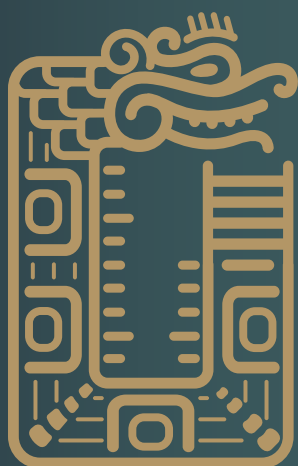




KAANBAL

**PROGRAMA DE
TRANSFERENCIA
DE CONOCIMIENTO**

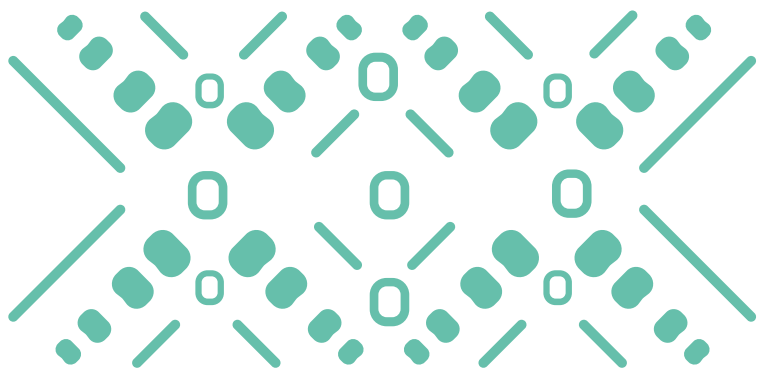


**TREN
MAYA**
TSÍIMIN K'ÁAK

LECCIÓN 4

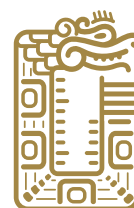


LECCIÓN 4



CURSO 3 Pt. 2
SISTEMAS DE VÍAS

con J. Francisco Martínez



**TREN
MAYA**
TSÍIMIN K'ÁAK

ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1: Diagrama de subestructura</i>	.....	4
<i>Imagen 2: Diagrama de plataforma de vía</i>	.....	4
<i>Imagen 3: Capa de forma previa</i>	.....	5
<i>Imagen 4: Diagrama de plataforma de vía</i>	.....	6
<i>Imagen 5: Ejemplo de viaducto y puente ferroviario</i>	.....	7
<i>Imagen 6: Ejemplo de drenajes ferroviarios para un a vía en balasto</i>	.....	7
<i>Imagen 7: Ejemplo de túnel ferroviario</i>	.....	8
<i>Imagen 8: Ejemplo de puente ferroviario</i>	.....	8
<i>Imagen 9: Elementos portantes</i>	.....	9
<i>Imagen 10: Aparatos de apoyo</i>	.....	10
<i>Imagen 11: Ejemplo de túneles</i>	.....	11
<i>Imagen 12: Iluminación en túneles</i>	.....	12
<i>Imagen 13: Ejemplo Iluminación en túneles</i>	.....	13
<i>Imagen 14: Sección típica de túnel</i>	.....	14
<i>Imagen 15: Gálibo</i>	.....	15
<i>Imagen 16: Cuneta, ejemplo de drenaje superficial</i>	.....	16
<i>Imagen 17: Ejemplo de drenaje subterráneo</i>	.....	16
<i>Imagen 18: Ejemplo de drenaje transversal</i>	.....	16

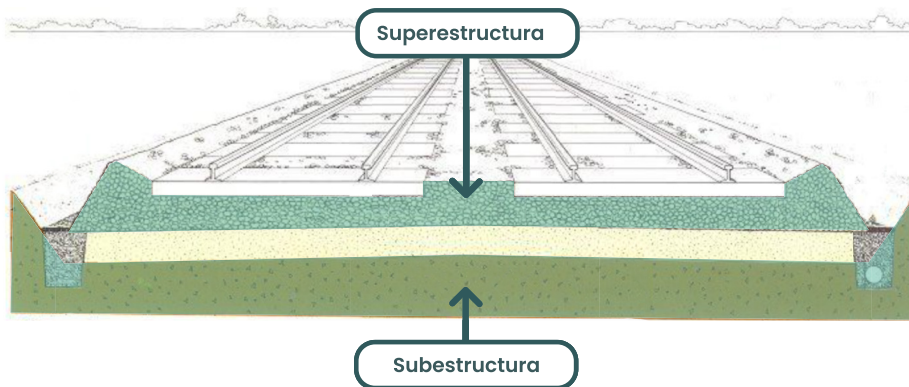


LECCIÓN 4

ELEMENTOS DE LA SUBESTRUCTURA

La plataforma de vía es la superficie que recibe los esfuerzos producidos por el material rodante. En ocasiones está formada por el propio terreno, sin embargo, puede generarse por medio de desmontes, o por suelos de aportación para el caso de los terraplenes.

Imagen 1: Diagrama de subestructura



Fuente: Recuperado de: todotren.com.ar.

Puede afirmarse que la plataforma se materializa a partir de la operación llamada explanación, que significa la remodelación del terreno natural de una manera necesaria para realizar el trazado en planta y de la línea ferroviaria. Se realiza mediante la excavación y retirada del terreno natural o, bien, mediante la aportación, extensión y compactación de materiales apropiados hasta formar una superficie plana.

Imagen 2: Diagrama de plataforma de vía



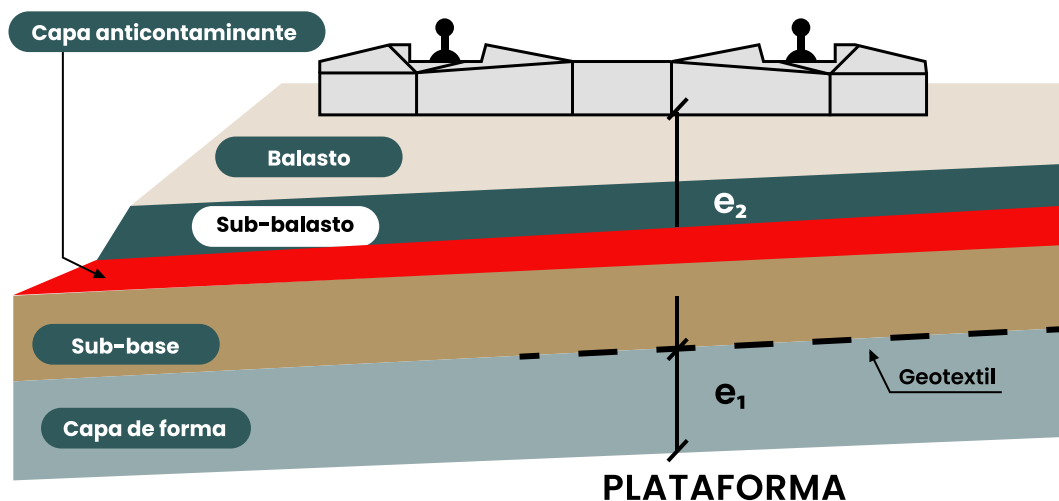
Fuente: Elaboración propia

Al hablar de la plataforma de vía es importante recordar las capas que la conforman, en la cual una de las capas cuenta con un espesor que define en función de diferentes aspectos: características de los suelos, meteorología asociada a la ubicación específica de la plataforma, características del tráfico ferroviario y características de la superestructura de vía.

De abajo hacia arriba estas capas se conforman de esta manera:

- Capa de forma
- Sub-base,
- Balasto

Imagen 3: Capa de forma previa



Fuente: Grupo Técnico La Vía. (s.f.). Estructura soporte de la vía férrea. Recuperado de <https://grupotecnicolavia.blogspot.com/p/estructura-soporte-de-la-via-ferrea.html>

La capa de forma, es la capa superior de remate y coronación de la explanada, la cuál tiene como función principal mejorar la capacidad portante de esta. La cual está compactada en su totalidad con el fin de dar soporte a las capas posteriores y la superestructura ferroviaria.

La sub-base está constituida por una o varias capas y tiene como misión principal contribuir al reparto de los esfuerzos y cargas que afectan a la superestructura durante el paso del material rodante y a dotar a la vía de la rigidez vertical adecuada, absorber vibraciones, evitar la contaminación del balasto, proteger la plataforma y evacuar las aguas de lluvia.

Las capas que conforman la Sub-base son:

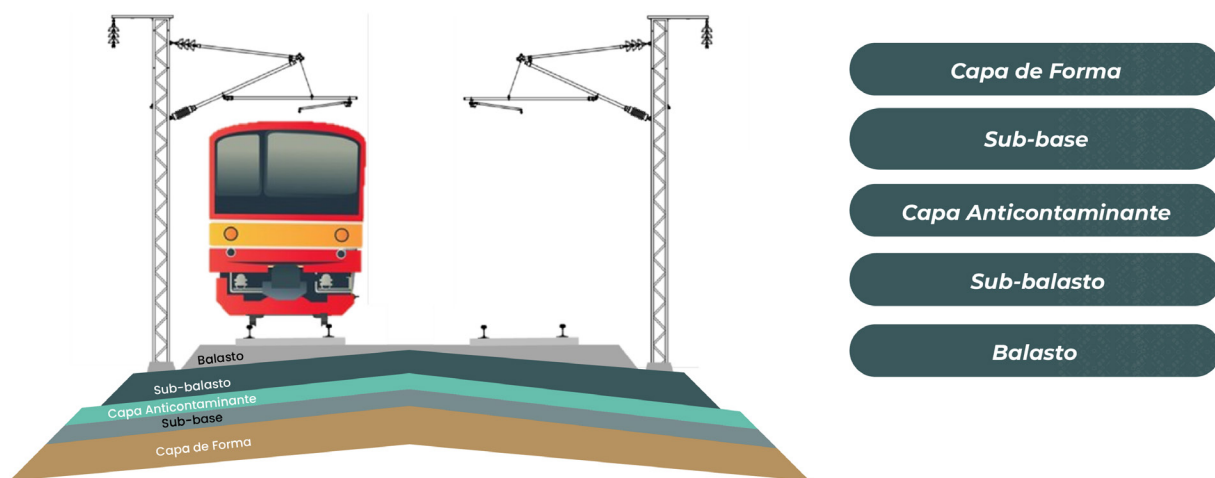
1. La capa anticontaminante
2. El Sub-balasto

1. La capa anticontaminante regularmente está constituida por arena de granulometría continua. Se suele utilizar sobre explanadas de baja capacidad portante. La cual en ocasiones se sustituye por otra capa de granulometría uniforme con función drenante, así mismo se puede utilizar un material geotextil que es un fieltro Anticontaminante que reduce el ascenso de contaminantes a las capas superiores.

2. El Sub-balasto, Es una capa constituida por grava arenosa de granulometría continua, compactada en su totalidad, la colocación de esta debe ser adecuada para que no sea deformable al paso de maquinaria de obra y de baja permeabilidad, donde esta capa tiene como objetivo principal proteger a la plataforma del agua de lluvia. Dependiendo del tipo de explotación, la estructura y distribución de las capas, esta podría ser distinta, por lo que debe tenerse en cuenta que la existencia de un mayor número de capas suele corresponderse con un tipo de línea ferroviaria con mayores requerimientos técnicos de operación (caso de la alta velocidad, por ejemplo), mientras que líneas clásicas o convencionales pueden asentar la capa de balasto directamente sobre la capa de forma. En estos casos se suele colocar una capa de material seleccionado sobre dicho terreno para así conseguir una rigidez lo más uniforme posible. Esto ocurre cuando se excava en roca, quedando en este caso la superficie muy rígida. En caso de encontrarse con terrenos no adecuados, se debe profundizar más para sustituir dichos terrenos por otros de mayor calidad.

En la siguiente imagen podemos observar a modo de resumen las partes en las que se compone la plataforma de vía.

Imagen 4: Diagrama de plataforma de vía



Fuente: Elaboración propia

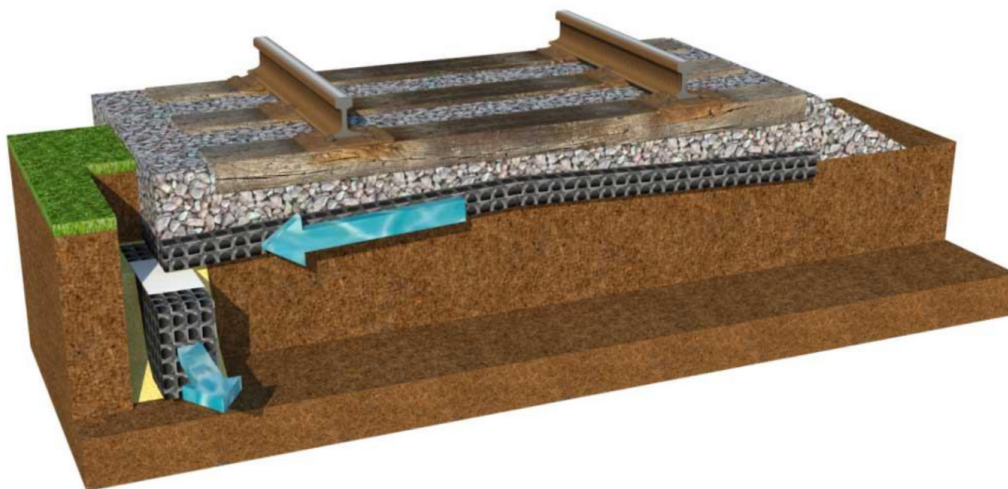
Tenemos diferentes tipos de estructuras que pueden instalarse, adecuarse y construirse dentro de los límites de la plataforma de vía, donde en esta parte podemos considerar los puentes, túneles, gálibos y drenajes

Imagen 5: Ejemplo de viaducto y puente ferroviario



Fuente: Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, Adif

Imagen 6: Ejemplo de drenajes ferroviarios para una vía en balasto



Fuente: Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, Adif

Imagen 7: Ejemplo de túnel ferroviario



Fuente: Northeast Maglev

Los puentes, si tomamos como referencia la definición establecida en la normativa del administrador de infraestructuras ferroviario español, ADIF, es considerado como solución al problema de una intersección de dos circulaciones, una de ellas natural, como sería por un cauce de agua y la otra artificial, como es el ejemplo de una carretera.

Imagen 8: Ejemplo de puente ferroviario



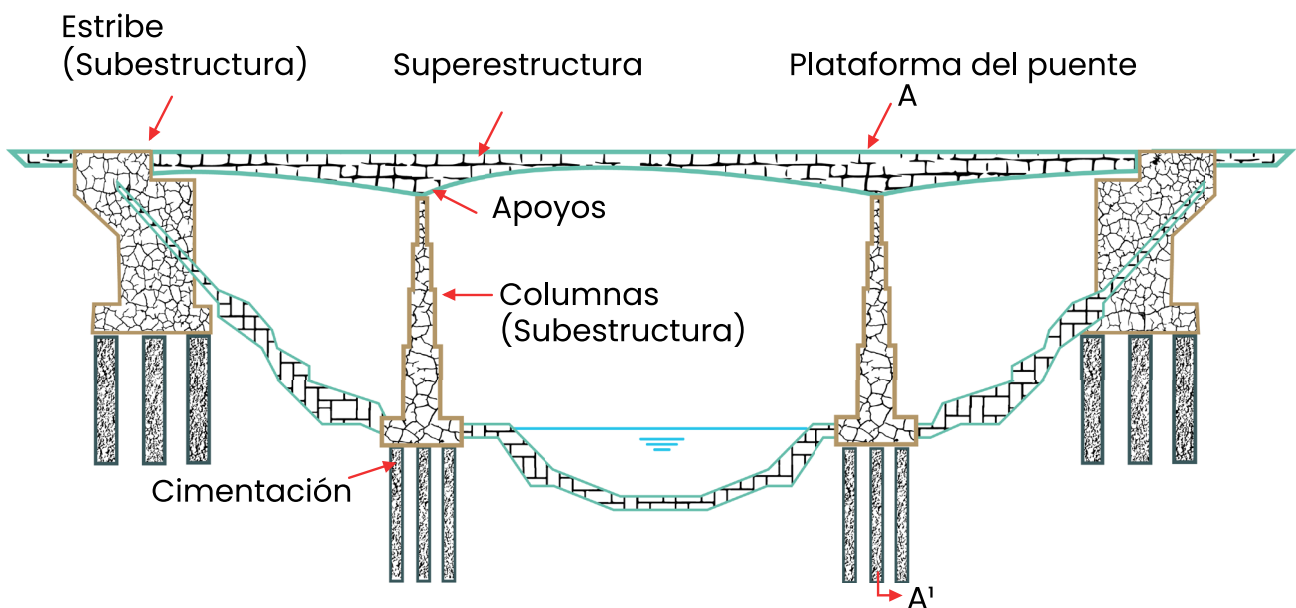
Fuente: El Heraldo de México

Tradicionalmente se han empleado diferentes designaciones para referirse a este tipo de estructura, todas ellas relacionadas con su longitud. Así surge otro concepto muy empleado como el viaducto que son estructuras con longitudes superiores a 10 metros. La distinción entre un viaducto o puente no se concreta en ocasiones, atendiendo más a aspectos morfológicos y, de nuevo, a la longitud.

Cuando hablamos de puentes, es importante mencionar las partes por las que está constituido, el cual lo forman los siguientes elementos principales:

- Los Elementos portantes: son los que transmiten a los apoyos los esfuerzos provenientes de las diferentes cargas impuestas los cuales a su vez Constan de:

Imagen 9: Elementos portantes



Fuente: Elaboración propia

- Los elementos portantes principales que forman el sistema estructural primario que soporta el tablero y transmite las cargas. Como lo son las vigas y los arcos.
- También tenemos el tablero es el que recibe directamente las cargas de la superestructura de vía y soporta los accesorios y demás equipamientos del puente.
- Las subestructuras o apoyos: envían los esfuerzos, transmitidos por los elementos portantes, al terreno a través de las cimentaciones. Las que a su vez Están formados por los estribos, pilas y cimentaciones:

Los estribos: son los apoyos extremos del puente y aparecen como los elementos de transición entre el tablero y el terreno de la plataforma. Transmiten

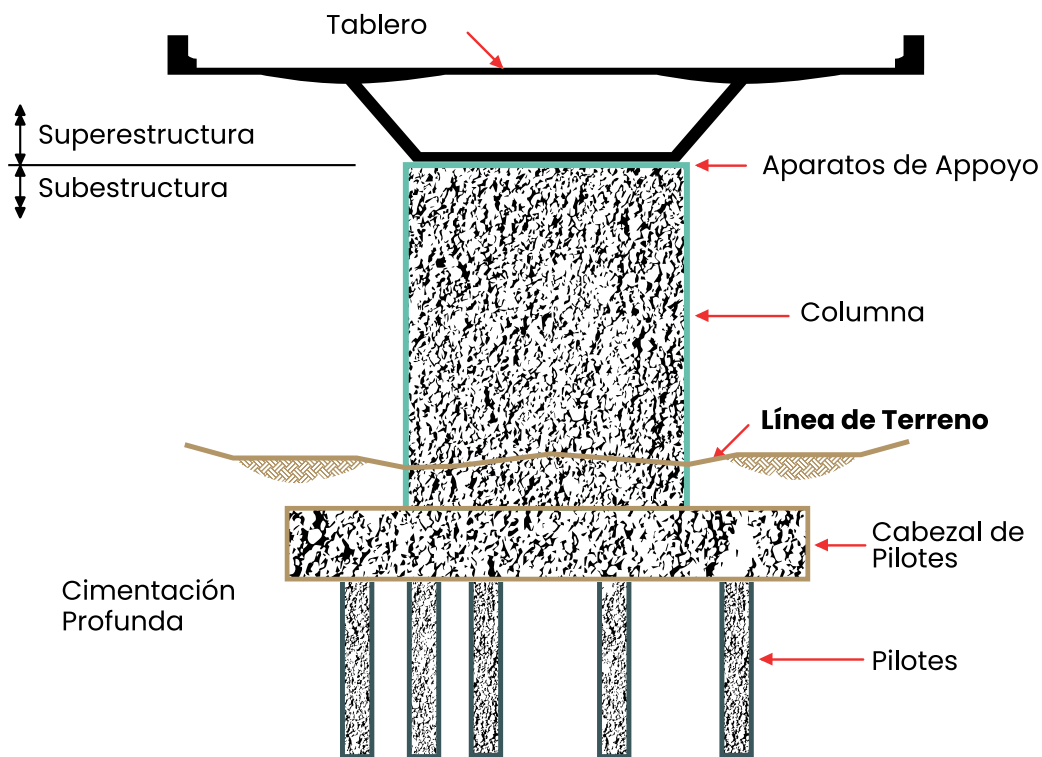
las reacciones de la estructura y contienen los empujes generados por el propio terreno. Sirven también de protección contra la corriente de agua (en caso de estar el puente sobre ella).

Pilas: transmiten las cargas del tablero a la cimentación. Esto se puede hacer directamente (caso de las pilas-pilotes al conjuntar en una sola pieza la pila y la cimentación) o a través de otro elemento, el dintel, que proporciona el apoyo al tablero y transmite las cargas a la pila.

Cimentaciones: envían todos los esfuerzos al terreno.

- Por último tenemos los aparatos de apoyo: dispositivos situados entre los elementos portantes y la subestructura.

Imagen 10: Aparatos de apoyo



Fuente: El Heraldo de México

Túneles

Los túneles son estructuras que están estrechamente vinculadas al camino de los trenes. Las técnicas desarrolladas independientemente de las dificultades orográficas a nivel mundial, estimularon el sector de las obras públicas y además propiciaron un cuantioso legado de obras de ingeniería civil.

Un túnel es una estructura que, como paso subterráneo abierto artificialmente, permite la continuidad física y geométrica entre dos partes de una vía de comunicación

separadas por un obstáculo natural masivo, generalmente montañas o ríos. Como el puente, el túnel surge como solución al problema planteado por la presencia de obstáculos durante la realización del trazado.

Ciertamente, la construcción de un túnel es una obra demasiado compleja, desde el punto de vista de la ingeniería, ya que tiene que garantizar la estabilidad de la estructura y debe minimizar las afecciones en el entorno. En el caso de los túneles urbanos, la complejidad de las obras aumenta, por la necesidad de garantizar la seguridad de edificios y redes de servicios e infraestructuras de transporte existentes y que podrían resultar afectadas.

Cabe mencionar que debido a las condiciones del proyecto Tren Maya, no se consideró un túnel, sin embargo, es necesario que conozcamos sus características y elementos principales.

Imagen 11: Ejemplo de túneles



Fuente: Revista Ingeniería Civil, No. 552

Los túneles ferroviarios presentan una serie de aspectos específicos en comparación con los túneles de carretera. Se pueden establecer estas diferencias relacionándolas con los siguientes aspectos: al tipo de equipamiento interno, los elementos de seguridad y efectos aerodinámicos.

- Respecto al tipo de equipamiento interno:

Equipos de iluminación: no se considera tan necesario tener equipos de iluminación en comparación con los túneles de carretera, en los túneles de un servicio urbano (metro) si es considerado un equipo de iluminación.

Imagen 12: Iluminación en Túneles



Fuente: Phoenix Contact

Equipos de ventilación: la implantación progresiva de la tracción eléctrica ha permitido que no sea un sistema crítico. En todo caso, en túneles de gran longitud y en algunos urbanos sí se precisa también de este tipo de sistemas por seguridad.

Equipos específicos: en esta parte, se consideran los equipos asociados a la sujeción de la línea de transmisión eléctrica, canalizaciones de cables y señalización ferroviaria específica.

- Respecto a los elementos de seguridad: son la construcción de pasos peatonales y otros elementos adicionales a fin de poder evacuar el túnel en caso de producirse una incidencia y no caminar por las vías.
- Efectos aerodinámicos: considerado de gran importancia en el caso de las explotaciones de alta velocidad. Están ligados a la generación de ondas de presión en el interior del túnel por la entrada del tren, lo cual condiciona, entre otros, el dimensionamiento de los elementos instalados en el interior del túnel, por lo que es necesario que la estructura soporta mayores presiones.

Imagen 13: Ejemplo Iluminación en Túneles



Fuente: Istock

También debe tenerse en cuenta que el túnel soporta el terreno que lo rodea, por lo que sus principales elementos deben estar diseñados para soportar la presión exterior, además, los elementos internos también deben estar dimensionados para soportar las ondas de presión producidas en el caso de las altas velocidades de circulación.

Es importante que, durante la fase de construcción y operación posterior, deben destacarse dos aspectos principales:

- El control del agua que puede introducirse en el túnel (filtraciones del terreno exterior).
- La seguridad y la protección civil.

Por lo anterior, teniendo en consideración las etapas del ciclo de vida del túnel, los elementos principales pueden agruparse en las siguientes categorías:

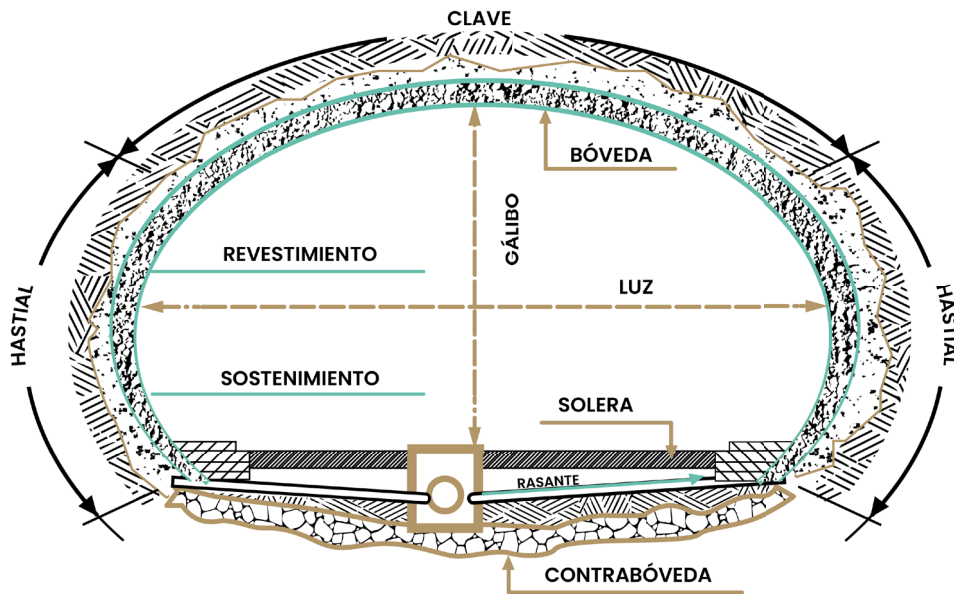
- Elementos de sostenimiento de la cavidad. Generalmente, salvo casos muy excepcionales de rocas de muy excelente calidad, los túneles requieren la colocación de algún tipo de sostenimiento, a fin de evitar desprendimientos, limitar deformaciones en la cavidad, controlar, derivar o eliminar la entrada o escape del agua y proporcionar el apoyo estructural necesario y resistente al empuje del terreno.
- Elementos de drenaje e impermeabilización. Las humedades y filtraciones de agua, así como las corrientes subterráneas o freáticas, que pueden incidir en el túnel, suponen unos fenómenos perniciosos y destructivos por su acción continuada

y progresiva sobre el revestimiento y el terreno natural, descomponiéndose por la acción física o química de estas aguas, normalmente muy agresivas. También el agua puede incidir sobre la vía, dando lugar a la corrosión de los carriles y la descomposición del suelo. Por lo que se hace preciso poner los medios necesarios para evacuarla.

- Instalaciones de protección y seguridad. Estas instalaciones, complejas desde un punto de vista normativo y técnico, son específicas de este tipo de estructuras.
- Instalaciones específicas ferroviarias. Cabe destacar aquí la existencia de determinadas instalaciones que, aun considerándose pertenecientes a los sistemas técnicos correspondientes, sí son especialmente configuradas para el caso de los túneles.

A modo de ejemplo, en la siguiente imagen observamos los nombres específicos de las partes que conforman a un túnel.

Imagen 14: Sección típica de túnel



Fuente: Elaboración propia

Gálivos

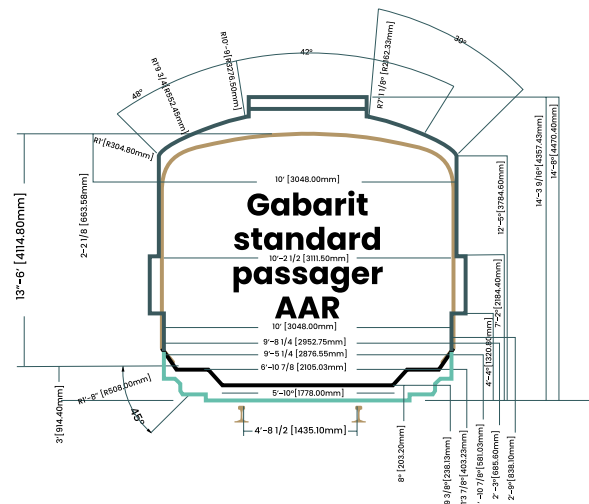
Dentro de un puente, túnel, estación, paradero, o alguna puerta por donde los trenes circulen, el gálivo es otro parámetro fundamental en el diseño inicial de la infraestructura. Su cálculo es complejo si bien está fuertemente regulado por las diferentes normativas.

La necesidad de definir los gálivos, tanto para la construcción de vehículos, la colo-

cación de elementos próximos a la vía, así como el cargamento de los carros abiertos, es fundamental a fin de garantizar la seguridad de la circulación ferroviaria, al evitar las interferencias entre los vehículos, y de estos con la infraestructura.

Cabe destacar que los gálibos a considerar se refieren tanto para la construcción de los propios vehículos (gálibo del material rodante), como para la colocación de elementos próximos a la vía (gálibo de implantación de obstáculos). Asimismo, se definen los gálibos de cargamento en carros, así como las distancias mínimas que el cargamento debe mantener con las paredes laterales de los carros de carga

Imagen 15: Gálibo



Gálibo estático para Trenes de pasajeros

Fuente: Railway and Electrical

Drenajes

Para evitar los problemas que genera el agua en la infraestructura de vía, se construyen obras de drenaje que permiten su evacuación de la plataforma, distinguiéndose los siguientes tipos:

Drenaje superficial: recogen, encauzan y evacuan el agua de lluvia, para ello se le da a la capa de coronamiento una pendiente transversal del 4%.

Además se construyen cunetas laterales a la vía y en desmontes se construyen cunetas de coronamiento. Las cunetas se construyen cuando la vía está en desmonte o a media ladera, y en muchos casos en que la vía está en terraplén sobre terrenos llanos se construyen zanjas para evitar infiltraciones en el pie del talud. Las cunetas en terreno natural y sin revestimiento se realizan con pendientes del 1% al 2%acompañando la propia inclinación del terreno.

En terrenos con pendientes pronunciadas superiores al 3%, es conveniente revestirlas con suelo-cemento u hormigón para evitar socavaciones.

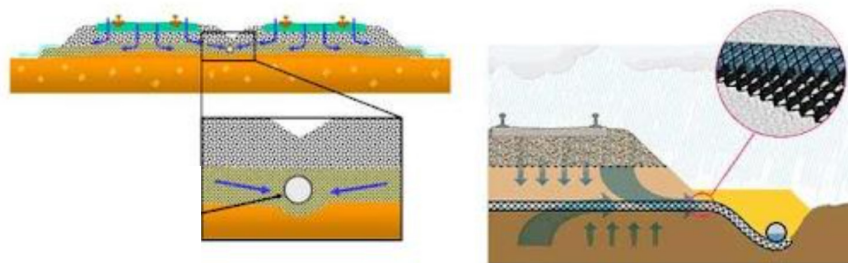
Imagen 16: Cuneta, ejemplo de drenaje superficial



Fuente: Rocacero

Drenes subterráneos: cuando son insuficientes los drenajes superficiales es necesaria la construcción de drenes subterráneos que se realizan con una zanja revestida de un manto geotextil y luego se colocan tubos ranurados a junta abierta para recoger el agua, llenándose la zanja con piedra triturada. Estos drenes se disponen longitudinal o transversalmente a la vía.

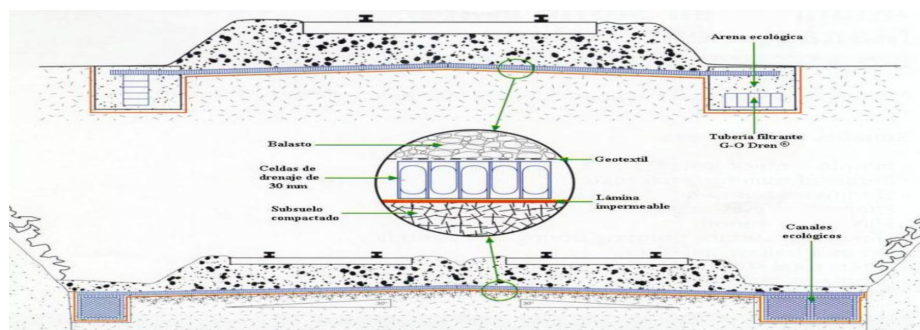
Imagen 17: Ejemplo de drenaje subterráneo



Fuente: Agico Group

Drenajes transversales: Se construyen para evitar cursos de agua que se interponen al trazado, pueden ser puentes o alcantarillas dependiendo de la importancia del cauce que atraviesa la vía.

Imagen 18: Ejemplo de drenaje transversal



Fuente: Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible S.L., SUDS