

Document A. Informe justificatiu de no afectació a la infraestructura ferroviària

L'informe justificatiu de no afectació a la infraestructura ferroviària haurà de contenir els següents aspectes, que caldrà adaptar segons el tipus d'actuació:

Índex

1	Objectiu	2
2	Descripció de l'actuació a executar	2
3	Descripció de la infraestructura ferroviària	3
4	Plànols	4
5	Geologia i geotècnia	4
6	Accions considerades	4
7	Avaluació de l'estat tenso-deformacional de la infraestructura ferroviària	5
7.1	Mètode de càlcul utilitzat	5
7.1.1	Mètodes simplificats	5
7.1.2	Models numèrics	6
7.2	Seccions o punts analitzats	6
7.2.1	Mètodes simplificats	7
7.2.2	Models numèrics	7
7.3	Resultats	7
8	Verificació dels Estats Límits	9
9	Conclusions	9
Annex 1.	Estudi geotècnic	10

1 Objectiu

La geologia en el territori català es caracteritza per una gran variabilitat i per mostrar un ample ventall de riscos geotècnics. La necessitat de construir a prop d'infraestructures ferroviàries requereix implementar anàlisis predictius i mesures de protecció a fi d'evitar incidents que puguin comportar elevats costos de reparació. Per aquest motiu, i d'acord a la Llei Ferroviària, la Direcció General d'Infraestructures de Mobilitat sol·licita als promotors d'obres un informe justificatiu de la no afectació a aquestes infraestructures.

L'informe justificatiu de la no afectació a infraestructura ferroviària és un requisit mínim per a l'obtenció de l'Autorització corresponent, incorpora tant la informació sobre l'actuació a executar, com als mètodes d'anàlisi i de càlcul i ha d'estar signat per part d'un tècnic competent.

L'objectiu de l'informe justificatiu de la no afectació a infraestructura ferroviària és analitzar com es modifica l'estat tenso-deformacional de la infraestructura ferroviària sota les noves sol·licitacions introduïdes per l'actuació a executar i concloure que en cap cas comporta un risc per a la infraestructura ferroviària.

2 Descripció de l'actuació a executar

En la descripció de la nova actuació caldrà incloure com a mínim els aspectes següents:

- a) **Informació del projecte constructiu o bàsic** de la nova actuació on s'inclogui com a mínim el següent:

Títol del projecte

Ubicació del projecte

Tipus d'actuació:

- Nova edificació, reforma o remunta d'una edificació existent (amb la indicació del nombre de plantes sobre rasant i/o sota rasant i tipus d'us)
- Urbanització
- Infraestructura
- Xarxa de servei urbà (amb indicació de les dimensions de la rasa a executar)
- Altres

Promotor del projecte

Autor del projecte

Data del projecte

- b) **Descripció geomètrica i estructural.**

- c) En cas de noves edificacions o reforma d'edificacions existents, **descripció de la fonamentació** on s'inclogui com a mínim el següent:

Tipus de fonamentació (llosa superficial, sabates aïllades, encepats de pilots/micropilots, pantalles,...)

Càlculs de la fonamentació



En fonamentacions profundes:

- Especificar el tipus i procediment constructiu (per exemple: pilots in-situ CPI-8, prefabricats clavats, etc.)
- Si se situen a menys d'un metre de distància de la infraestructura ferroviària, caldrà definir el control de verticalitat que es durà a terme durant la seva execució

En cas de reformar o recreïxer una edificació existent, caldrà especificar el tipus de fonamentació actual i si es produeix alguna intervenció en ella.

d) **Procediment constructiu** on es defineixi el següent:

- Fases constructives de l'actuació.
- En cas que hi hagi plantes sota rasant, caldrà especificar:

Fases d'excavació dels diferents soterranis.

Cas d'existir ancoratges, aquests hauran de ser provisionals i s'indicarà:

- Tipus d'ancoratges: actius/passius, força de tesat,....
- Dimensions dels ancoratges: inclinació, longitud lliure, longitud del bulb, diàmetre,...
- En cas d'utilitzar ancoratges actius, aquests hauran de quedar destensats.

Rigidesa considerada en els forjats o estintolaments per al càlcul dels murs de contenció.

e) En cas que l'estudi de vibracions (document B) conclougui que cal implementar **mesures esmorteïdores de vibracions**, caldrà especificar el detall d'aquestes mesures.

3 Descripció de la infraestructura ferroviària

En la descripció de la infraestructura ferroviària caldrà incloure com a mínim els següents aspectes:

Descripció geomètrica i estructural on s'inclogui com a mínim el següent:

- a) Secció tipus
- b) Procediment constructiu (en mina, a cel obert entre pantalles...)
- c) Característiques dels materials, si es disposa d'aquesta informació
- d) Detalls d'armat, si es disposa d'aquesta informació

En aquells casos on el grau d'afectació a la infraestructura ferroviària sigui elevat aquesta Direcció General pot requerir la realització d'un replanteig i una caracterització de les dimensions, l'estat de conservació i la resistència estructural de la infraestructura ferroviària mitjançant una campanya d'inspecció del túnel i extracció i assaig de testimonis

4 Plànols

Caldrà incloure com a mínim els plànols següents:

- a) Plànols de geometria i estructura (plantes, alçats, seccions i, si s'escau, detalls singulars/rellevants) que es considerin necessaris per definir correctament la nova actuació. **Els plànols de definició de les fonamentacions i estructura de l'actuació cal que tinguin un nivell de detall de projecte executiu.**

En cas de reforma d'una edificació existent, caldrà incloure plànols en els que quedi perfectament identificat l'estat actual de l'edifici i l'estat futur producte de la reforma.

- b) Plànols amb la definició detallada de la fonamentació i les càrregues que li arriben

En cas de reforma d'una edificació existent, caldrà incloure plànols de la fonamentació actual i de la fonamentació futura, amb la indicació de les càrregues que hi arriben en cada cas

Han d'aparèixer tots els elements provisionals i definitius necessaris per a la execució de la nova actuació (per exemple: ancoratges provisionals, etc.) i el perfil geològic considerat

- c) Plànols de definició geomètrica general (planta, alçat, secció i, si s'escau, detalls singulars/rellevants) que es considerin necessaris per definir correctament **la relació o sobreposició entre la nova actuació i infraestructura ferroviària, amb les acotacions de la distància entre elles.**

5 Geologia i geotècnia

Per al tipus d'actuacions que ho requereixin, caldrà fer una descripció del terreny que abasti la zona de la nova actuació així com tot el terreny que es consideri que pot tenir influència sobre la infraestructura ferroviària.

Caldrà incloure la informació següent:

- a) Referència de l'informe geotècnic realitzat (cal afegir-lo com annex a aquest document)
- b) Descripció de les capes del terreny, potències i paràmetres geotècnics (pesos específics, cohesions, angles de fricció, coeficients d'empenta, propietats resistents, deformacionals, dades de permeabilitat...)
- c) Perfil geològic-geotècnic on s'ubiqui la infraestructura ferroviària i la nova actuació
- d) Posició del nivell freàtic

6 Accions considerades

En la descripció de les accions considerades caldrà incloure com a mínim els següents aspectes:

- a) Descripció de les càrregues actuals, prèvies a la construcció de la nova actuació, actuant sobre a la infraestructura ferroviària (pes de terreny, trànsit,...)
- b) Descripció de les càrregues que introduirà la nova actuació (permanents, variables, sobrecàrregues d'ús, etc.)

- c) Cas que pugui ser condicionant, o hi pugui haver incertesa, determinació de les accions durant el procés constructiu de la nova actuació
- d) Combinacions d'accions considerades
- e) Coeficients de majoració i coeficients de simultaneïtat. Cal indicar la normativa de referència considerada

7 Avaluació de l'estat tenso-deformacional de la infraestructura ferroviària

L'objectiu d'aquest apartat és obtenir la variació de les tensions/esforços i desplaçaments en la infraestructura ferroviària produïdes per la nova actuació.

Aquest apartat haurà de contenir, com a mínim, els aspectes següents:

7.1 Mètode de càlcul utilitzat

Cal especificar el mètode de càlcul utilitzat per a l'obtenció de la variació de l'estat tenso-deformacional de la infraestructura ferroviària.

Poden ser **mètodes simplificats** basats en la Teoria de l'Elasticitat i el principi de superposició o bé **models numèrics** (Elements Finites, Diferències Finites,...) amb programes comercials.

7.1.1 Mètodes simplificats

En cas d'utilitzar mètodes simplificats basats en la Teoria de l'Elasticitat i el principi de superposició, dels quals en resulten diagrames de distribució de tensions en el terreny, cal que provenguin de publicacions amb suficient renom i cal incloure la referència de la publicació.

Aquests mètodes han de servir per obtenir la variació de tensions i deformacions al terreny que envolta la infraestructura ferroviària.

Serà suficient justificar la no afectació a la infraestructura ferroviària mitjançant aquests mètodes simplificats, sempre que la variació de tensions al terreny de l'entorn de la infraestructura ferroviària no superi el 2% i els moviments (verticals i horitzontals) previstos al terreny de l'entorn del túnel siguin petits.

En cas d'obtenir variacions de tensions en el terreny de l'entorn de la infraestructura ferroviària superiors al 2%, caldrà elaborar un model numèric que permeti estimar la variació de tensions/esforços i deformacions en l'estructura ferroviària (no només en el terreny).

Aquests mètodes simplificats NO es podran utilitzar per justificar la no afectació a la infraestructura ferroviària en els següents casos (i per tant caldrà realitzar un model numèric):

- Si mitjançant un mètode simplificat s'ha obtingut una variació de tensions en el terreny que envolta el túnel superior al 2%.
- En cas de presència de múltiples estrats o nivells geològics amb diferents mòduls de deformació.
- Si la nova actuació realitza una excavació sota rasant que pot introduir descompressions del terreny que arribin a la infraestructura ferroviària.

- Si cal dur a terme l'auscultació de la infraestructura ferroviària (Document Pla d'auscultació/Pla de contingències).
- Si l'edifici transmet esforços transversals elevats deguts a l'excentricitat del mateix, a l'acció del vent o per altres causes.
- Si es produeixen variacions del nivell freàtic induïdes per la construcció de la nova actuació.
- En presència de llims col·lapsables i/o argiles expansives.
- Altres casos que consideri aquesta Direcció General.

Alguns dels mètodes simplificats que es poden fer servir, n'hi ha d'altres, s'indiquen a continuació:

- Boussinesq, 1885 per a sabates aïllades
- Boussinesq, 1885 per a sabates corregudes/continues
- Boussinesq, 1885; Poulos and Davis, 1968 per pilots aïllats
- Holl, 1940; Fadum, 1948; Giroud, 1970 per càrregues rectangulars
- Newmark, 1935

7.1.2 Models numèrics

En cas d'utilitzar un model numèric caldrà especificar el programa comercial amb el que s'ha elaborat i la seva versió.

L'anàlisi numèric ha d'acoblar l'estat tensodeformacional amb el càlcul de pressions intersticials, ha de ser elaborat amb lleis de comportament de sòls que siguin elastoplàstiques i cal que incorpori totes les fases del procés constructiu que siguin rellevants tant de la construcció de la infraestructura ferroviària com de la nova actuació.

El model numèric ha de servir per obtenir la variació de tensions/esforços i desplaçaments en l'estructura ferroviària.

Serà suficient justificar la no afectació a la infraestructura ferroviària sempre que la variació de tensions/esforços en l'estructura ferroviària no superi el 2%.

En cas d'obtenir variacions de tensions/esforços en l'estructura ferroviària superiors al 2%, caldrà verificar els estats límits d'acord a l'apartat 8.

Cal inserir captures de pantalla de les finestres on s'introdueixen les dades amb què es modelitzen els sòls i les estructures del programari de càlcul emprat. Caldrà que s'hi mostri, entre d'altres, quin és el paràmetre emprat per a modelitzar la interacció sòl-estructura (típicament anomenat R_{inter}).

7.2 Seccions o punts analitzats

Caldrà incloure una planta i seccions on s'identifiqui la posició de les seccions o punts d'anàlisi considerats.

Tant si es fa servir un mètode simplificat com un model numèric caldrà justificar que, les seccions o punts d'anàlisi considerats són els més desfavorables per avaluar la variació de tensions/esforços i desplaçaments que es produeixen en la infraestructura ferroviària.



7.2.1 Mètodes simplificats

En cas d'utilitzar un **mètode simplificat**, en els punts d'anàlisi caldrà incloure, com a mínim, el següent:

- a) Gràfic de l'abast del bulb de variació de tensions considerat superposat amb la nova actuació i la infraestructura ferroviària, en cas que la publicació del mètode considerat disposi del gràfic d'aquest bulb.
- b) Càlcul de l'increment de tensió i desplaçaments produïts a la infraestructura ferroviària deguts la nova actuació.

7.2.2 Models numèrics

En cas d'utilitzar un **model numèric**, caldrà especificar també el següent:

- a) Mètode d'anàlisi emprat (2D o 3D)
- b) Model constitutiu del terreny considerat
- c) Perfil geològic-geotècnic modelat amb la indicació dels paràmetres del terreny considerats i la font.
- d) Característiques de les interfases terreny-estructura
- e) Justificació dels paràmetres per modelar els elements de l'estructura
- f) En cas de modelitzar elements de formigó en massa o d'obra de fàbrica mitjançant models constitutius del terreny caldrà aportar una justificació dels paràmetres basada en publicacions de suficient renom degudament referenciades.
- g) Condicions hidràuliques de l'anàlisi (drenat, no drenat, consolidació...).
- h) Condicions inicials del model.
- i) Condicions de contorn del model.
- j) Fases considerades en el model tant de la construcció de la infraestructura ferroviària com de la nova actuació.
(per exemple: 1. construcció de la infraestructura ferroviària, 2. estat actual, 3. Excavació dels soterranis de la nova actuació, 4. Execució de l'estructura de la nova actuació i 5. Entrada en servei de la nova actuació).
- k) Consideració o no de la pèrdua de volum durant l'excavació del túnel.
- l) Anàlisi de sensibilitat o anàlisi de variabilitat de paràmetres en cas que hi hagin incerteses sobre les dades de terreny o les estructures existents.
- m) Anàlisi de sifonament, en cas que hi hagi una variació de nivell freàtic significatiu.
- n) Anàlisi dels resultats obtinguts per a l'estat actual de la infraestructura ferroviària i concloure si són versemblants.
- o) Criteri de no afectació a estructures de formigó en massa o d'obra de fàbrica.

7.3 Resultats

En cas d'utilitzar un mètode simplificat, cal desenvolupar tot el càlcul fins a l'obtenció del resultat final.



En cas d'utilitzar un model numèric, **per a cada secció** analitzada i **per a cadascuna de les fases representatives del model** s'ha d'incloure com a mínim els següents resultats:

- **Esforços/tensions en ELU i ELS previstos en la infraestructura ferroviària**, on es vegi amb claredat quins són els valors pèssims i a quin/s punt/s de la infraestructura ferroviària es produeixen.
- **Desplaçaments horitzontals i verticals previstos en la infraestructura ferroviària**, on es vegi amb claredat quins són els valors màxims i a quin/s punt/s de la infraestructura ferroviària es produeixen.
- **Estat tensional del terreny** a l'entorn de la infraestructura ferroviària.
- Camp de **desplaçaments verticals i horitzontals del terreny** a l'entorn de la infraestructura ferroviària.

Aquests resultats del model numèric han de servir de base per a l'elaboració del Pla d'auscultació i contingències, en cas que sigui necessari presentar-lo. Si es duu a terme l'auscultació de la infraestructura ferroviària, cal tenir present que si durant l'execució de les obres els resultats de l'auscultació no es corresponen amb els resultats previstos pel model numèric, caldrà refer aquest model i calibrar-lo perquè respongui als resultats mesurats pels dispositius d'auscultació.

A més, per a cada secció o punt d'anàlisi, s'ha d'incloure una taula resum on es compari l'estat tenso-deformacional actual amb el derivat de les noves sol·licitacions per justificar si la variació és nul·la o negligible o bé si cal tornar a verificar tots els Estats Límits (veure apartat 7).

Aquesta taula resum ha d'incloure com a mínim el següent:

a) Variació de tensions/esforços en la infraestructura ferroviària

Elaborar una **taula resum** on es visualitzin les tensions i/o esforços pèssims en la infraestructura ferroviària en totes les fases representatives, que com a mínim seran les següents:

- Estat actual
- Fase més crítica del procés constructiu, si s'escau
- Fase final amb la nova actuació acabada i en servei

En aquesta taula caldrà indicar també el percentatge de variació corresponent de cada fase respecte l'estat actual.

b) Desplaçaments en la infraestructura ferroviària

Elaborar una **taula resum** on es visualitzin els desplaçaments màxims (verticals i horitzontals) en la infraestructura ferroviària en totes les fases representatives, que com a mínim seran les següents (es parteix de desplaçament nul en l'estat actual):

- Fase més crítica del procés constructiu, si s'escau.
- Fase final amb la nova actuació acabada i en servei.

Caldrà indicar en quins punts de la infraestructura ferroviària es produeixen aquests desplaçaments.

Finalment, en base a l'anàlisi fet en els dos punts anteriors, en general es considerarà que els efectes de la nova actuació sobre la infraestructura ferroviària són menyspreables sempre i quan la màxima variació de tensions i/o esforços sigui igual o inferior al 2%. Si és superior al 2% cal que estigui degudament justificat, i que els desplaçaments siguin admissibles.

En cas que la variació sigui superior al 2%, caldrà verificar els Estats Límits Últims (ELU) i Estats Límits en Servei (ELS) d'acord amb la normativa corresponent.

8 Verificació dels Estats Límits

Aquest apartat es requerirà només si en l'apartat anterior es conclou que **la variació de tensions i/o esforços en la infraestructura ferroviària supera el 2% en qualsevol de les fases** de la nova actuació (procés constructiu o fase de servei). En aquells casos on el grau d'afectació a la infraestructura ferroviària sigui elevat o es vulgui comprovar la validesa del model de càlcul realitzat aquesta Direcció General pot requerir la verificació dels Estats Límits Últims també en l'estat actual.

S'han d'incloure totes les comprovacions que estableixi la normativa per tal de verificar els Estats Límit Últim (ELU) i els Estats Límit de Servei (ELS). Si alguna verificació no es considera pertinent i no s'inclou, tot i que la normativa ho estableixi, s'ha de justificar perquè no es considera.

Respecte el ELS de deformacions s'ha de garantir que les distorsions obtingudes en els elements estructurals del túnel no suposin una afectació en el trànsit ferroviari o l'ús de les estacions. A tals efectes es fa referència a la següent normativa:

- Que les distorsions en zona de via siguin admissibles segons les limitacions de peralt establertes a la norma NAV 7-3-5.0 o altres recomanacions o normatives vigents que l'autor de l'informe de no afectació cregui oportú sempre sota l'aprovació d'aquesta Direcció General.
- Que les distorsions en les pantalles del túnel/estació siguin admissibles segons recomanacions en bibliografia especialitzada (OTEO 2003) o altres recomanacions o normatives vigents que l'autor de l'informe de no afectació cregui oportú sempre sota l'aprovació d'aquesta Direcció General.

En cas que aquesta Direcció General no disposi de suficient informació de detall dels elements resistents (armadura de la secció, resistència del formigó, etc.) de la infraestructura ferroviària i per tant no se us hagi facilitat, per tal de verificar els Estats Límits s'acceptaran hipòtesis raonables al respecte - que caldrà justificar -, sempre i quan les comprovacions posteriors dels estats límit es compleixin folgadamment. Altrament, tal i com s'indica a l'apartat 3, caldrà realitzar una caracterització de les dimensions, l'estat de conservació i la resistència estructural de la infraestructura ferroviària mitjançant una campanya d'inspecció del túnel i extracció de testimonis.

En cas que s'hagi de dur a terme un pla d'auscultació i contingències, caldrà verificar també els estats límit de les situacions corresponents a cadascun dels llistats de notificació (veure Document C. Pla d'auscultació i contingències).

9 Conclusions

Caldrà incloure les conclusions del document.

Annex 1. Estudi geotècnic

Annexar estudi geotècnic