

Guia docent

250421 - GEOMTRENC - Geomecànica de Trencaments

Última modificació: 10/06/2025

Unitat responsable: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports de Barcelona
Unitat que imparteix: 751 - DECA - Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DEL TERRENY I ENGINYERIA SÍSMICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE CAMINS, CANALS I PORTS (Pla 2012). (Assignatura optativa).
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA GEOLÒGICA I DE MINES (Pla 2013). (Assignatura obligatòria).
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DEL TERRENY (Pla 2015). (Assignatura optativa).
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA GEOTÈCNICA (Pla 2025). (Assignatura obligatòria).

Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: NURIA MERCE PINYOL PUIGMARTÍ

Altres: NURIA MERCE PINYOL PUIGMARTÍ

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

8200. Aplicació dels coneixements de la mecànica de sòls i de les roques per al desenvolupament de l'estudi, projecte, construcció i explotació de fonamentacions, desmunts, terraplens, túnels i altres construccions realitzades sobre o a través del terreny, qualsevol que sigui la naturalesa i l'estat d'aquest, i qualsevol que sigui la finalitat de l'obra que es tracti.

Transversals:

8559. EMPRENEDORIA I INNOVACIÓ: Conèixer i comprendre els mecanismes en què es basa la recerca científica, així com els mecanismes i instruments de transferència de resultats entre els diferents agents socioeconòmics implicats en els processos d'R+D+I.
8560. SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL: Conèixer i comprendre la complexitat dels fenòmens econòmics i socials típics de la societat del benestar; tenir capacitat per relacionar el benestar amb la globalització i la sostenibilitat; assolir habilitats per usar de forma equilibrada i compatible la tècnica, la tecnologia, l'economia i la sostenibilitat.
8561. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

METODOLOGIES DOCENTS

L'assignatura consta de 3 hores setmanals de classes presencials a l'aula on s'exposarà tota la informació disponible de casos reals i s'analitzarà seguint els següents punts:

- Descripció del cas
- Teoria utilitzada
- Anàlisi del cas
- Mesures correctores
- Lliçons apreses

Cada cas serà resolt pas a pas amb tot detall per a què l'alumne pugui seguir i entendre les hipòtesis acceptades, la teoria preestablerta aplicada i els desenvolupament teòrics i de càlcul duts a terme per entendre el què va passar en cada cas. Es realitzaran classes de problemes en els que l'alumne haurà de resoldre casos semblants als explicats durant el curs.

Tot i que la majoria de les sessions s'impartiran en l'idioma indicat a la guia, potser les sessions en què es compti amb el suport d'altres experts convidats puntualment es duguin a terme en un altre idioma.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Assignatura d'especialitat en la que s'intensifiquen coneixements en competències específiques.

Coneixements a nivell d'especialització que han de permetre desenvolupar i aplicar tècniques i metodologies d'avançat nivell.

Continguts d'especialització de nivell de màster relacionats amb la recerca o la innovació en el camp de l'enginyeria.

En el camp de la geotècnia, com en altres àmbits de la ciència i l'enginyeria, els errors comesos, especialment quan han estat catastròfics, ofereixen una experiència valuosa que sovint és font d'inspiració per a aprofundir en el coneixement i en les eines disponibles d'anàlisi i predicció. Les ruptures han estat claus en el desenvolupament de les teories i permeten entendre i determinar els aspectes fonamentals i el paper que aquests juguen en l'estabilitat de les obres i de l'entorn natural. La idea principal d'aquesta assignatura és l'aplicació dels conceptes bàsics i fonamentals de la mecànica del sòl i de roques, així com d'altres àmbits d'aplicació a l'enginyeria civil (mecànica del continu i de fluids, estructures i mètodes numèrics) en l'estudi de catàstrofes passades. El terme "catàstrofe" s'utilitza en un sentit enginyeril indicant que no s'han assolit els objectius establerts, de manera que no només inclou ruptures amb greus conseqüències (com és el cas de l'esslavissada de Vaiont que va provocar la mort de més de 2000 persones) sinó que també s'han tingut en compte estructures que per diferents causes no compleixen adequadament les funcions per les quals estaven dissenyades (com és el cas de la Torre de Pisa, la inclinació de la qual no estava prevista en projecte).

En les classes es descriuran cada un dels casos reals, de major o menor complexitat, a partir d'un anàlisi relativament senzill, però respectuós amb els aspectes fonamentals. Aquest primer pas en sí mateix ja és un gran exercici de geotècnia, de fet un dels més importants i claus alhora d'entendre un cas real perquè requereix la definició d'un model conceptual basat en teories acceptades que no exclou cap aspecte fonamental. A partir d'aquí, s'intenta aplicar principis bàsics per desenvolupar una teoria que expliqui la ruptura. Es demostrarà d'aquesta manera com, amb els coneixements en mecànica de sòls i de roques assolits durant la carrera acadèmica anterior de l'estudiant, es poden explicar les causes de les catàstrofes. Aquest coneixement té l'objectiu de permetre entendre o evitar possibles futures catàstrofes geotècniques. S'evita l'ús de mètodes o programes numèrics "clau en mà", tipus elements finits, perquè l'objectiu és que l'estudiant pugui ser capaç de seguir pas a pas tot l'anàlisi i entendre els conceptes i eines utilitzades.

Més concretament, aquesta assignatura permetrà a l'estudiant:

- Conèixer en detall i des de la visió d'expert en el camp de la geotècnia catàstrofes cèlebres que han estat claus en el progrés de la geotècnia.
- Conèixer en detall les causes que van provocar les ruptures
- Repassar i estendre els conceptes de la mecànica del sòl i de roques, càlcul, mètodes numèrics, estructures i medis continus adquirits a la carrera i aplicar-los a casos reals.
- Aprendre a aïllar els aspectes fonamentals de la complexitat típicament associada als casos reals i poder enfocar així el seu anàlisi.
- Potenciar la capacitat d'aplicar els coneixements adquirits en diferents àmbits i matèries de la millor manera possible per tal d'assolir l'objectiu establert.
- Interpretar les dades disponibles i justificar-les científicament amb el recolzament de les teories acceptades en la comunitat científica i apreses durant la seva formació.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup mitjà	9,8	7.83
Hores aprenentatge autònom	80,0	63.95
Hores grup petit	9,8	7.83
Hores grup gran	25,5	20.38

Dedicació total: 125.1 h

CONTINGUTS

Introducció i generalitats

Descripció:

Mostrar una perspectiva general de la història recent de la geotècnia, els seus paradigmes i el paper que les catàstrofes han jugat en l'evolució del coneixement i en l'avanç de la mecànica del sòl i de roques.

Objectius específics:

Recordar i aprendre els factors que han estat claus en la mecànica del sòl i de roques i donar a conèixer casos reals que han marcat la història de la geotècnica. Conèixer-los és el primer pas per evitar que torni a ocórrer.

Dedicació: 7h 11m

Grup gran/Teoria: 3h

Aprenentatge autònom: 4h 11m

Assentaments

Descripció:

Descripció i anàlisi dels assentaments diferencials i diferits en el temps observats en la famosa catedral de la Ciutat de Mèxic, construïda sobre argila tova.

Anàlisi dels assentaments diferits en el temps i excessius observats durant la construcció de l'aeroport internacional de Kansai (Japó).

Objectius específics:

Conèixer el cas de la inclinació de la catedral de Mèxic. Comprendre l'efecte de l'estat inicial del terreny, de la seqüència de construcció de dos edificis propers o superposats (els dos alhora, un a continuació de l'altre i un després d'haver construït i enderrocat l'altre) i del comportament tensió-deformació logarítmic-lineal dels sòls en els assentaments d'ambdues estructures. Conèixer el cas dels assentaments diferencials de l'aeroport internacional de Kansai. Obra d'enginyeria designada com un del "Monuments del Mil·lenni" per l'American Society of Civil Engineers. Ampliar i aplicar el coneixement de la teoria de la consolidació i el procediment del mètode observacional per a la predicció d'assentaments.

Dedicació: 7h 11m

Grup gran/Teoria: 1h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 4h 11m

Inestabilitat estructural

Descripció:

Descripció del conegut cas de la inclinació de la Torre de Pisa, Itàlia, i les actuacions que s'han dut a terme per evitar el seu esfondrament. Explicació de les causes de la inclinació de la torre i definició de regles pràctiques per a preveure el problema d'inestabilitat en estructures.

Objectius específics:

Conèixer en detall el conegut cas de la inclinació de la Torre de Pisa. Entendre una de les possibles causes que ocasionen la inclinació de torres o edificis en general. Ampliar i aplicar els coneixements de les teories del comportament tensió-deformació dels sòls.

Dedicació: 3h 35m

Grup gran/Teoria: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 2h 05m

Capacitat portant

Descripció:

Descripció del conegut cas de col.lapse d'un elevador de gra construït a Transcona (Canadà) degut a l'esfondrament de la seva fonamentació.

Descripció del cas de la ruptura dels calaixos de la nova bocana del port de Barcelona, ocorreguda l'any 2001 degut a l'esfondrament de la fonamentació. El cas s'analitza analíticament i es comparen els resultats amb els obtinguts numèricament amb un programa comercial.

Objectius específics:

Conèixer el cas del trencament de l'elevador de gra construït a Transcona, un cas real interessant per validar les solucions analítiques. Entendre les causes que van portar al col.lapse i la importància d'una bona caracterització geològica i geotècnica dels materials de la fonamentació. Ampliar i aplicar els coneixements dels teoremes de la cota superior.

Conèixer un dels procediments actualment utilitzats en la construcció de dics mitjançant la col.locació de calaixos prefabricats. Tècnica utilitzada en el port de Barcelona. Recordar, estendre i aplicar els coneixements de les teories de capacitat portant, concepte de factor de seguretat, teoremes d'equilibri límit i el fenomen de líquüefacció amb solucions analítiques i empíriques.

Dedicació: 18h

Grup gran/Teoria: 6h

Grup mitjà/Pràctiques: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 10h 30m

Esllavissades

Descripció:

Descripció del conegut cas de l'esllavissada de Vaiont, ocorreguda l'any 1963 al nord d'Itàlia en una de les vessants de l'embassament del mateix nom quan aquest es trobava pràcticament en el seu màxim nivell.

Objectius específics:

Aplicar els coneixements d'estabilitat d'esllavissades translacionals, equilibri límit i factor de seguretat. Aclarir i estendre coneixements sobre l'efecte de submergir el peu d'una possible esllavissada pel que fa a la seva estabilitat. Recordar i estendre el coneixement sobre l'efecte de la temperatura en un medi porós saturat i aplicar-lo a esllavissades translacionals. Ensenyar possibles causes de l'acceleració d'esllavissades translacionals que poden comportar un risc elevat amb catastròfiques conseqüències. Conèixer regles pràctiques que permetin estimar el potencial d'acceleració d'esllavissades translacionals. Recordar i aplicar els coneixements en càlcul numèric i programació per a resoldre sistemes d'equacions diferencials.

Dedicació: 21h 36m

Grup mitjà/Pràctiques: 9h

Aprenentatge autònom: 12h 36m

Excavacions

Descripció:

Descripció i anàlisi del col.lapse per la volta d'un túnel durant la seva excavació abans que la totalitat del sosteniment estigués construït.

Descripció i anàlisi del col.lapse del front dels túnels de la Floresta durant la seva excavació i de les solucions estructurals aplicades per a poder continuar amb la seva construcció.

Objectius específics:

Ensenyar causes que poden portar a la ruptura d'un túnel per la volta formant una cavitat degut al col.lapse del sosteniment instal·lat. Ensenyar a aplicar solucions analítiques i plantejar els mètodes d'estat límit (teorema de la cota superior).

Aplicar i estendre els coneixements sobre l'estabilitat estructural del front dels túnels somers excavats en sòls i les possibles solucions estructurals per poder realitzar l'excavació de forma segura. Recordar, estendre i aplicar els coneixements en solucions analítiques i la seva deducció, medis continus i estructures.

Dedicació: 12h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup mitjà/Pràctiques: 3h

Aprenentatge autònom: 7h

Terraplens i preses

Descripció:

Descripció del col.lapse d'un terraplè compactat degut a les pluges. Presentació d'un model constitutiu elastoplàstic i la seva deducció per a sòls no saturats. Avaluació i càlcul de la deformació volumètrica observada en el cas real i estimació del potencial de col.lapse.

Objectius específics:

Entendre i estendre els conceptes de la mecànica del sòl no saturat i aplicar-los a un cas real de col.lapse d'un terraplè compactat. Recordar les propietats fonamentals dels sòls compactats i saber quines són idònies per evitar possibles problemes de col.lapse volumètric per mullat.

Dedicació: 9h 36m

Grup gran/Teoria: 4h

Aprenentatge autònom: 5h 36m

Avaluació

Dedicació: 14h 23m

Grup petit/Laboratori: 6h

Aprenentatge autònom: 8h 23m

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

L'assignatura s'avaluarà a partir de les notes obtingudes pel l'alumne en dos exàmens realitzats durant el curs i exercicis pràctics i / o un treball final.

Es convocaran dos exàmens: un a mitjans de quadrimestre (E1) i un altre al final del quadrimestre (E2). En tots dos exàmens s'avaluaran els coneixements relacionats amb el temari impartit fins el moment de l'examen.

La nota final dels examens serà la màxima entre la nota del segon examen i una mitja ponderada dels dos exàmens (el primer examen tindrà un pes del 40% i el segon del 60%).

Nota Final Examens = màx. $(0.4 * \text{NotaE1} + 0.6 * \text{NotaE2} ; \text{NotaE2})$

Els exercicis pràctics s'evaluaran independentment.

La nota final serà la mitja ponderada entre la nota dels examens (pes del 80%) i la nota dels exercicis pràctics (pes del 20%).

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Si no es realitza alguna de les activitats d'avaluació contínua en el període programat, es considerarà com a puntuació zero.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Puzrin, A.M.; Alonso, E.E.; Pinyol, N.M. Geomechanics of failures [en línia]. Dordrecht: Springer, 2010 [Consulta: 26/02/2021]. Disponible a: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-90-481-3531-8>. ISBN 9789048135301.
- Alonso, E.E.; Pinyol, N.M.; Puzrin, A.M. Geomechanics of failures: advanced topics [en línia]. Dordrecht: Springer, 2010 [Consulta: 26/02/2021]. Disponible a: <http://dx.doi.org/10.1007/978-90-481-3538-7>. ISBN 9789048135370.
- Ishibashi, I.; Hazarika, H. Soil Mechanics Fundamentals. Boca Raton: CRC Press, 2019. ISBN 9781482250411.
- Ng, Charles W.W.; Simons, N.E.; Menzies, B. A short course in soil-structure engineering of deep foundations, excavations and tunnels. London: Thomas Telford, 2004. ISBN 9780727732637.

Complementària:

- Verruijt, A. Soil mechanics [en línia]. Delft: Delf University of Technology, 2012 [Consulta: 26/09/0017]. Disponible a: <https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/SoilMechBook.pdf>. ISBN 9065620583.
- Muir Wood, D. Soil behaviour and critical state soil mechanics. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1990. ISBN 0521337828.