 cm de diámetro".

5.1.3.-Zonas seguras y de rescate

El dimensionamiento de la zona segura se realizará conforme al apartado 4.2.1.5.1 de la ETI de seguridad en túneles, pero se matiza para evitar disparidad de interpretaciones:

- a) Una zona segura permitirá la evacuación de los trenes que utilicen el túnel. Tendrá una capacidad acorde con la capacidad máxima de los trenes que se prevea que circulen en la línea donde se localiza el túnel. Se dimensionará cada zona segura dependiendo de la capacidad disponible de espacio, a razón de 4 personas por m². Para la evacuación de los trenes de mayor capacidad se podrán utilizar varios itinerarios a través de zonas seguras, teniendo en cuenta que cuando se corte el tráfico (4 minutos), el otro tubo se considera zona segura, en caso de túneles bitubo.
- b) La zona segura garantizará condiciones de supervivencia para pasajeros y personal del tren durante el tiempo necesario para realizar una evacuación completa desde la zona segura hasta el lugar seguro final. Se considerará el otro tubo sin incidente, en caso de túneles bitubo.
- c) En caso de zonas seguras subterráneas o submarinas, las instalaciones permitirán que las personas se desplacen desde la zona segura hasta la superficie sin tener que volver a entrar en el tubo afectado del túnel. La evacuación se realizará, en caso de túneles bitubo, por el tubo sin incidente cuando el tráfico esté cortado confirmado por el Centro de Protección y Seguridad (en adelante, CPS) a los responsables de la evacuación, una vez que así lo haya transmitido el puesto de regulación del tráfico (CRC/PM) al CPS.
- d) El diseño de una zona segura y su equipamiento deberá tener en cuenta el control de humos para, en particular, proteger a las personas que utilicen las instalaciones de auto evacuación. Se requerirá de sistemas de control de humos que aseguren una presión positiva sobre la existente en el tubo en la que se genera el incidente. Si se requiere de vestíbulo de presurización, se seguirán los criterios recogidos en la NAPS 001.

Adicionalmente, las zonas seguras serán un espacio suficiente fuera o dentro del túnel donde se cumplan las condiciones siguientes:

- Es posible el acceso de las personas con ayuda o sin ella.
- Puede hacerse un auto rescate o bien puede esperarse a ser socorrido por los servicios de intervención en emergencias.
- Es posible la comunicación con el centro de control de Adif.

La sección de las galerías de conexión y de evacuación, independientemente de si son zonas seguras o no, serán de dimensiones que permitan su ejecución con métodos habituales de construcción de túneles ferroviarios (jumbo de perforación, cargadora, camión) evitándose, salvo casos justificados, las secciones pequeñas que exigen maquinaria especial de rendimientos reducidos. Además, deberán tener espacio reservado para la instalación de equipamiento existente en el túnel como, por ejemplo:

- Disposición, tipo y dimensiones de puertas de emergencia.
- Equipos de presurización
- Tierras de neutro (caso de galerías con centro de transformación).

- Dispondrán de pendiente de bombeo y sistema de drenaje con caces de recogida de agua. Se recogerán los detalles de impermeabilización en los planos.
- Posición de canalizaciones y arquetas.
- Paso de tuberías de agua contraincendios.

En el caso de galerías de conexión de túneles bitubo, se instalarán dos puertas de emergencia en cada sentido de evacuación. Las puertas que no pertenezcan al recorrido de evacuación se pintarán de gris y se colocará un pictograma que indique la dirección de evacuación. Las puertas que pertenezcan al recorrido de evacuación se realizarán conforme a la NAPS 001 y ET 03.399.007.8. No existirán caces ni diferencias de cota en los accesos a las puertas de emergencia.

La ETI de Seguridad en Túneles Ferroviarios y la IFI obligan a que todos los túneles de más de 1 km, o consecutivos de más de 1 km, dispongan de los denominados "Puntos de evacuación y rescate" entendiendo como tales los lugares definidos, dentro o fuera del túnel, en los que la instalación pueda ser utilizada por los servicios de intervención de emergencias y donde los pasajeros y el personal del tren puedan dirigirse en su evacuación, considerándose lugar seguro final. En zonas donde no sea posible disponer estas plataformas podrán utilizarse las calles y carreteras existentes como zonas de rescate, como puede ser en las zonas urbanas e industriales.

Las zonas de rescate de los puntos de evacuación y rescate, conectadas con los pasillos de evacuación ejecutados en el túnel y habilitadas para que los servicios de intervención en emergencias puedan maniobrar con sus vehículos de intervención, deben estar libres de cualquier tipo de instalación posterior a la ejecución del túnel, por lo que habrá que hacer una previsión de espacio para dichas instalaciones en el momento de la ejecución del proyecto del túnel. Se recomienda un mínimo de 300 m² adicionales para instalaciones de telecomunicaciones, seguridad, punto de evacuación y rescate, CMS, etc. En esta zona deben dejarse canalizaciones y arquetas suficientes para las instalaciones a futuro.

Contarán con acceso viario según apartado 4.1.4.9.12, siendo recomendable una anchura no inferior a 7 m para garantizar el cruce de vehículos.

Entre los accesos a las bocas previstos para la fase de obra se elegirá los que deban mantenerse para la fase de explotación definitiva conectando con la red viaria existente. Los caminos seleccionados serán objeto de expropiación definitiva en lugar de ocupación temporal y tendrán las características recogidas en el apartado 4.1.4.9.12 de la IFI.

5.1.4.-Protección y seguridad contra incendios⁴

Se comprobará que se cumplen los requisitos de comportamiento frente al fuego recogidos en los apartados 4.2.1.2, 4.2.1.3 y 4.2.1.4 del Reglamento (UE) 1303/2014 y las modificaciones introducidas por el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/776, así como las instrucciones adicionales incluidas en el apartado 4.1.4.9.5 del libro tercero de la IFI.

⁴ Este apartado podría ser parte de un proyecto independiente.

Análogamente, debe asegurarse la fiabilidad de las instalaciones eléctricas conforme al apartado 4.2.1.10 de la ETI de seguridad en túneles y las instrucciones adicionales recogidas en el punto 4.1.4.9.17 de la IFI.

- Integridad de la estructura de hormigón. La integridad del revestimiento del túnel será tal que le permita soportar la temperatura del fuego durante un período de tiempo suficiente acorde con las exigencias establecidas. Esta integridad deberá quedar justificada a través de un documento que así lo acredite, denominado "Documento de integridad estructural frente al fuego" y deberá estar firmado por el autor del proyecto.
- La integridad de la estructura de hormigón se llevará a cabo de conformidad con la "curva temperatura-tiempo" recogida en el apartado 4.1.4.9.5.a.1 de la IFI, que deberá figurar en el proyecto. Dicho período de tiempo se especificará en el plan de autoprotección.
- Estabilidad de los materiales. La ETI de Seguridad en Túneles Ferroviarios exige, para todos los túneles, en lo referente a la "reacción al fuego de los materiales de construcción".
- Frente a la opción de sobredimensionar los elementos estructurales del túnel, se recurrirá a la colocación de un elemento aislante sobre las superficies expuestas o la incorporación de elementos, como el empleo de hormigón con fibras de polipropileno. Esta última será la opción a aplicar, salvo que a partir del análisis que se presente a la Dirección del contrato se apruebe otra diferente.
- Se eximirá de los requisitos de la clase contra incendios a aquellos elementos que por hallarse de forma puntual no supongan una carga significativa al fuego.

5.1.5.-Estudios del incendio y de evacuación ⁵

5.1.5.1.-INTRODUCCIÓN A LOS ESTUDIOS DE MODELIZACIÓN DEL INCENDIO Y DE EVACUACIÓN

Todo proyecto de diseño de un túnel de más de 1000 m incluirá un estudio de incendio y de evacuación, teniendo en cuenta las condiciones de explotación estimadas.

La simulación del incendio fijará las condiciones ambientales bajo las cuales las personas realizarán la evacuación y cómo estas condiciones evolucionan en el tiempo, para determinar, mediante una simulación de evacuación, que todos los usuarios son capaces de llegar a una zona segura en condiciones de seguridad.

El principal objetivo de estos estudios consistirá en evaluar, mediante la realización de simulaciones de dinámica computacional de fluidos (CFD), las condiciones ambientales desarrolladas al producirse un incendio de un tren en el túnel, con el fin de determinar los tiempos de evacuación de un tren hasta llegar a una zona segura. En caso desfavorable, se propondrán las medidas mitigadoras más idóneas, con el fin de permitir la evacuación de forma segura, las cuales deberán ser validadas mediante una simulación de incendios y de evacuación adicional.

Se analizará la geometría del túnel, las ubicaciones de las zonas seguras, de los huecos de ventilación, y cualquier otro parámetro significativo que permita llevar a cabo simulaciones mediante estudios CFD, considerando diversos escenarios de incendio, para poder determinar si el pasaje del tren es capaz de llegar a una zona segura.

⁵ Este apartado podría ser parte de un proyecto independiente.

La metodología propuesta para realizar los estudios de incendio y de evacuación se desarrolla en tres fases:

- Modelado en 3D del escenario (tren-túnel) que se quiere analizar.
- Simulación de un incendio y obtención de la dinámica de la temperatura, concentración de CO y el humo (visibilidad) en cada punto del entorno en función del tiempo.
- Integración del modelo 3D, los parámetros ambientales y las actuaciones previstas en caso de emergencia en una simulación que analice el comportamiento de los pasajeros y el tiempo de evacuación.

El resultado de la aplicación de esta metodología a un túnel será la propuesta de adecuación de la infraestructura, cuando sea necesario, que propicie la evacuación segura del túnel en caso de incendio de un tren en su interior.

Los estudios de evacuación deberán identificar claramente el suministro eléctrico a los servicios vitales que han de mantenerse operativos durante la evacuación.

Con objeto de facilitar la comprensión de la metodología propuesta, se detalla el flujograma que establece los pasos a llevar a cabo en la realización de los estudios de incendio y de evacuación.

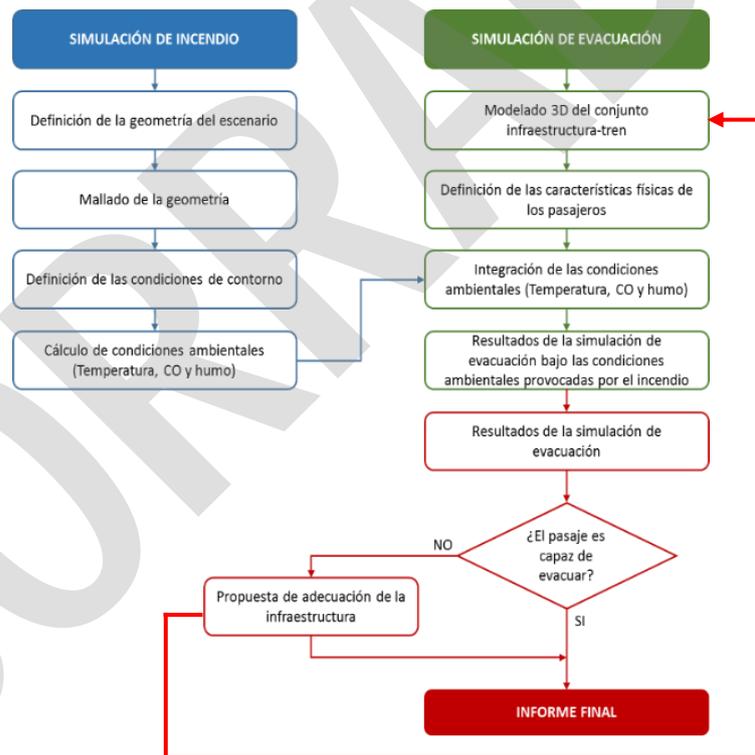


Figura 3. Flujograma Estudios de incendio y de evacuación.

5.1.5.2.- PARÁMETROS INICIALES PARA EL ESTUDIO DEL INCENDIO Y EVACUACIÓN

5.1.5.2.1.- Estudio de incendio

Se realizará de acuerdo con lo indicado en el apartado 6.2.4.9.4 del Libro III de la IFI.

La potencia de fuego sigue la curva paramétrica de la evolución de la potencia de un incendio que se incluye en la tabla adjunta:

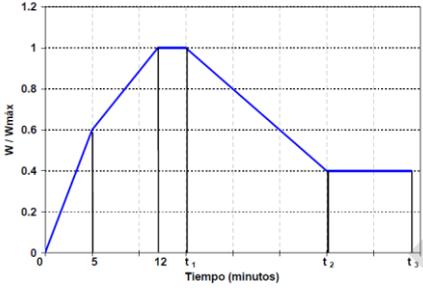
Evolución potencia del incendio: curva paramétrica de evolución de la potencia de incendio		Tiempos característicos (minutos)			
			t1	t2	t3
		Tráfico de pasajeros	18	30	60
		Tráfico mixto	30	60	120
		Tráfico de mercancías peligrosas	240	--	--
Desarrollo fuego	Inicio incendio	60% ⁽¹⁾⁽²⁾			
	Tiro Natural	Valor medible			
	Perfil longitudinal	Datos geométricos reflejados en planos			

Tabla 1. Potencia de fuego.

- (1) Este valor (porcentaje) de inicio de incendio será de aplicación para trenes de viajeros.
- (2) Para el resto de trenes, el estudio se realizará siguiendo la curva paramétrica de evolución de la potencia del incendio, considerando el punto de inicio en función del escenario. El escenario de incendio a considerar en dicho estudio de comportamiento de humos se describirá y justificará en detalle, a partir de las condiciones de explotación consideradas en el mismo.

En el estudio se tendrán en cuenta las condiciones ambientales en el exterior y su influencia en la velocidad y dirección del aire. Se dispondrá de mediciones de las condiciones ambientales de forma que se conozcan los siguientes parámetros: velocidad y dirección del viento, temperatura y presión atmosférica, bien mediante los estudios de incendio y evacuación de túneles colaterales, bien con la información de los servicios meteorológicos, bien con estudios propios de meteorología no inferior a 1 mes.

Las condiciones ambientales a considerar serán las indicadas en el apartado 4.1.4.9.6 del libro III de la IFI.

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV. Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

5.1.5.2.2.-Estudio de evacuación

Los parámetros a considerar para el estudio de evacuación serán:

Pasajeros	Población general con distribución normal y determinar de forma individual casos especiales	Población general	Velocidad (m/s) (desviación)		1,10 (± 0,4)
			Ocupación (%)		100%
			Tamaño pasajeros	Anchura de hombros (desviación)	0,525 (± 0,035)
				Anchura de pecho (desviación)	0,315 (± 0,02)
		PMR	Velocidad (m/s) (desviación)		0,69 (± 0,35)
			Ocupación (%)		100% de plazas PMR del tren
Tamaño pasajeros PMR	Anchura (m)		0,80		
	Profundidad (m)	1,3			
Factores Ambientales	Punto de referencia de toma de valores	Pasajeros en general	Altura toma de datos (m)		1,80 m

Tabla 2. Parámetros a considerar.

Las condiciones ambientales a considerar en la evacuación son los datos resultantes del estudio de incendios, en cuanto a temperatura, concentración CO y visibilidad.

Los parámetros a considerar para el estudio de incendio y de evacuación, en función del tipo de tren (eléctrico o diésel), serán considerados los de mayor capacidad que circulen por el tramo objeto de estudio, en cuanto al número de plazas totales, las de personas de movilidad reducida (PMR) y sus características geométricas.

A través de la ficha del tren se considerarán las condiciones geométricas del material rodante, así como del entorno objeto de estudio.

5.1.5.2.3.-Selección de hipótesis de cálculo

Se realizará un estudio de hipótesis para el cálculo de la evacuación. De entre todas ellas se seleccionará la más desfavorable. Al menos, se tendrán en cuenta las siguientes opciones:

- Se seleccionará el tren de los que circulen por la línea/tramo que tenga una ocupación de viajeros mayor. Según apartado 4.1.4.9.6 de la IFI se justificará si procede estudiarse que dos o más trenes puedan coincidir, afectando el humo del incendiado al segundo tren. Especialmente relevante en túneles con tráfico mixto o de cercanías.
- El tren incendiado, según curva de potencia/desarrollo del incendio y los tiempos indicados, se parará en una salida de emergencia (bloqueándola), obligando a realizar la autoevacuación por la salida de emergencia más próxima o por la boca del túnel.

5.1.5.2.4.-Criterios de aceptación o rechazo

El estudio de evacuación realizado conforme a lo descrito en el apartado 4.1.4.9.6 del libro III de la IFI y en esta Norma, se considerará APTO cuando resulte la evacuación total del pasaje, con las condiciones recogidas en el apartado 5.1.6.2.1.

En caso contrario, se propondrán las medidas adicionales necesarias (nuevas salidas de emergencia, mejora de las condiciones propias de la evacuación, anchura de pasillos, iluminación, ventilación, etc.), con las que se realizará un nuevo cálculo, hasta conseguir la evacuación total en condiciones adecuadas (ver flujograma estudios de incendio y de evacuación).

En caso contrario, servirá de base para fijar, en su caso, posibles restricciones en las condiciones de explotación del túnel, y que se incluirán en el plan de autoprotección.

5.1.5.3.-VENTILACIÓN

En el caso que el estudio de incendio y evacuación requiera de ventilación, se analizarán los cálculos con los siguientes criterios.

De manera general, los criterios a seguir para el diseño de la ventilación del túnel, que deberían validarse con estudio CFD o similar, desde el punto de vista de la evacuación y con el objetivo de minimizar los riesgos asociados al factor humano y más en una situación de emergencia, serían:

- El diseño de un túnel debería disponer de las suficientes salidas de emergencia para evitar sistemas de ventilación mecánica. Por lo que, primeramente, deberíamos saber cuál sería la ubicación óptima de las salidas de emergencia, desde el punto de vista de la evacuación, para cumplir con este requisito.
- En caso de que por las condiciones particulares y, de forma justificada, la solución anterior resulte inviable y sea necesario diseñar un sistema de ventilación mecánica, la solución debería basarse en una única estrategia de ventilación automatizada, con detección automática y en una dirección predeterminada que no requiera de toma de decisión humana. De esta forma el sistema de detección y de ventilación se diseñarán y dimensionarán tal que, aún si coincidiera el sentido de evacuación y de ventilación en el recorrido más desfavorable, el barrido temprano del humo permita evacuar a las personas sin superar los valores límite de las condiciones de seguridad durante la evacuación. Para que el estudio de incendios sea veraz debe tener en cuenta el tiempo de detección del incendio mediante el sistema de detección de incendios del túnel que se proyecte. Por ello, se recomienda detectores lineales y que, de colocar detectores puntuales, estos sean los suficientes para que el encendido de la ventilación sea lo antes posible y favorezca los resultados del estudio de incendios. Una vez simulado el caso más desfavorable con barrido de humos, este validaría el resto de los casos. Algunas estrategias de ventilación automatizada posibles son:
 - Ventilación en único sentido, normalmente ascendente para aprovechar el tiro de los humos. Con esta opción, el caso más desfavorable sería en el que coincide el barrido de humos con la evacuación durante el recorrido más desfavorable (distancia total entre salidas).
 - Ventilación en sentido de menor recorrido de humos (programación en función de la ubicación de la detección del incendio respecto a las salidas de humo). Con esta opción, el caso más desfavorable sería en el que coincide el barrido de humos con la evacuación durante el recorrido más desfavorable (mitad del recorrido entre salidas y tiro en mismo sentido). Además, se recomienda desplazar el "punto medio entre salidas de humo" hacia el lado más desfavorable, para evitar indefiniciones en la detección del menor recorrido de humos.

- De existir una estación subterránea en el túnel también sería una posible estrategia de ventilación automatizada el direccionar la ventilación en sentido contrario a la estación (ej.: de no tener desacople de ventilación entre túnel y estación).
- Justificando que las dos alternativas anteriores no se pudieran realizar, al menos, el sistema de ventilación mecánica debería contar con un algoritmo que, en función de los datos recabados por el sistema detección, sea capaz de forma automatizada de operar el encendido y direccionado de la ventilación en sentido contrario a la evacuación (lo que necesitará un sistema capaz de monitorizar la evacuación). El estudio deberá aportar el algoritmo de funcionamiento de los casos de uso para que el proyectista pueda diseñar un sistema automatizado. Incluso en estas circunstancias cabe recordarse que existe un caso desfavorable en el que mediante un incendio en coche intermedio se barre el humo a parte de los viajeros.

Cuando no se puedan cumplir ninguno de los tres criterios anteriores y de forma excepcional, habiendo descartado cualquier solución razonable, se verificará mediante el estudio CFD si se valida la solución utilizando la operativa entre personal de a bordo del tren, Puesto de Mando/CRC y Centro de Proyección y Seguridad (CPS) de Adif; considerando que mediante dicha operativa la ventilación opera en sentido contrario a la evacuación (similar a criterio 3). Todo ello considerando unos tiempos de respuesta reales y tiempos de encendido y direccionado de la ventilación validados. En este caso, se debe analizar la necesidad de exportar el riesgo mediante una ficha de riesgos compartidos entre operadora, circulación y seguridad. En caso contrario, solo quedaría tomar restricciones de circulación en base al número de viajeros que evacue según los resultados del estudio CFD.

5.2.-INSTALACIONES DE PLATAFORMA

5.2.1.-Impermeabilización

Se impermeabilizarán todos los túneles independientemente del tipo de material por el que se pase, así como las galerías de conexión y de evacuación, teniendo especial cuidado en las uniones de las mismas con el túnel.

Los geotextiles a utilizar se calcularán para que aguanten las solicitaciones a las que serán sometidas de cara a evitar el punzonamiento de la impermeabilización.

La posición de la lámina de impermeabilización será la más baja posible compatible con las fases de ejecución de los distintos hormigonados de sostenimiento/revestimiento.

5.2.2.-Drenaje

La red de drenaje del túnel se basará en caces y colector unitario, donde los caudales de cálculo de los colectores y canalizaciones serán definidos en el estudio hidrogeológico del proyecto. El cálculo de los colectores se obtendrán a partir de hipótesis razonables en cuanto a concurrencia de infiltraciones y agua de escorrentía, si procede. En dichas hipótesis no se tendrán en cuenta los volúmenes de limpieza, de extinción de incendios, vertidos de mercancías, etc. Como mínimo, el colector principal deberá poder evacuar 100 l/s. Se recomienda que las pendientes de los caces y colectores sean superiores al 1% y nunca inferiores al 0,5%. Dicho colector recogerá las infiltraciones tanto de los drenajes del trasdós, si los hubiera, como de las filtraciones del recubrimiento sobre aceras o sobre la propia vía.

La red de caces estará distribuida a lo largo del pie del hastial, y en caso de vía sin balasto, en los laterales de la vía o centrada en la vía, para recoger el agua de infiltraciones y cada 50 m estará conectada al colector unitario mediante arquetas. Las conexiones entre las arquetas de los caces y las arquetas del colector se realizarán con tubo de diámetro mínimo 90 mm. Las arquetas de los caces serán preferentemente de rejilla no metálica, a excepción de si se prevé paso de vehículos. Los caces que estén fuera del pasillo de evacuación no dispondrán de rejilla. Se evitará la existencia de caces en el pasillo de evacuación.

Los pasillos de evacuación dispondrán de pendiente transversal de bombeo hacia la vía no inferior al 1% para garantizar la evacuación del agua.

En función del perfil transversal del túnel y si es de vía única o doble, el colector unitario podrá estar situado centrado o en un lateral con un diámetro mínimo de 30 cm. Dicho colector unitario dispondrá de arquetas de registro cada 50 m. En el caso de vía en balasto, el drenaje unitario se basará en tubos dren envueltos en geotextil para los colectores unitarios de diámetro mínimo 30 cm. Los localizados en la entavía se protegerán superiormente con hormigón.

En el caso de que la evacuación de las aguas se hiciese por bombeo, se seguirán las indicaciones del apartado 5.2.3. En cada proyecto, se analizará la conveniencia de si el accionamiento automático de los bombeos debería poder bloquearse remotamente en caso de incidente.

En túneles con depósito de agua o tomas de la red para bomberos en caso de incendio, se estudiará la necesidad de disponer de un depósito que tendrá un volumen mínimo útil de 100 m³ para recoger las aguas de extinción de incendios.

En túneles mayores a 1 km, si se prevé la posibilidad de tráfico de mercancías peligrosas, se deberán instalar arquetas y sumideros sifónicos, a fin de impedir la transmisión del fuego. Deberán ser de materiales que soporten el fuego. El colector unitario, en dichos casos, se diseñará para que la velocidad mínima del flujo para el 70% del caudal máximo sea 0,5 m/s.

Deberá intentar evitarse que entren al túnel aguas de escorrentía exteriores, cuyos caudales deben desviarse, en la medida de lo posible, a cauces naturales por gravedad o mediante bombeo. Se proyectarán en la boca correspondiente dispositivos de retención de elementos sólidos en suspensión (arena, residuos, etc.).

En aquellas secciones diseñadas para acceso de vehículos no ferroviarios por la plataforma, se evitará la recogida de aguas por el centro con canaleta, realizándolo por los laterales mediante caces o cuneta hormigonada.

5.2.3.-Pozos de bombeo

En cada proyecto, se estudiará la ubicación más adecuada de los pozos de bombeo, debiendo existir, al menos, en los puntos bajos. Adicionalmente, se estudiará la conveniencia de ubicar pozos de bombeo en las bocas donde el agua de escorrentía exterior pueda penetrar en su interior y no puedan derivarse por gravedad. En cada caso, se dimensionarán los grupos de bombas para el punto óptimo de funcionamiento según el caudal calculado en situación normal (no accidente) y la altura de bombeo.

Los mandos y los cuadros eléctricos estarán ubicados a una cota superior de la zona de trabajo del pozo de bombeo.

5.2.4.-Iluminación normal

De manera general, los túneles sólo dispondrán de alumbrado de emergencia, apagada en condiciones normales, según se recoge en la norma NAPS 001. Adicionalmente, se dispondrá de alumbrado en:

- Zona de seccionadores de puesta a tierra. Según 4.2.1.11 de la ETI de Seguridad en túneles.
- Zonas solicitadas por departamentos de Adif bajo justificación expresa. Salas técnicas. Alumbrado de emergencia apagado en condiciones normales y alumbrado normal según normativa sectorial o de prevención de riesgos laborales.

Además, en cuanto a zonas seguras exteriores y sus accesos peatonales, se deberá evaluar si cumplen con las condiciones de iluminación necesarias para la evacuación (especialmente en zonas no urbanas). De ser necesario se colocará, en la zona segura exterior, alumbrado de emergencia con luminaria antivandálica, protegida de la lluvia y alimentada mediante carga solar o conectada al alumbrado de la salida de emergencia del túnel. Cuando se accione la iluminación de emergencia de la salida de emergencia, mediante pulsador, se deberá accionar simultáneamente el alumbrado de la zona segura exterior.

5.3.-INSTALACIONES DE VÍA

Con relación a la tipología de vía, se atenderá a lo recogido en el punto 7 del anexo I de la Orden FOM/3317/2010 de 17 de diciembre, por la que se aprueba la Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento.

“Se instalará vía en placa en todos los túneles de más de 1.500 m de longitud, siempre que no existan otras circunstancias que puedan desaconsejar ese tipo de vía. En esos casos, así como en aquellos trayectos en que la sucesión de túneles y viaductos alcance esa longitud, en los túneles entre 500 y 1.500 m, o cuando otras consideraciones así lo aconsejen, para adoptar la decisión entre vía en placa o vía en balasto se realizará un estudio técnico-económico, que incluya el tipo de tráfico, las condiciones y costes de construcción, explotación y mantenimiento y el coste asociado a la transición placa-balasto”.

Cuando existan cruces de vía para conectar los pasillos de evacuación y la velocidad de circulación en dicho cruce sea superior a 160 km/h, se analizará la implantación de vía sin balasto o soluciones alternativas en la zona del cruce, evitando las soluciones técnicas de cruces con elementos de caucho.

Se utilizará la tipología de vía conforme a lo recogido en las Normas Adif Vía vigentes y en concreto, la NAV 7.1.0-7 “Diseño y montaje de vía sin balasto para obra nueva” y la NAV 3.4.3-0 “Montaje de vía en balasto para obra nueva”.

La posición teórica de la vía se ubicará verificando el cumplimiento del gálibo establecido por el pasillo de evacuación en cualquier punto del túnel y respecto a cualquier elemento existente en el mismo, según el apartado 5.1.2 del presente documento.

En trazados urbanos o cercanos a edificaciones y si así se considera en las conclusiones del estudio vibratorio, se dispondrán de elementos para mitigar las vibraciones, como pueden ser mantas elastoméricas, apoyos aislados o carril embebido.

Cuando se disponga de cartelones, se deberán instalar sin generar interferencia en el gálibo de implantación de obstáculos y no afectarán a los gálibos de los pasillos de evacuación.

Se dispondrán cuñas de transición en las bocas de los túneles en caso de existir transición vía sin balasto – vía en balasto.

En el caso de vía sin balasto, la armadura se conectará a la puesta a tierra conforme al apartado 5.8.

Cuando se prevea tráfico de mercancías peligrosas por el túnel, de cara a reducir los riesgos asociados, se estudiará la viabilidad de no disposición de aparatos de vía y desvíos dentro del propio túnel ni en las estaciones colindantes a ellos.

5.4.-INSTALACIONES DE CABLES

Ningún elemento de la instalación debe afectar al gálibo de pasillo de evacuación.

Atendiendo a los requerimientos de las aceras como pasillos de evacuación, se considera las canalizaciones hormigonadas como la solución preferente en el diseño de nuevos túneles. En el anejo 2 se recogen detalles de las instalaciones de cables. En caso contrario, serán aceras técnicas sin los requisitos exigidos para los pasillos de evacuación.

Cuando se requiera pasar cables desde el túnel a la zona segura de las galerías de evacuación o salidas de emergencia, la zona de paso deberá contar con sistema aislante contra incendios y humos conforme al CTE.

En el caso que se requiera tender cables a posteriori y no quede hueco en la canalización existente, se tenderán anclados al hastial a una altura superior a 2,25m del suelo.

Las instalaciones de cables deben estar dimensionadas al menos para el doble de los cables que se espera que alberguen en proyecto.

El proyectista definirá los detalles necesarios para evitar indefiniciones que puedan dar lugar a problemas durante la obra, como las uniones de las canalizaciones hormigonadas en emboquilles, distribuciones de canalizaciones por pasillos de emergencia, etc.

En proyectos de túneles en servicio, donde se instalen nuevos cables en sustitución de otros, se deberá contemplar la retirada de los mismos.

En el proyecto se analizará la compatibilidad electromagnética (EMC) para instalaciones de baja/alta tensión, y se realizará indicaciones de tendido de los cables deberán de cara a minimizar las afecciones en este sentido.

5.4.1.-Canalizaciones hormigonadas bajo pasillo de evacuación

Las canalizaciones de cables se ubicarán ocultas en los pasillos de evacuación con arquetas de paso (a definir según proyecto) registrables cada 50 m en túneles de dos pasillos de evacuación. Estas arquetas se repartirán al tresbolillo cuando se disponga de luminarias de emergencia puntuales (implica que la primera arqueta desde un cruce por uno de los lados esté a 25 m y la del otro pasillo de evacuación esté a 50 m de dicho cruce). Cuando sean túneles de un pasillo de evacuación, las arquetas deben disponerse cada 25 m para la distribución al alumbrado de emergencia. Si la luminaria de emergencia es lineal no es necesaria la disposición al tresbolillo, lo que reduce el número de arquetas entre cruces (una arqueta menos entre cada cruce).

Se dispondrán de prismas de, como mínimo, 12 tubos de diámetro, generalmente, de 160 mm bajo los pasillos de evacuación.

En los túneles bitubo, en el lado contrario del pasillo de evacuación se dispondrá en la acera de mantenimiento un prisma de, al menos, de 6 tubos de 160 mm y arquetas de paso cada 50 m.

Dichas canalizaciones, durante la fase de construcción, deberán ser tapadas y mandriladas para evitar problemas de obstrucción de tubos.

Los cruces de vía se realizarán conforme al apartado 5.4.3 mediante uso de arquetas de cruce (a definir según proyecto).

Las dimensiones mínimas de las arquetas de paso serán de 1000 mm x 750 mm, siendo la mayor dimensión paralela al eje de la vía.

Independientemente del tipo, cada arqueta dispondrá de desagüe en la parte inferior con tubo de diámetro, generalmente, 110 mm, dirigido al colector y dispondrán de dos salidas al hastial mediante tubo de acero galvanizado de diámetro normal de 90 mm. En todos los casos, las tapas serán de hormigón armado HA-40/S/16/* (*como norma general se utilizará la clase de exposición XC4, debiéndose modificar según las condiciones más restrictivas de la ubicación acorde a la tabla 27.1.a del RD 470/2021), cuyas dimensiones permitan su manipulación de manera manual.

Se realizarán canalizaciones separadas para cables de alta tensión y baja tensión con una distribución de arquetas independientes, aunque discurran en paralelo. Cuando por condicionantes técnicos se prevea el uso conjunto de la canalización para cables de Alta tensión (energía) y Baja tensión (señalización, protección y seguridad, etc.) se deberán tender los cables de alta tensión en la parte inferior del hastial, realizando una pared y rellenando dicho hueco con arena para evitar el contacto directo con los mismos. Una alternativa a dicha distribución es el perchado de los cables de alta tensión por encima de la acera técnica preferiblemente o pasillo de evacuación a una altura superior a los 2,25 m, protegiendo físicamente en dicho caso, la transición de los cables desde la canalización exterior enterrada hasta la altura establecida. En caso de existir salidas de emergencias, el cable no quedará colgado en ningún punto.

5.4.2.-Canaletas prefabricadas

Cuando se consideren necesarias canaletas en los pasillos de evacuación serán debidamente justificadas. Si se prevé el uso por energía y señalización, se dispondrá de una canaleta de dos senos o dos canaletas. Se colocarán preferentemente las canaletas de 60 cm. Se analizarán soluciones "in-situ" o prefabricadas que incluyan la sección de la canaleta.

Los cruces de vía se realizarán conforme al apartado siguiente mediante uso de arquetas de cruce.

En los túneles de vía doble de más de 1800 m, con tapa de canaleta de 4 cm de espesor y cuando se prevea un aumento de la velocidad igual o superior a 350km/h y cruces de trenes en doble composición, se deberá realizar un estudio concreto de detalle para el análisis de los efectos aerodinámicos sobre la citada tapa, independientemente del cumplimiento de los criterios de salud y confort de cara a la protección del viajero.

En el caso de zonas singulares que supongan bruscos cambios de sección tales como pozos de ventilación, cavernas de bifurcación, estrechamientos continuados u otros, se deberán realizar estudios aerodinámicos específicos para el análisis de los efectos aerodinámicos sobre las tapas de canaleta de estas zonas, siempre y cuando la velocidad de circulación sea igual o superior a 350km/h.

5.4.3.-Cruces de cables bajo vía

Los túneles deberán contar con cruces bajo vía para cableado en las bocas de los túneles, en cada galería de evacuación y, al menos, cada 450 metros de túnel, debiendo ubicarlos equidistantes dentro del mismo.

Los cruces bajo vía se realizarán con arquetas de cruce enfrentadas que dispondrán de un mínimo de 6 tubos de PVC de al menos 160 mm de diámetro, protegidos con mortero+resina y embebidos en el hormigón de la plataforma.

Adicionalmente, en las bocas de los túneles se deben prever cruces para cables de alta tensión, al menos 4 tubos de PVC, de al menos 200 mm de diámetro, diferenciados de cruces para otros servicios y con arquetas separadas.

Las dimensiones mínimas de las arquetas de cruce serán establecidas para el correcto tendido de los cables con la curvatura a desarrollar por el cable.

Salvo situaciones debidamente justificadas, no se admiten canalizaciones en las losas de vías en placa/sin balasto, debiéndose realizar en la contrabóveda del túnel.

5.5.-INSTALACIONES DE ENERGÍA Y LÍNEA AÉREA DE CONTACTO

Las instalaciones de energía y línea aérea de contacto se realizarán conformes al Reglamento (UE) 1301/2014 de la Comisión de 18 de noviembre de 2014 sobre las especificaciones técnicas de interoperabilidad del subsistema de energía del sistema ferroviario de la Unión, su corrección de errores y su modificación por los Reglamentos de Ejecución (UE) 2018/868 y (UE) 2019/776 y a la IFE aprobada por la Orden TMA 135/2023.

Cualquier elemento de la instalación no afectará al gálibo de pasillo de evacuación.

Los anclajes de elementos de energía y línea aérea de contacto se realizarán directamente sobre hastiales, bóveda, vigas o pilas.

Se intentará reducir el número de compensadores dentro del túnel. Se evitarán interferencias con los pasillos de evacuación de los elementos de la línea aérea de contacto utilizando las soluciones más adecuadas acordes al gálibo de dicho pasillo de evacuación.

Cuando se requiera de disponer de cables aislados de alta tensión, se tenderán por la canalización hormigonada por los tubos inferiores, debiendo compartimentarlos con arena del resto de cables de baja tensión. En el caso que se requiera tender a posteriori, se tenderán anclados al hastial a una altura superior a 2,25 m del suelo.

La línea aérea de contacto deberá cumplir con el gálibo de pantógrafo.

Para túneles de longitud superior a 1 km, se instalarán dispositivos de puesta a tierra de la catenaria en los puntos de acceso al túnel y, si los protocolos permiten la puesta a tierra de una única sección, se instalarán cerca de los puntos de separación entre secciones. Se instalarán los medios de comunicación e iluminación necesarios para la puesta a tierra.

En función del tipo de energía en la línea aérea de contacto, se dispondrá de puestas a tierra de los elementos metálicos conforme a lo indicado en el apartado 5.8. Cuando se prevea la instalación de Centros de Transformación en interior de túneles se realizará una red de tierras para el neutro de los transformadores diferente a la tierra de elementos metálicos del túnel, debiéndose ejecutar en fase de construcción.

5.6.-INSTALACIONES DE CONTROL, MANDO Y SEÑALIZACIÓN

Las instalaciones de control, mando y señalización se realizarán conforme al Reglamento (UE) 2016/919 de la Comisión, de 27 de mayo de 2016, sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa a los subsistemas de «control-mando y señalización» del sistema ferroviario de la Unión Europea y su modificación por los Reglamentos de Ejecución (UE) 2019/776 y (UE) 2020/387.

Todas las instalaciones que se alimenten a una tensión nominal inferior a 1.000 V en C.A o 1.500 V en C.C y 50 Hz deberán cumplir con las Instrucciones Técnicas Complementarias y Normas UNE de referencia especificadas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión vigente, además de lo especificado en el punto 4.2.1.11 Fiabilidad de las instalaciones eléctricas del Reglamento (UE) 1303/2014 de la Comisión de 18 de noviembre de 2014.

Cualquier elemento de la instalación no afectará al gálibo de pasillo de evacuación. En el diseño de túneles nuevos se tendrá en cuenta el espacio que ocupan las instalaciones de Control, mando y señalización según los planos y requerimientos de ubicación de las Especificaciones Técnicas de los equipos a implantar. De esta manera se pretende garantizar que, posteriormente, el proyecto de dichas instalaciones no tenga problemas para instalarlas sin invadir el gálibo de los pasillos de evacuación.

Las señales luminosas, cartelones, cajas de terminales, balizas y resto de elementos de control, mando y señalización se instalarán sin generar interferencia en el gálibo de implantación de obstáculos y no afectarán a los gálivos de los pasillos de evacuación. En caso de no conocerse la solución técnica, se realizará una consulta al área técnica responsable que establezca dichos parámetros mínimos. En la medida de lo posible, se tendrán en cuenta los requisitos de instalación de dichos elementos para su integración posterior sin costes adicionales, como pueden ser, cajeados en vía sin balasto para balizas, salidas de cables desde la caja de la vía hacia las canalizaciones, etc.

Los sistemas de gestión de la seguridad de los administradores de infraestructuras incluirán una metodología de evaluación y valoración del riesgo de las bocas de túnel u otros puntos de la red existentes en las que exista riesgo de caídas de objetos de gran volumen y peso, debiéndose adoptar las medidas entre las que se podrán incluir, en su caso, un sistema de detección automática de objetos a la vía en aquellos puntos en los que el nivel de riesgo resultante así lo determine.

Cuando se requiera de colocación en las bocas de túnel del sistema de detección de caída de objetos a la vía (DCO), se tendrá en cuenta en el diseño una accesibilidad óptima mediante escalera metálica u hormigonada para tareas de mantenimiento y conservación (inspecciones, desbroces, tratamientos de desprendimientos, etc.). Se tendrá en cuenta el artículo 63 del RD 929/2020 y la ET 03.365.405.4 Detector de caída de objetos.

5.7.-INSTALACIONES DE TELECOMUNICACIONES

Todas las instalaciones que se alimenten a una tensión nominal inferior a 1.000 V en C.A o 1.500 V en C.C y 50 Hz deberán cumplir con las Instrucciones Técnicas Complementarias y Normas UNE de referencia especificadas en el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus modificaciones, además de lo especificado en el punto 4.2.1.11 Fiabilidad de las instalaciones eléctricas del Reglamento (UE) 1303/2014 de la Comisión de 18 de noviembre de 2014.

Cualquier elemento de la instalación no afectará al gálibo de pasillo de evacuación.

En sistemas de información se deberán adoptar las medidas de seguridad adecuadas para cumplir la legislación a la que está obligada a Adif (o la legislación que aplica a Adif), así como la Política de Seguridad de la Información y normativas vigentes en la entidad.

Se dispondrán de los sistemas de comunicaciones requeridos por las autoridades pertinentes en materia de seguridad y ciberseguridad, los sistemas de comunicaciones de circulación (GSM-R, tren tierra, etc.) y los sistemas de comunicaciones para Operadores de telefonía móvil que se estimen oportunos sin afección al gálibo de implantación de obstáculos ni al gálibo del pasillo de evacuación.

Las zonas seguras y los puestos de maniobra de las puestas a tierra dispondrán de comunicaciones fijas.

La fibra óptica se dispondrá en la canalización hormigonada o canaleta. En el caso de túneles existentes que no dispongan de canalización hormigonada ni canaleta, se podrá disponer de canalización en hastiales cumpliendo la normativa vigente.

En el caso de requerirse sistemas de cable radiante, se buscará la mejor posición en la sección del túnel para que no genere ninguna interferencia con el resto de los sistemas.

5.8.-PUESTAS A TIERRA

Se tendrá en cuenta lo dispuesto en el libro tercero de la IFE aprobada por la Orden TMA 135/2023.

Cualquier elemento de la instalación no afectará al gálibo de pasillo de evacuación.

La puesta a tierra de las armaduras, barandillas, postes y todos los elementos metálicos en túneles ferroviarios tiene por objeto proteger a las personas e instalaciones de los efectos derivados de la diferencia de potencial causados por el propio sistema de la tracción eléctrica en condiciones normales y en condiciones anormales (fallos, cortocircuitos, descargas atmosféricas etc.). Deberán cumplir la UNE-EN 50122-1 Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Seguridad eléctrica, puesta a tierra y circuito de retorno. Parte 1: Medidas de protección contra los choques eléctricos.

Se trata de conseguir, por tanto, que todas las partes metálicas y armaduras de acero continuas se encuentren unidas equipotencialmente. Todos los demás elementos metálicos (incluido señales, barandillas, postes, etc.), deben ponerse a tierra a través del sistema global que se describe.

Los cables para las conexiones a tierra deben ser, en todos los casos, resistentes a las intensidades de cortocircuito que se produzcan en cada caso.

Tanto las características del cable, como la distancia entre las conexiones a tierra, serán diferentes en función del tipo de línea:

- En el caso de líneas de 25 kV CA, la conexión a tierra se realizará como máximo cada 450 m. Los elementos metálicos se conectarán al carril y al cable de tierra de catenaria o cable de retorno.
- En líneas de 3,3 kV CC y 1,5 kV CC se realizarán siguiendo los criterios establecidos en las normas NAE 300 y NAE 301: Todas las estructuras metálicas estarán conectadas equipotencialmente entre sí y conectadas al cable de tierra de catenaria. Se incluye aquí cualquier estructura que por avería en catenaria pueda ponerse en tensión.

La colocación de los cables, lazos de conexión y conexiones de puesta a tierra se realizará según el detalle que figura en los planos esquemáticos del anejo 3. Se deberán particularizar en cada proyecto para los túneles realmente proyectados.

En el caso de armaduras de vía sin balasto, se conectarán entre sí eléctricamente y cada 450 m como máximo deberían dejarse latiguillos para su conexión a la red de tierras general.

Se podrá interrumpir la alimentación eléctrica de tracción y poner a tierra la instalación eléctrica mediante seccionadores en ambos emboquilles de forma manual o por control remoto, siendo parte del contrato de catenaria.

5.9.- ESTACIONES SUBTERRÁNEAS

Para el diseño de estaciones subterráneas se atenderá a lo establecido en la NAG 5-0-1.0 "Requerimiento para la protección y seguridad en el diseño de estaciones subterráneas".

5.10.- SUBESTACIONES SUBTERRÁNEAS

En los túneles donde se proyecte subestaciones subterráneas, así como autotransformadores intermedios ATI y autotransformadores finales ATF, se diseñarán ventilaciones específicas que, en caso de incendio de algún elemento, no genere afección al túnel.

6.- EXPEDIENTE DE MANTENIMIENTO

El proyectista preparará un expediente de mantenimiento, según establece la ETI de Seguridad en Túneles en su apartado 4.5.1, que establezca al menos:

- 1) identificación de elementos propensos a sufrir desgaste, fallo, envejecimiento o cualquier otra forma de deterioro o degradación;
- 2) especificación de los límites de utilización de los elementos mencionados en el apartado 1 y una descripción de las medidas que han de tomarse para impedir que se sobrepasen esos límites;
- 3) identificación de aquellos elementos relevantes en las situaciones de emergencia y su gestión;
- 4) comprobaciones periódicas y actividades de revisión necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas y partes de ellos mencionados en el apartado 3 de la citada ETI.

El proyectista redactará un Plan de Mantenimiento ad hoc para el túnel. Dicho plan será revisado y actualizado tras la ejecución de la obra con la documentación "As built".

El contenido de este documento incluirá, al menos, las siguientes fases, especificando sus responsables y la necesidad o no de registro:

1. Medios necesarios para la ejecución del plan de mantenimiento.
2. Elementos singulares que requieren especial atención a efectos de inspección y mantenimiento.
3. Sistema de Auscultación y protocolo de actuación.
4. Actividades de mantenimiento preventivo a realizar y su periodicidad:
 - 4.1. Inspecciones básicas (semestral como mínimo).
 - 4.2. Inspecciones principales (2 años como mínimo).

4.3. Actuaciones a realizar.

4.4. Inspección, comprobación y mantenimiento in situ del sistema de auscultación (trimestral como mínimo). Incluye comprobaciones manuales de contraste de las mediciones realizadas por los sensores automatizados. Los resultados de esta actividad se registrarán en un "Informe de estado del sistema de auscultación" y en la aplicación informática correspondiente.

4.5. Lectura manual de los elementos del sistema de auscultación no automatizados al menos con frecuencia trimestral (cada 3 meses como mínimo).

4.6. Aplicación de las medidas recogidas en el protocolo de actuación, en función de los niveles de alarma que detecte el sistema de auscultación.

4.7. Elaboración de un informe semestral de seguimiento de los elementos singulares del túnel controlados por el sistema de auscultación.

5. Registro: formato, código, responsable de custodia, lugar del archivo y tiempo de permanencia en archivo.

7.- DOCUMENTACIÓN A ENTREGAR

El proyectista entregará la documentación reflejada en el apartado 3 Índices tipo del anejo de túneles.

Tras la ejecución del túnel, será necesario la adaptación de la documentación anterior a lo realmente ejecutado "As built". El contratista realizará una propuesta de nomenclatura de los elementos construidos acorde a lo definido en la norma NAP 2-5-0.1 "Inventario de túneles ferroviarios", y otros procedimientos relacionados que se pudieran haber aprobado, siendo la base para su identificación unívoca durante la fase de explotación y mantenimiento de su ciclo de vida y para su incorporación en el inventario de Adif.

Cuando se utilice metodología BIM (Building Information Modeling), se entregará el archivo digital.

Toda la documentación que se genere durante la vida útil del túnel, deberá incorporarse a los sistemas informáticos y herramientas de Adif, con:

- Proyectos constructivos de los túneles con los estudios geológicos, geotécnicos, hidrológicos, etc. utilizados para su elaboración.
- Archivos de cálculo.
- Información geológica y geotécnica adicional obtenida durante la construcción o explotación.
- Modificaciones introducidas al proyecto durante la construcción.
- Resultados de ensayos y análisis realizados para comprobar la calidad de las obras.
- Posibles tratamientos de mejora, refuerzo o estabilización del terreno, control de erosión, etc. llevados a cabo.
- Informes y actas de todas las inspecciones (básicas y principales), incluso las previas a la puesta en servicio, con las anomalías detectadas.

- Plan de auscultación, en su caso, con los resultados obtenidos y su interpretación.
- Descripción de los trabajos de conservación realizados en elementos estructurales y elementos instalados.
- Estudios de incendio CFD y evacuación en túneles de más de mil metros. Documentos en abierto.
- Enumeración de materiales que no contribuyan significativamente a la carga de fuego.
- Manuales de uso de los diferentes sistemas instalados en el túnel.

8.-NORMATIVA DEROGADA

La presente NAP deroga los siguientes documentos normativos:

- NAP 2-3-1.0. Túneles. 2ª Edición: Enero 2023 + M1: Junio 2023.

9.-DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR

La presente NAP entrará en vigor en la fecha de su aprobación.

La presente NAP no será de aplicación para los proyectos cuyo encargo/orden de estudio sea anterior a la fecha de entrada en vigor de esta norma, ni a las obras derivadas de ellos, ni a sus posibles modificados. No obstante, en estos casos se recomienda su uso como referencia.

10.-NORMATIVA DE REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA

En el contenido de esta norma se hace referencia a los documentos normativos que se citan a continuación.

Cuando se trate de legislación, será de aplicación la última versión publicada en los diarios oficiales, incluidas sus sucesivas modificaciones.

En el caso de documentos referenciados sin edición y fecha se utilizará la última edición vigente; en el caso de normas citadas con versión exacta, se debe aplicar esta edición concreta.

En el caso de normas UNE-EN que establezcan condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción, que sean transposición de normas EN cuya referencia haya sido publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea, será de aplicación la última versión comunicada por la Comisión y publicada en el DOUE.

- Orden TMA/135/2023, de 15 de febrero, por la que se aprueban la instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI) y la instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de energía (IFE) y se modifican la Orden FOM/1630/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la Instrucción ferroviaria de gálibos y la Orden FOM/2015/2016, de 30 de diciembre, por la que se aprueba el Catálogo Oficial de Señales de Circulación Ferroviaria en la Red Ferroviaria de Interés General. Publicado en «BOE» núm. 42, de 18/02/2023.

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus modificaciones. Publicado en «BOE» núm. 224, de 18/09/2002.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Publicado en «BOE» núm. 74, de 28/03/2006.
- Real Decreto 173/2010, de 19 de febrero, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad. Publicado en «BOE» núm. 61, de 11/03/2010.
- Real Decreto 929/2020, de 27 de octubre, sobre seguridad operacional e interoperabilidad ferroviarias. Publicado en «BOE» núm. 286, de 29/10/2020.
- Reglamentos de Ejecución (UE) 2018/868 de la Comisión, de 13 de junio de 2018, que modifica el Reglamento (UE) 1301/2014 y el Reglamento (UE) 1302/2014 en lo que respecta a las disposiciones relativas al sistema de medición de energía y al sistema de captación de datos. Publicado en «DOUE» núm. 149, de 14/06/2018.
- Reglamento de Ejecución (UE) 2019/776 de la Comisión, de 16 de mayo de 2019, que modifica los Reglamentos (UE) 321/2013, (UE) 1299/2014, (UE) 1301/2014, (UE) 1302/2014 y (UE) 1303/2014 y (UE) 2016/919 de la Comisión y la Decisión de Ejecución 2011/665/UE de la Comisión en lo que se refiere a la armonización con la Directiva (UE) 2016/797 del Parlamento Europeo y del Consejo y la implementación de los objetivos específicos establecidos en la Decisión Delegada (UE) 2017/1474 de la Comisión. Publicado en «DOUE» núm. 139, de 27/05/2019.
- Reglamento de Ejecución (UE) 2020/387 de la Comisión de 9 de marzo de 2020 por el que se modifican los Reglamentos (UE) 321/2013, (UE) 1302/2014 y (UE) 2016/919 en lo que se refiere a la ampliación del área de uso y de los períodos transitorios. Publicado en «DOUE» núm. 73, de 10/03/2020.
- Reglamento de Ejecución (UE) 2023/1694 de la Comisión de 10 de agosto de 2023 por el que se modifican los Reglamentos (UE) 321/2013, (UE) 1299/2014, (UE) 1300/2014, (UE) 1301/2014, (UE) 1302/2014 y (UE) 1304/2014 y el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/777. Publicado en «DOUE» núm. 222, de 08/09/2023.
- Reglamento (UE) 1299/2014 DE LA COMISIÓN de 18 de noviembre de 2014 relativo a las especificaciones técnicas de interoperabilidad del subsistema «infraestructura» del sistema ferroviario de la Unión Europea. Publicado en «DOUE» núm. 356, de 12/12/2014.
- Reglamento (UE) 1301/2014 DE LA COMISIÓN de 18 de noviembre de 2014 sobre las especificaciones técnicas de interoperabilidad del subsistema de energía del sistema ferroviario de la Unión Europea. Publicado en «DOUE» núm. 356, de 12/12/2014.
- Reglamento (UE) 1302/2014 DE LA COMISIÓN de 18 de noviembre de 2014 relativo a las especificaciones técnicas de interoperabilidad del subsistema "locomotoras y material rodante de viajeros" del sistema ferroviario en la Unión Europea. Publicado en «DOUE» núm. 356, de 12/12/2014.
- Reglamento (UE) 1303/2014 DE LA COMISIÓN de 18 de noviembre de 2014 sobre la Especificación Técnica de Interoperabilidad relativa a la "Seguridad en los túneles ferroviarios" del sistema ferroviario de la Unión Europea. Publicado en «DOUE» núm. 356, de 12/12/2014.

- Reglamento (UE) 2016/919 de la Comisión, de 27 de mayo de 2016, sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa a los subsistemas de «control-mando y señalización» del sistema ferroviario de la Unión Europea. Publicado en «DOUE» núm. 158, de 15/06/2016.
- Reglamento Delegado (UE) 2016/364 de la Comisión de 1 de julio de 2015 relativo a la clasificación de las propiedades de reacción al fuego de los productos de construcción de conformidad con el Reglamento (UE) 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo. Publicado en «DOUE» núm. 68, de 15/03/2016.
- Orden FOM/3317/2010 de 17 de diciembre, por la que se aprueba la Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento. Publicado en «BOE» núm. 311, de 23/12/2010.
- Orden FOM/1630/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la Instrucción ferroviaria de gálibos. Publicado en «BOE» núm. 185, de 04/08/2015.
- PNE-EN 14067-5:2021: *"Aplicaciones ferroviarias. Aerodinámica. Parte 5: Requisitos y métodos de ensayo aerodinámicos dentro de túneles"*. AENOR.
- UNE-EN 50122-1: *"Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Seguridad eléctrica, puesta a tierra y circuito de retorno. Parte 1: Medidas de protección contra los choques eléctricos"*. AENOR.
- NAG 1-2-0.0. *"Expropiaciones"*. 2ª Edición. Junio 2023. Adif.
- NAG 5-0-1.0. *"Requerimiento para la protección y seguridad en el diseño de estaciones subterráneas"*. 1ª Edición+M1+M2. Septiembre 2024. Adif.
- NAP 1-2-0.1. *"Metodología para el diseño de trazado ferroviario"*. 2ª Edición. Diciembre 2024. Adif.
- NAP 1-2-1.0. *"Índices tipo y contenido de los proyectos de plataforma ferroviaria"*. 6ª Edición+M1. Enero 2024. Adif.
- NAP 1-2-4.0. *"Geología, geotecnia y estudio de materiales"*. 1ª Edición+M1. Junio 2023. Adif.
- NAP 2-5-0.1. *"Inventario de túneles ferroviarios"*. 1ª Edición. Julio 2020. Adif.
- NAV 3-4-3.0. *"Montaje de vía en balasto para obra nueva"*. 1ª Edición. Julio 2015. Adif.
- NAV 7-1-0.7. *"Diseño y montaje de vía sin balasto para obra nueva"*. 1ª Edición. Enero 2021. Adif.
- NAE 300. *"Diseño funcional de la línea aérea de contacto tipo CA-160/3kV"*. 2ª Edición. Junio 2024. Adif.
- NAE 301. *"Diseño funcional de la línea aérea de contacto tipo CA-220/3kV"*. 1ª Edición. Junio 2024. Adif.
- NAPS 001. *"Montaje de elementos de protección en túneles"*. 1ª Edición. Julio 2020. Adif.

- ET 03.365.405.4. *"Detector de caída de objetos"*. 2ª Edición. Junio 2017. Adif.
- ET 03.399.008.6. *"Puertas de salida al exterior en templete y compuertas de emergencia en túneles"*. 1ª Edición. Julio 2020. Adif.
- Ficha UIC 779-11 "Determination of railway tunnel cross-sectional areas on the basis of aerodynamic considerations". UIC.

BORRADOR

I. Anejo 1. SECCIONES TIPO

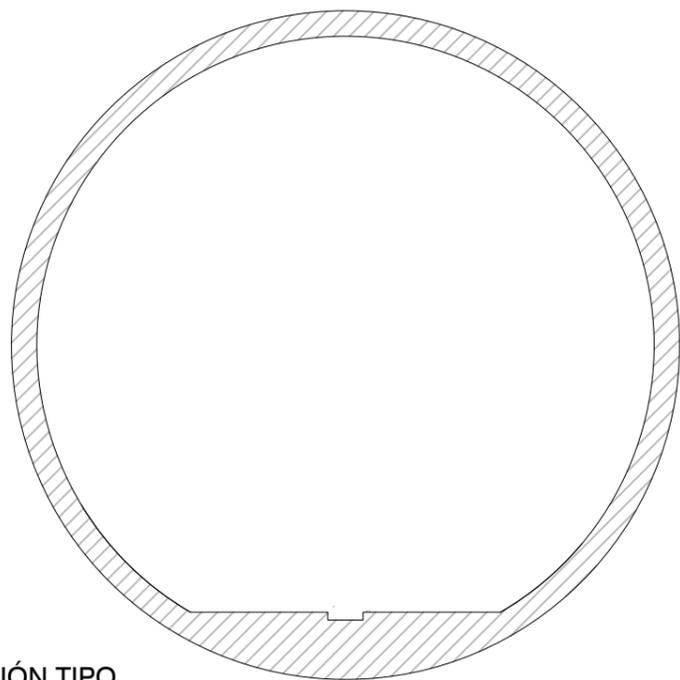
Los siguientes planos recogen las características orientativas descritas en el documento, a modo de ejemplo, los cuales se presentan en cada sección tipo.

La solución adoptada por el proyectista deberá ser confirmada por Adif durante el desarrollo del proyecto y puede ser distinta a los ejemplos recogidos en este documento.

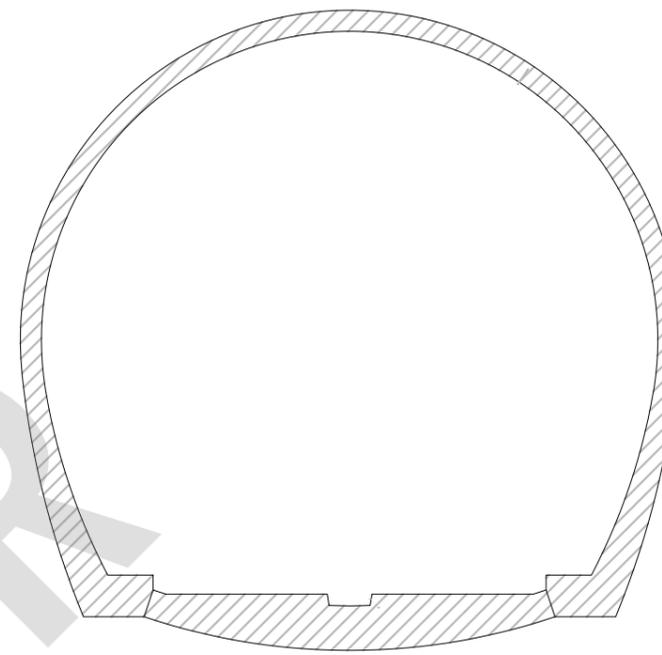
Los elementos colocados en la parte inferior de la sección (drenaje, prismas de cableado, cruces de vía, etc.) deben ser posicionados intentando la optimización de la superficie ocupada por hormigón sobre la contrabóveda/llosa.

El proyectista deberá velar por el cumplimiento de cada uno de los subsistemas y evitar las posibles interferencias entre los mismos, así como que todos los elementos necesarios sean tenidos en cuenta para el cálculo de la sección. Estos elementos serán, como mínimo, los siguientes:

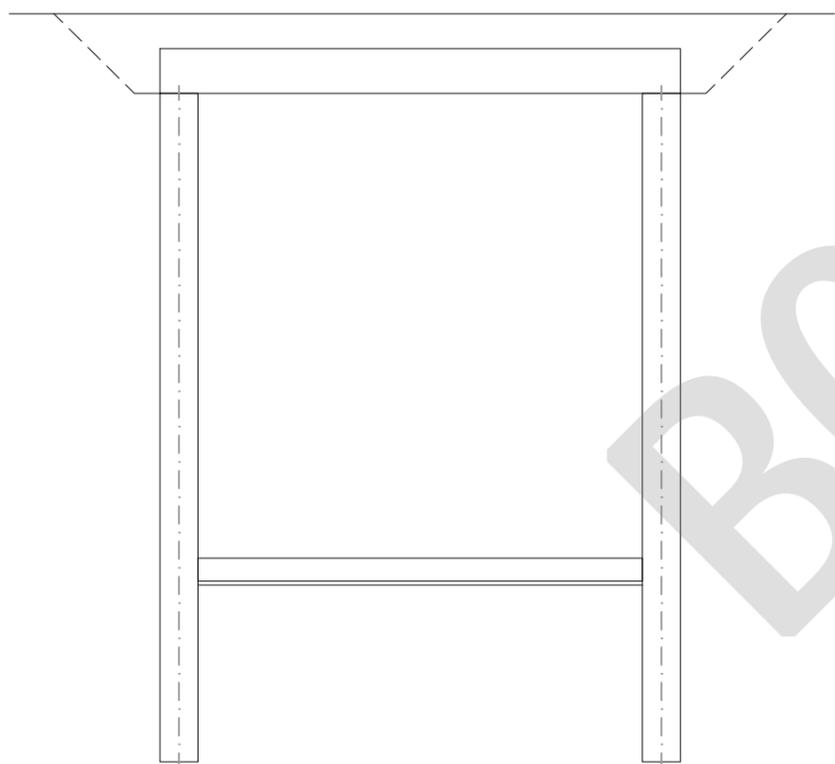
- Ventilación mecánica del túnel y sus sistemas de control.
- Cable radiante y antenas de comunicaciones, incluso armarios.
- Alumbrado de emergencia y pulsadores.
- Señalización de evacuación.
- Tuberías e hidrantes de PCI.
- Señalización ferroviaria (semafórica y fija).
- Catenaria, anclaje de catenaria y regulación de tensión.
- Cámaras CCTV, control de accesos y armarios de comunicación.



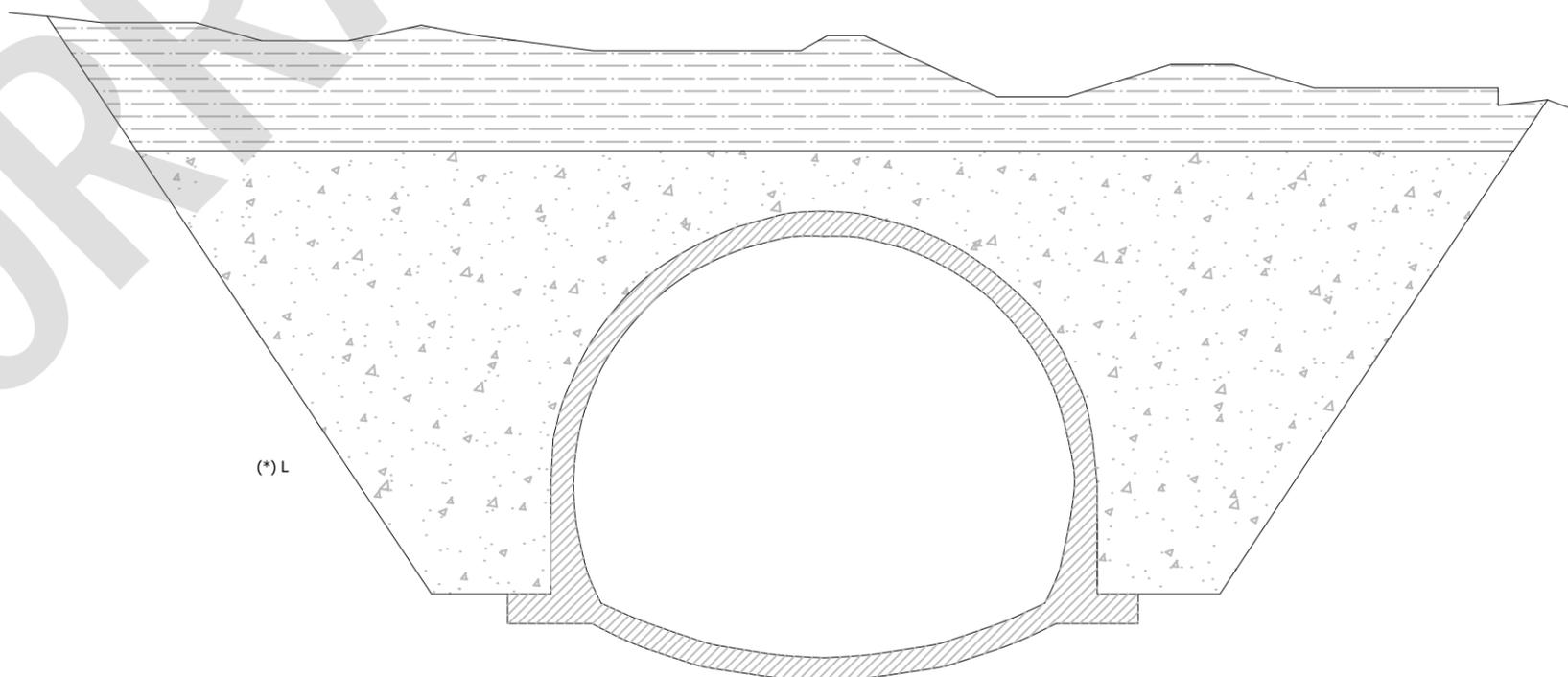
SECCIÓN TIPO
EXCAVACIÓN POR TUNELADORA



SECCIÓN TIPO
EXCAVACIÓN POR METODOS CONVENCIONALES
CON CONTRABÓVEDA



SECCIÓN TIPO
ENTRE PANTALLAS



SECCIÓN TIPO
FALSO TÚNEL

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV. Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.



TÍTULO:

NAP 2-3-1.0
TÚNELES

ESCALA ORIGINAL A3:

S / E

FECHA

MARZO 2025

EDICIÓN

Edición 3

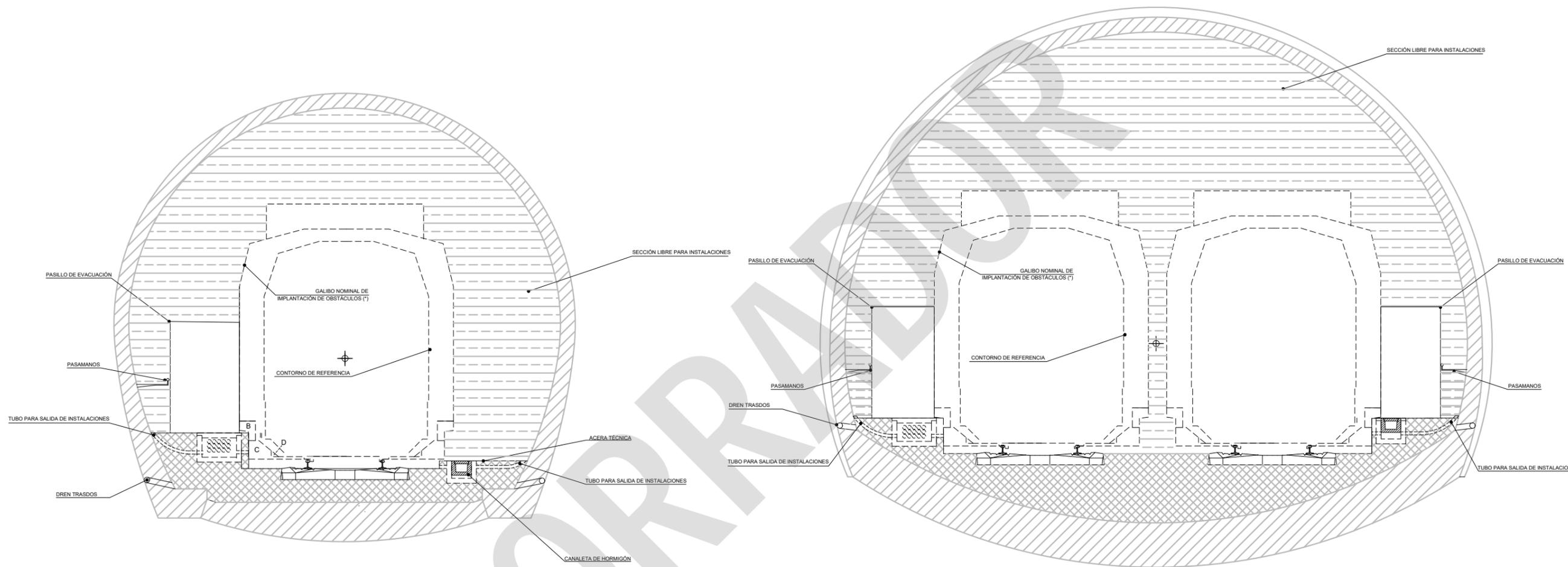
Nº DE PLANO

1.1

HOJA 1 DE 1

TÍTULO DEL PLANO:

SECCIONES TIPO
TIPOLOGÍA



SECCIÓN TIPO
EXCAVACIÓN POR METODOS CONVENCIONALES
CON CONTRABÓVEDA VÍA ÚNICA

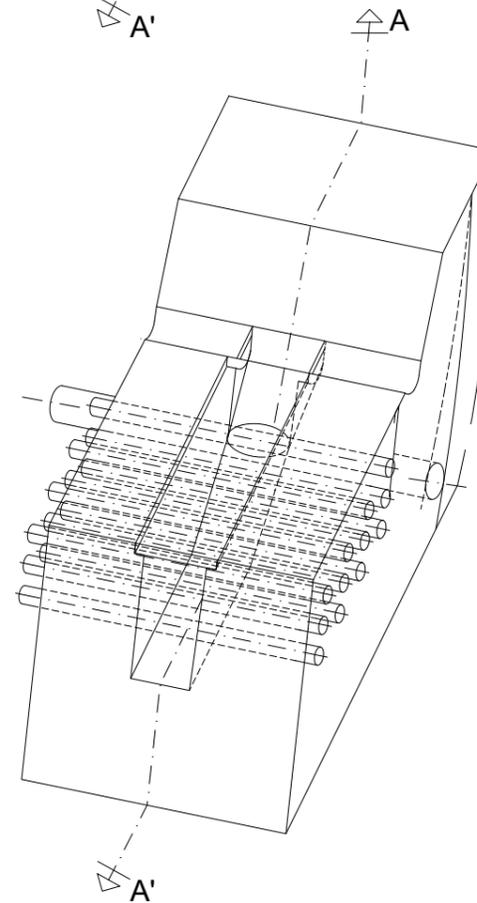
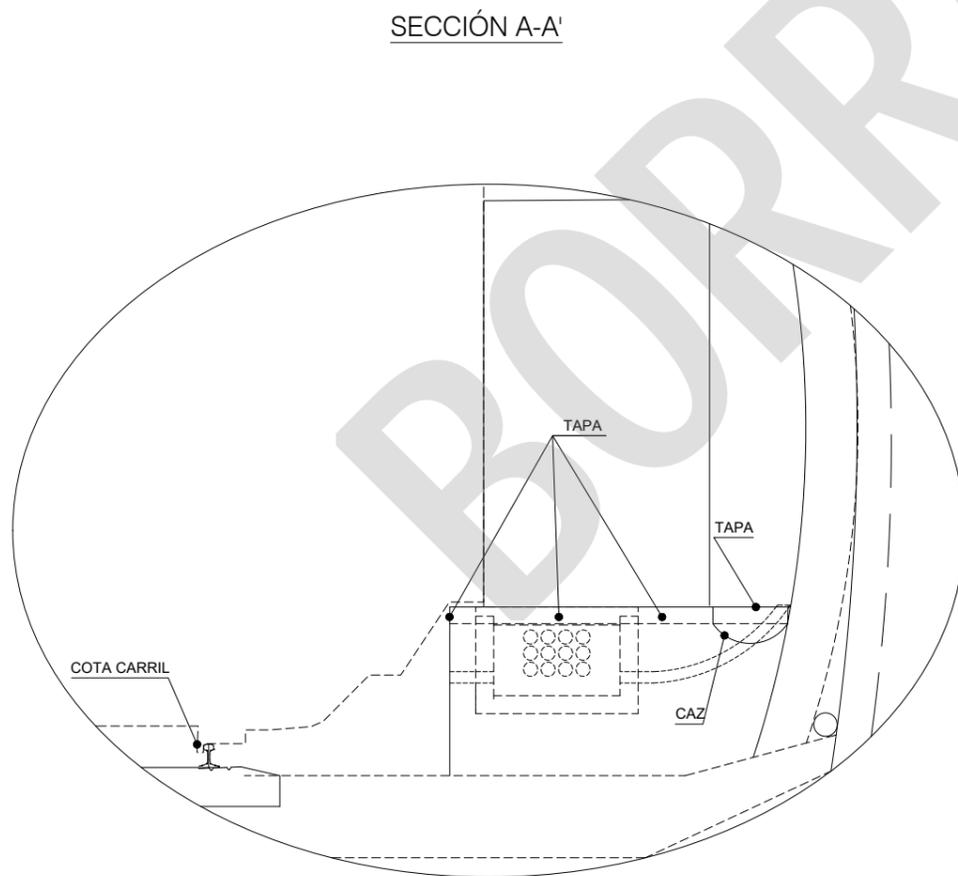
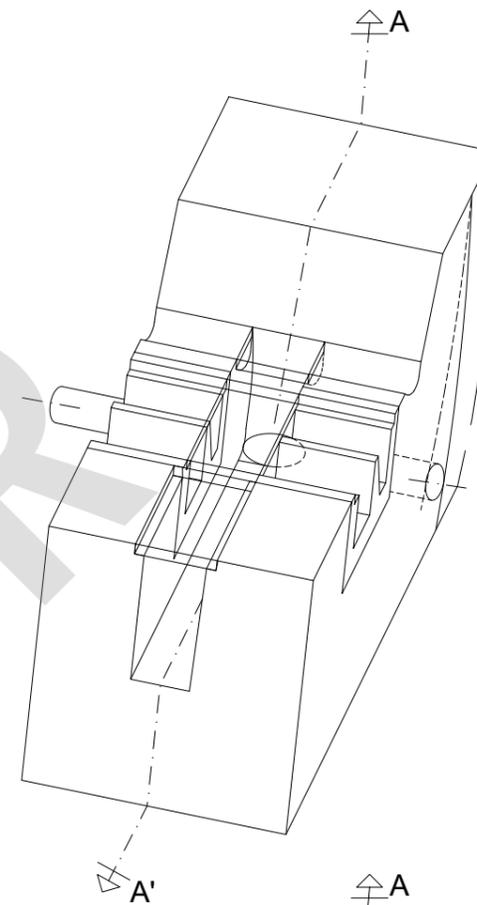
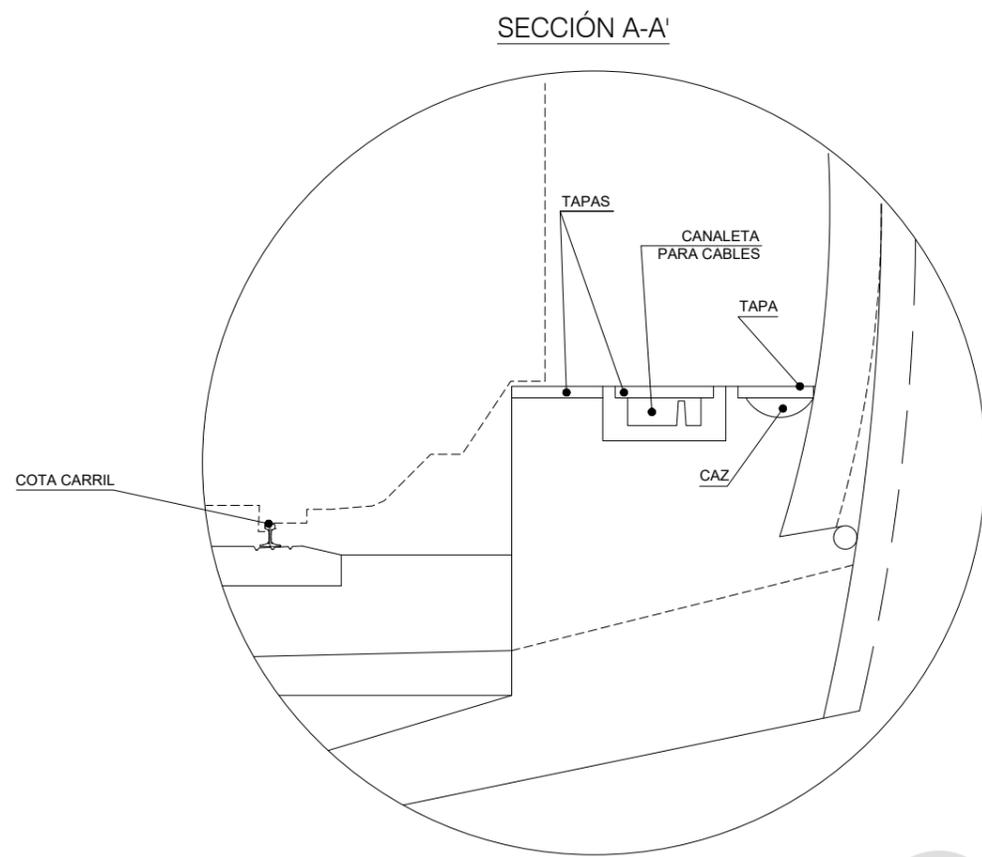
SECCIÓN TIPO
EXCAVACIÓN POR METODOS CONVENCIONALES
CON CONTRABÓVEDA VÍA DOBLE

NOTA:

- El drenaje será diseñado según las necesidades de cada proyecto.
- El pasillo de evacuación mínimo es de 0,80 m x 2,25 m según la ETI de Seguridad en Túneles Ferroviarios.
- Los elementos colocados en la parte inferior de la sección (drenaje, prismas de cableado, cruces de vía,...) deben ser posicionados intentando la optimización de la superficie ocupada por hormigón sobre la contrabóveda/losa.
- El proyectista deberá velar por el cumplimiento de cada uno de los subsistemas y evitar las posibles interferencias entre los mismos, así como que todos los elementos necesarios sean tenidos en cuenta para el cálculo de la sección.

(*) Los pasillos de evacuación se realizará conforme señala la Instrucción Ferroviaria de Gálibos. Se utilizará el gálibo nominal salvo en situaciones excepcionales que podría usarse el gálibo límite

		TÍTULO:	NAP 2-3-1.0 TÚNELES	ESCALA ORIGINAL A3:	S / E	FECHA:	MARZO 2025	EDICIÓN:	Edición 3	Nº DE PLANO:	1.2	TÍTULO DEL PLANO:	SECCIONES TIPO EXCAVACIÓN POR METODOS CONVENCIONALES DETALLES
										HOJA	1 DE 1		



Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV. Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.



TÍTULO:

NAP 2-3-1.0
TÚNELES

ESCALA ORIGINAL A3:

S / E

FECHA

MARZO 2025

EDICIÓN

Edición 3

Nº DE PLANO

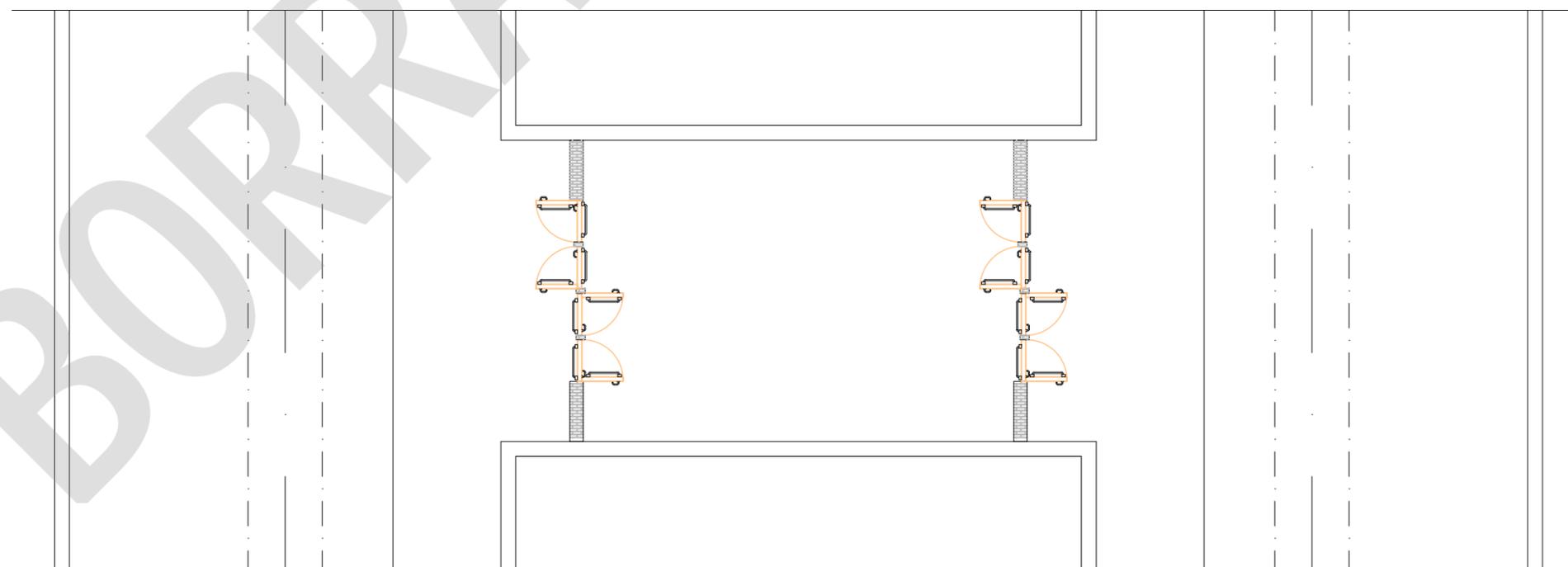
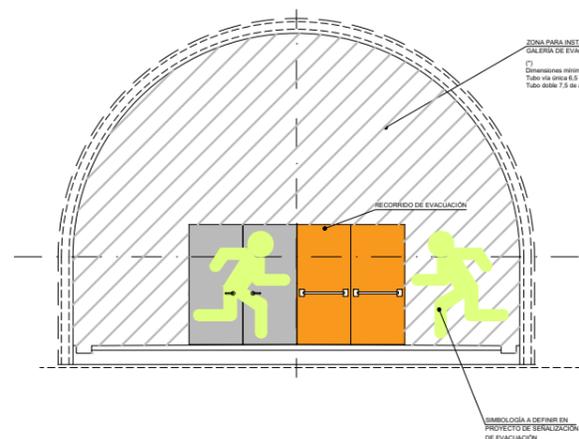
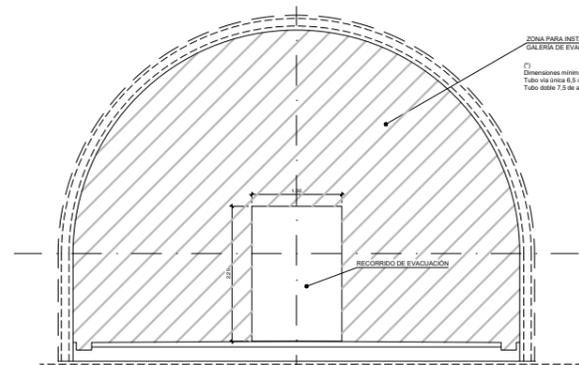
1.3

HOJA 1 DE 1

TÍTULO DEL PLANO:

SECCIONES TIPO
DETALLE DE PROPUESTA DE EJECUCIÓN
DE TUBO DREN EN TÚNELES

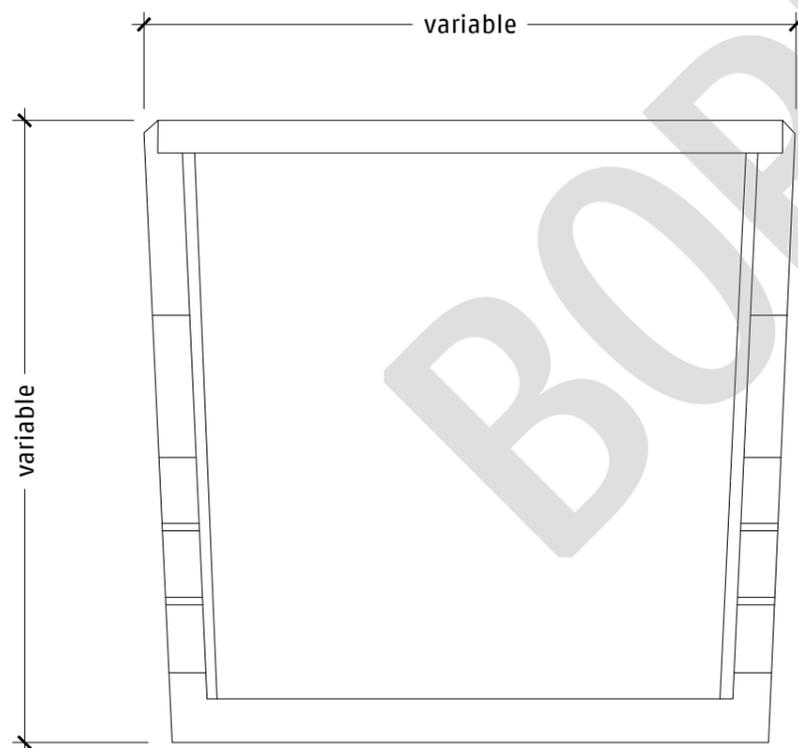
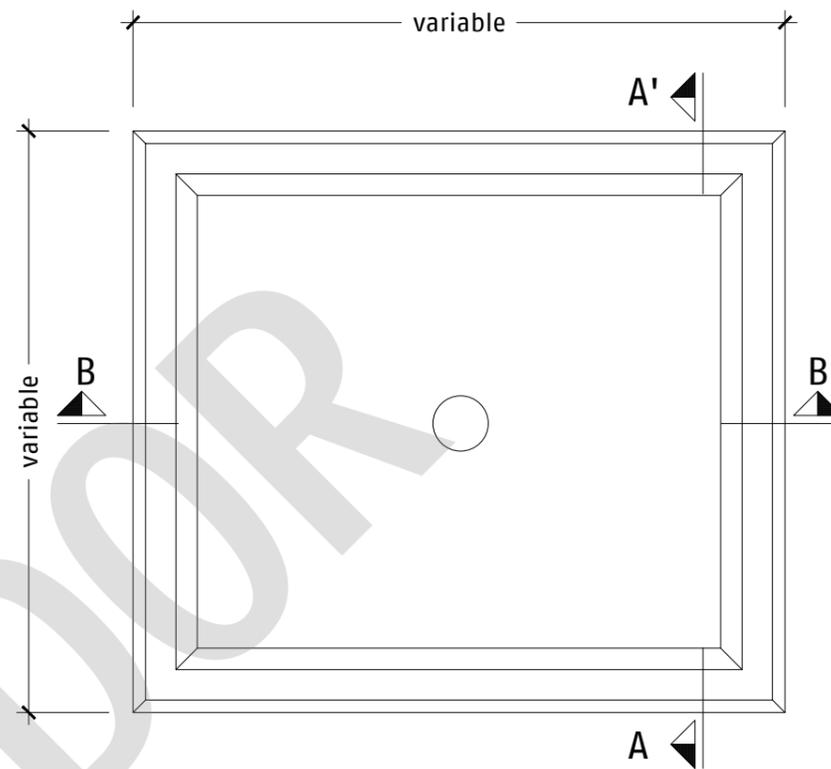
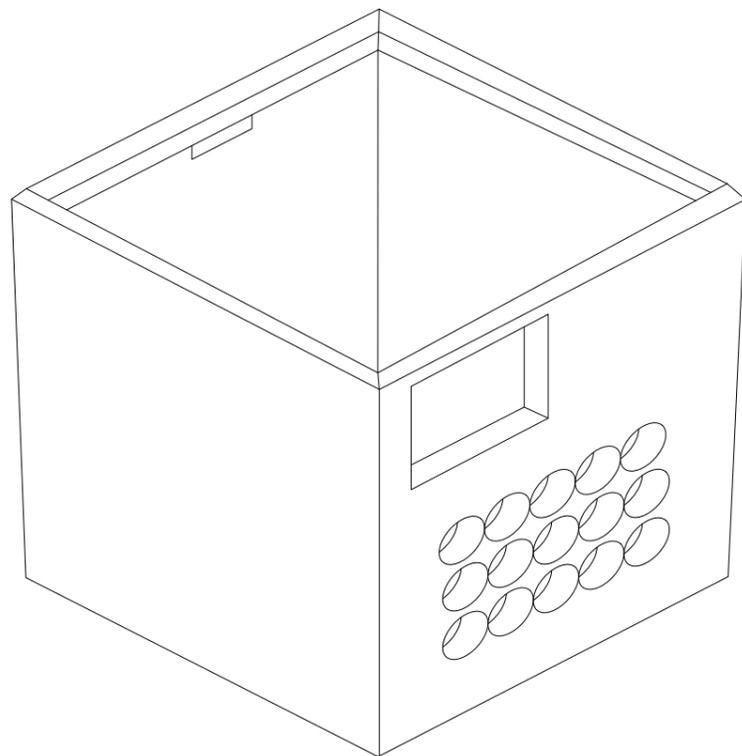
Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV. Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.



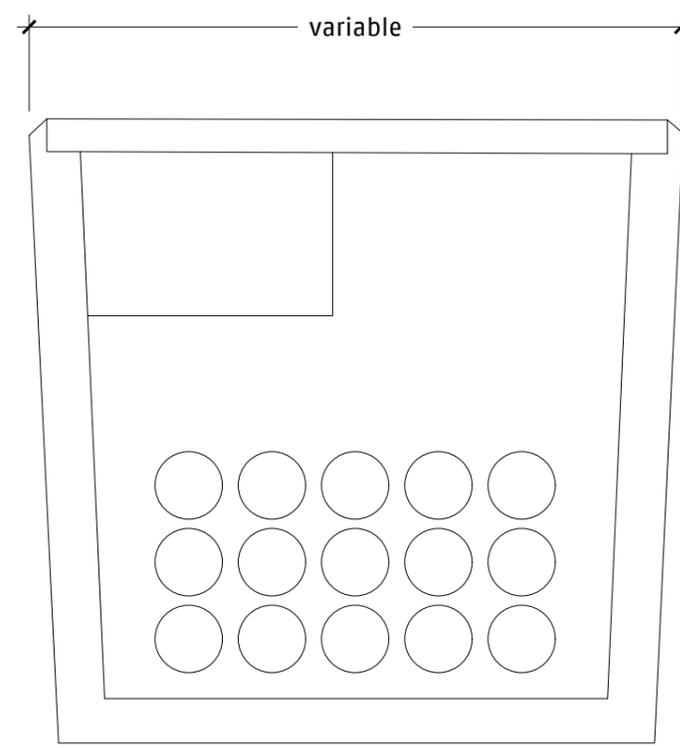
II. Anejo 2. DETALLES DE INSTALACIONES DE CABLES

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV.
Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

BORRADOR



SECCIÓN A-A'

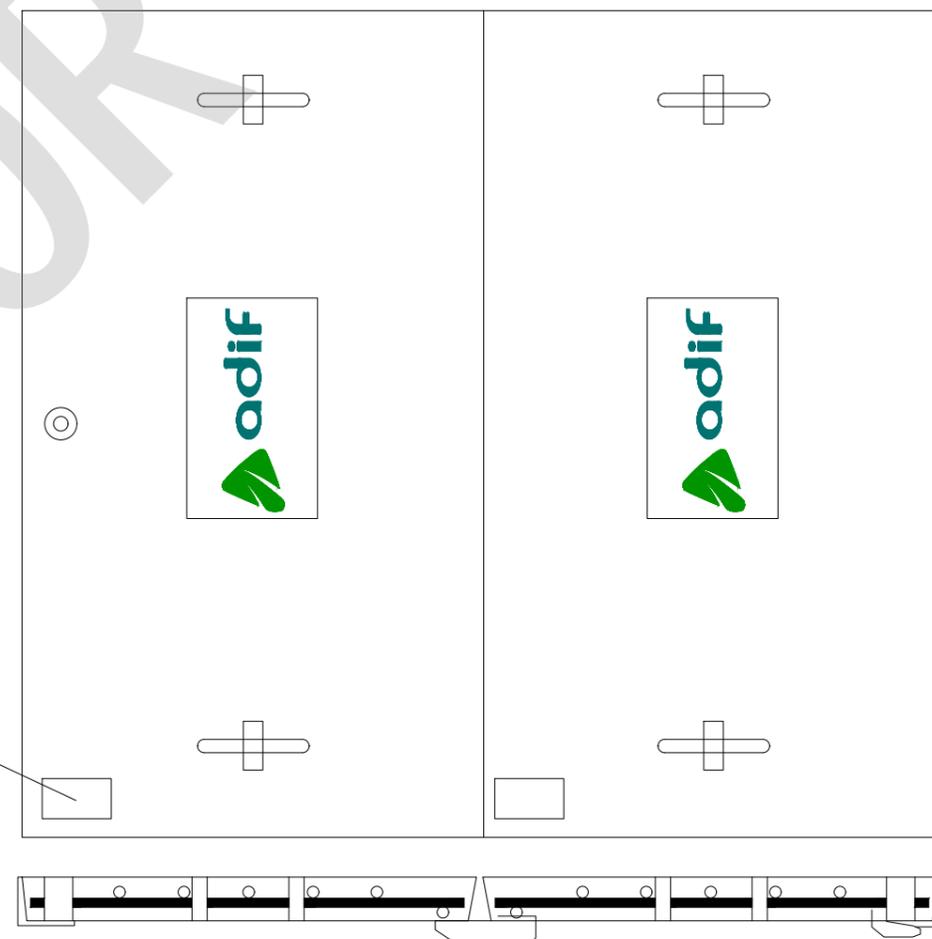
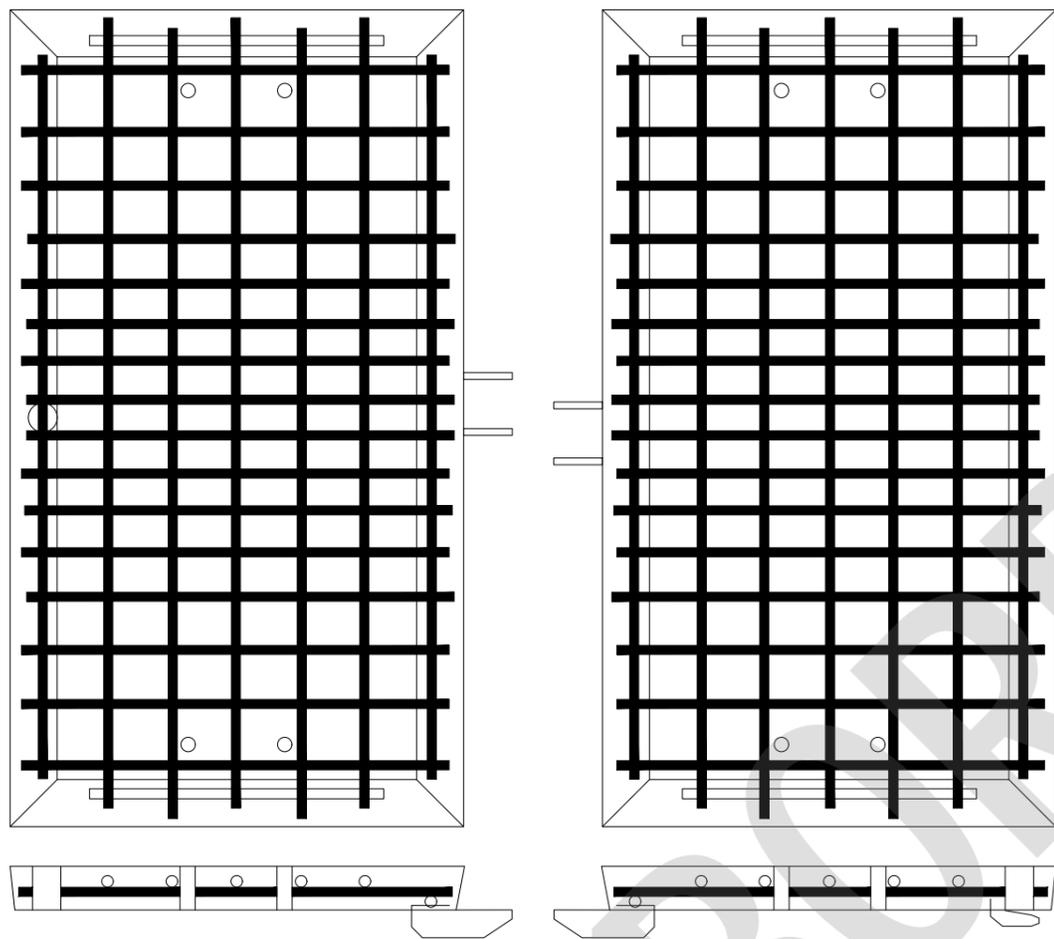


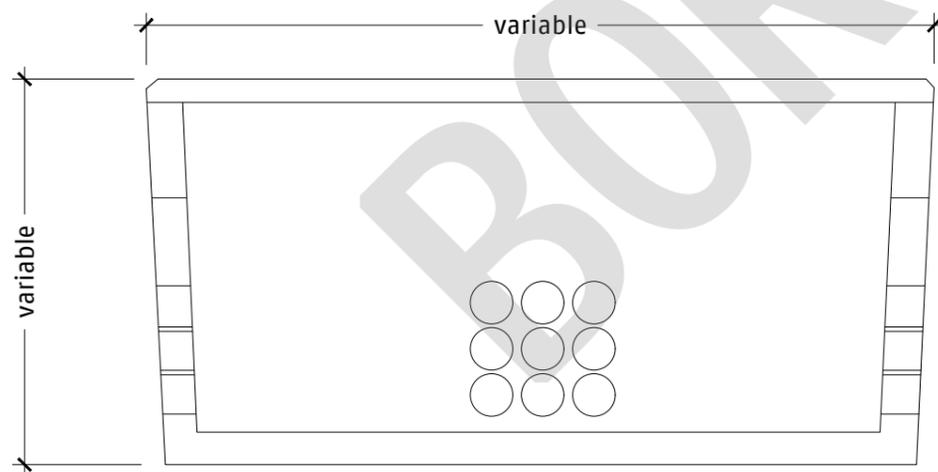
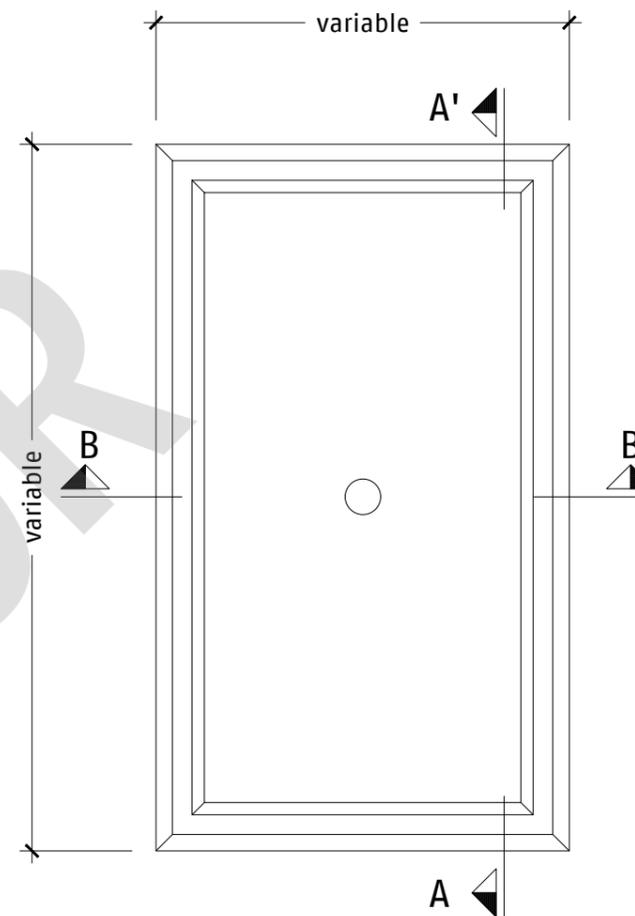
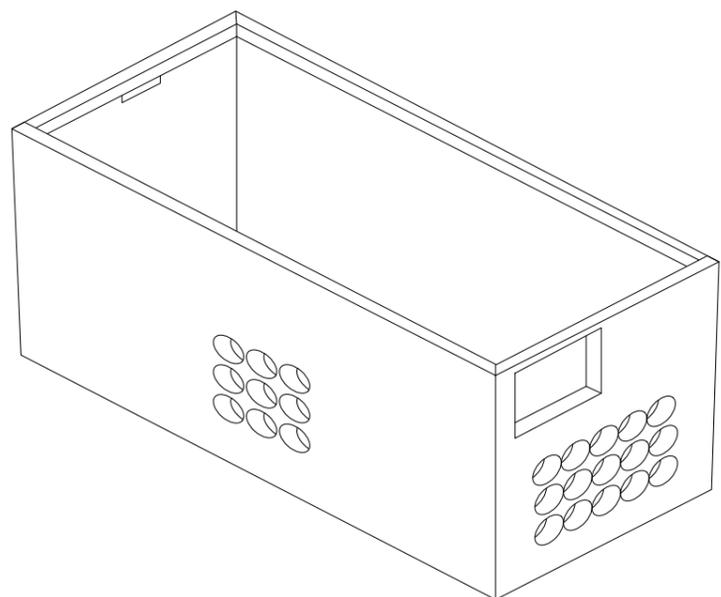
SECCIÓN B-B'

BORRADOR

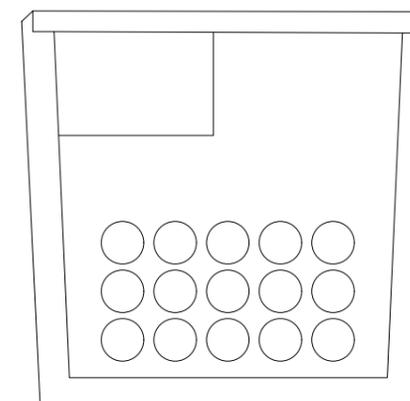
Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV. Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV. Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.





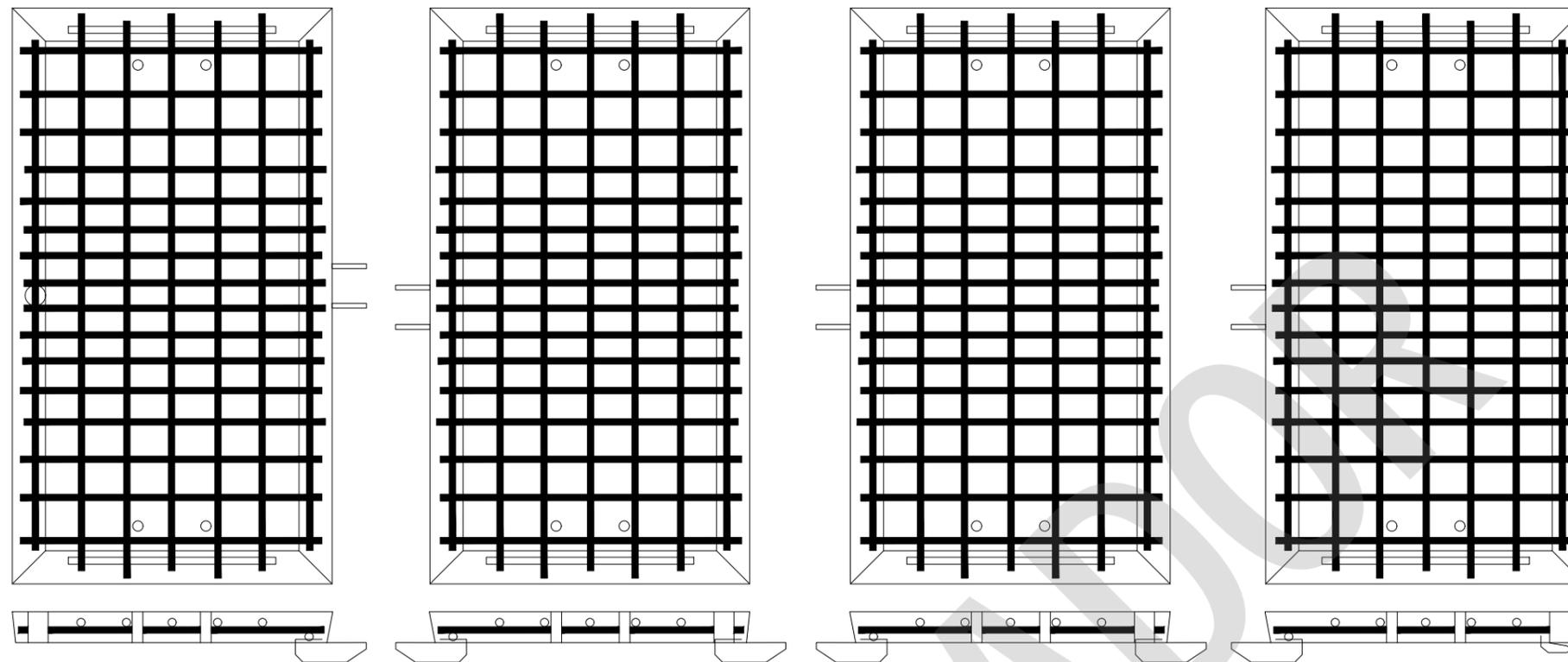
SECCIÓN A-A'



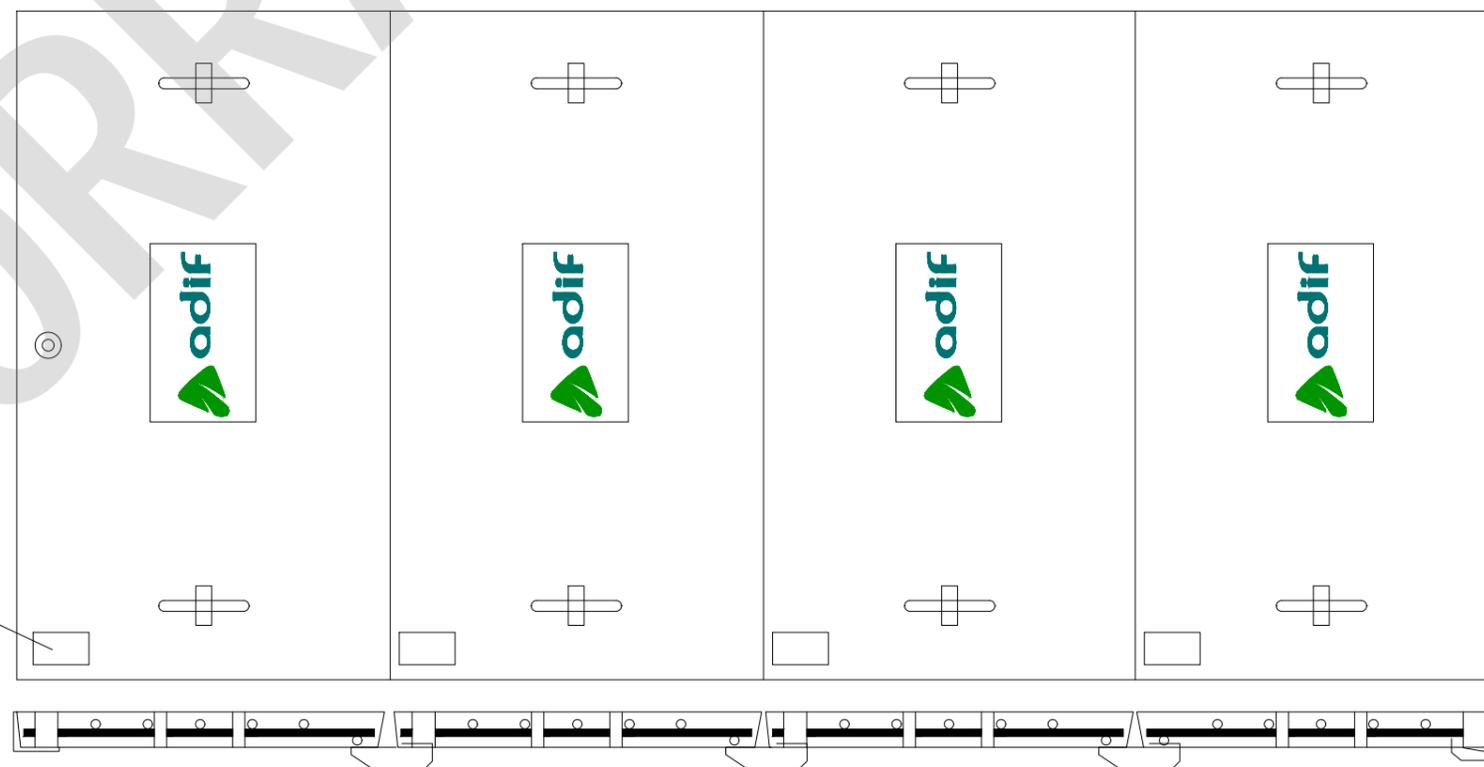
SECCIÓN B-B'

BORRADOR

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV. Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.



LOGOTIPO DEL FABRICANTE



TÍTULO:

NAP 2-3-1.0
TÚNELES

ESCALA ORIGINAL A3:
S / E

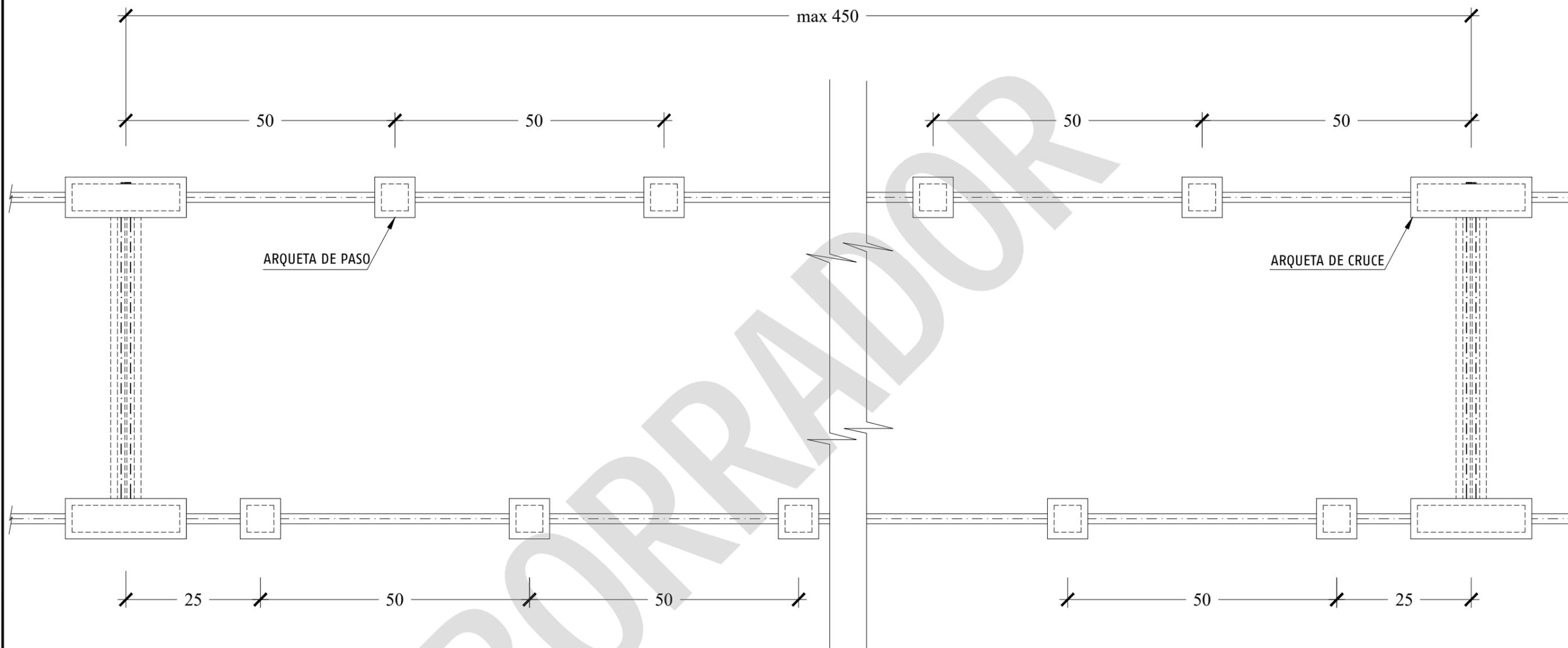
FECHA
MARZO 2025

EDICIÓN
Edición 3

Nº DE PLANO
2.2
HOJA 2 DE 2

TÍTULO DEL PLANO:
DETALLES DE INSTALACIONES DE CABLE
ARQUETA DE CRUCE
TAPA

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV. Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.



TÍTULO:

NAP 2-3-1.0
TÚNELES

ESCALA ORIGINAL A3:

S / E

FECHA

MARZO 2025

EDICIÓN

Edición 3

Nº DE PLANO

2.3

HOJA 1 DE 1

TÍTULO DEL PLANO:

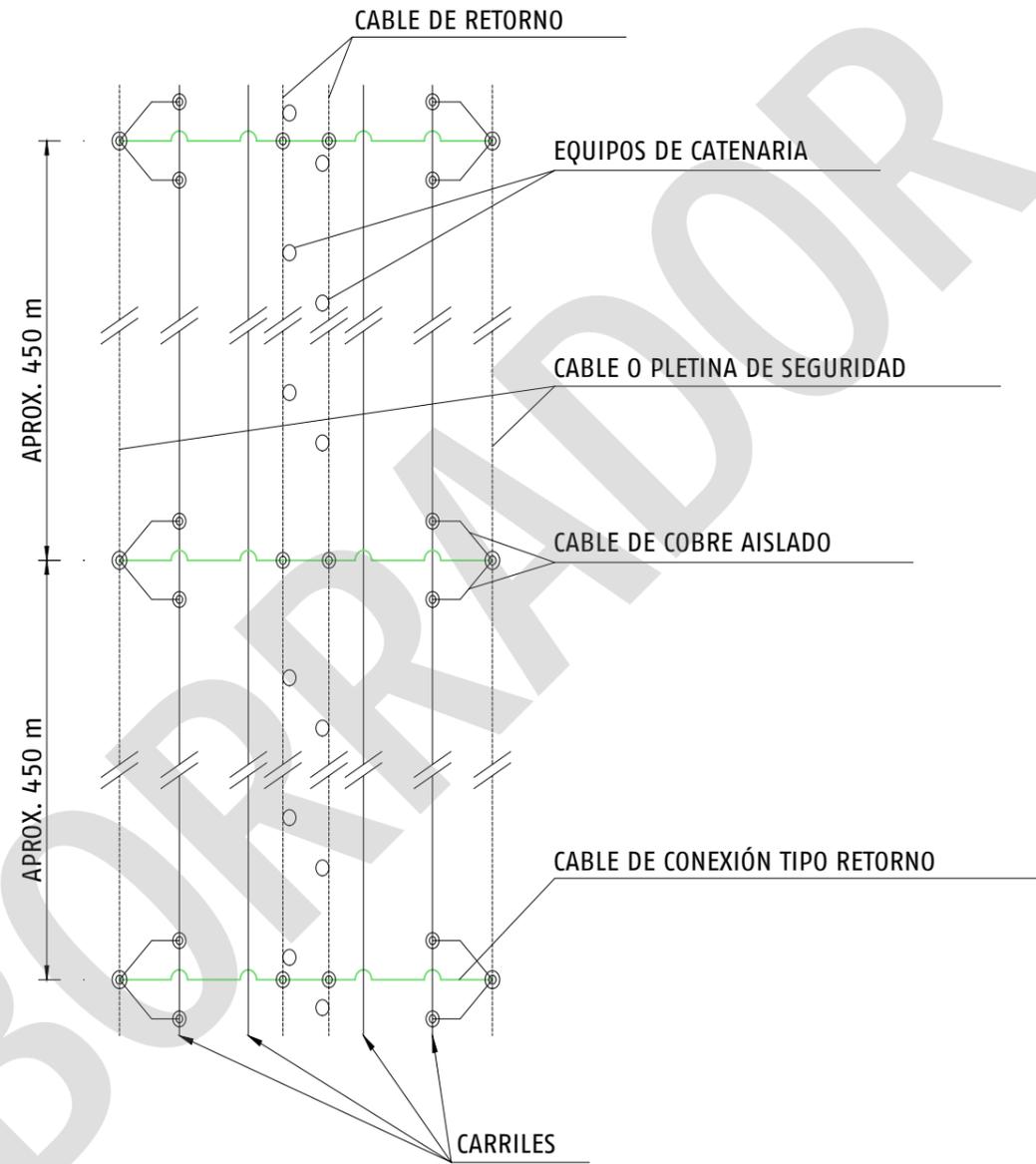
DETALLES DE INSTALACIONES DE CABLE
CRUCES DE CABLE BAJO VÍA

III. Anejo 3. ESQUEMAS DE PUESTAS A TIERRA

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV.
Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

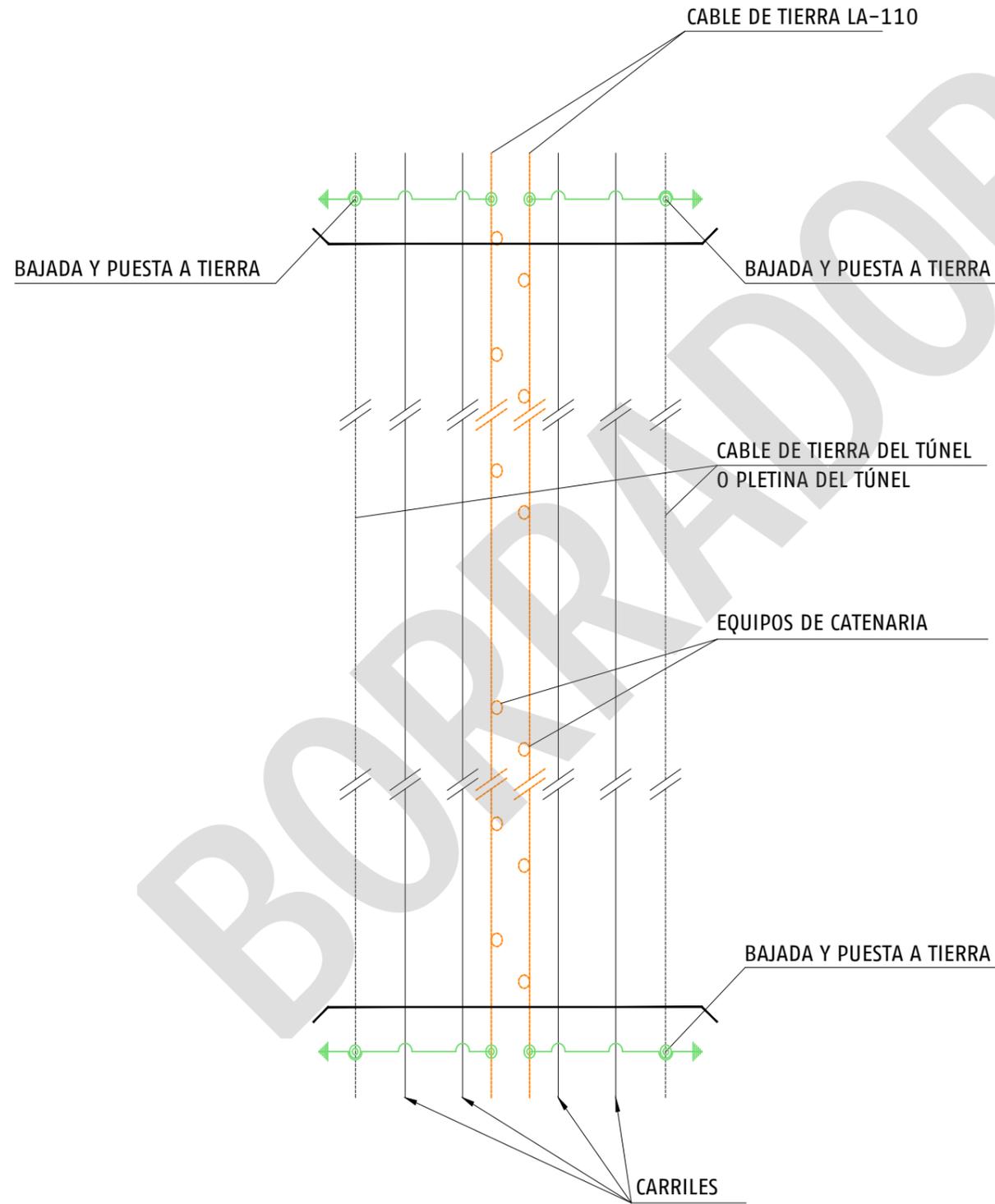
BORRADOR

PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS DE CATENARIA EN
TÚNELES DE FERROCARRIL
CATENARIA 25 KV, CA



Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV.
Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS DE CATENARIA EN
TÚNELES DE FERROCARRIL
CATENARIA 3,3 KV y 1,5 KV, CC



NOTA:

La puesta a tierra de equipos de catenaria se realizará según NAE correspondiente

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV. Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.



TÍTULO:

NAP 2-3-1.0
TÚNELES

ESCALA ORIGINAL A3:

S / E

FECHA

MARZO 2025

EDICIÓN

Edición 3

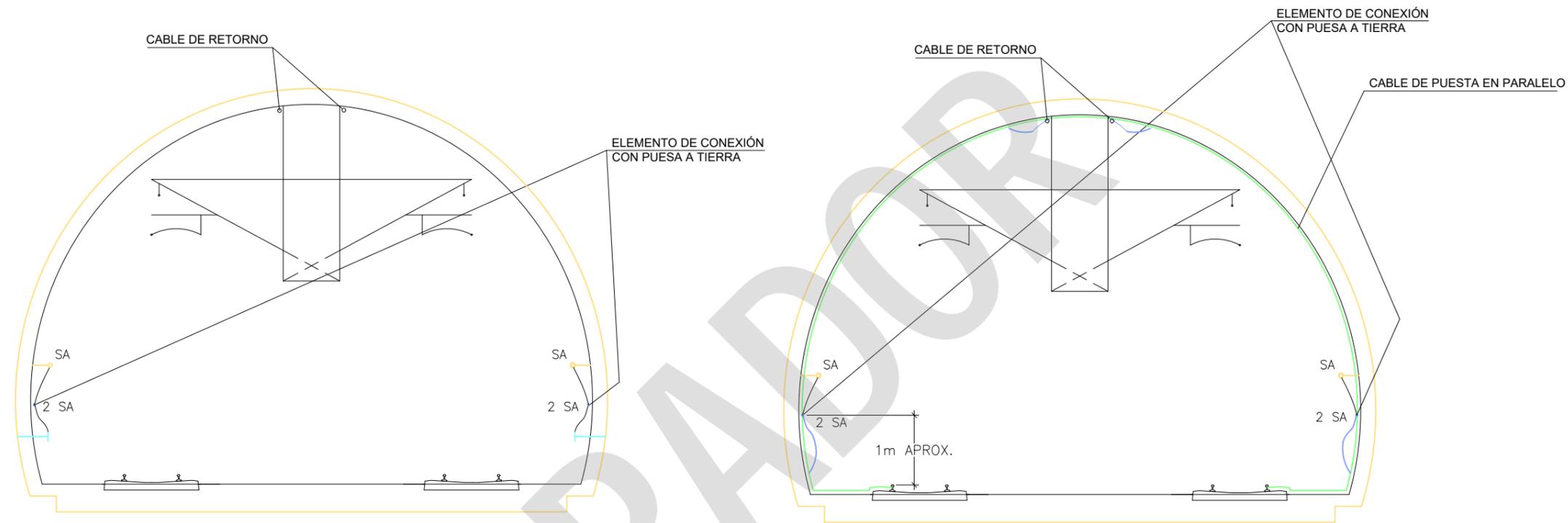
Nº DE PLANO

3.1

HOJA 2 DE 2

TÍTULO DEL PLANO:

PUESTA A TIERRA EN TÚNELES
CATENARIA 3,3 KV y 1,5 KV, CC



- CONEXIÓN ELÉCTRICA ARMADURA A REALIZAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- TERMINALES A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- LAZO DE CONEXIÓN A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- CABLE A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- PASAMANOS A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL (EN SU CASO)
- CABLE DE RETORNO A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DE CATENARIA
- SA SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA

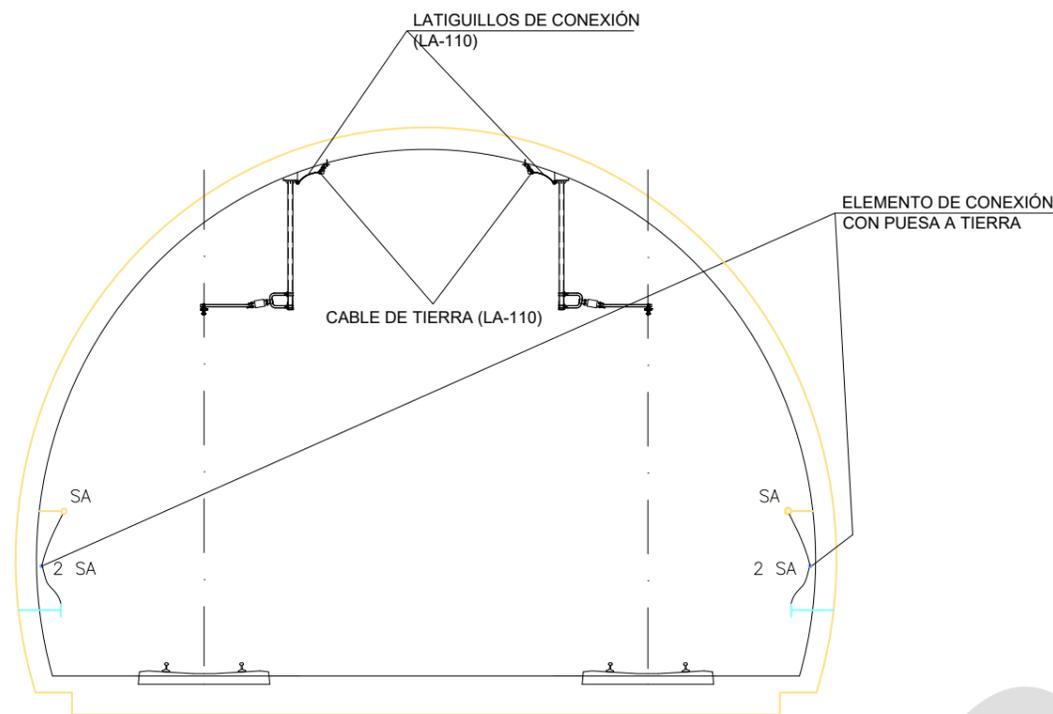
PUESTA A TIERRA DE ARMADURAS CONTINUAS Y ELEMENTOS METÁLICOS EN TÚNELES DE FERROCARRIL (EN SISTEMAS DE CA)

MONTAJE CADA 50 m

- NOTA: ENTRADA, SALIDA Y CADA 450m PARA LONGITUDES MAYORES
- CONEXIÓN ELÉCTRICA ARMADURA A REALIZAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
 - CABLE DE PUESTA EN PARALELO A MONTAR EN FASE DE MONTAJE DE ELECTRIFICACIÓN CADA 450m aprox.
 - LAZO DE CONEXIÓN A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
 - CABLE A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
 - PASAMANOS A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL (EN SU CASO)
 - LAZO DE CONEXIÓN A MONTAR EN LA FASE DE MONTAJE DE CATENARIA.
 - CABLE DE RETORNO A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DE CATENARIA
 - SA SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA

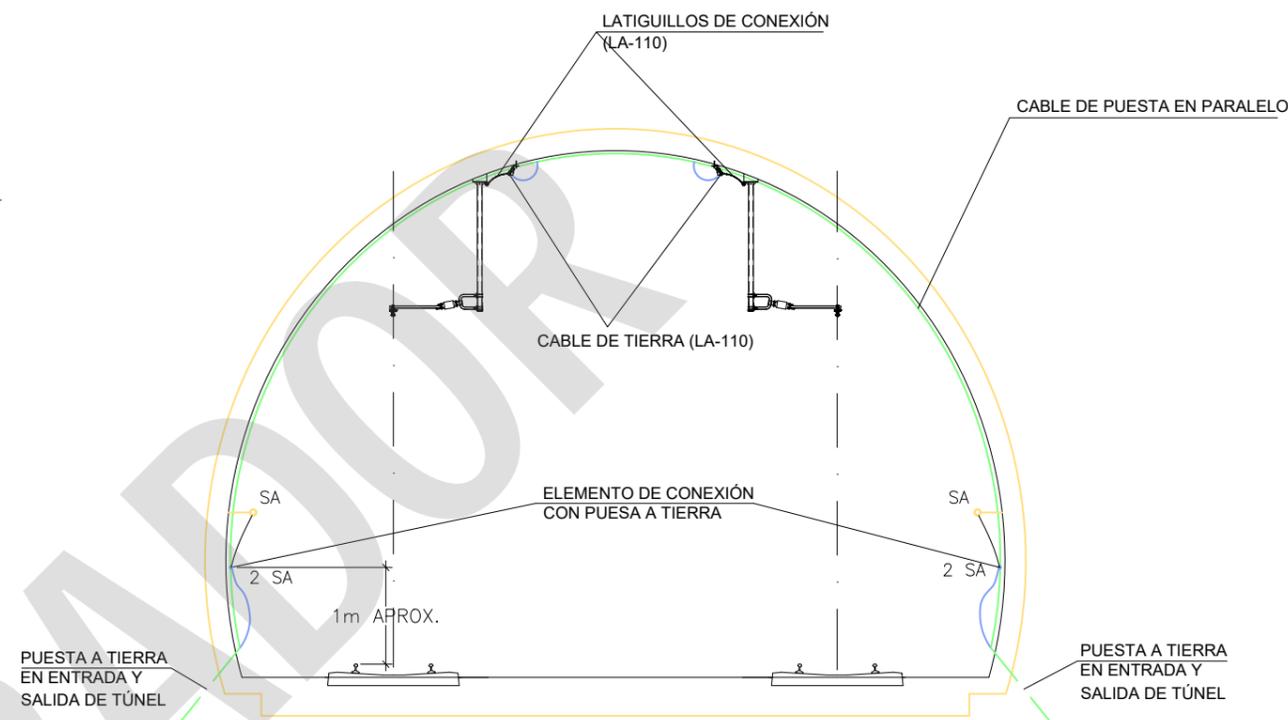
PUESTA A TIERRA DE CATENARIA EN TÚNELES DE FERROCARRIL (EN SISTEMAS DE CA)

MONTAJE CADA 450 m



- CONEXIÓN ELÉCTRICA ARMADURA A REALIZAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- TERMINALES A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- LAZO DE CONEXIÓN A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- CABLE A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
- PASAMANOS A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL (EN SU CASO)
- CABLE DE RETORNO A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DE CATENARIA
- SA SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA

PUESTA A TIERRA DE ARMADURAS CONTINUAS Y ELEMENTOS METÁLICOS EN TÚNELES DE FERROCARRIL (EN SISTEMAS DE CC)
MONTAJE SIEMPRE QUE HAYA DISCONTINUIDAD



- NOTA: MODELO A SEGUIR EN ENTRADA Y SALIDA DEL TÚNEL
- CONEXIÓN ELÉCTRICA ARMADURA A REALIZAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
 - CABLE DE PUESTA EN PARALELO A MONTAR EN FASE DE MONTAJE DE ELECTRIFICACIÓN CADA 450m aprox.
 - LAZO DE CONEXIÓN A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
 - CABLE A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL.
 - PASAMANOS A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL (EN SU CASO)
 - LAZO DE CONEXIÓN A MONTAR EN LA FASE DE MONTAJE DE CATENARIA.
 - CABLE DE RETORNO A MONTAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DE CATENARIA
 - SA SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA

PUESTA A TIERRA DE CATENARIA EN TÚNELES DE FERROCARRIL (EN SISTEMAS DE CC)

IV. Anejo 4. INTERFACES IFI Y ETI SEGURIDAD EN TÚNELES

A continuación se recogen las referencias de los elementos a los apartados correspondientes de la Orden TMA 135 y ETI de seguridad en túneles.

km	REQUISITOS	ORDEN TMA (ETI TÚNELES)
0,1Km	Prevención del acceso no autorizado a las salidas de emergencia y a las salas técnicas	4.1.4.9.4 (4.2.1.1)
0,1Km	RF estructura	4.1.4.9.5 (4.2.1.2)
0,1Km	RF materiales construcción (RUE 2016/364)	4.1.4.9.5 (4.2.1.3)
0,1Km	Señalización de evacuación (DIR92/58/CEE)	4.1.4.9.10 (4.2.1.5.5)
0,2km 200km/h	Efecto pistón en los túneles. Requisitos de protección contra las variaciones de presión	4.1.4.9.2c
0,5km	Alumbrado de emergencia	4.1.4.9.9 (4.2.1.5.4)
0,5km	Pasillos de evacuación	4.1.4.9.8 (4.2.1.6)
1km	Detección incendios salas técnicas	4.1.4.9.5 (4.2.1.4)
1km	Zonas seguras y acceso a las mismas	4.1.4.9.6 / 4.1.4.9.7 (4.2.1.5.1 / 4.2.1.5.2)
1km	Zona segura (comunicación)	(4.2.1.5.3)
1km	Suministro de agua contra incendios	4.1.4.9.15 (4.2.1.7)
1km	Puntos de evacuación y rescate dentro y fuera de túnel	4.1.4.9.13 / 4.1.4.9.14 (4.2.1.7)
1km*	Ventilación mecánica	4.1.4.9.6 (4.2.1.7.e)
1km	Comunicación emergencia	4.1.4.9.11 (4.2.1.8)
1km	Suministro eléctrico para emergencias	4.1.4.9.16 (4.2.1.9)
1km	Fiabilidad eléctrica	4.1.4.9.17 (4.2.1.10)
1km	Zonas de seccionadores y puesta a tierra de línea de contacto in situ	(4.2.1.11)
1km	Seccionadores línea contacto	(4.2.2.01)
1km	Puesta a tierra línea contacto	(4.2.2.02)
1km	Acceso servicios de intervención de emergencia	4.1.4.9.12

IFI		ETI relativa a la seguridad en los túneles ferroviarios	
Parámetro	Apartado del libro tercero	Parámetro	Apartado
Prevención de accesos no autorizados al túnel, salidas de emergencia y salas técnicas.	4.1.4.9.4	Prevención del acceso no autorizado a las salidas de emergencia y a las salas técnicas.	4.2.1.1
Protección y seguridad contra incendios.	4.1.4.9.5	Resistencia al fuego de las estructuras del túnel.	4.2.1.2
		Reacción al fuego de los materiales de construcción.	4.2.1.3
		Detección de incendios en las salas técnicas	4.2.1.4
Rutas de evacuación hacia zonas seguras.	4.1.4.9.6	Instalaciones de evacuación.	4.2.1.5
Zonas seguras y acceso a las mismas.	4.1.4.9.7	Instalaciones de evacuación.	4.2.1.5
Pasillos de evacuación en túneles.	4.1.4.9.8	Pasillos de evacuación.	4.2.1.6
Alumbrado de emergencia en las rutas de evacuación.	4.1.4.9.9	Instalaciones de evacuación.	4.2.1.5
Señalización de la evacuación.	4.1.4.9.10	Instalaciones de evacuación.	4.2.1.5
Comunicación de emergencia.	4.1.4.9.11	Comunicaciones de emergencia.	4.2.1.8
Puntos de evacuación y rescate.	4.1.4.9.13	Puntos de evacuación y rescate.	4.2.1.7
Zonas de rescate fuera del túnel.	4.1.4.9.14	Puntos de evacuación y rescate.	4.2.1.7
Suministro de agua.	4.1.4.9.15	Puntos de evacuación y rescate.	4.2.1.7
Suministro de energía eléctrica para los servicios de intervención en emergencias.	4.1.4.9.16	Suministro de energía eléctrica para los servicios de intervención en emergencias	4.2.1.9
Fiabilidad de las instalaciones eléctricas	4.1.4.9.17	Fiabilidad de las instalaciones eléctricas.	4.2.1.10
Comunicación y alumbrado en zonas de seccionadores.	4.1.4.9.18	Comunicación y alumbrado en zonas de seccionadores.	4.2.1.11

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV.
Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

BORRADOR