

El ferrocarril: Fonaments tècnics i d'exploració



Document de suport.



**© Ferrocarrils
de la Generalitat de Catalunya**

Carrer dels Vergós, 44
08017 Barcelona

Generalitat de Catalunya
Departament de Territori
i Sostenibilitat

Edició electrònica, novembre 2020



Aquesta obra està subjecta a llicència
Creative Commons Reconeixement-
NoComercial-SenseObraDerivada 3.0
Espanya
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca>). Està permès de
reproduir-la, distribuir-la i fer-ne comunicació
pública, sempre que es faci sense afany de
lucre i que es reconegui explícitament l'autoria
de Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya.

El ferrocarril: Fonaments tècnics i d'exploració

Document de suport



FGC
Ferrocarrils
de la Generalitat
de Catalunya



Índex

Introducció al ferrocarril	7
Què és el ferrocarril	7
Ressenya històrica del ferrocarril	10
Les instal·lacions fixes	15
Infraestructures	15
El traçat	15
La plataforma	16
Obres de fàbrica	18
Encreuaments amb d'altres infraestructures	18
Gàlib	20
Superestructures	20
Els elements de la via	20
El conjunt de la via	24
Aparells de via	26
Tipus de vies especials	32
Via amb cremallera	32
Funicular	34
L'electrificació	37
Instal·lacions fixes d'electrificació	39
Subestacions i telecomandaments	39
Les estacions	41
Què és una estació	41
Elements d'una estació	41
Elements d'atenció al client	41
Elements d'informació i venda	42
Elements tècnics	44
Sistema de numeració de vies	44
Dipòsits i tallers	45
Els trens	47
Característiques generals dels trens	47
El rodatge i els seus components	49
El fre continu d'aire comprimit	51
El fre d'estacionament	52
Acoblaments	52
Les caixes dels trens	54
Material motor	55
Material motor de tracció elèctrica	55
Material motor de tracció dièsel	57
Equipaments auxiliars comuns	58

La circulació dels trens	59
Com es garanteix una circulació segura	59
Conceptes bàsics de seguretat: el cantó	59
Control dels cantons: els senyals de bloqueig	59
La norma comuna: el Reglament de Circulació	60
Sistemes de seguretat	60
Els enclavaments	60
Sistemes de bloqueig	62
El CTC	62
Les comunicacions	63
Altres senyals relacionats amb la seguretat	63
Els sistemes de seguretat dels trens	64
Com es garanteix una circulació regular	66
Com es fa l'horari dels trens	67
Els torns de material i de personal	68
El Centre de Comandament Integrat (CCI)	68
El Control de Trànsit Centralitzat	68
El Centre de Supervisió d'Estacions	68
El Centre d'Informació al Client	69
Glossari	71



Capítol 1

Introducció al ferrocarril

Què és el ferrocarril?

El ferrocarril és, segons diuen els diccionaris, el «camí amb dos carrils de ferro paral·lels, sobre els quals roden els trens». I el tren és el «mitjà de transport que circula sobre carrils, format per una sèrie de vagons i una locomotora que els arrossega».

Aquestes definicions ens acosten als conceptes que s'aniran ampliant en aquest document, i que ens indiquen que allò que genèricament anomenem ferrocarril és un conjunt de diversos elements: les instal·lacions fixes, els camins per on roden els trens (que alhora es divideixen en infraestructura, superestructura, estacions, sistemes de seguretat, etc.) i el material rodant, format per locomotores, cotxes, vagons i unitats de tren, vehicles, en fi, que són els que circulen per aquests camins.

D'una manera menys tècnica, podem definir el ferrocarril com un sistema de transport terrestre guiat. És força evident que es tracta d'un sistema terrestre, igual que els cotxes, donat que sempre va tocant a terra, en front dels vaixells que suren sobre l'aigua o dels avions que volen pel cel. Però, i en contraposició als cotxes, la seva característica principal és el guiatge. Un cotxe circula per on qui el condueix vol: pot girar el volant al seu antull per dirigir el vehicle allà on vulgui. En el cas del ferrocarril, els trens només es poden desplaçar per les vies, que són les que van dirigint el seu camí.

Això s'aconsegueix mitjançant un invent que procedeix del segle XVI: la roda amb pestanya. Així doncs, el camí està format per dos carrils paral·lels, entre els quals sempre hi ha la mateixa distància (que s'anomena ample de via). El rodatge dels trens està format per eixos que tenen dues rodes paral·leles. Cada roda té una pestanya en el seu costat interior. D'aquesta manera, quan el tren es comença a moure, les pestanyes resten encaixades entre els dos carrils i impedeixen que el tren pugui sortir de la via (si això passés, es tindria un descarrilament, que és un accident).





Així doncs ens trobem davant d'un sistema molt rígid, donat que els trens només es poden desplaçar per les vies, i no poden anar allà on vulguin com els cotxes. Si bé aquesta afirmació és molt certa, cal analitzar l'origen d'aquest invent que anomenem ferrocarril per entendre que aquest desavantatge es veu compensat àmpliament pels avantatges inherents del sistema.

La idea d'establir un sistema de guiatge per al transport es va començar a desenvolupar a l'antiga Mesopotàmia. L'objectiu que se cercava era aconseguir una superfície de rodament sense les irregularitats dels camins de terra, per tant, el més plana possible, amb la finalitat que els animals d'arrossegament poguessin transportar més pes amb el mateix esforç. El concepte clau és allò que avui anomenem adherència.

L'adherència es pot definir com la resistència que es produeix en la superfície de contacte entre dos cossos quan s'intenta que un es desplaci sobre l'altre. Amb una superfície plana l'adherència és menor que amb una superfície rugosa. Quan es va començar a desenvolupar industrialment el ferrocarril, a principis del segle XIX, es varen començar a emprar els metalls per a la construcció dels carrils i de les rodes, donat que oferien una adherència molt reduïda. Avui es fa servir l'acer, que a l'avantatge de l'adherència reduïda afegeix el seu baix desgast i, per tant, una llarga vida útil. Gràcies a aquesta reduïda adherència, el ferrocarril té la capacitat de transportar grans masses amb certa facilitat. És a dir, es poden formar trens que transporten fins a dues mil persones o més de 15.000 tones de mercaderies, valors absolutament inimaginables per al transport per carretera.

Aquest és el gran avantatge del ferrocarril en front del transport per carretera: la seva gran capacitat. Només cal fer un cop d'ull, per exemple, als ferrocarrils metropolitans. Quantes persones pot transportar una línia de metro en una hora, considerant que passa un tren format per cinc grans vehicles cada tres o quatre minuts? Quants autobusos o, pitjor encara, quants cotxes caldrien per transportar les mateixes persones per un carrer de la ciutat? I quants camions caldrien per transportar, per exemple, les 900 tones de potassa que carrega cada tren de mercaderies d'FGC?

Aquesta baixa adherència, que tants avantatges té per poder transportar grans masses, també té la seva contrapartida. Els traçats del ferrocarril no poden tenir grans rampes ni pendents, perquè llavors les locomotores comencen a lliscar, es perd completament l'adherència i el tren es queda aturat. Això ha condicionat que els traçats de les línies ferroviàries siguin força suaus, amb corbes amples i petites rampes, per tal de reduir la resistència al moviment, i ha caracteritzat les importants obres de fàbrica d'aquest mitjà de transport: els túnels i els ponts. Com que el ferrocarril, en contraposició a allò que ocorre amb les carreteres, no es pot adaptar al terreny, cal intentar adaptar el terreny al ferrocarril.

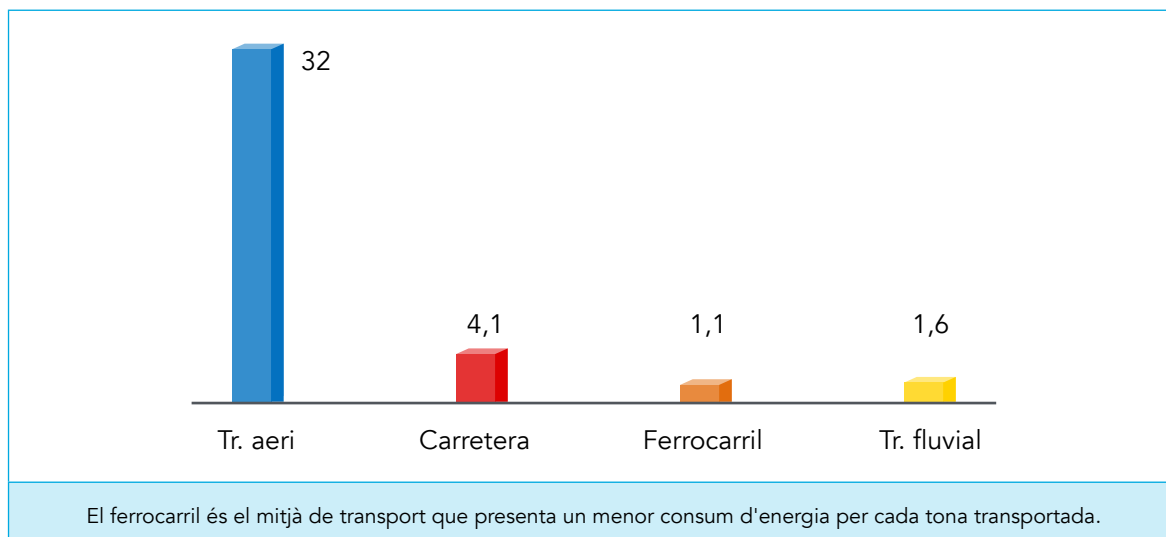
Hem vist, doncs, que el ferrocarril és un sistema de transport terrestre, guiat i que permet transportar grans masses. Fins aquí hem tractat les característiques físiques d'aquest sistema de transport. Però hi ha altres tres característiques, més subjectives, que són inherents del ferrocarril: la seguretat, la regularitat i el baix impacte ecològic.

La pròpia característica fonamental del ferrocarril, el guiatge, n'és una gran garantia de seguretat: un tren no pot sortir-se'n de la seva «carretera» amb la mateixa facilitat que ho poden fer els cotxes. A més a més, gràcies als cada cop més sofisticats sistemes de seguretat, i a unes normes de circulació molt clares i precises i que hom compleix amb molt de rigor, el risc d'accident en un ferrocarril és molt més baix que el del transport per carretera. I, en cas d'haver-n'hi, les seves conseqüències acostumen a ser molt menors que els accidents que pateixen els avions i els vaixells.

Pel que fa a la regularitat, aquest aspecte és un dels grans avantatges del ferrocarril des d'un punt de vista comercial. Els trens circulen seguint un horari establert, i tothom que faci ús del ferrocarril pot saber a quina hora sortirà i a quina hora arribarà a la seva destinació. L'horari del tren està fet

només en funció de les característiques tècniques i d'exploació de les línies i dels trens, sense considerar cap altra influència externa: al ferrocarril no hi influeix la densitat del trànsit, ja que el trànsit de trens es programa en funció de les possibilitats reals. L'acompliment de l'horari programat és una de les prestacions més valorades per qui viatja en ferrocarril, que no s'ha de preocupar de quan arribarà a la seva destinació.

Finalment, el ferrocarril és un mitjà de transport molt ecològic per dos motius principals. El primer també té a veure amb una de les característiques físiques d'aquest mitjà de transport: la seva gran capacitat. Així, per exemple, una unitat de tren elèctrica de la sèrie 112 que circula actualment per la línia Barcelona-Vallès té la mateixa capacitat que set autobusos i que 145 automòbils privats. La realitat és, però, més reveladora, ja que en realitat a cada vehicle particular hi viatgen, de mitjana, 1,3 persones. Així doncs, aquest tren ple al màxim de la seva capacitat equival a 557 automòbils dels que circulen cada dia pels nostres carrers. De la mateixa manera, un dels trens de sals potàssiques que circulen per la línia Llobregat-Anoia transporta 900 tones netes de càrrega; per transportar-les per carretera caldrien més de 30 camions de gran pes. L'altre factor ecològic és el de l'escassa energia necessària per moure els trens. En general, aquesta sempre és menor per unitat de càrrega que la d'altres mitjans de transport, sobre tot els de carretera. Però la situació més ideal es troba als ferrocarrils electrificats, ja que quan frenen poden retornar a la xarxa una part de l'energia que necessiten, alhora que l'energia que es consumeix es pot fabricar mitjançant sistemes ecològics, com són els salts d'aigua o les centrals eòliques. L'any 2017 Holanda va produir prou energia eòlica per a fer funcionar tota la seva xarxa de ferrocarril.

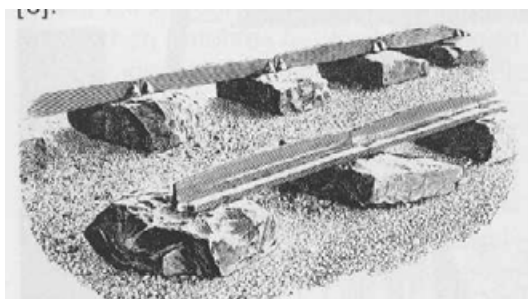


Així és, doncs, el ferrocarril: un sistema de transport guiat, que permet transportar grans quantitats de persones i de mercaderies, segur, regular i ecològic.

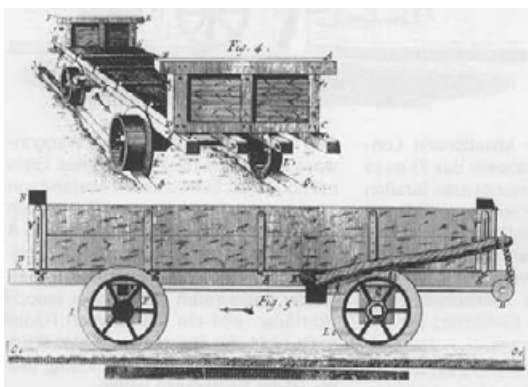


Ressenya històrica del ferrocarril

Tot i que hi ha antecedents de sistemes de transport guiats a les antigues Mesopotàmia, Grècia i Roma, els primers sistemes semblants a l'actual es varen desenvolupar al segle XVI. Hi ha referències de l'ús de vagonetes amb rodets de fusta amb pestanya, que rodolaven sobre carrils de fusta, a les mines d'or de Transilvània. Al segle XVIII es va evolucionar cap a l'ús de carrils de ferro recolzats sobre tacs de pedra, començant a fer-se servir la paraula «ferrocarril», que no vol dir res més que «camí de ferro». Durant aquest segle XVIII es van construir molts d'aquests ferrocarrils, sobre tot a les mines del centre d'Europa i de la Gran Bretanya. Els trens estaven formats per vagonetes arrossegades per animals de càrrega o, fins i tot, per persones.

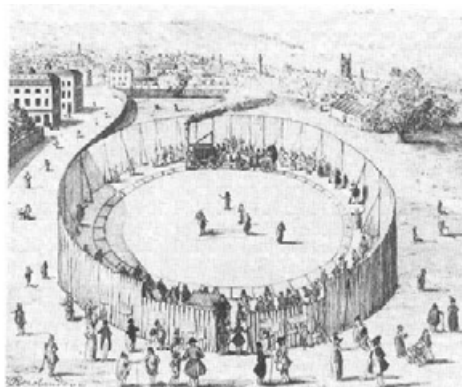


L'origen de l'actual via ferroviària es troba en aquests carrils de fusta suportats per uns simples blocs de pedra.



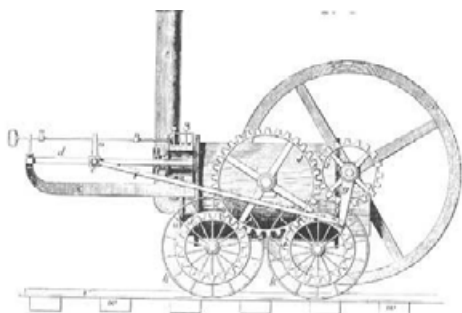
Vagoneta de mines amb rodes dotades de pestanya i circulant sobre uns primitius carrils de fusta.

El gran pas pel desenvolupament del ferrocarril va venir de la mà de la màquina de vapor. Les primeres màquines es varen construir a principis del segle XVIII, i es feien servir per accionar bombes per extreure l'aigua de les mines i accionar torns o politges. La primera aplicació de la màquina de vapor per al transport es va donar l'any 1771, quan el francès Nicolás Cugnot va construir un vehicle automòbil per a arrossegar canons.



Durant els les primeres dècades del segle XIX, el ferrocarril no va passar de ser una atracció de fira.

Tot i així, les primeres aplicacions serioses de les màquines de vapor per generar moviment es van donar al ferrocarril. La primera locomotora, construïda per l'enginyer britànic Richard Trevithick, va circular el 21 de febrer de 1804 a la línia d'una mina d'estany del País de Gal·les.



Locomotora de Richard Trevithick.

Després es varen anar desenvolupant altres prototipus, cada cop més millorats. El 27 de setembre de 1825 es va posar en servei el primer ferrocarril per a servei públic de viatgers i mercaderies, entre Stockton i Darlington a Anglaterra, amb locomotores construïdes per George Stephenson. Aquest, junt amb el seu fill Robert, varen fixar els estàndards de la locomotora moderna de vapor, així com els conceptes tècnics i d'exploació de línies que, per fi, permeteren la massiva extensió d'aquest nou mitjà de transport.



La "Rocket", locomotora que va inaugurar el primer ferrocarril de servei públic, a Anglaterra, l'any 1825.



Hom considera aquest moment com el principi de la revolució industrial. Efectivament, el desenvolupament industrial en aquella època es trobava estancat per la dificultat de transportar les matèries primeres i els productes manufacturats pels difícils camins de terra i fang, sobre els que s'arrossegaven lents carros tirats per animals. El ferrocarril va aportar la solució a aquest problema. A partir dels anys trenta del segle XIX aquest mitjà de transport es va anar estenent ràpidament pels cinc continents, de manera que les llargues línies principals ja estaven construïdes cap al 1875 i, en acabar el segle, les xarxes ferroviàries havien assolit gairebé la seva màxima extensió.

Durant aquest anys es varen millorar tant les instal·lacions com el material rodant. Les primitives vies de ferro varen ser substituïdes per carrils d'acer, material molt més durador, recolzat sobre travesses de fusta. Es varen dissenyar nous models de desviaments i van evolucionar ràpidament els coneixements del comportament mecànic i geomètric de la via. Les locomotores varen anar creixent de mida i, per tant, de potència i velocitat. Els trens cada cop eren més grans i transportaven més persones i més tones de càrrega. Es varen desenvolupar els vagons recolzats sobre dos carretons pivotants o bogies, que permeteren construir-los més llargs.

El 1879 va circular el primer ferrocarril amb tracció elèctrica, que no era més que una instal·lació experimental per a l'Exposició Internacional de Berlín. A la darrera dècada del segle XIX es va començar a aplicar la tracció elèctrica a les línies urbanes de tramvies. Els grans ferrocarrils no varen tenir les primeres locomotores elèctriques fins la primera dècada del segle XX, tot i que es varen començar a desenvolupar massivament a partir dels anys vint. També als anys vint es començaren a emprar els motors de combustió interna per a la tracció ferroviària, primer de benzina i després de gas-oil.

Els anys trenta del segle XX varen ser els anys daurats del ferrocarril. Es construïren les més grans locomotores de vapor, de fins a cinc eixos motrius, s'electrificaren grans línies ferroviàries i es desenvolupà tota una generació de vehicles lleugers per al transport de persones: els automotors amb motor de gas-oil. En aquesta època els trens ja podien "volar" a velocitats de més de 150 km/h.

La segona guerra mundial va paralitzar aquesta expansió del ferrocarril. Posteriorment, amb el desenvolupament del transport per carretera, el ferrocarril va començar a viure un declivi constant, tot i que l'evolució tecnològica no s'aturava. Les darreres grans locomotores de vapor es varen construir els anys quaranta, essent ràpidament substituïdes per les cada cop més grans locomotores elèctriques i les primeres locomotores amb motor de gas-oil de gran potència. El 1964, al Japó, començaren a circular els primers trens de la generació anomenada d'alta velocitat, que llavors ja assolien els 220 km/h. Simultàniament es varen anar tancant moltes línies l'exploació de les quals era molt més deficitària que el transport per carretera.

El darrer quart del segle XX va començar amb la desaparició de les darreres locomotores de vapor i amb la pitjor situació del ferrocarril en tota la seva història, desbancat en molts serveis tant pel transport per carretera com per l'aviació. No va ser fins als anys noranta que, sota la pressió de la imminent saturació de les principals carreteres i corredors aeris i amb la consolidació d'una preocupació general pel medi ambient, el ferrocarril va començar a viure una nova època daurada.

Pel que fa a la Península Ibèrica, el primer ferrocarril es va inaugurar, amb força retard respecte a la resta de països d'Europa, el 28 d'octubre de 1848, entre Barcelona i Mataró. A partir de la segona línia, la de Madrid a Aranjuez, inaugurada el 10 de febrer de 1851, es van començar a construir línies aïllades concentrades, sobre tot, a Catalunya. No va ser fins als anys seixanta que va començar la construcció d'una xarxa a nivell nacional. Aquesta va quedar enllestida amb el canvi de segle. La major part d'aquestes línies varen ser construïdes i explotades per empreses privades, amb un cert grau d'ajut de l'Estat.

Un cop assolits els enllaços entre les principals ciutats del país, es va començar a desenvolupar un segon entramat de línies, independents entre elles, que formaren els ferrocarrils secundaris, la missió dels quals era fer les funcions d'afluents de les línies principals. La majoria d'ells es van construir amb vies més estretes que les de les línies principals, per tal d'estalviar en la seva construcció. Aquesta segona xarxa es va estendre entre els anys 1880 i 1920.

El desenvolupament tecnològic del ferrocarril espanyol depenia quasi exclusivament de les importacions, anant, evidentment, al darrere de la resta dels països d'Europa. No va ser fins al principi del segle XX que es va poder disposar d'una indústria nacional de construcció de materials pel ferrocarril.

La guerra civil va suposar un gran trasbals econòmic per les quatre grans companyies privades que explotaven la xarxa principal, motiu pel qual varen ser nacionalitzades el 1941, integrant-se a la nova empresa pública RENFE. La modernització dels ferrocarrils principals va començar a finals dels anys cinquanta, amb electrificacions i substitució de locomotores de vapor per locomotores amb motor de gas-oil. El 1964 es va posar en servei el Talgo III, primer tren que a Espanya va assolir la velocitat màxima de 140 km/h.

Entre els anys cinquanta i setanta del segle XX es varen tancar la majoria dels ferrocarrils secundaris, restant en servei només aquells que donaven servei a zones molt poblades, i que són els que avui subsisteixen, explotats en bona part per les empreses que depenen dels governs autonòmics. Les locomotores de vapor varen desaparèixer gairebé del tot els anys setanta. Els anys vuitanta es van tancar moltes línies de la xarxa de RENFE, per resultar d'una explotació molt deficitària, i es va circular per primer cop a 160 km/h.

A l'igual que a la resta d'Europa, els anys noranta han suposat el renaixement del ferrocarril. En un temps rècord, la xarxa espanyola s'ha posat a la mateixa alçada que la dels països veïns. Això ha estat gràcies a una modernització general de totes les línies, la construcció de noves i, fins i tot, la reobertura d'algunes de les que d'antuvi varen ser tancades. I també a l'adquisició de nous trens amb la tecnologia més avantguardista. Ara els trens ja circulen habitualment a 200 km/h i es comença a estendre la xarxa d'alta velocitat, amb trens que assoleixen entre 300 i 350 km/h.





L'Eurostar, tren d'alta velocitat que en 1994 va aconseguir la primera connexió terrestre entre la Gran Bretanya i el continent a través del túnel del Canal de la Mànega.

Capítol 2

Les instal·lacions fixes

Com el seu propi nom indica, en aquest apartat tractarem del camí per on rodien els trens. Aquest camí està format per dues parts ben diferenciades, que són:

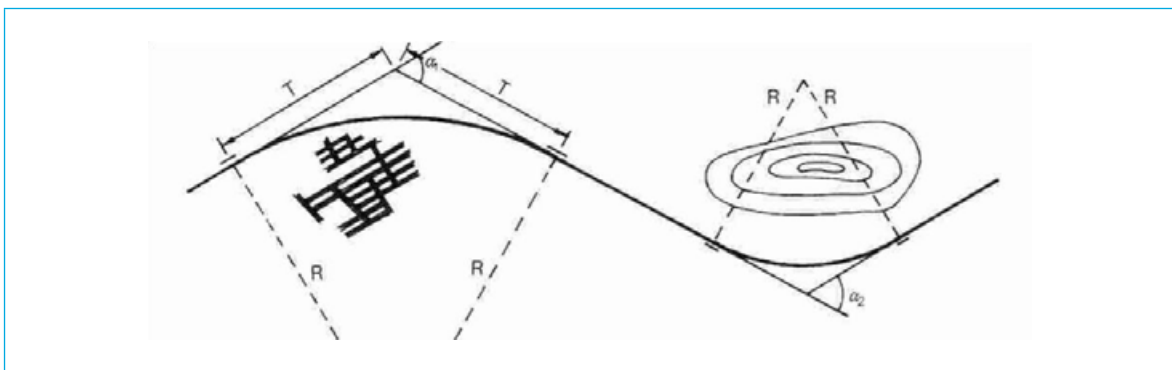
- **Infraestructures**, que correspon a tots els moviments de terres, obres de fàbrica i construccions necessàries per realitzar la plataforma on s'instal·la la via.
- **Superestructures**, formades pel conjunt de materials que s'instal·len sobre les infraestructures i sobre els quals circulen els trens.

Infraestructures

El traçat

La configuració d'una línia ferroviària es fonamenta en dos aspectes principals: la planta (el perfil de la via en el pla horitzontal) i l'alçat (el perfil en el pla vertical). L'exploació d'un ferrocarril serà més senzilla en la mesura que les variacions d'aquests dos perfils siguin menors i s'apropin més a la recta pura.

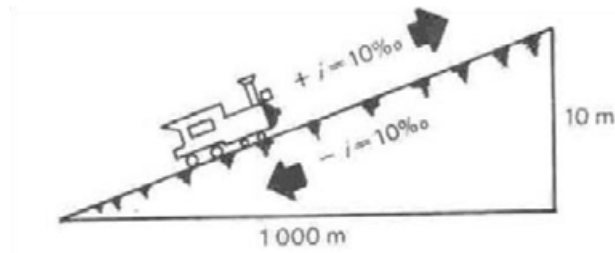
En la **planta** es distingeixen dos tipus d'alineacions: **rectes** i **corbes**. Les corbes s'identifiquen mitjançant el seu radi. Quant major és el radi, menys esforç es necessita per fer circular els trens i major pot ser la velocitat. Els radis mínims es situen entre els 100 i 150 metres, tot i que en vies interiors d'estacions, dipòsits i tallers es poden establir radis inferiors, imposant, aleshores, fortes restriccions de velocitat. També hi han corbes de transició, que permeten passar d'una alineació en recta a una en corba de forma gradual i, així, assegurar confort a la circulació.



Exemple d'esquema de traçat en planta d'una línia de ferrocarril.

L'**alçat** ve definit per les rasants i és la traça de la línia en el pla vertical. Aquestes rasants poden ser:

- **Pendents**, quan el traçat va perdent cota d'alçada (fa baixada).
- **Horitzontals**, quan són paral·leles al pla horitzontal natural.
- **Rampes**, quan el traçat va guanyant cota d'alçada (fa pujada).



Pendent i rampa.

La plataforma

La plataforma és el camí sobre el qual es posen les vies. Té la funció de proporcionar el suport a la superestructura de la via, de manera que aquesta no pateixi deformacions que podrien influir negativament en la normal explotació del ferrocarril.

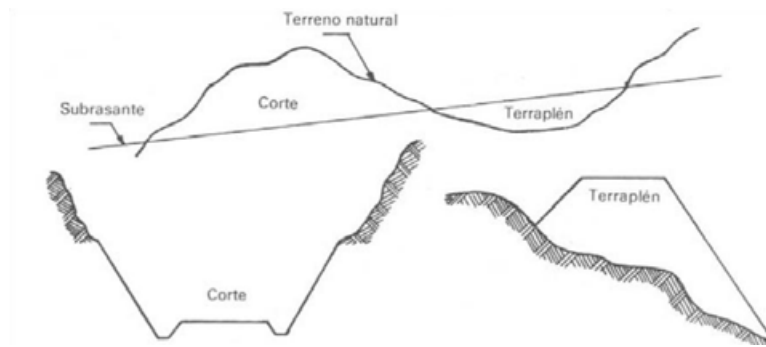
Donades les característiques tècniques que l'adherència imposa al ferrocarril, cal fer traçats el més suaus possibles. Per aquest motiu, una línia ferroviària no pot anar resseguint els accidents naturals del terreny per on passa. Al contrari, és el terreny natural el que s'ha d'adaptar per al pas de la línia ferroviària. Llavors, l'establiment de la plataforma requereix tota una sèrie d'obres complementàries. Cal distingir entre la plataforma que va assentada sobre el terreny i aquella que necessita de grans obres de fàbrica per mantenir la seva continuïtat.



Plataforma preparada per a via doble.

La plataforma que va assentada sobre el terreny, pot ésser de qualsevol dels quatre tipus següents:

- Plataforma en terraplè. Quan ha calgut elevar el traçat, mitjançant l'aportació de terres, per sobre del terreny natural que travessa.
- Plataforma sobre terreny natural. Si les característiques del terreny aconsegueixen les necessitats en planta (suficientment pla i estable), només cal sanejar-lo i preparar-lo i es pot estendre la via a sobre sense cap més intervenció.
- Plataforma en trinxera. En aquest cas, per mantenir el traçat ha calgut extreure terres, de manera que la plataforma resta més baixa que els terrenys naturals per on passa.
- Plataforma en desmunt. Quan la cota del terreny natural és menor a un costat del traçat i major a l'altre costat.



Seccions longitudinal i transversals.

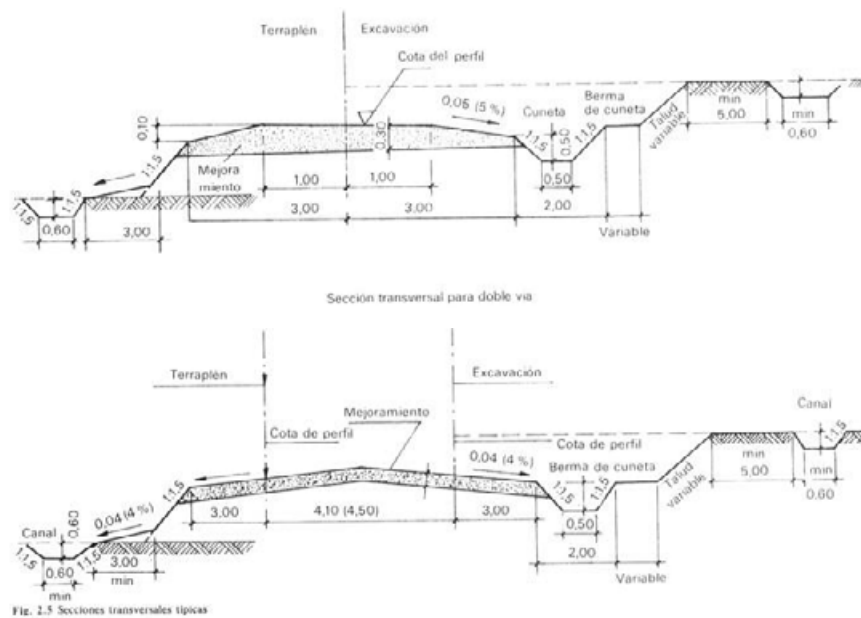


Fig. 2.5 Secciones transversales típicas

Secciones de plataforma en vía única i via doble.



Trinxera.

Cuneta.



Obres de fàbrica

En ocasions, el traçat d'una línia ferroviària necessita salvar un obstacle molt més gran que un senzill desnivell del terreny natural. Per això es fan servir les que s'anomenen obres de fàbrica, que són grans construccions artificials, i les obres més costoses en la construcció del traçat ferroviari. N'hi ha de dues menes:

- **Ponts i viaductes.** Es fan servir per a salvar depressions del terreny (valls, lleres de rius i rierols, torrents, etc.) o per a salvar zones en les quals és més adequat que el traçat vagi elevat (al pas per algunes poblacions, per exemple, per no afectar les zones urbanitzades). La diferència entre ponts i viaductes es troba en la seva longitud. Les obres majors s'anomenen **viaductes**. S'anomenen **ponts** quan tenen una longitud superior als 10 metres i no arriben a les dimensions gegantines dels viaductes. Quan aquestes obres són menors de deu metres reben el nom de **pontons**. I quan encara són menors, i només serveixen per al desguàs, s'anomenen **clavegueres**. Els ponts i viaductes es construeixen bàsicament amb trams de ferro recolzats sobre columnes de pedra, maó o formigó o bé íntegrament amb formigó.



Viaducte.

- **Túnels.** Es construeixen per salvar grans obstacles de terreny, en els quals no es convenient fer una trinxera, per la seva gran profunditat o característiques del terreny, o bé per eliminar l'efecte barrera que el traçat ferroviari provoca quan travessa zones urbanitzades (com és el cas dels ferrocarrils metropolitans). Quan es construeixen per salvar muntanyes, es perforen mitjançant grans màquines anomenades talps (antigament es feia de forma manual, amb pics i pales) o amb explosius. Els túnels que travessen muntanyes poden ser de base, quan es perforen en la part baixa de la muntanya, o de cim, quan es perforen a la seva part alta. Els túnels en zones urbanes es poden perforar, a més de pels mètodes anteriors, mitjançant diverses tècniques a cel obert, que consisteixen a buidar primer el terreny, construir o consolidar les parets del túnel, construir la volta i tornar a tancar el terreny.

Encreuaments amb d'altres infraestructures

El traçat ferroviari pot trobar el seu camí interromput per altres infraestructures, com poden ser carreteres, altres línies de ferrocarril, canals, canonades, etc. Llavors cal creuar aquestes altres infraestructures. Es poden fer servir tres mitjans:

- Quan el traçat ferroviari passa per sobre d'aquesta altra infraestructura ho fa mitjançant un **pas inferior**.



Pas inferior.

- Quan el traçat ferroviari passa per sota de l'altra infraestructura ho fa mitjançant un **pas superior**.



Pas superior.

- Quan el traçat ferroviari creua amb l'altra infraestructura al mateix nivell, llavors ho fa mitjançant un **pas a nivell**.



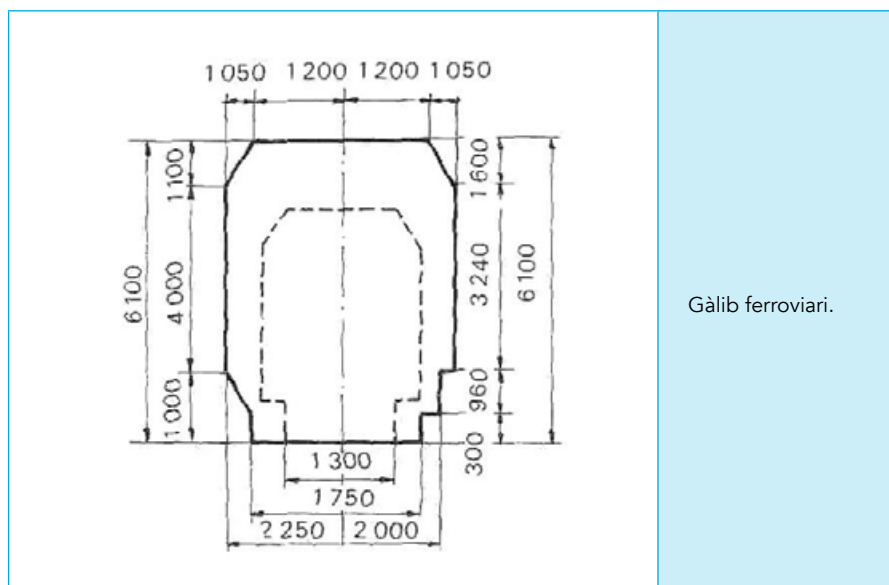
Pas a nivell.

De fet, els passos inferiors i superiors són ponts, la funció específica dels quals és la de salvar aquella altra infraestructura. Per tant, les seves característiques i mètodes constructius són semblants. Pel que fa als passos a nivell, aquests normalment es fan amb carreteres, tot i que també n'hi ha amb d'altres línies ferroviàries. Constitueixen el punt més conflictiu del traçat ferroviari, per les molèsties

que provoca a tots dos mitjans de transport i per la seva elevada perillositat. Actualment, quan es fa un traçat nou, és prohibit per llei construir passos a nivell, alhora que es procedeix sistemàticament a la substitució dels existents per passos inferiors o superiors.

Gàlib

El gàlib és una figura poligonal ideal, el contorn de la qual marca l'espai que ha de quedar lliure per sobre de les vies per al pas dels trens. Aquesta figura, evidentment, té una forma semblant a la secció transversal dels vehicles ferroviaris. El gàlib es fa servir en la construcció de les línies ferroviàries, per tal que cap obra l'envaeixi, garantint així que els trens no trobaran cap obstacle quan circulin per elles. Hi ha diferents tipus de gàlibs, que poden venir determinats per les obres de fàbrica (gàlib d'obra), per les superestructures que es munten sobre el traçat ferroviari (per exemple, el gàlib d'electrificació per línies amb aquest tipus de tracció) o pels propis vehicles ferroviaris (gàlib dinàmic, que té en compte els moviments laterals dels vehicles produïts pels sistemes de suspensió).



Superstructures

Els elements de la via

La via és el camí per on efectivament roden els trens. Ha d'acomplir dues funcions, que s'encarreguen a elements específics: el guiatge, que s'encomana als carrils, i el suport del pes, que s'encomana al conjunt format per les travesses i el balast o el sistema únic contemporani format per la via en placa.

Carrils

Com vàrem veure al principi, una de les característiques fonamentals del ferrocarril és que està guiat. Aquest guiatge s'aconsegueix mitjançant els carrils. El carril és, de fet, una barra d'acer laminat que té una forma especial.

N'hi ha de diferents formes, en funció de diferents teories científiques o del seu ús. El més comú en els ferrocarrils és el de tipus Vignole. Està format per un cap amb forma arrodonida, que constitueix

la superfície de rodament, una ànima de petit gruix i un patí amb la seva base plana, que constitueix el suport del carril. Un tipus de carril especial és el que es fa servir als funiculars, que té el cap en forma de triangle invertit per permetre l'ús d'un sistema particular de fre.



Els carrils es classifiquen en funció del seu pes per metre de longitud. Actualment es fan servir, en general, carrils de 45 i 54 kg/m, tot i que s'arriba als 60 i 64 kg/m en línies especials per a trens d'alta velocitat o per a grans trens de mercaderies de molt pes. Quant major és el pes dels carrils, major és la seva duració i majors els esforços que pot suportar, que fan referència tant al pes dels trens com a la seva velocitat.



Antigament, els carrils es fabricaven en barres de curta longitud, de menys de vint metres, unint-se entre ells mitjançant brides, que anaven collades a cadascun dels carrils amb cargols. Actualment els carrils es fabriquen de major longitud i s'uneixen entre ells mitjançant soldadura aluminotèrmica, que consisteix a aportar metall fos per calor que, en refredar-se, se solda als dos carrils consecutius. Amb aquest mètode s'obté un conjunt més rígid, més durador i més còmode per als viatgers. Els carrils així formats, amb longituds de centenars de metres, s'anomenen barres llargues soldades.

Travesses

Els carrils se subjecten sobre les travesses, la missió de les quals és servir de suport als carrils, mantenir el paral·lelisme entre els dos carrils de la via i transmetre el pes dels trens cap a la plataforma.

Hi ha diferents tipus de travesses en funció del material que s'emptra per construir-les:



- Travesses **de fusta**. Són les més antigues i les que originàriament feien servir tots els ferrocarrils. Estan formades per un bloc de fusta, amb forma de prisma recte, que rep un tractament químic especial per tal d'allargar la seva vida. Actualment només es fan servir en túnels i en alguns aparells de via per les seves característiques de flexibilitat.



Travesses de fusta.

- Travesses de **formigó**. Són les que es fan servir majoritàriament a l'actualitat. Poden ser d'una sola peça (monobloc) o de dues peces unides mitjançant una barra metàl·lica. Tenen formes poligonals força complexes i estan fabricades amb formigó armat mitjançant un procés especial de pretensió o postensió, que consisteix a donar una compressió addicional als materials per tal d'evitar el seu trencament. Aquestes travesses tenen una vida i un pes superior respecte a les de fusta. El pes és fonamental per suportar els grans esforços de dilatació dels actuals carrils soldats en barres llargues.



Travesses de formigó.

- Travesses **metàl·liques**. Tot i que en general s'han emprat molt poc, i que el seu ús era pràcticament abandonat, avui es tornen a fer servir per a usos especials. És el cas de les travesses del tipus Ypsilon muntades al Cremallera de Núria.

Balast

El conjunt format pels carrils i les travesses es recolza sobre la plataforma ferroviària mitjançant una capa de pedra anomenada balast. El balast aconsegueix tres funcions:

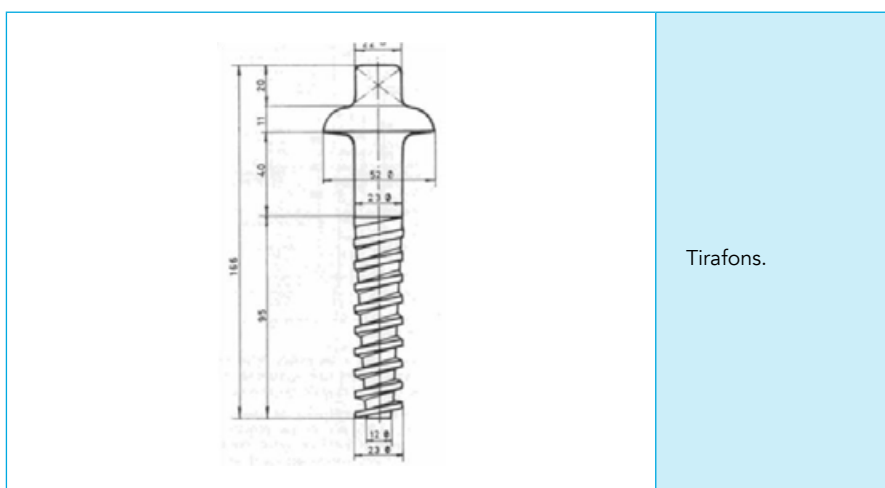
- Com que és un medi granular, reparteix les càrregues dels trens per la totalitat de la plataforma d'una manera uniforme.
- En ser també un medi esponjós, amorteix les forces dels vehicles al seu pas per la via.
- Finalment, protegeix la plataforma de les variacions d'humitat causades pel medi ambient i facilita l'evacuació de l'aigua de la via.

El balast està format per pedres picolades, preferentment de granit, donat que és molt rugós i, per tant, facilita que les pedres se subjectin entre elles. L'alçada de la capa de balast depèn de la quantitat i tipus de trens que hagin de passar per la via, situant-se normalment entre els 50 i els 150 cm.

Subjeccions

Per a subjectar els carrils a les travesses es fan servir diversos mitjans, tots basats en l'ús de cargols, però amb diferents característiques:

- Subjecció amb **tirafons**. Els tirafons van collats directament sobre els patins dels carrils. Entre la base dels patins dels carrils i la travessa es pot posar una placa d'assentament. És el mètode antic que es feia servir amb les travesses de fusta. Aquest sistema té el desavantatge que exerceix poca força sobre els patins dels carrils (accelerant així la pèrdua de rigidesa del conjunt de la via) i que requereix força manteniment, donat que, amb les vibracions produïdes pel pas dels trens, els tirafons tenen tendència a descaragolar-se.



- Subjecció **elàstica**. Tot i que en essència el sistema és el mateix, en aquest cas es posa una grapa elàstica entre el tirafons i el patí del carril. En contraposició a l'anterior, té els avantatges d'exercir una major força de subjecció, evitant així les deformacions dels carrils, i un menor manteniment, donat que els tirafons no es descaragolen. Aquest sistema es fa servir amb les travesses de formigó, tot i que també s'ha introduït amb les travesses de fusta.

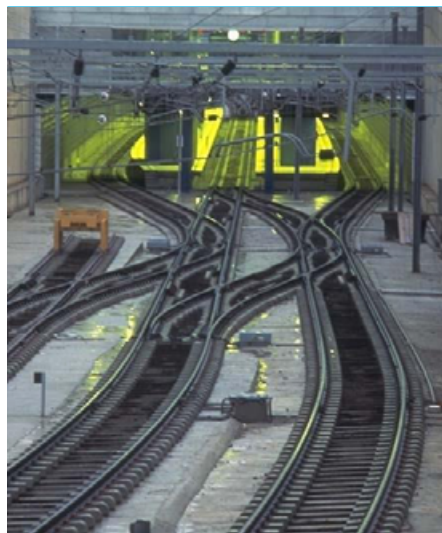
Actualment, entre la placa d'assentament i les travesses s'acostuma a incorporar una placa flexible de goma o material sintètic, que absorbeix les vibracions i evita que passin a les travesses, augmentant la seva vida útil i disminuint el nivell de sorolls.

Via en placa

Modernament, i per a usos específics i limitats, es fa servir el sistema anomenat de via en placa en substitució del conjunt format per les travesses i el balast. Aquest sistema consisteix a construir una



placa de formigó sobre la plataforma; sobre aquesta placa van subjectats directament els carrils. Tot i que és un sistema de construcció molt més car que el tradicional amb travesses i balast, aporta diversos avantatges, entre els quals el més important és la major duració del conjunt amb un manteniment gairebé inexistent i una nul·la deformació del conjunt de la via. Hi ha dos tipus bàsics de via en placa:



Via sobre placa de formigó.

- Via en placa amb carril encastat. En aquest cas, els carrils estan inserits en la placa de formigó, encastats en un material sintètic que fa les funcions de subjecció i amortidor de les vibracions.
- Via en placa convencional. Sobre la placa de formigó es col·loquen uns blocs, simulant les travesses, sobre els quals es posen els carrils amb subjeccions convencionals.

El conjunt de la via

Conceptes generals del conjunt de la via

A l'hora de construir la via, cal tenir en compte, en primer lloc, l'**ample de via**. En una línia o xarxa ferroviària, totes les vies que es posin han de tenir el mateix ample de via, per tal que els trens puguin circular per totes elles sense problemes. L'ample de via ve determinat per la distància que separa les cares interiors dels caps dels dos carrils que formen la via. Tot i que a nivell mundial d'antuvi ja es va intentar homogeneïtzar l'ample de via, el cert és que n'existeixen molts de diferents. El majoritari a tot el món és el que es coneix com a internacional o normal, i que suposa que la distància entre les cares interiors dels carrils és de 1.435 mm. Aquest és l'ample de la línia Barcelona-Vallès d'FGC. Per conveni internacional es considera aquest valor com a normal, essent, doncs, via ampla la que està per sobre d'aquest valor i via estreta la que està per sota. Un clar exemple de via ampla la trobem al nostre país amb la línia Lleida – La Pobla de Segur, i també les línies de la xarxa general espanyola tenen un ample de 1.668 mm. De les vies estretes, la més comuna és la mètrica que, com el seu propi nom indica, té un valor d'un metre. D'aquest ample són les línies Llobregat-Anoia, Monistrol – Montserrat i Ribes-Núria d'FGC.

A les corbes, per tal de reduir la resistència que el conjunt de la via ofereix al rodament dels trens, hi ha un petit sobreample respecte al valor nominal.

Un segon concepte general és el de la inclinació dels carrils. Independentment del tipus de via

que es faci servir, amb travesses i balast o via en placa, i de les subjeccions que s'emprin, hi ha una característica comuna del conjunt de la via, i és que els carrils, tot i ser paral·lels entre ells, no estan perfectament verticals. En realitat, el cap dels carrils està lleugerament inclinat cap a l'interior de la via. Això es fa per millorar el rodolament dels trens, amb un sistema que actua conjuntament amb la particular forma de les rodes, que són còniques. La interacció de forces físiques d'aquest sistema obliga a què els trens tinguin sempre tendència a situar-se al centre de la via. En la concepció teòrica ideal d'aquest sistema físic, les pestanyes de les rodes dels trens no haurien de tocar mai els carrils.

Finalment, també com a concepte general del conjunt format per la via tenim el seu pes. Quant major sigui el pes d'aquest conjunt (carrils, travesses i subjeccions), més estable serà la via, es podran fer circular trens de major pes, suportarà millor el pas d'aquests trens i, per tant, és deformarà menys. La conseqüència directa d'aquest principi és que es disminueixen les necessitats de manteniment de la via. Hi ha diferents maneres d'incrementar el pes de la via. Antigament el que es feia era posar més travesses per quilòmetre de via. Modernament s'ha donat un pas fonamental amb les travesses de formigó, que poden arribar a pesar entre 200 i 300 kg, davant dels 70 kg de mitjana que pesen les travesses de fusta.

Conceptes bàsics de geometria

A l'hora de muntar la via sobre la plataforma, cal tenir en compte tres conceptes geomètrics.

En primer lloc trobem el **peraltat**, que és un desnivell entre els dos carrils d'una via en corba, mantenint el carril exterior més elevat que l'interior.

Quan un vehicle qualsevol circula per una corba, la força centrífuga tendeix a fer tornar el vehicle al seu camí natural: la línia recta. És a dir: que aquesta força l'empeny cap a la part exterior de la corba. El peralt compensa parcialment aquest efecte, a semblança d'allò que fa un ciclista quan pren una corba, inclinant-se cap el seu interior.

El valor del peralt depèn, bàsicament, del radi de la corba i de la velocitat dels trens que hi han de passar. Quant menor és el radi d'una corba, o quan es vulgui fer circular els trens a major velocitat, caldrà incrementar el peralt.

Un concepte relativament modern del conjunt de la via és el de les **corbes de transició**. Tant en el cas que en planta es passa d'una recta a una corba, com en el que en alçat es passa d'una rasant a una altra diferent, la transició entre recta i corba i entre rasants diferents es fa mitjançant aquestes corbes de transició. Aquestes corbes són de radi variable i permeten fer un pas progressiu entre la recta i la corba de radi fix i les rasants diferents. La conseqüència d'aquestes corbes de transició és que milloren el confort dels trens en evitar moviments sobtats. Aquestes corbes acostumen a ser del tipus "clotoide", les mateixes que crea un conductor d'un cotxe quan agafa una corba: el conductor mai no girarà el volant de cop, sinó que l'anirà girant poc a poc fins a adaptar-se al radi fix de la corba.

El darrer concepte fa referència a l'**entrevia**, que és la distància que hi ha d'haver entre dues vies que se situen paral·lelament. Aquesta distància es mesura entre els eixos de cadascuna de les vies. Ve definida principalment per l'amplada dels trens, de manera que dos o més d'aquests puguin circular simultàniament per vies paral·leles sense arribar a tocar-se entre ells. A més a més, cal tenir en compte l'efecte de la pressió de l'aire remogut per un tren en circulació, de manera que quant major sigui la velocitat, major haurà d'ésser l'entrevia per tal que el remolí d'aire no afecti els trens de les altres vies. A les corbes l'entrevia ha de ser major, ja que la part central dels vehicles envaeix un espai major cap a l'interior de la corba.



Via única i doble

Es diu que un tram és de **via única** quan només hi ha una via per la qual circulen trens en ambdós sentits de la marxa.

Atès que amb una sola via la capacitat de circulació de trens és força reduïda perquè el tram de via comprès entre dues estacions només pot estar ocupat per un tren, en trams on hi ha força circulació de trens es disposa de **via doble**, que és el conjunt format per dues vies paral·leles. Per cadascuna d'elles circulen normalment els trens d'un sol sentit. El sentit normal de circulació a FGC és per la via de la dreta.

En cas que sigui necessari, per motius d'exploació o d'incidències, en un tram de via doble els trens poden circular per la via contrària a la normal de circulació (per l'esquerra, en el nostre cas). Llavors se'n diu que el tren circula a **contravia**.

Aparells de via

La via no és només una successió continua de carrils paral·lels. Hi ha diversos elements mecànics que s'intercalen o se superposen a la via per permetre canviar el camí dels trens, millorar les característiques geomètriques de la via o incrementar la seguretat. Tots aquests elements, que tractarem ara, s'anomenen aparells de via.

Desviaments

Una de les característiques fonamentals del ferrocarril que hem vist fins ara és que es tracta d'un sistema de transport guiat. La via s'encarrega de guiar els trens en el seu camí. Però, què passa quan volem que un tren segueixi un camí diferent? És a dir, de quina manera podem passar un tren d'una via a una altra? Doncs mitjançant un aparell de via anomenat **desviament** i que, en essència, es pot definir com un tram de via mòbil.

El desviament està format per dues parts fonamentals. La primera és el **canvi**, que és on es produeix el desviament dels trens cap a una o altra via. La segona és l'**encreuament**, que permet solucionar la intersecció dels carrils de les dues vies que sorgeixen del canvi.

El canvi d'un desviament està format per:

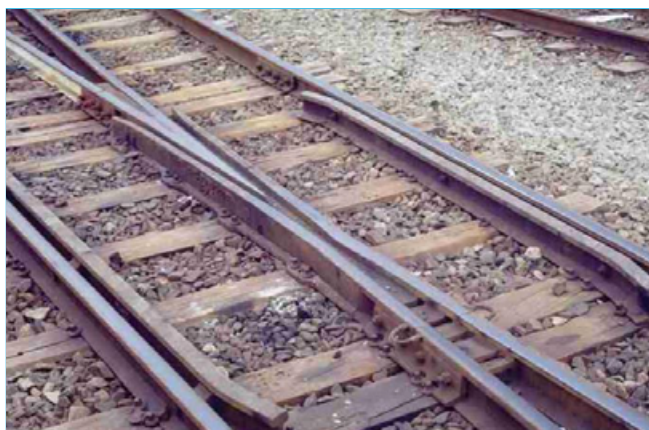
- Les **agulles**, que formen la part mòbil del conjunt d'un desviament. En realitat són dos carrils amb un perfil especial per permetre un ajust perfecte a les contraagulles, de manera que la roda del tren trobi una continuïtat física sense obstacles quan hi passi per sobre. Les dues agulles d'un desviament queden fixades per un dels seus extrems, anomenat **taló**, mentre que per l'altre, anomenat **punta**, resten lliures per moure's. Aquestes agulles van muntades sobre uns coixinets que, mitjançant greixos o per la seva fabricació amb materials lliscants, permeten que es moguin suaument d'un cantó a l'altre.
- Per tal de dirigir correctament el camí d'un tren que passi sobre un desviament, les dues agulles s'han de moure de manera solidària, establint un itinerari cap a una via o l'altra. Per aquest motiu, les dues agulles es troben unides mitjançant el **tirant**.
- Les **contraagulles** venen formades pels carrils de la via on s'ajusten les agulles.



Canvi d'agulles:
detall dels
espasins.

Per la seva part, l'**encreuament** té les següents parts:

- La zona d'intersecció dels carrils de les dues vies que s'estan bifurcant en un desviament s'anomena cor.
- Per tal de deixar passar les pestanyes de les rodes en aquest punt d'intersecció, i que no hagin de remuntar per sobre dels carrils, hi ha un espai buit anomenat llacuna.
- Mentre les rodes estan passant per la llacuna, el seu pes és suportat per les anomenades potes de llebre.
- Donat que quan una de les dues rodes de l'eix d'un tren passa per la llacuna, aquesta perd momentàniament el seu guiatge, cal donar-hi un doble guiatge a l'altra roda de l'eix. Per a això es fan servir els contracarrils, que guien la roda per la seva part interior.



Parts de
l'encreuament
d'un canvi
d'agulles.

Per adreçar un tren cap a una via o l'altra, cal situar correctament les agulles a un cantó o l'altre, restant una d'elles perfectament ajustada a la contraagulla corresponent, per tal que sobre l'agulla passi una de les rodes del tren, i l'altra deixant el suficient espai per al lliure pas de l'altra roda sobre l'altra contraagulla.

L'accionament de les agulles es fa actuant sobre el tirant, al qual va acoblat un mecanisme que el desplaça cap a un cantó o l'altre. Aquest mecanisme no només ha de permetre l'accionament de les agulles, sinó que també ha de garantir que les agulles romanguin en la seva posició i no es puguin moure lliurement. Hi ha dues menes d'accionament:



- Les **agulles d'accionament manual** disposen d'una palanca, que cal moure a mà, associada a un contrapès, el qual manté les agulles perfectament ajustades a un cantó o l'altre. Un forrellat permet enclavar la palanca i, per tant, les agulles, en cadascuna de les dues possibles posicions.
- Les **agulles d'accionament elèctric** estan mogudes mitjançant un motor elèctric, el qual ja incorpora un mecanisme de forrellat.



Motor d'agulla.

Cal destacar la importància del correcte ajustament de les agulles en una o altra posició. Quan les agulles no ajusten correctament es diu que resten **entreobertes**. Si en aquest cas passés un tren per sobre, es provocaria un accident que s'anomena **descarrilament**.

(sortir-se el tren dels carrils).

Una altra mena d'accident es pot produir en el cas que un tren prengui les agulles pel seu taló estant aquestes orientades cap a una via diferent de la qual segueix el tren. En aquest cas esdevé el que s'anomena **talonament** i que, en general, produeix una deformació i trencament dels elements del desviament, tot i que també pot causar el descarrilament del tren.

Hi ha, però, un tipus especial de desviament que disposa d'**agulles talonables**. Aquestes agulles disposen d'un mecanisme en el conjunt format pel tirant i l'accionament que, mitjançant unes molles, permet que les rodes del tren desplacin les agulles cap a la via contrària cap a la qual estan orientades, sense que això provoqui cap trencament ni descarrilament, quan el tren passa sobre el desviament accedint pel taló. Aquestes mateixes molles tornen les agulles a la seva posició inicial quan ja ha passat el tren. En aquest cas, quan un tren accedeix al desviament per la seva punta, les agulles sempre estan orientades cap al mateix sentit. Tanmateix, una palanca d'accionament manual permet canviar la posició normal de les agulles cap a l'altra via.

Normalment, els desviaments permeten continuar per la via per la qual es circula o passar a una altra via diferent. Quan les agulles estan orientades cap a la via normal de circulació, es diu que el desviament està en posició cap a la via **directa**, que ve representada pel símbol més (+). Quan estan orientades cap a l'altra via, es diu que el desviament està en posició cap a la via **desviada**, que ve representada pel símbol menys (-).

En general, els trens poden passar sobre els desviaments a la seva velocitat normal quan estan orientats cap a la via directa. Però cal reduir la velocitat quan estan orientats cap a la via desviada. Això ve motivat pel fet que el conjunt del desviament forma una corba de radi reduït. El pas a

una velocitat massa elevada per via desviada provoca violents moviments laterals en els trens, incòmodes per a qui hi viatja i que fins i tot poden arribar a provocar el descarrilament del tren. Hi ha, però, desviaments de major longitud que descriuen radis de corba més amplis i que es poden travessar a major velocitat. Donat que augmentant la longitud de l'aparell de via també s'incrementa la longitud de les agulles, convertint-se en elements més pesats, alguns d'aquests grans desviaments disposen de més d'un accionament per a les agulles.

Creuaments

Els **creuaments** permeten que una via creui una altra al mateix nivell, però que no es pugui passar d'una via a l'altra. Estan formats per quatre encreuaments i, com que només tenen elements fixos, no precisen de cap tipus d'accionament.

Travesseres

Les **travesseres** són una combinació de creuament i desviaments.

A les d'**unió doble**, donades dues vies que es creuen al mateix nivell, es pot escollir que un tren vagi des de qualsevol de les dues vies d'un cantó cap a qualsevol de les dues vies de l'altre cantó. Estan formades per quatre encreuaments i quatre canvis, que tenen els seus corresponents accionaments.



En canvi, les d'unió simple estan formades per quatre encreuaments i només dos canvis. D'aquesta manera, només des d'una de les vies d'un cantó és possible passar a qualsevol de les dues vies de l'altre cantó.

Combinació d'aparells

Quan entre dues vies paral·leles s'estableix una unió mitjançant dos desviaments, ens trobem amb el que s'anomena **escapament**. Els escapaments permeten passar d'una via a l'altra en una sola direcció. És habitual que, en trams de via doble, s'estableixin escapaments periòdicament per tal de, en cas d'incidències, permetre el pas dels trens d'un sentit per la via contrària a la normal de circulació. Llavors s'instal·len dos escapaments consecutius, que permeten cadascun d'ells el pas en cadascuna de les dues direccions possibles.

En ocasions, la manca d'espai obliga a instal·lar aquests dos escapaments superposats, anomenant-se llavors **escapaments creuats** (conjunt també conegut amb el nom de bretelle). Combinen quatre desviaments amb una travessera d'unió doble.



Exemple de combinació d'aparells: escapaments.

En algunes estacions hi ha tot un seguit de desviaments que permeten accedir a diverses vies. A aquesta zona on es troben concentrats diversos aparells se l'anomena **camp d'agulles**.

Aparells de dilatació

Amb els moderns mètodes de construcció de les vies, els carrils formen unes barres molt llargues, de centenars de metres. Com se sap, el metall acusa força l'efecte de la temperatura, dilatant-se o encongint-se. Si no es fes servir cap sistema, quan els carrils es dilatessin, donat que estan fortament fixats a les travesses, es formaria el que s'anomena comunament **garrot**, que consisteix en una deformació brusca del carril, molt perillosa per a la circulació segura dels trens.

Per tal de fer front a aquestes dilatacions i encongiments es fan servir els **aparells de dilatació**. Bàsicament consisteixen a tallar el carril, deixant un espai lliure per la seva dilatació quan hi ha temperatures ambientals elevades. Però, com que no es pot fer un tall al carril i deixar-hi l'espai buit, donat que provocaria un sotrac al pas per les rodes i, fins i tot, podria arribar a provocar el descarrilament del tren quan l'encongiment és major (amb temperatures ambientals molt baixes), l'aparell de dilatació disposa dels elements necessaris per garantir la continuïtat de la superfície de rodament que el carril tallat no pot oferir.



Aparell de dilatació.

Els aparells de dilatació també es fan servir per aïllar de les forces mecàniques de dilatació i encongiment els desviaments i encreuaments de les estacions i algunes obres de fàbrica singulars, com és el cas de determinats ponts.

Altres aparells de via

En determinades ocasions és necessari garantir que, davant d'un desviament, els trens d'una via no puguin accedir a l'altra sota cap concepte. És, per exemple, el cas en què es vol impedir que un tren aturat en una zona de dipòsit pugui accedir intempestivament sobre una via principal per on estan circulant trens. Aquesta protecció es realitza mitjançant l'aparell anomenat **falca de descarrilament**. És una peça metàl·lica mòbil que pot posar-se sobre un o els dos carrils d'una via. Té una forma que, en el cas que un tren hi arribés, provocaria el seu descarrilament. Aquesta peça és abatible i el seu accionament pot ser manual o mitjançant un motor elèctric.



La circulació dels trens per les corbes origina, com a conseqüència de la força centrífuga, el contacte de les pestanyes de les rodes contra el cap del carril exterior de la corba. Donat que aquest fregament produeix un desgast molt elevat dels materials de les rodes i els carrils, s'intenta atenuar aquest efecte interposant una capa de material lubricant entre les rodes i els carrils mitjançant els aparells anomenats **greixadors de pestanya**. Consisteixen en un pedal accionat per les rodes al pas dels trens. Alhora, aquest pedal acciona una bomba que pren el greix d'un dipòsit i el porta als brolladors que hi ha instal·lats als carrils.



A les vies també hi trobem instal·lats diversos tipus de **pedals**, que poden ser mecànics o electromagnètics. Els mecànics són accionats per les rodes dels trens quan hi passen per sobre. Els electromagnètics creen un camp magnètic constant, que és alterat pel pas de les rodes dels trens. En tots dos casos, la conseqüència és que s'obté un senyal elèctric que indica que el tren està



passant pel punt on es troba el pedal. Mitjançant aquest senyal elèctric es poden accionar diverses instal·lacions, com poden ser les barreres dels passos a nivell, portes automàtiques que tallen l'accés a les vies o, fins i tot, sistemes per regular la circulació dels trens, sabent en tot moment on es troben pels pedals que hi van trepitjant.



Exemples de pedals detector.



Topall de final de via amb sistema d'absorció d'energia.

Tipus de vies especials

Via amb cremallera

Com s'ha vist anteriorment, els traçats dels ferrocarrils s'han de fer amb rampes i pendents suaus per tal de no arribar al límit d'adherència del material motor. Amb una inclinació excessiva, les locomotores comencen a lliscar i no poden arrossegar els trens. En general, les línies de ferrocarril no tenen rampes i pendents superiors a les 40 mil·lèsimes (40 mil·límetres de desnivell per cada metre de longitud), tot i que es pot arribar fins a les 60 mil·lèsimes. Tot i així, hi ha sistemes per superar rampes de valors superiors als esmentats.

El sistema de cremallera consisteix a intercalar un carril dentat o cremallera entre els dos carrils de rodament d'una via convencional. Als trens, per la seva part, els motors accionen les dues rodes de l'eix més una tercera calada al centre del mateix, essent aquesta dentada. Les dents d'aquesta roda central encaixen amb les dents del carril situat al centre de la via, proporcionant així un esforç de tracció que les rodes normals no podrien oferir, donat que començarien a lliscar. Aquest sistema es fa servir per rampes i pendents que poden oscil·lar entre les 50 i les 500 mil·lèsimes, tot i que en la majoria dels casos es troben entre les 100 i les 200 mil·lèsimes. El sistema de cremallera té



El cremallera de Núria.

l'inconvenient que no permet que els trens circulin a una velocitat elevada; en cas d'una frenada d'urgència, les rodes dentades podrien arribar a muntar-se sobre el carril dentat central i, llavors, perdre's l'adherència o descarrilar.

Cal esmentar que el sistema de cremallera no només permet superar grans rampes, sinó que també garanteix la frenada i la immobilització dels trens en aquestes rampes. Un tren aturat sobre una rampa de més de 100 mil·lèsimes, sense el sistema de cremallera, començaria a lliscar cap avall sense control.

Aquest sistema també té, però, l'avantatge que es pot instal·lar en una línia de ferrocarril convencional, permetent que, en funció del valor de les rasants, hi hagi trams amb cremallera i d'altres sense, a on es pot circular a velocitats superiors. Aquest és el cas del cremallera de Núria, que circula per adherència des del principi de la línia fins poc abans d'arribar a Queralbs, i amb l'ajut de la cremallera des d'aquest punt fins a la terminal de Núria.

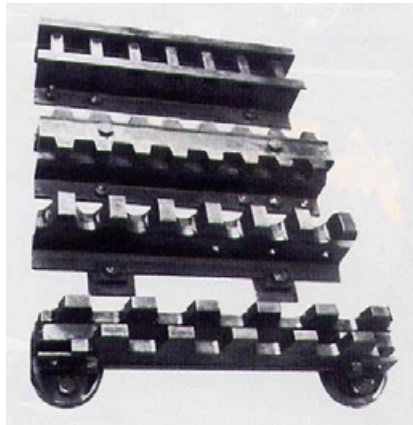


Via amb cremallera Abt.

A partir de la seva reconstrucció, l'any 2003, el nou tren cremallera de Montserrat també disposa d'un tram amb cremallera, entre les estacions de Montserrat i Monistrol Vila, i un tram en adherència entre Monistrol Vila (inclosa l'estació) i Monistrol Enllaç. També pot circular en adherència per les vies de la línia Llobregat-Anoia entre les estacions de Monistrol Enllaç i Martorell Enllaç, per accedir als tallers de l'empresa situats en aquesta estació.



Hi ha diferents tipus de carrils de cremallera; en aquesta imatge es troben representats els més utilitzats: Riggenbach, Locher, Strub y ABT, essent el més emprat el que porta el nom de l'inventor Roman Abt. La cremallera del sistema ABT consisteix en un conjunt de dos carrils dentats paral·lels, estant les dents de cada carril alternades.



D'aquesta manera s'ofereix un major esforç de tracció i major seguretat, en estar doblada la cremallera, i un major confort de rodament, en estar alternades les dents. A mitjans del segle XIX s'utilitzà per primera vegada una cremallera central per salvar una forta rampa.

A Catalunya va circular el tren Cremallera de Montserrat des de l'any 1892 fins que, després de sofrir un greu accident l'any 1953, fou tancat al servei l'any 1957 (reobert l'any 2003). Des de l'any 1931 es troba en servei el tren Cremallera de Núria.



Muntat de la nova via al pont del Gosset Inici del tram de via amb cremallera Abt a la carretera Monistrol - Montserrat a la sortida de l'estació de Monistrol Vila.

Funicular

L'altre sistema desenvolupat per superar grans rampes és el funicular, molt més rígid que el basat en la cremallera. Consisteix en un tram de via única, amb un apartador de doble via al centre de la línia. A la línia hi ha dos trens, lligats entre ells mitjançant un cable que circula pel centre de la via recolzant-se sobre politges. Aquest cable passa per unes grans politges situades a la part superior de la línia, acoblades a un motor. Mitjançant el motor, i l'efecte de contrapès que s'estableix entre els dos cotxes, combinat amb uns valors de rasants canviants al llarg de tota la línia (menors a la part baixa i majors a la part superior), es provoca el moviment dels dos trens, un pujant i l'altre baixant, amb un esforç relativament baix.

Una particularitat dels funiculars és el guiatge dels seus trens. A la part central de la línia, on hi ha l'apartador amb dues vies, és on es creuen el tren que puja amb el que baixa. Es podria pensar que, per tal de dirigir cada tren cap a una via, es podrien fer servir els desviaments que hem vist anteriorment. Però es presenta el problema de per on passar els cables que arrosseguen els trens. Per sobre dels carrils del desviament no es pot, donat que les rodes dels trens els tallarien. Per sota

dels desviaments tampoc, ja que la subjecció del cables als trens faria topall i no es podrien moure. Així doncs els cables només es poden passar per un punt a la mateixa alçada dels carrils.



El funicular de Vallvidrera.

Com veiem, un desviament normal no serveix. Es fan servir uns aparells de via sense parts mòbils, que són encreuaments formats per un carril exterior continu i diversos carrils interiors tallats i de curta longitud, que permeten suportar el pes de les rodes interiors dels trens i deixar l'espai lliure necessari per al pas dels cables. Com es pot deduir, les rodes dels trens que restaran a la part interior de l'encreuament no poden tenir pestanya, ja que haurien de remuntar per sobre dels carrils i provocaria un descarrilament dels trens. Així doncs, aquestes rodes interiors són en realitat uns cilindres de gran amplada. Evidentment, si aquestes rodes no tenen pestanya, no tenen capacitat de guiar els trens. Per aquest motiu, les rodes que circulen pels carrils exteriors tenen dues pestanyes, una per la part interior i una altra per la part exterior. D'aquí ve que cadascun dels dos trens passi sempre pel mateix costat de l'apartador central.

Aquest sistema és totalment tancat, i no permet afegir més trens, canviar la seva composició, o desviar-los cap a d'altres vies. En general es fa servir per unir dos punts molt localitzats amb una demanda de tràfic escassa o molt puntual, no separats per gaire distància (entre mig i dos quilòmetres), i gairebé sempre només pel transport de persones. També tenen l'inconvenient d'una velocitat reduïda, podent arribar els més moderns fins a 36 km/h (10 m/s).



Capítol 3

L'electrificació

Els trens, per moure's, disposen de motors de diverses menes, els quals necessiten energia per a funcionar. Hi ha trens que produeixen ells mateixos aquesta energia. Però n'hi d'altres que necessiten una aportació externa i són aquells que funcionen amb motors elèctrics. En aquest capítol tractarem quines són les instal·lacions fixes necessàries per aportar aquesta energia i com funciona aquest sistema.

Instal·lacions fixes d'electrificació

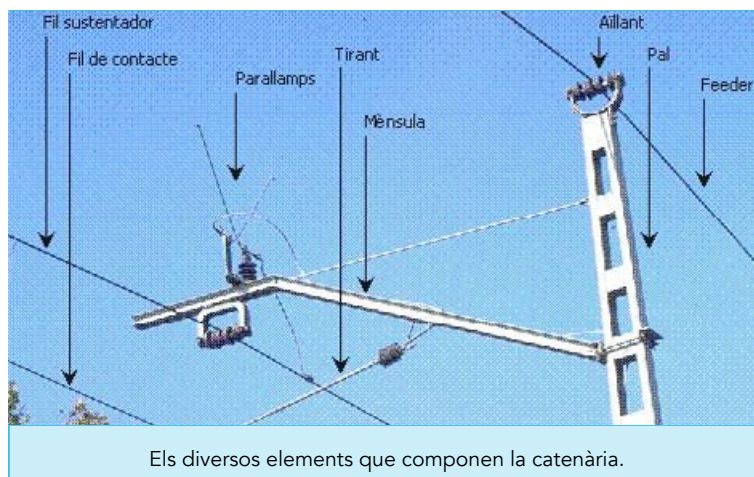
L'energia elèctrica s'ha de subministrar als trens de forma continuada al llarg de tota la longitud de les vies per on han de circular. El sistema més emprat és l'anomenat de **catenària** i consisteix en un conjunt de fils que van penjats per sobre de les vies. Els trens prenen la energia elèctrica mitjançant una estructura articulada anomenada **pantògraf**. El conjunt de les instal·lacions fixes de subministrament d'electricitat es pot dividir en tres parts: catenària, suports i elements auxiliars.

Catenària

La catenària està formada per dos fils elèctrics. El principal és el **fil de contacte**, que és sobre el qual fa contacte el pantògraf del tren per prendre l'energia elèctrica. Aquest fil de contacte resta penjat del **fil sustentador**, que descriu una corba coneguda en geometria com catenària (d'aquí el nom del conjunt d'aquestes instal·lacions), mitjançant les **pèndoles**.

El fil de contacte té una secció circular amb unes estries a la seva part superior, on encaixen les grapes de les pèndoles que el subjecten. D'aquesta manera, la superfície de contacte amb el pantògraf és llisa i sense obstacles. La secció d'aquest fil és força gran, ja que ha de suportar el pas del corrent elèctric amb uns valors de tensió i intensitat molt elevats (a les línies d'FGC són de 1500 V en corrent continu, i fins a 800 A). El fil sustentador té una secció menor. Pel que fa a les pèndoles, poden ésser fetes amb fil elèctric o amb filferro, ja que només tenen funcions mecàniques.

A les instal·lacions modernes, en catenàries de dos fils de contacte, les pèndoles van subjectant un i altre fil alternativament.



Els diversos elements que componen la catenària.



Suports

Per mantenir la catenària a una alçada constant per sobre de les vies, es fan servir uns pals situats a un o altre costat de la via. Aquests pals, que poden ser de ferro o formigó, estan fortament clavats a terra, per tal que no es deformin amb el gran pes que han de suportar.

D'aquest pals surten les **mènsules**, que no són més que uns braços que suporten el fil sustentador mitjançant uns aïlladors de vidre o ceràmica. Les mènsules s'encarreguen de mantenir constant l'alçada de la catenària. Per la seva banda, de les mènsules surten els **tirants**, que s'agafen a les estries dels fils de contacte, la missió dels quals és la de mantenir-lo centrat respecte a l'eix de la via. Els tirants també estan aïllats dels pals.

Cal destacar la importància dels aïlladors que hi ha entre les mènsules i els tirants d'una banda, i els pals de l'altra, ja que impedeixen el pas del corrent elèctric cap als pals i, en conseqüència, cap a terra.

En algunes zones on hi ha diverses vies paral·leles, per tal de simplificar les instal·lacions d'alimentació elèctrica, en lloc de fer servir un pal per a cada via es fan servir els **pòrtics de catenària**. Consisteixen en dos pals, situats als costats exteriors de les vies, units entre ells. Aquesta unió pot ser **funicular** (mitjançant cables elèctrics) o **rígida** (mitjançant una biga metàl·lica). En aquest cas, les mènsules i tirants se subjecten al sistema funicular o a la biga rígida que uneix ambdós pals de suport.

Als túnels, la catenària no necessita pals, ja que penja directament del seu sostre. Normalment no hi ha mènsules, i el fil sustentador penja directament de la volta del túnel mitjançant un element aïllant. Sí que hi són, però, els tirants.

Elements auxiliars

Els pals suporten directament un altre fil amb electricitat, que és el **fil d'alimentació** o **feeder**. S'encarrega de transportar l'energia procedent de les subestacions i, cada certa distància, també d'alimentar el fil de contacte. Així es garanteix que la tensió elèctrica sempre tindrà un valor constant al llarg de les línies.

Els pals també disposen de **parallamps** que, en cas de tempesta elèctrica, deriven a terra la sobretensió de la catenària, evitant provocar greus avaries a les instal·lacions i als trens per un enorme increment sobtat de la tensió elèctrica.

El conjunt de la catenària

Del conjunt de la catenària format pels elements citats anteriorment, cal destacar-ne tres.

La catenària està dividida en **seccions**, d'una longitud variable des d'uns metres a diversos quilòmetres, que es poden aïllar entre elles. Això permet treure l'alimentació elèctrica a una part determinada de la catenària quan és necessari (treballs de manteniment, incidències, etc.), sense que calgui desconnectar la totalitat de la línia elèctrica. Dues seccions consecutives se separen mitjançant els **seccionadors**, que poden ser d'aire o aïllants. Els d'aire consisteixen simplement en els espais buits que hi ha entre els diferents fils de contacte de cada secció, de manera que aquestes, en el seccionador, es troben separades entre elles per l'aire i no tenen cap mena de contacte. En els seccionadors aïllats s'intercala una peça de material no conductor al fil de contacte. És molt important, per tal d'evitar accidents, que un tren no entri en una secció de catenària que no té tensió elèctrica.

Com que els fils sustentador i de contacte estan fabricats amb metalls, i aquests pateixen els efectes de la dilatació i encongiment en funció de la temperatura ambient, la catenària disposa generalment d'un sistema de **compensació mecànica**. Bàsicament està constituït per seccions de catenària d'una

llargada d'entre 1 i 1,5 quilòmetres, fermament subjectades al seu centre, i que als seus extrems es troben tibades mitjançant uns contrapesos que pengen d'unes politges. Cada secció es dilatarà i encongirà al seu capritx. Però, per l'efecte dels contrapesos, sempre es mantindrà en tensió, evitant així que els fils tinguin ondulacions que serien molt perjudicials per a un fregament correcte dels pantògrafs.

Finalment, cal esmentar que la catenària no és completament paral·lela a l'eix de la via sobre la qual va muntada. Per evitar un excessiu desgast del mateix punt del pantògraf dels trens, en trams de via recta es munta amb una ondulació lleugera a un costat i l'altre de l'eix de la via; cada pal de suport consecutiu té els tirants muntats a un cantó i l'altre, fent força cadascú cap a un costat. A les corbes, pel fet que els trams de catenària entre cada pal de suport són rectes, no cal afegir aquesta ondulació.

Subestacions i telecomandaments

L'energia elèctrica que alimenta les catenàries prové d'unes instal·lacions anomenades **subestacions transformadores**. Cada subestació conté un o diversos grups transformadors (i, a FGC i a altres molts ferrocarrils, també rectificadors). Aquests grups reben corrent a tensió alterna elevada (diversos milers de volts) de la xarxa general de distribució i la transformen en un corrent amb un valor de tensió constant (a FGC corrent continu), que és el que subministren a les catenàries.

Les subestacions transformadores disposen d'aparells per connectar i desconectar els seus grups transformadors a la xarxa general de distribució i a les catenàries, a més de diversos equips de protecció. Tots aquests aparells i equips són generalment comandats a distància des d'un centre de control de subestacions, que controla totes les instal·lacions d'una línia. Aquests centres de control també poden obrir i tancar els interruptors que donen alimentació a les diferents seccions de catenària, i així poden aïllar independentment cada secció.



Edifici de subestació elèctrica amb els feeders o fils d'alimentació de sortida.



Capítol 4

Les estacions

Què és una estació?

Les estacions són un conjunt d'instal·lacions situades al voltant de les vies i que tenen la funció principal d'atendre el servei dels clients. Són, doncs, els llocs on les persones que viatgen pujaran i baixaran dels trens i on es carregaran i descarregaran les mercaderies. Les estacions, però, també poden tenir una funció fonamental en la circulació de trens, ja que poden tenir vies per a apartar trens que comencin o acabin el seu recorregut en aquest punt, o que hagin d'ésser avançats per d'altres trens més ràpids. I també poden intervenir en la regulació de la circulació de trens, donant ordres a aquests per garantir una circulació segura, de la manera que es veurà al capítol sisè.

Les estacions poden ser de tres tipus:

- L'**estació** pròpiament dita té les dues funcions. És una dependència que disposa de les instal·lacions necessàries per atendre el servei de viatgers i/o mercaderies, alhora que té desviaments i, en ocasions, també vies per apartar trens i per tant pot estar dotada dels equipaments adients per intervenir en la circulació dels trens.
- El **baixador** és una dependència dotada dels elements necessaris per atendre el servei de viatgers i/o de mercaderies, però que no intervé en la circulació de trens, i que tampoc té ni desviaments ni vies per apartar trens.



- L'**apartador** té desviaments i vies per apartar trens, però no instal·lacions adients per atendre els serveis de persones, tot i que pot atendre els de mercaderies.

Elements d'una estació

Elements d'atenció al client

Les estacions i baixadors on es presta el servei de viatgers disposen de quatre parts principals destinades a articular l'accessibilitat i per tant la mobilitat de totes les persones:



- Els **accessos**, que comuniquen el conjunt de les instal·lacions de l'estació o baixador amb els carrers del seu voltant.
- El **vestíbul**, que fa d'enllaç entre els accessos des del carrer i les andanes on s'agafaran els trens. Els vestíbuls disposen dels elements necessaris per garantir la informació, les comunicacions i el servei destinats a l'ús de les persones així com una espera còmoda fins l'arribada dels trens, des de seients fins a botigues o serveis de diversa magnitud.
- Des del vestíbul s'accedeix a les **andanes**, que són unes plataformes elevades a una alçada determinada i constant, situades al costat de les vies, i que tenen la missió de facilitar l'accés còmode als trens.



Nau d'andanes
d'una estació
soterrada.

Depenent de la importància de les estacions, aquests elements poden variar en la seva quantitat, dimensions i equipaments. Les estacions més importants poden disposar de diversos accessos, alhora poden tenir la funció d'intercanviadors (modalitat que garanteix la interconnexió entre els diferents operadors de servei), amplis vestíbuls amb els equipaments i serveis adaptats a l'explotació, amb la finalitat d'oferir la millor qualitat en l'atenció al client. També tenen sistemes d'informació, comunicacions, equipaments destinats a garantir una accessibilitat còmoda i adaptada a tothom; així com serveis de lleure (quioscos, bars, lloguer de bicicletes etc.). Els baixadors més modestos poden arribar a disposar només d'un accés i una andana, i mancar fins i tot de vestíbul.

Els apartadors no disposen d'elements d'atenció al client, donat que no ofereixen aquest servei.

Elements d'informació i venda

Independentment de la importància de l'estació o baixador, hi ha dos elements que formen part de totes elles, i que són els d'informació i els de venda.

Per tal que les persones usuàries puguin conèixer allò que el ferrocarril els ofereix, és fonamental l'existència d'elements d'**informació** dels serveis prestats. La informació s'oferix mitjançant diversos sistemes establerts amb aquesta finalitat, a través de sistemes d'informació actius que, a través de monitors instal·lats als punts d'atenció estratègics, donen la informació dels trens, hores de pas i vies.

La informació es dona mitjançant sistemes de megafonia centralitzada, suports informatius estàtics conformats per vitrines i pissarres ubicades als vestíbuls i andanes, on figuren les línies que passen per l'estació, els horaris dels trens, els quadres de tarifes, un plànol general de la xarxa, el plànol dels voltants de la estació, i d'altres informacions permanents o ocasionals que puguin resultar d'interès per al públic.

Totes les estacions disposen també de punts d'informació mitjançant intercomunicadors, que estableixen una comunicació audiovisual amb el Centres de Supervisió d'Estacions (CSE), que poden donar informació sobre els serveis o resoldre dubtes o problemes que pugin plantejar els clients.



Altres elements intrínsecs de les estacions són els de **venda i validació** de títols de transport, on es poden adquirir els bitllets, targetes o abonaments necessaris per a viatjar. L'accés a les andanes pot estar controlat mitjançant barreres tarifàries que només permeten l'accés si es validen els títols de transport vàlids.

La modernització de les estacions és un pas fonamental per tal que el personal que hi treballa s'alliberi de les tasques rutinàries i pugui dedicar-se a l'atenció al client.

Els elements de venda i validació estan formats per dos equipaments:

- En primer lloc, les màquines autoexpendedoras, (conegudes com **MAE** a FGC), que permeten l'adquisició directa de qualsevol títol de transport per part dels clients. Aquestes màquines ofereixen la màxima accessibilitat i estan adaptades per a l'ús de totes les persones.





- En segon lloc, les barreres tarifàries (a FGC denominades BTE o barreres tarifàries eficients) que impedeixen l'accés dels clients a les andanes si no posseeixen un títol de transport vàlid per a l'estació i el recorregut que volen fer, així com la sortida si el bitllet no és el correcte.



Barrera tarifària.

Els baixadors més petits i amb menor demanda de clients poden estar mancats de taquilles, MAE i BTE. En aquest cas, com a màxim poden disposar només d'una màquina de validació de títols de transport, i les persones que viatgen poden adquirir-los a bord del tren a l'agent d'atenció al client.

Elements tècnics

A les estacions hi ha elements que no tenen una funció directa d'atenció als clients, però que són necessaris per al correcte funcionament del sistema ferroviari. Hi podem trobar els següents:

- Dependències per al personal de l'estació, a on poden desenvolupar les tasques administratives o de seguretat que siguin necessàries, i emmagatzemar els aprovisionaments necessaris per al correcte funcionament de l'estació.
- Dependències de circulació, només a les estacions que poden intervenir en la regulació i seguretat de la circulació de trens. Disposen dels equipaments necessaris per a accionar els aparells de via i senyals que depenen de l'estació i els elements de comunicació adients per a la correcta coordinació del servei.
- Dependències tècniques, com poden ser sales amb quadres elèctrics, sales de relés a les estacions amb enclavaments, etc.

Hi ha apartadors que tampoc disposen d'elements tècnics, ja que les seves instal·lacions, desviaments i senyals estan telecomandats des d'una altra estació propera.

Sistema de numeració de vies

Les vies d'una estació poden ser de tres tipus:

- Vies de pas, quan són les de circulació normal dels trens.
- Vies d'apartat, que són les que, desviant-se de les de pas, es troben connectades a elles per ambdós costats, i serveixen per a apartar trens.
- Vies mortes, que es desvien de les de pas o de les d'apartat i només tenen connexió amb elles per un costat, acabant en un topall per l'altre costat.



Feix de vies d'una estació.

Per tal de garantir una circulació segura i correcta dels trens i, alhora, poder donar a conèixer als clients les vies de pas dels trens, cada via d'una estació té un número que la identifica. Aquest número es dona segons les següents normes:

- A una estació en un tram de via única, la via de pas dels trens és la via 1 o via general.
- A una estació en un tram de via doble, hi ha dues vies de pas dels trens. La via 1 és aquella per on circulen els trens senars o ascendents (se'n diu ascendent al tren que va en el mateix sentit del quilometratge de la línia). És la via 2 aquella per on circulen els trens parells o descendents (que són els que circulen en sentit contrari al del quilometratge de les línies).
- A qualsevol estació, les vies d'apartat o mortes situades a la dreta de la via 1, en el sentit ascendent del quilometratge de la línia, tenen números senars consecutius (a partir de la via 1, seran les vies 3, 5, 7, etc.).
- De manera semblant, les vies d'apartat o mortes situades a l'esquerra de la via 2, en el sentit ascendent del quilometratge de la línia, tenen números parells consecutius (a partir de la via 2, seran les vies 4, 6, 8, etc.).
- A estacions en trams de doble via, la via d'apartat situada entre les vies 1 i 2 és la via 0.

Dipòsits i tallers

Els **dipòsits** estan formats per un grup de vies que serveixen per a estacionar els trens que no presten servei. Poden trobar-se dins d'una estació o formant una estació independent. Disposen d'alguns elements tècnics per atendre tasques de neteja o manteniment dels trens o d'accionament dels desviaments i senyals interiors.

Alguns dipòsits també disposen de tallers per a realitzar tasques de manteniment i reparacions dels trens. Aquests tallers es troben sota cobert i tenen diverses vies en fossat per tal de realitzar treballs als aparells situats als baixos dels trens, gats elevadors, grues, màquines-eines, magatzems de peces de recanvi i totes les dependències necessàries per al personal que hi treballa.



El taller i el dipòsit de Rubí.

Capítol 5

Els trens

Els trens són el conjunt de vehicles que circulen sobre les vies i que serveixen per a transportar persones i mercaderies. Des d'un punt de vista tècnic, aquests vehicles que formen els trens es poden dividir en quatre grups:

- **Locomotores.** Són els vehicles que disposen de motors i que tenen com a funció exclusiva la de donar tracció als trens i, per tant, d'arrossegar-los.



Locomotora dièsel
per a trens de
mercaderies.

- **Automotors.** Són els vehicles que, tot i que disposen de motors per a donar tracció als trens, a més permeten transportar viatgers i mercaderies.



Tren automotor.

- **Cotxes.** Són els vehicles que no disposen de motors i que estan destinats al transport de persones. Han d'ésser arrossegats per locomotores o automotors.
- **Vagons.** Són els vehicles que no disposen de motors i que estan destinats al transport de mercaderies. Han d'ésser arrossegats per locomotores o automotors.



Antic vagó de mercaderies.

Així doncs, els trens estan formats per una o varies locomotores o automotors que arrosseguen un número variable de cotxes o vagons. Cadascun d'aquests vehicles es pot afegir o diferir de la composició d'un tren lliurement, ja que tots disposen dels corresponents sistemes per acoblar-los i desacoblar-los d'aquesta.

Hi ha, però, un tipus de tren format per diversos vehicles que, en condicions normals, no es poden desacoblar de la seva composició. Aquests trens estan destinats al transport de persones i s'anomenen **unitats de tren**. Estan formats per automotors i cotxes, tot i que en aquest cas els primers reben la denominació de **cotxes motors** i els segons la de **cotxes remolcs**.



Unitat de tren 112.

Finalment, per fer tasques de manteniment a les instal·lacions fixes de les línies existeix tot un ventall de **vehicles especials**, que poden tenir o no motors de tracció, a més de diverses màquines i eines per desenvolupar els treballs.



Batonadora de balast.

Com a classificació general, es consideren **material motor** les locomotores, automotors, unitats de tren i vehicles especials amb motors, i **material mòbil o remolcat** els cotxes, vagons o vehicles especials sense motors.

Característiques generals dels trens

El rodatge i els seus components

El rodatge de qualsevol vehicle ferroviari s'encomana a les rodes. No és tan senzill, però, ja que, per tal que aquest rodatge sigui còmode i segur, es requereix un conjunt d'elements que són els que es descriuen a continuació:

- El rodatge ve format per un **eix** que té calades **dues rodes**. Aquestes rodes han de restar fortament fixades a l'eix, per tal de mantenir sempre constant l'ample de via.



Rodes de vagó calades sobre els seus eixos.

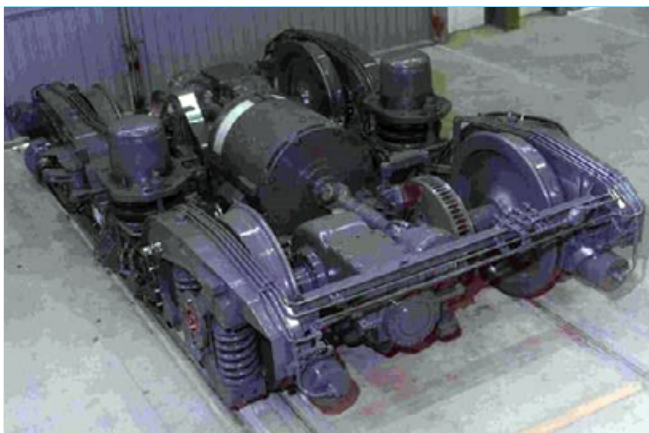
- Els eixos sobresurten per la part exterior de les rodes. Aquestes parts de l'eix, anomenades mànecs, estan introduïdes dins les caixes de greix, a les quals van fixades mitjançant coixinets o rodaments. Sobre les caixes de greix descansa tot el pes del vehicle. Aquestes caixes estan plenes de lubricant, per tal de garantir un rodatge suau i durador dels coixinets o rodaments.
- Mitjançant els elements de **guiatge** de la caixa de greix es garanteix que aquesta restarà sempre a la mateixa posició respecte al pla horitzontal del vehicle, tot i que ha de permetre el moviment vertical provocat per la suspensió. El guiatge es pot fer mitjançant elements fixos (plaques de guarda) o articulats (bieles).



- Finalment, els vehicles es recolzen sobre els elements que formen el rodatge mitjançant la **suspensió**. Aquesta ha d'amortir les vibracions del vehicle originades per les desigualtats de la via i minimitzar els xocs de les rodes amb les irregularitats dels carrils

En la seva versió més simplificada, els vehicles necessiten un mínim de dos eixos per tal de poder rodar sobre les vies. Fa molt temps, quan es va necessitar transportar més persones i més càrrega, es va necessitar augmentar la longitud dels vehicles. Per tal d'aconseguir un correcte rodatge i un bon repartiment del pes, es varen desenvolupar els bogis.

El **bogi** es una mena de carretó en el qual s'agrupen dos o tres eixos. Llavors el vehicle es recolza sobre dos d'aquests bogis. Avui dia, la majoria dels vehicles ferroviaris són de bogis. Tots els elements de rodatge són idèntics als vehicles d'eixos independents i als de bogis.



Bogi d'un cotxe mot.

A més, als vehicles amb bogis la suspensió normalment disposa de dues etapes. La **suspensió primària** és la situada entre la caixa de greix i el bastidor rígid del bogi. És la suspensió de seguretat i té la missió de mantenir la roda fixada al carril. La **suspensió secundària** és la situada entre el bastidor del bogi i el vehicle. És la suspensió de confort i té la missió d'amortir les vibracions que del rodatge poden passar al vehicle. Les suspensions primàries poden fer servir molles helicoïdals, ballestes o tacs de goma. Les suspensions secundàries fan servir els mateixos elements o també balons pneumàtics, formats per un globus de goma ple d'aire a pressió, i que resulten molt més confortables que els altres elements.



Suspensió primària d'una unitat de tren.

El fre continu d'aire comprimit

En un tren, com en qualsevol vehicle en moviment, és molt més important poder aturar-lo que poder-lo moure. Tot i que el material motor pot disposar d'elements de frenat propis, tots els vehicles ferroviaris disposen d'un sistema universal anomenat **fre continu d'aire comprimit**.

El fre continu d'aire comprimit està format per les següents parts:

- Un **equip de producció d'aire**, l'element principal del qual és un compressor que, prenent aire de l'atmosfera, el comprimeix a una pressió d'uns 10 kg/cm².
- Un **dipòsit principal**, que emmagatzema aquest aire comprimit.
- La **canonada general de fre**, que comunica entre ells tots els vehicles del tren i els alimenta constantment amb aquest aire a pressió (normalment a 5Kg/cm²)
- Un **dipòsit auxiliar d'aire**, del qual n'hi ha un a cada vehicle.
- Un **distribuïdor** per cada vehicle, que és el que s'encarrega d'accionar o afuixar els frens.
- Un equip de **comandament**, que governa el distribuïdor, i sobre el qual treballa el maquinista per a frenar o desfrenar el tren.
- Un o diversos **cilindres de fre** en cada vehicle que, mitjançant l'aire comprimit, accionen les sabates de fre.
- I, finalment, les **sabates de fre**, que frenen els trens quan freguen amb la força de l'aire comprimit sobre les llantes de les rodes o sobre uns discos de fre calats sobre els eixos.

El funcionament esquemàtic del fre continu d'aire comprimit és el següent:

1. L'equip de producció d'aire es posa en marxa o s'atura automàticament per tal que el dipòsit principal, la canonada general de fre i els dipòsits d'aire auxiliars sempre estiguin plens d'aire comprimit.
2. Quan el maquinista vol frenar el tren, actua sobre l'equip de comandament i talla el pas del dipòsit principal cap a la canonada general de fre. Buidant de manera controlada la canonada general de fre, i mitjançant el distribuïdor, provoca que l'aire dels dipòsits auxiliars passi cap als cilindres de fre.
3. Aquests, mitjançant un sistema de palanques i tirants, fan fregar les sabates sobre les rodes o els discs de fre.
4. Per afuixar els frens, el maquinista ha d'accionar l'equip de comandament per tal de tornar a omplir la canonada general de fre, en tornar a connectar-se al dipòsit principal, i que fa que els dipòsits auxiliars s'omplin de nou.
5. Finalment, quan el distribuïdor detecta que la canonada general de fre es torna a omplir, deixa escapar l'aire a pressió dels cilindres de fre cap a l'atmosfera, provocant així que les sabates deixin de fregar sobre les rodes o els discs de fre.

Aquest sistema de fre té el gran avantatge que, en cas d'un accident que provoqui la ruptura de la composició del tren, en trencar-se la canonada general de fre aquesta es buidarà ràpidament de l'aire a pressió que conté i, per tant, provocarà l'accionament dels cilindres de fre amb la màxima celeritat i el màxim esforç, garantint, així, que les parts en que quedi fraccionat el tren restaran totes frenades.



El fre d'estacionament

Quan un tren resta aturat durant un temps prolongat, és necessari disposar d'un fre que garanteixi la seva immobilització. Com que durant aquest temps pot ser que tingui els equips de generació d'energia desconnectats i, per tant, no funcioni el compressor del fre continu d'aire comprimit, cal un sistema de fre independent d'aquell: el fre d'**estacionament**, del qual estan dotats tots els vehicles ferroviaris.

Hi ha dues menes de frens d'estacionament:

- Els d'**accionament manual**. Consisteixen en un volant o palanca que, accionada a mà, estreny una part de les sabates de fre del vehicle. Per afloixar aquest fre, cal accionar el volant o palanca manualment en sentit contrari. Es fa servir a locomotores, cotxes i vagons.



- Els d'**accionament automàtic**. En aquest cas, quan un tren es desconnecta de la seva alimentació d'energia, el circuit del fre continu d'aire comprimit va perdent l'aire a pressió. Això provocaria l'afloixament dels frens. De manera automàtica, unes molles compensen l'esforç de frenada d'una part de les sabates i les mantenen fregant contra les rodes o els discs de fre. Aquest fre s'afloixa de manera automàtica quan, en tornar a engegar el tren, el circuit del fre continu d'aire comprimit torna a tenir la suficient pressió d'aire. És emprat en les unitats de tren.

Acoblaments

Per tal que la composició d'un tren resti solidària de forma segura, cada vehicle disposa d'un mecanisme per acoblar-se al següent. L'acoblament entre vehicles comporta tres tipus de connexions:

- Connexió **mecànica**: és la que permet que la composició del tren formi un conjunt solidari.
- Connexió **pneumàtica**: permet que el circuit del fre continu d'aire comprimit arribi a tots els vehicles de la composició.
- Connexió **elèctrica**: és la que, en determinats trens, permet establir una continuïtat en alguns circuits elèctrics, per tal que arribin a d'altres vehicles de la composició bé l'alimentació d'energia elèctrica o bé determinats senyals elèctrics de comandament.

Hi ha quatre tipus d'acoblaments:

- Acoblament per **enganxall manual de topall i brida**. Per acoblar dos vehicles amb aquest tipus d'enganxall, cal que els dos estiguin fortament apretats pels seus topalls. Un agent ferroviari ha de posar a mà la brida d'un vehicle sobre l'enganxall de l'altre, tot i collant el tensor per formar un conjunt rígid. Les conduccions pneumàtiques i elèctriques que hi hagi cal també acoblar-les a mà.



Enganxall manual de topall i brida.

- Acoblaments mitjançant **enganxalls semiautomàtics**. En aquest cas, els vehicles no tenen topalls. L'acoblament es fa apropant un vehicle a l'altre fins que es toquen els dos enganxalls i es tanquen, de manera automàtica, les ungles de subjecció. Alguns porten incorporades les conduccions pneumàtiques, tot i que normalment tant aquestes com les elèctriques cal acoblar-les a mà. Per desenganxar, cal obrir manualment l'ungla de subjecció d'un dels dos vehicles, mitjançant una palanca o cadena. A FGC el seu ús és habitual als trens de mercaderies.



Enganxall semiautomàtic.

- Acoblaments mitjançant **enganxalls automàtics**. L'acoblament es fa de la mateixa manera que en el cas dels enganxalls semiautomàtics. Per al desacoblament només cal prémer un botó situat a la cabina de conducció i separar els dos vehicles. Aquests enganxalls porten incorporades les conduccions pneumàtiques i elèctriques. Es fan servir per acoblar unitats de tren entre elles.



Unitat de tren dotada d'enganxall automàtic BSI.

- Acoblaments **rígid**s **semipermanents**. Estan formats per unes barres rígides i connexions pneumàtiques i elèctriques, que només és possible acoblar i desacoblar dins els tallers de manteniment amb eines especials. Aquest tipus d'acoblament uneix entre ells els cotxes que formen part d'una unitat de tren i que, en condicions normals, no cal diferir ni afegir a la seva composició.

Les caixes dels trens

Cada vehicle ferroviari té una missió concreta de transport i, en conseqüència, té un disseny adient a aquesta missió. Les caixes dels vehicles ferroviaris poden ser construïdes mitjançant dues tècniques elementals:

- Un **bastidor** rígid i molt fort, que dona resistència mecànica al vehicle, que es recolza sobre el rodatge i que incorpora els frens i els acoblaments. Sobre el bastidor es munta el tipus de **caixa** que convingui.
- Una estructura **autoportant**, construïda com un conjunt resistent, recolzada sobre el rodatge i que incorpora els frens, els acoblaments i tots els elements necessaris per la seva funció de transport.



Bastidor autoportant d'unitat de tren.

En funció de la seva utilitat, podem definir tres tipus bàsics de caixes de vehicles ferroviaris:

- A les **locomotores**, les caixes han de permetre encabir tots els elements tècnics necessaris per donar energia i força de tracció (motors, generadors, armaris elèctrics, compressors, etc.) així com la o les cabines de conducció, per tal que el maquinista pugui governar-la.
- Als vehicles destinats al **transport de viatgers** (cotxes, automotors i unitats de tren), les caixes han de tenir portes perquè les persones puguin accedir-hi, finestres, seients, sistemes d'enllumenat i altres elements que formin un conjunt confortable. Els automotors i cotxes motors d'unitats de tren, a més a més, han de disposar de cabines de conducció i d'una ubicació per als aparells i elements tècnics necessaris per a donar energia i força de tracció, i que normalment es troben penjant sota la caixa del vehicle.
- Als vehicles destinats al **transport de mercaderies** (vagons), les caixes tenen la forma més adient per al tipus de mercaderia a transportar. A FGC es fan servir plataformes per transportar automòbils, i vagons tremuja per a transportar potassa. També hi ha vagons tancats per a mercaderies petites que han d'anar protegides, vagons plataforma per a mercaderies de gran volum, vagons cisternes per a transportar productes líquids i tota mena de vagons especials per a transports molt específics.

Material motor

En funció de l'origen de l'energia necessària per moure els trens, el material motor es divideix en:

Material motor de **tracció elèctrica**, quan per funcionar necessita prendre l'energia elèctrica exterior subministrada per la catenària.



- Material motor de **tracció dièsel**, quan incorpora un motor dièsel que subministra l'energia necessària per al seu funcionament. A aquest tipus de material també se l'anomena de tracció autònoma, ja que no necessita cap instal·lació exterior com en el cas de la catenària.

Material motor de tracció elèctrica

Els equips tècnics necessaris per al funcionament d'un vehicle motor de tracció elèctrica són, de forma esquemàtica, els següents:



- Un equip de **captació de corrent**. El seu element principal és una estructura mecànica articulada anomenada pantògraf, que es troba permanentment en contacte físic amb el fil de contacte de la catenària. Es complementa amb diversos filtres i parallamps.



Pantògraf d'una unitat de tren.

- Un **disjuntor principal**, que permet aïllar tot el circuit elèctric del vehicle.



Disjuntor.

- Un **equip de potència**, que tracta i modifica l'energia elèctrica captada pel pantògraf, per tal de subministrar-la als motors en la quantitat i amb la qualitat necessàries.



Equips de potència situats sota la caixa del tren.

- Diversos **motors de tracció**, que es troben acoblats mecànicament als eixos motors i produeixen la força de tracció.



Motor elèctric de tracció.

- Un **equip de control**, sobre el qual actua el maquinista, i que permet accionar tots els altres equipaments i controlar la força i velocitat del tren.



Comandaments d'una unitat de tren.

Per regular la força i velocitat dels vehicles de tracció elèctrica, el que es fa és variar el valor de la tensió que arriba als motors de tracció mitjançant l'equip de potència. Partint d'un valor de tensió zero, amb la qual els motors resten aturats, aquest es va incrementant progressivament, de manera que s'accelera la velocitat del tren fins a uns màxims predeterminats.

Els vehicles motors de tracció elèctrica tenen un tipus de fre específic, anomenat **fre elèctric**. Consisteix en aprofitar els equipaments elèctrics per fer funcionar els motors com a generadors de corrent. Com que aquesta acció suposa un fort esforç físic pels motors, i com que aquests estan acoblats mecànicament als eixos del rodatge, es produeix una disminució de la velocitat del tren.

Material motor de tracció dièsel

En el material motor de tracció dièsel l'element principal és el motor de combustió interna, alimentat mitjançant el combustible, que normalment és gasoil. Aquests vehicles disposen de grans dipòsits per emmagatzemar una quantitat suficient de combustible per circular, al menys, durant un dia de feina.



Locomotora dièsel amb transmissió elèctrica.

L'equip de control bàsic d'aquests vehicles és l'**accelerador**, amb el qual el maquinista pot variar la velocitat del motor dièsel.

Hi ha tres menes de vehicles motors de tracció dièsel en funció del tipus de transmissió de la força del motor cap als eixos:

- Vehicles amb **transmissió mecànica**. L'acoblament entre el motor i els eixos es fa mecànicament mitjançant engranatges o cadenes. Per variar la velocitat i l'esforç de tracció del tren es fan servir caixes de canvis, semblants a les dels automòbils, i que permeten variar la relació d'engranatges i, per tant, la velocitat relativa del motor dièsel respecte als eixos del vehicle. Aquest tipus de transmissió es fa servir en petites locomotores per a maniobres.
- Vehicles amb **transmissió hidràulica**. En aquest cas, l'acoblament entre el motor i els eixos es fa mitjançant l'oli que hi ha dins una caixa hermèticament tancada. De forma senzilla es pot dir que dins de la caixa hi ha dues turbines: el motor dièsel acciona una de les turbines, que fa que l'oli comenci a girar dins la caixa; aquest oli girant acaba per moure l'altra turbina, que va acoblada als eixos, i així es transmet la força de tracció a les rodes. Aquesta transmissió s'empra en locomotores de gran velocitat i en automotors.
- El sistema més estès per locomotores de gran potència que necessiten desenvolupar grans esforços de tracció és el de la **transmissió elèctrica**. El motor dièsel va acoblat a un generador de corrent elèctric. Com més ràpid giri el motor dièsel, més corrent sortirà del generador. A partir del generador, els equipaments són els mateixos que els emprats en els vehicles motors de tracció elèctrica (equip de potència, motors elèctrics de tracció i equip de control).

Equipaments auxiliars comuns

El material motor incorpora altres equipaments, anomenats auxiliars, ja que no són necessaris per la seva funció principal de donar tracció als trens. Bàsicament se'n poden distingir dos:

- Equips de producció d'aire comprimit, per garantir el funcionament del fre continu d'aire comprimit.
- Equips de producció d'energia elèctrica auxiliar, que serveixen per alimentar l'enllumenat, els equips de calefacció i d'aire condicionat, la megafonia, etc.

Capítol 6

La circulació dels trens

Fins ara hem descrit quines instal·lacions fixes es necessiten per fer circular els trens i com són aquests trens. Ara que ja tenim tots els elements, cal fer-los servir d'una manera segura i eficaç. És a dir, cal conèixer de quina manera circulen els trens sobre les vies.

La circulació dels trens es recolza sobre dos conceptes fonamentals que, en ordre d'importància, són la **seguretat** i la **regularitat**. Ara veurem de quina manera es garanteix la seguretat en la circulació de trens i com es fa per tal que vagin a l'hora.

Com es garanteix una circulació segura?

Conceptes bàsics de seguretat: el cantó

Aturar un tren en marxa és força difícil o, com a mínim, molt més difícil que aturar un cotxe, i això per dos motius:

- En primer lloc, els trens quan circulen acumulen una gran inèrcia, donat el seu elevat pes. Llavors, per a aturar-los calen uns frens de gran potència.
- En segon lloc, cal tenir molt en compte la baixa adherència del ferrocarril, avantatjosa per poder arrossegar grans masses, però problemàtica a l'hora de frenar. Un fre aplicat amb molta força però de manera indiscriminada, provocaria el lliscament del tren sobre els carrils i, per tant, no l'aconseguiríem aturar.

Així doncs, per frenar un tren cal un fre d'elevada potència, però no d'excessiva potència. I què vol dir tot això? Doncs que per aturar un tren en marxa, cal una distància força gran, que varia en funció de la seva velocitat i del seu pes. A més velocitat i més pes, major serà la distància de frenat.

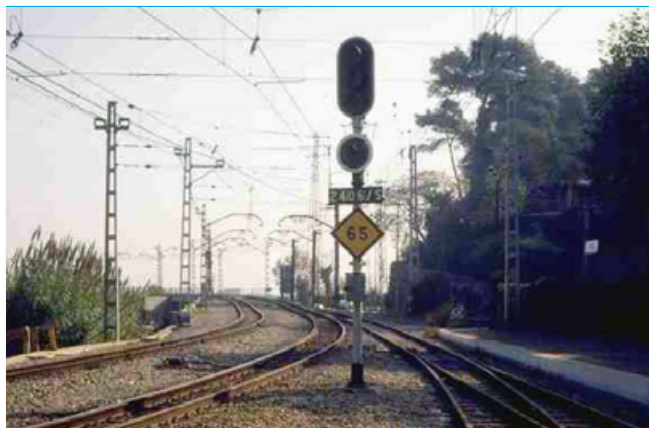
Quan per una línia circulen dos trens, l'un darrere l'altre, cal que es trobin separats sempre per una distància mínima, que és sempre una mica superior a la distància que necessitarà el tren que va al darrere per frenar, amb la garantia que no atraparà al tren que va al davant.

Aquesta distància entre els trens ve donada pel **cantó**, que és el tram de via en el que normalment només ha d'haver-hi un tren. Aquest és el concepte bàsic de seguretat en la circulació de trens.

Control dels cantons: els senyals de blocatge

L'accés als cantons és permès o prohibit als trens que hi volen accedir mitjançant els **senyals de blocatge**. Aquests senyals donen la indicació pertinent amb unes làmpades que fan servir un codi de colors gairebé universal:

- Color **verd**, "**via lliure**": el tren pot accedir al cantó.
- Color **groc**, "**anunci de parada**": es pot accedir al cantó, però cal anar reduint la velocitat, ja que el següent cantó és ocupat i caldrà aturar-se.
- Color **vermell**, "**parada**": no es pot accedir al cantó.



Senyal de
blocatge.

La norma comuna: el Reglament de Circulació

Sobre aquests conceptes bàsics que són el cantó i els senyals de blocatge que els protegeixen, s'elaboren tota una sèrie de normes que permeten, no només que la circulació dels trens sigui segura, sinó que tots els trens i els agents ferroviaris treballin amb les mateixes normes, mètodes i sistemes. Aquestes normes comunes fonamentals venen recollides en un document anomenat **Reglament de Circulació**.

Aquest document constitueix la norma principal per a l'exploració del ferrocarril, que pot ésser desenvolupat per altres documents que tracten aspectes més detallats, però no contradit per aquests. L'objectiu bàsic del Reglament de Circulació és garantir la seguretat en la circulació de trens.

És absolutament fonamental, per a un funcionament plenament segur del ferrocarril, que tots els agents ferroviaris coneguin i apliquin amb rigor les normes que figuren al Reglament de Circulació i que els afectin en el desenvolupament de la seva feina.

Sistemes de seguretat

Al voltant del cantó i dels senyals de blocatge, i sota els preceptes del Reglament de Circulació, hi ha tot un seguit de sistemes de seguretat, que tenen la missió de facilitar la tasca dels agents ferroviaris i de garantir la seguretat de les seves accions.

Els enclavaments

Els **enclavaments** són els equips que accionen, de forma coordinada i segura, els aparells de via i els senyals que es troben dins de l'àmbit d'una estació o apartador, a la vegada que impedeixen realitzar moviments incompatibles.

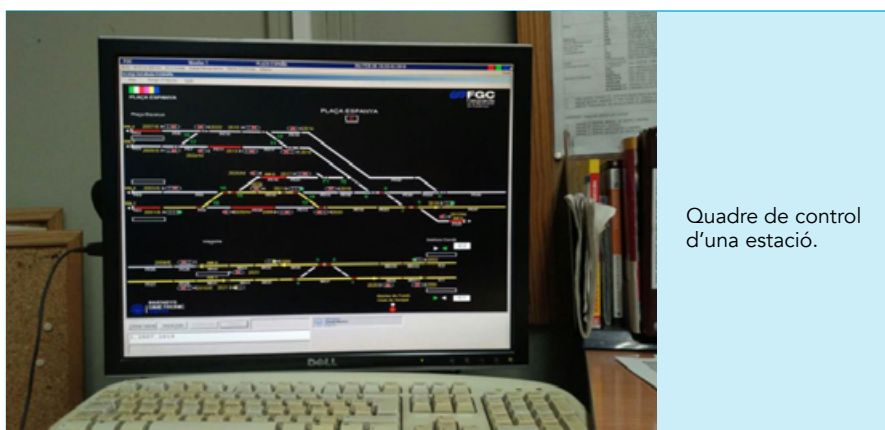
Tot i que els primers equips eren d'accionament mecànic, actualment es fan servir equips d'accionament elèctric o electrònic. Els moderns enclavaments estan formats per les següents parts:

- **Quadre de control o aplicació informàtica**, en el que hi figura una representació esquemàtica de les vies, aparells de via i senyals d'una estació o apartador, disposant dels pulsadors necessaris per accionar-los.
- **Sala de senyalització**, on hi ha els armaris amb relés o els aparells electrònics que analitzen i executen les ordres rebudes per l'agent de circulació i les transmeten als aparells de via i als senyals. En sentit contrari, a la representació esquemàtica, es visualitza l'estat dels aparells de via i dels senyals.



Conjunt de relés
d'un enclavament
elèctric.

- **Equipament sobre el terreny**, que correspon a tots els cables, comprovadors, circuits de via, etc. que són necessaris per tal que les ordres i informacions arribin des de cada aparell de via i senyal a la sala de senyalització.



Quadre de control
d'una estació.

Els enclavaments elèctrics o electrònics actuals funcionen mitjançant l'establiment o anul·lació d'**itineraris**, que són els camins que han de recórrer els trens. Primer es marca el punt d'origen de l'itinerari i després el punt de destinació. A continuació l'enclavament s'encarrega de:

1. Comprovar que l'itinerari que es vol establir està lliure (no hi ha cap altre tren) i que els aparells i senyals es troben en estat correcte.
2. Comprovar que l'itinerari que es vol establir no és incompatible amb un altre itinerari prèviament establert, en funció de les normes de seguretat.
3. Comprovar, i si és el cas també accionar, cadascun dels aparells de via que es trobin en l'itinerari, per tal que permetin la circulació del tren seguint aquest itinerari; acciona les agulles dels desviaments que calgui i, si és el cas, abaixa les falques que hi pugui haver pel camí i acciona les barreres dels passos a nivell.
4. Enclava tots els aparells de via, per tal que no puguin variar la seva posició accidentalment mentre l'itinerari resta establert i fins al seu alliberament.
5. Finalment, un cop tots els aparells de via es troben en la posició correcta, obre els senyals de bloqueig que permetran al tren accedir a l'itinerari que ja ha quedat establert.



A la representació esquemàtica es visualitza l'itinerari establert mitjançant el color groc, a banda de mostrar també la posició dels desviaments, falques i indicacions dels senyals. Quan el tren accedeix a l'itinerari, el color groc passa a vermell, indicant així la situació del tren, la qual cosa permet resseguir la seva marxa al llarg de l'itinerari. A mesura que el tren va avançant, va alliberant l'itinerari pel seu darrere, permetent l'establiment d'un nou itinerari.

Sistemes de blocatge

Els enclavaments permeten controlar, de forma segura, la circulació de trens dins de les estacions i apartadors. Per al control de la circulació dels trens en els trams de plena via que hi ha entre dues estacions o apartadors, es fan servir els sistemes de blocatge.

El sistema més emprat és el **blocatge automàtic**, en el qual els senyals de blocatge protegeixen de forma automàtica, pel davant i pel darrere, els trens que hi circulen. Quan un tren entra en un cantó, el senyal d'accés passa a la indicació de "parada". Quan aquest tren va avançant i allibera el cantó, el senyal que hi dona accés passarà a la indicació d'"anunci de parada". Quan allibera el següent cantó, el senyal que el protegeix passarà a donar la indicació d'"anunci de parada" i l'anterior la de "via lliure". D'aquesta manera, els trens poden anar un darrere l'altre amb plena seguretat.

Aquest blocatge automàtic, però, depèn dels enclavaments de les dues estacions entre les quals es troba. Prèviament a la circulació dels trens, des dels quadres o panells de control dels enclavaments col·laterals s'ha d'establir el sentit en què hi circularan. D'aquesta manera, s'evita que s'obrin els senyals de blocatge en el sentit contrari al de circulació, protegint els trens pel seu davant.

Quan s'avaria el blocatge automàtic, i en determinades línies amb estacions que no disposen d'enclavaments, es fa servir el **Blocatge Manual Centralitzat o blocatge Manual Local**. Aquest sistema és completament manual, i consisteix en establir punts de blocatge clarament definits (punts quilomètrics, estacions, senyals de bloqueig, etc.).

EI CTC

Tot i que cada estació té el seu enclavament i el corresponent quadre de control, i que entre les estacions hi ha blocatge automàtic, la circulació de trens a les línies acostuma a ser dirigida des del **Control de Trànsit Centralitzat (CTC)**. Consisteix en un gran panell de retroprojectors, on estan integrats tots els enclavaments de les línies i els trams de plena via existents entre les estacions i apartadors.

Des del CTC, doncs, es té una visió del conjunt de les vies, desviaments i senyals de tots els trams de via i de totes les estacions, així com de tots els trens que estan circulant o aturats. Des del CTC també es poden accionar tots els enclavaments de totes les estacions. D'aquesta manera, la visió global de totes les línies permet regular la circulació de trens d'una manera més eficaç que si es fes des de cada estació de forma independent.



Sala del CTC de Rubí.

Les comunicacions

Per tal de poder regular la circulació de trens amb seguretat i regularitat, així com per solucionar qualsevol incidència que pugui sorgir als trens i a les estacions, es disposa de dos sistemes de comunicacions interns.

La xarxa de **telefonía interior** comunica entre elles totes les estacions, apartadors i baixadors i el CTC, així com d'altres dependències de l'empresa. D'una manera més local, cada estació o apartador disposa d'una xarxa de telèfons de camp, situats al peu dels desviaments i dels senyals, que permeten la comunicació entre agents dels trens o de maniobres i agents d'estació.



Telèfon de camp.

La **radiotelefonía** serveix per comunicar-se des del CTC amb els/les maquinistes dels trens.

Altres senyals relacionats amb la seguretat

Com a complement dels senyals de bloqueig, existeix tot un seguit de senyals instal·lats al costat de les vies que donen informacions i ordres als/les maquinistes sobre diversos aspectes relacionats amb la seguretat, com poden ser limitacions de velocitat, avisos a distància dels passos a nivell, ordres de xiular per advertir la presència del tren, indicacions relacionades amb la catenària, avisos de brigades de treball, etc.



Exemple de senyals indicadors: velocitat màxima, punt quilomètric, número del senyal de bloqueig.

Els sistemes de seguretat dels trens

Per tal d'evitar que l'error humà durant la conducció d'un tren pugui ser causa d'un accident, existeixen diversos sistemes que supervisen les accions del/la maquinista. Aquests sistemes es troben relacionats amb les indicacions dels senyals de bloqueig i amb determinades limitacions de velocitat.

Un dels sistemes és l'**ATP** (sigles de l'original anglès «Automatic Train Protection», protecció automàtica de trens). Funciona mitjançant l'emissió de senyals de radiofreqüència a través dels propis carrils. Uns captadors situats a la part davantera dels trens reben aquests senyals i els transmeten a un panell de control situat a la cabina de conducció.



Antena de l'ATP instal·lada al bogi.

En el cas d'FGC, el senyal de ràdiofreqüència pot tenir sis valors, que equivalen a velocitats de 0, 20, 30, 45, 60 i 90 km/h. El/la maquinista ha de fer circular el seu tren sempre per sota del valor que en cada cas indiqui el sistema. Si ultrapassa aquest valor, el sistema provoca la frenada automàtica i d'emergència del tren. L'ATP indica la velocitat del tram per on circula el tren i la velocitat del tram següent, per tal que el/la maquinista pugui accedir a aquest següent tram a la velocitat adient.



Quadre del sistema ATP a bord del tren.

Aquests valors venen donats en funció de la velocitat màxima a la que es pot circular per cada tram, així com de les indicacions dels senyals de blocatge. Així, per exemple, el tram situat tot just davant d'un senyal en indicació de "parada" donarà un valor de 30 km/h, tot i advertint que el següent tram té un valor de 0 km/h. Si se circula per un tram que precedeix un senyal en indicació de "via lliure", donarà el valor de la velocitat màxima a la que s'hi pot circular.

L'altre sistema de seguretat dels trens existent a FGC és el **FAP** (sigles de Frenat Automàtic Puntual). Està format per balises situades per parelles davant de cada senyal de blocatge i de determinades limitacions de velocitat. Aquestes balises tenen una configuració elèctrica que, en passar per sobre el captador de cada tren, genera un senyal de ràdiofreqüència que transmet la indicació corresponent al panell de control situat a la cabina de conducció.



Balisa de FAP.

Cada senyal de blocatge té una balisa tot just davant seu i una altra uns 200 o 300 metres abans, per tal d'advertir amb la suficient antelació de la indicació del senyal. Aquest sistema dona tres indicacions.

Quan el senyal de blocatge indica "via lliure", a la cabina del tren sona un xiulet curt.

Quan dona indicació d'"anunci de parada", sona un xiulet llarg i s'encén un llum groc. El/la maquinista ha de prémer un botó abans de tres segons. Si no ho fa, el sistema provoca la frenada automàtica i d'emergència del tren.



Quan el senyal de blocatge dona indicació de "parada", al pas per la balisa prèvia sona un xiulet llarg i s'encén un llum vermell. El tren ha de passar per la balisa per sota d'una determinada velocitat (a FGC, generalment 45 km/h). Si la velocitat és superior, es provoca la frenada d'emergència. Finalment, si el tren ultrapassés el senyal de blocatge que indica parada, la seva balisa també provocaria la frenada d'emergència.



Captador de FAP al bogi d'un tren.

En determinades limitacions de velocitat s'instal·len dues balises fixes. Quan el tren passa per la primera, s'activa un comptador que dura 10 segons. Si el tren passa per la segona balisa abans d'aquest temps, vol dir que circula a una velocitat superior a la indicada i provoca la frenada automàtica i d'emergència del tren.



Pupitre de FAP a la cabina de conducció.

Com es garanteix una circulació regular

La **regularitat** és el concepte que indica que els trens circulen acomplint l'horari programat. Després de la seguretat, és el concepte més important de la circulació de trens. I això per un motiu principal: si els trens circulen amb regularitat, s'ofereix als clients un servei de qualitat, ja que poden tenir la confiança que l'horari anunciat als panells d'informació s'acomplirà amb exactitud. Una regularitat dolenta provoca molèsties i una mala imatge del ferrocarril.

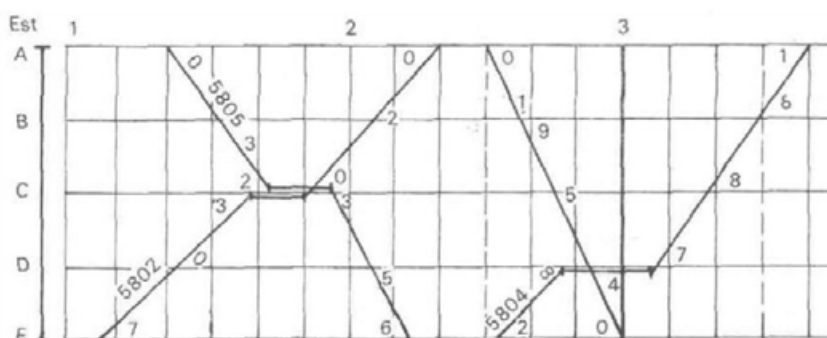
Cal també tenir molt en compte que un tren no està sol en una línia, sinó que la comparteix amb d'altres trens. Si un tren circula fora del seu horari previst està provocant que altres trens també circulin amb retard.

Com es fa l'horari dels trens

Per tal de confeccionar l'horari dels trens, cal seguir un procés de quatre etapes. L'elaboració d'aquest procés es pot fer de manera manual o bé, com es fa avui dia, amb eines informàtiques.

En primer lloc es confecciona la **marxa tipus**. Partint de les dades del recorregut, parades, composició i velocitat màxima del tren, es determina el temps necessari per a cobrir aquest recorregut. Es fa una marxa tipus per a cada tipus de tren: una per als trens de Barcelona a Molí Nou, una altra per als semidirectes de Barcelona a Manresa, una altra per als trens de mercaderies de Barcelona-Port a Manresa, etc.

A continuació, cal confeccionar la **mallà**. Consisteix en un gràfic on figuren les hores a les abscisses (eix horitzontal), dividides en minuts, i les estacions, baixadors i apartadors a les ordenades (eix vertical). En aquest gràfic, i en base al servei que es vol oferir, es van dibuixant les marxés dels trens en forma de línies inclinades, conforme als temps de marxa previstos a les marxés tipus. Aquí és on es van determinant els encreuaments de trens en estacions situades en trams de via única, les incompatibilitats en estacions de bifurcació, les entrades i sortides ordenades a les estacions terminals, etc. A la mallà és on es fa que tot quadri, de manera que els trens puguin acomplir els horaris previstos.



Exemple de mallà.

Un cop determinats tots els trens que hi circularan i el seu horari, cal donar-los a conèixer. Hi ha dos àmbits afectats.

El primer àmbit és l'intern, per tal que cada agent ferroviari sàpiga el servei que s'ofereix. Hi ha un document intern bàsic que és el **llibre d'itineraris**, mitjançant el qual el/la maquinista d'un tren pot conèixer la velocitat a la qual ha de circular, les parades que ha de fer i les hores de sortida, arribada o pas per cada estació, baixador i apartador, per poder oferir així la regularitat necessària.

El segon àmbit és l'extern. Cal donar al públic la informació sobre els horaris dels trens, recorreguts, dies o períodes de circulació i altres particularitats. Per això es publiquen els **horaris**, que es troben a disposició dels clients a cada estació, a banda de la informació que també es facilita a les vitrines, pàgina web, app, etc.



Els torns de material i de personal

Un cop elaborats els horaris dels trens, cal disposar dels mitjans tècnics i humans necessaris per poder oferir el servei previst.

Per això s'elaboren els **turns de material**, que assignen a cada marxa una composició en concret. Als torns de material hi queden reflectits els trens que ha de fer cada unitat de tren, locomotora, etc. al llarg de tot un dia de servei.

També es confeccionen els **turns de personal**, on figuren els horaris d'obertura de les estacions i baixadors com els dels agents d'estacions, els dels maquinistes, amb el detall de tots els trens que cada maquinista ha de conduir durant la seva jornada de treball.

El Centre de Comandament Integrat (CCI)

El treball en un ferrocarril es caracteritza per la dispersió del seu personal. Els/les agents ferroviaris no es troben plegats en un mateix lloc, sinó que es reparteixen al llarg de les línies a les estacions i baixadors, mentre que els/les maquinistes es troben contínuament desplaçant-se per elles. És per aquest motiu que cal disposar d'un centre que coordini l'actuació d'aquest conjunt dispers d'agents ferroviaris. A FGC Aquest centre engloba el El Control de Trànsit Centralitzat (CTC), el Centre de Supervisió d'Estacions (CSE) i el Centre d'Informació al Client (CIC).

El Control de Trànsit Centralitzat (CTC)

El **Control de Trànsit Centralitzat (CTC)** s'encarrega de coordinar la circulació de trens. Concerta la circulació de trens amb les estacions i amb els/les maquinistes, mitjançant els sistemes de comunicació interna (telèfons i radiotelèfons, respectivament), i pren les decisions necessàries davant de qualsevol incidència. És la màxima autoritat pel que fa a la circulació de trens.



El centre de comandament de Rubí.

El Centre de Supervisió d'Estacions

A FGC, el **Centre de Supervisió d'Estacions (CSE)** coordina l'actuació del personal de les estacions i baixadors pel que fa a aspectes relacionats amb les seves instal·lacions (avaries o incidències de les instal·lacions de cada estació o baixador, reposició de materials, etc.) i a tasques d'atenció al client (incidències en relació amb bitllets de transport, incidències de seguretat ciutadana, etc.). També

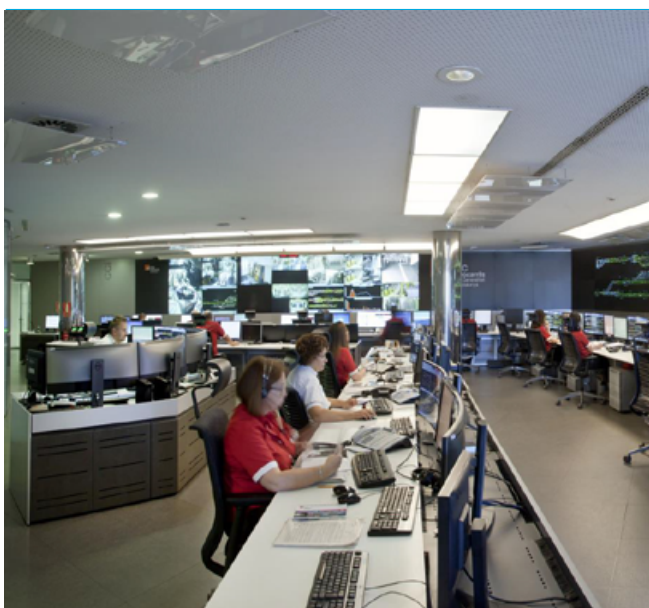
s'encarrega del control de les estacions i del model de venda de bitllets de transport, basat en les màquines d'autoexpensió (MAE) i les barreres tarifàries (BTE). Per això, les estacions disposen de càmeres de televisió que vigilen les diferents zones de les estacions, d'intercomunicadors per atendre les consultes o sol·licituds d'ajut dels clients d'aquestes estacions, i dels equips adients per controlar i accionar el funcionament de les diferents instal·lacions d'aquestes dependències (ascensors, escales mecàniques, enllumenat, MAE i BTE, etc.).



Centre de supervisió d'estacions .

El Centre d'Informació al Client

El **Centre d'Informació al Client (CIC)** d'FGC centralitza les tasques d'informació interactiva. En concret, s'encarrega del funcionament de la megafonia de les estacions i atén el telèfon extern, al qual poden trucar les persones usuàries per demanar qualsevol mena d'informació sobre el servei ofert.



Centre d'informació al client.



Capítol 7

Glossari

Agent d'acompanyament. Persona que, en determinats trens, o en determinades circumstàncies del servei, és requerida per anar als trens per tal de desenvolupar-hi tasques auxiliars.

Agent de circulació. Terme sota el qual s'agrupen les persones que poden intervenir en la regulació de la circulació: operadors i agents de servei en les estacions i punts de blocatge.

Agent de conducció. Persona a càrrec de la conducció d'un tren. La capacitat per conduir diversos tipus de trens dependrà de la formació i habilitacions assolides.

Agent d'estacions. Persona a càrrec del dia a dia de l'estació i de l'atenció al client que hi accedeixi.

Agent en pràctiques. És l'agent que, sota la supervisió d'un altre agent amb experiència i habilitació suficients, realitza, en fase de formació, les tasques i funcions que li permetin ratificar i experimentar els coneixements teòrics adquirits.

Ample de via. Distància que separa les cares interiors dels caps dels dos carrils que formen la via, i que ha de ser constant al llarg de tota la seva longitud.

Apartador. Indret dotat d'una o més vies secundàries i desviaments, per poder-hi fer operacions relatives a la circulació.

Automotor. Vehicle ferroviari que disposa de motors per moure's per ell mateix i que, alhora, permet el transport de viatgers i/o mercaderies.

Baixador. Indret on els trens poden fer una aturada. Disposa de totes les infraestructures i equipaments necessaris per al servei als viatgers.

Blocatge automàtic. Sistema emprat per garantir una circulació segura dels trens entre estacions o apartadors, que els protegeix pel davant i pel darrere, i que es fonamenta en l'ús de senyals lluminosos de blocatge o de senyals presentats a les cabines de conducció dels trens, accionats pel propi pas dels trens.

Blocatge manual. Sistema alternatiu de circulació de trens, que es fonamenta en la seva protecció mitjançant la comunicació verbal entre les estacions i/o apartadors o entre el centre de comandament i els trens.

Cantó. Tram de via en el qual, en circumstàncies normals, només pot haver-hi un tren.

Catenària. Conjunt de les instal·lacions destinades al subministrament d'energia elèctrica als trens al llarg de les línies.

Centre de comandament Integrat. A FGC aquest centre coordina l'actuació dels agents que estan englobats en el El Control de trànsit Centralitzat (CTC), el Centre de Supervisió d'Estacions (CSE) i el Centre d'Informació al Client (CIC).

Contravia. Circulació d'un tren en sentit contrari al normal establert per a una via.

Cotxe. Vehicle ferroviari que es destina al transport de viatgers. Generalment, fa referència a aquell que no disposa de motors per moure's.

Cotxe motor. Automotor que forma part d'una unitat de tren.



Cotxe remolc. Cotxe que forma part d'una unitat de tren.

Desmunt. Lloc on la plataforma ferroviària es troba per sota del nivell natural del terreny que l'envolta a un costat i per sobre a l'altre costat.

Desviament. Tram de via, amb parts mòbils, que permet la unió entre dues vies i, per tant, dirigir la circulació de trens cap a una o l'altra.

Dipòsit. Lloc reservat a l'estacionament del material mòbil.

Enclavament. Sistema que acciona de manera coordinada i segura els desviaments i senyals d'una estació o apartador, alhora que impedeix moviments incompatibles dels trens.

Estació. Lloc que disposa de més d'una via i de desviaments per poder-hi fer les operacions relatives a la circulació. Disposada dels sistemes adients per a intervenir en la circulació, a més de les infraestructures i equipaments necessaris per al servei de persones i/o mercaderies.

Ferrocarril de cremallera. Línia ferroviària les vies de la qual disposen d'un carril addicional, situat al seu centre, i sobre el que engranen unes rodes dentades dels vehicles ferroviaris, permetent així superar grans rampes i pendents.

Ferrocarril funicular. Línia ferroviària especial, l'única via de la qual està disposada en una successió de grans rampes i per la qual circulen dos trens units mitjançant un cable en un moviment de vaivé.

Fil d'alimentació (feeder). Cable que transporta l'energia elèctrica des de les subestacions transformadores al llarg de tota la línia i que alimenta la catenària.

Fre continu d'aire comprimit. Sistema de fre dels trens, que funciona mitjançant aire a pressió, i que es considera com el mínim indispensable per a la circulació de qualsevol tren.

Fre d'estacionament. Sistema de fre, d'accionament manual o automàtic, emprat per a garantir la immobilització dels trens quan es troben aturats.

Fre elèctric. Sistema de fre d'alguns trens que consisteix en fer que els motors elèctrics actuïn temporalment com a generadors de corrent, el qual es pot consumir en resistències al propi tren o retornar a la catenària.

Gàlib. Secció mínima lliure d'obstacles al voltant de les vies per què els trens puguin circular sense impediments.

Garrot. Deformació accidental dels carrils, causada per la seva dilatació, que pot provocar situacions de risc per a la circulació de trens.

Itinerari. Ruta assegurada i delimitada per al moviment que ha de fer un tren.

Itinerari de servei. Conjunt de serveis que conforma l'oferta d'una línia o d'un trajecte de la xarxa.

Jornada de servei. Període comprès entre l'inici del servei comercial de trens i la seva finalització.

Llibre d'itineraris. Document que defineix les marxades dels trens amb les especificacions que calgui per a executar correctament el servei.

Locomotora. Vehicle ferroviari que disposa de motors i la funció exclusiva de la qual és donar tracció als trens.

Maniobra. 1 Moviment que consisteix a l'acoblament i desacoblament de dos trens o en afegir i segregat vehicles d'un tren. 2 Desplaçament d'un tren, per una mateixa via o cap a una altra, sense arribar a l'estació següent.

Maquinista. Vegeu Agent de conducció.

Marxa a la vista. És la que obliga a regular la velocitat del tren, d'acord amb el tram de via que va apareixent, amb la finalitat de poder aturar-lo davant de qualsevol possible obstacle. Es pot complementar amb una limitació de la velocitat màxima.

Marxa normal. És la que permet circular a la velocitat prevista en l'itinerari, o a la màxima permesa per les instal·lacions, si el tren circula amb retard.

Material mòbil. Conjunt dels vehicles que poden circular per una línia de ferrocarril. Generalment, es classifica en material motor i material remolcat, segons estigui dotat o no de tracció pròpia, respectivament

Operador/a. Agent en servei al Centre de Comandament Integrat.

Pantògraf. Estructura articulada, situada sobre els trens, que permet la captació per fregament de l'energia elèctrica subministrada per la catenària.

Pas a nivell. Encreuament del traçat ferroviari amb una altra infraestructura situada al mateix nivell.

Pas inferior. Obra artificial mitjançant la qual el traçat ferroviari creua per sobre d'una altra infraestructura no ferroviària.

Pas superior. Obra artificial mitjançant la qual el traçat ferroviari creua per sota d'una altra infraestructura no ferroviària.

Pont. Obra artificial que permet a la plataforma ferroviària salvar una depressió del terreny, quan la seva dimensió és superior a uns deu metres de longitud.

Pendent. Disposició del traçat quan aquest va perdent cota d'alçada, en el sentit de la marxa.

Plena via. Tram de via comprès entre dues estacions, baixadors o apartadors.

Punt de blocatge. Lloc on es verifiquen operacions relacionades amb la regulació del trànsit. Segons quin sigui el tipus de blocatge, pot tractar-se d'un senyal o de qualsevol lloc on hi hagi un agent a càrrec de la circulació. Un punt de blocatge pot trobar-se en qualsevol indret d'un trajecte, estació, baixador, apartador o punt quilomètric, i pot ser fix o temporal (aquest darrer per a casos d'incidents o treballs).

Rampa. Disposició del traçat quan aquest va guanyant cota d'alçada, en el sentit de la marxa.

Règim de maniobres. Tipus de marxa per desenvolupar moviments a velocitat reduïda i d'acostament entre trens i vehicles.

Seccionador. Punt aïllant on resten separades dues seccions de la catenària, que cal que els trens amb tracció elèctrica no ultrapassin quan en la secció següent no hi ha tensió.

Senyal de blocatge. 1Element instal·lat a la plataforma ferroviària que delimita dos cantons de via i autoritza o impedeix la circulació pel cantó que hi ha a continuació. 2Indicació presentada per mitjà de focus lluminosos, inscripcions o pictogrames en cartells, destinada a la regulació del trànsit dels trens. 3Codi òptic i acústic o indicació de velocitat presentada en el pupitre de conducció que autoritza o impedeix la circulació pel cantó següent.

Sistemes de protecció. Equips que permeten la transmissió de senyals o ordres a bord dels trens, per tal de garantir la seguretat en la circulació.

Subestació transformadora. Instal·lació fixa on el corrent elèctric a molt elevada tensió, procedent de la xarxa general de distribució, es transforma en un corrent d'alta tensió de valor constant per subministrar-lo a la catenària.



Terraplè. Lloc on la plataforma ferroviària es troba per sobre del nivell natural del terreny que l'envolta.

Tractor de maniobres. Locomotora, generalment de reduïdes dimensions, que es fa servir per a desplaçar altres vehicles ferroviaris durant les maniobres.

Tram de detecció. Part de la via dotada d'equips per constatar automàticament la presència o l'absència de trens.

Travessera d'unió doble. Aparell de via, amb elements mòbils, que permet l'encreuament al mateix nivell de dues vies i el desviament dels trens cap a qualsevol de les quatre direccions possibles.

Travessera d'unió simple. Aparell de via, amb elements mòbils, que permet l'encreuament al mateix nivell de dues vies i els desviaments dels trens només cap a dues de les direccions possibles.

Tren. Vehicle o conjunt de vehicles ferroviaris que circulen sobre les vies.

Trinxera. Lloc on la plataforma ferroviària es troba per sota del nivell natural del terreny que l'envolta.

Túnel. Obra artificial que consisteix a perforar una muntanya o el subsòl, per tal de permetre el pas del traçat ferroviari.

Unitat de tren. Tren format per dos o més vehicles ferroviaris acoblats de forma permanent, algun dels quals té motors per poder donar tracció al tren.

Vagó. Vehicle ferroviari que no disposa de motors per moure's i que es destina al transport de mercaderies.

Viaducte. Gran obra artificial que permet a la plataforma ferroviària salvar una depressió del terreny, de dimensions superiors als ponts.

Via doble. Conjunt format per les dues vies que existeixen entre dues estacions o apartadors per a la circulació de trens, destinant-se, en condicions normals, cadascuna per a un sentit de la marxa.

Via doble banalitzada. Conjunt format per les dues vies que existeixen entre dues estacions o apartadors per a la circulació de trens, podent circular els trens per cadascuna d'elles en qualsevol dels dos sentits de la marxa indistintament.

Via única. L'única existent entre dues estacions o apartadors perquè hi circulin els trens en ambdós sentits de la marxa.

Vies d'apartat (o de servei). Conjunt de vies format per les d'una estació o apartador excloent-ne les de pas.

Vies de pas (o generals). Són les que permeten la circulació dels trens per la ruta més directa possible d'una dependència.

Vies mortes. Són les que només es troben connectades a altres vies per un costat, acabant per l'altre costat en un topall.

