



PRESENTACIÓ DE RESULTATS DELS PROJECTES DE MILLORA DE LA DOCÈNCIA**INCLUSIÓ DE LES TIC EN EL PORTAFOLI DE L'ESTUDIANT
PER A L'ENSENYAMENT DELS MÈTODES NUMÈRICS**

*Josep Sarrate, Antonio Rodríguez-Ferran, Sonia Fernández-Méndez,
Rubén Sevilla, Oriol Rozados, Pedro Díez i Antonio Huerta*

*Laboratori de Càlcul Numèric
Departament de Matemàtica Aplicada III
Universitat Politècnica de Catalunya*

Tipus d'ajut rebut: AGAUR_MQD_2006

Data de la comunicació de resultats: 28 de novembre de 2008

Resum

La finalitat d'aquest projecte ha estat la millora de la formació global dels estudiants. Concretament, mitjançant la creació d'un portafoli que contingui les diferents activitats que ha realitzat l'estudiant al llarg del curs. es pretén potenciar tant les competències específiques en mètodes numèrics com les competències transversals dels estudiants. Per tal d'assolir aquests objectius s'ha adoptat una anàlisi més global en la que es presenten una sèrie de problemes d'enginyeria i a partir d'ells es motiva, es presenten i s'analitzen no només els mètodes numèrics sinó també els aspectes més rellevants de la modelització numèrica. Per això s'ha adoptat un format en el que intervenen i s'intercalen exposicions teòriques, debats, sessions dirigides en aula informàtica i la realització de treballs en grups tutelats per un professor.

A més de modificar la metodologia amb que es presenten les assignatures, en aquest projecte s'han desenvolupat tres actuacions destinades a generar el material docent necessari. En particular, s'ha desenvolupat un seguit de material pedagògic que va des de presentacions fins als guions corresponents a les sessions dirigides. Un dels aspectes més innovadors ha estat la inclusió d'una col·lecció de treballs pràctics que els estudiants han de realitzar en grups i amb la tutorització d'un professor. Quan els estudiants han finalitzat el treball han de presentar (1) un informe on es detallen i justifiquen les aproximacions realitzades així com els mètodes numèrics utilitzats; (2) un pòster de format i mides predeterminades on es presenten els resultats obtinguts; i (3) la presentació del pòster davant la resta d'estudiants de la classe en unes sessions especials que s'organitzen al final del curs. El temps de presentació està limitat a tres minuts i en la presentació han de participar tots els membres del grup.

Paraules clau

Mètodes numèrics, portafoli, sistema ECTS.

Catalogació

Aquest projecte ha rebut suport econòmic de l'Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca (AGAUR) i ha tingut com a finalitat principal impulsar un aprenentatge més efectiu, contribuint a millorar el rendiment acadèmic de l'estudiantat, en el marc de la millora global de la docència i de l'aprenentatge a la UPC amb un horitzó d'aproximació als elements que conformen l'Espai Europeu d'Educació Superior.

El projecte ha estat principalment referit als següents aspectes d'actuació docent:

- atenció a la progressió de l'estudiantat
- ús de metodologies docents actives
- desenvolupament de competències
- integració de les competències transversals definides per la UPC com ara la comunicació eficaç oral i escrita, el treball en equip; ús solvent dels recursos d'informació; o l'aprenentatge autònom

Àmbit o matèria

All llarg de les darreres dècades s'ha posat de manifest un canvi important en les capacitats que qualsevol empresa espera d'un enginyer acabat de titular. Concretament, les empreses avui en dia valoren tan les seves capacitats específiques com les seves capacitats transversals, com ara el treball cooperatiu, la capacitat d'expressió oral i escrita, la iniciativa, la gestió de projectes, la creativitat, etc... Per tal de fomentar i potenciar aquestes capacitats des de diferents entorns s'han proposat diverses estratègies pedagògiques com ara l'ensenyament basat en el mètode del cas [4,5,6], el portafoli de l'estudiant [1] o l'ensenyament semipresencial [3], entre altres. Totes aquestes metodologies presenten els seus pros i contres. En aquest treball es presenta una proposta per tal de millorar el procés d'aprenentatge dels estudiants en assignatures directament relacionades amb els mètodes numèrics. Per tal d'aconseguir-ho s'han adaptat diferents aportacions d'aquestes metodologies en una única proposta. Així per exemple, partint de la idea que l'aprenentatge basat en exemples i en casos reals fomenta la curiositat i el desenvolupament de capacitats que permeten a l'estudiant descobrir els conceptes importants que cal estudiar, s'han configurat una sèrie d'actuacions que han modificat completament l'ensenyament dels mètodes numèrics en l'entorn del nostre departament.

En aquest sentit, s'ha modificat també el plantejament de les assignatures. En general, el seu objectiu bàsic es proporcionar les eines bàsiques que qualsevol enginyer o llicenciat en matemàtiques pot necessitar en el seu futur professional, independentment de la seva possible especialització. Tradicionalment, per tal d'assolir aquest objectiu s'ha utilitzat un format clàssic en el que es trien alguns exemples matemàtics i es plantegen diferents mètodes per tal de resoldre'ls. En aquest treball nosaltres preferim un plantejament més global en el que els mètodes numèrics són un pas més en el procés de la modelització numèrica de problemes en ciències aplicades i enginyeria [2].

Destinatari

Aquest projecte afecta a les dues titulacions següents: Enginyeria de Camins, Canals i Ports (UPC), i Enginyeria Geològica (UPC i UB). L'actuació principal desenvolupada en aquest projecte s'ha centrat en les següents assignatures:

- **Mètodes Numèrics I.** Assignatura obligatòria de segon curs de la titulació d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports.
- **Mètodes Numèrics II.** Assignatura obligatòria de quart curs de la titulació d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports.
- **Càlcul Numèric.** Assignatura obligatòria de tercer curs de la titulació d'Enginyeria Geològica.
- **Modelització Numèrica i Optimització** Assignatura obligatòria de tercer curs de la titulació d'Enginyeria Geològica.

Cal ressaltar que la titulació d'Enginyeria Geològica s'imparteix conjuntament entre la Universitat Politècnica de Catalunya i la Universitat de Barcelona.

S'ha realitzat aquesta elecció per que es tracta d'assignatures que malgrat ser força diferents tenen alguns trets en comú. Per una banda es tracta d'assignatures obligatòries pertanyents a dues titulacions superiors en l'àmbit de l'enginyeria civil. Per altra banda, com s'ha comentat anteriorment, les assignatures pertanyen a cursos diferents. A més, el nivell de coneixements de programació dels estudiants quan comencen cada una de les assignatures també és diferent. Mentre que a Mètodes Numèrics I i a Càlcul Numèric els estudiants encara no han cursat cap assignatura de programació, a Mètodes Numèrics II i a Modelització Numèrica i Optimització els estudiants ja han cursat altres assignatures on han après les tècniques bàsiques de programació. Per últim, cal ressaltar que mentre l'assignatura de Mètodes Numèrics II es una assignatura anual, la resta d'assignatures són quadrimestrals.

També cal remarcar que malgrat que l'activitat desenvolupada en aquest projecte s'ha centrat en les quatre anteriors assignatures també s'ha desenvolupat material docent per altres assignatures d'aquestes i d'altres titulacions, com ara:

- Mètodes Numèrics per Equacions en Derivades Parcial. Assignatura optativa de la intensificació en Enginyeria Computacional de la titulació d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports.
- Elements Finit. Assignatura optativa de la titulació d'Enginyeria Geològica.
- Mecànica Computacional. Assignatura que quan es va iniciar el projecte estava inclosa com assignatura de la Llicenciatura de Matemàtiques i que actualment s'ofereix en el Màster en Matemàtica Aplicada de la Facultat de Matemàtiques i Estadística.

Tanmateix, cal dir que en aquests darrers casos, no s'ha modificat l'estructura de les assignatures ni la metodologia docent en el mateix grau que s'ha

realitzat en les tres assignatures descrites al començament d'aquesta introducció.

Objectius

La finalitat d'aquest projecte és doble. Per una banda, es pretén adaptar l'ensenyament dels mètodes numèrics a l'Espai Europeu d'Educació Superior i a les metodologies d'ensenyament i avaluació que implica el sistema ECTS. Per altra banda, es vol aprofitar aquest canvi per tal de millorar la formació global dels estudiants. Concretament, es pretén incrementar les seves capacitats transversals com ara l'autoaprenentatge, el treball cooperatiu o l'expressió oral.

Per tal d'assolir aquests objectius s'han definit les tres actuacions següents que constitueixen bàsicament la principal aportació d'aquest treball:

1. Generació del material docent bàsic corresponent a la presentació dels continguts de l'assignatura (apunts, presentacions, animacions,...). Tot aquest material està col·locat en format digital a la plataforma ATENEA per tal de facilitar l'accés dels estudiants. Amb aquest material es pretén facilitar el treball individual de l'estudiant, incrementant així la seva capacitat d'autoaprenentatge.
2. Generació d'una col·lecció de sessions dirigides i d'una metodologia a seguir. Aquestes sessions dirigides es realitzen de forma presencial, generalment en aules informàtiques. Contenen la presentació d'aplicacions dels mètodes numèrics a la modelització i resolució de problemes pràctics en enginyeria i matemàtica aplicada. A més, suggereixen possibles maneres de resoldre aquests problemes i aporten elements que relacionen la seva resolució amb els temes que es tracten a les assignatures. En alguns casos també inclouen la implementació de mètodes numèrics en programes d'ordinador i permeten la introducció gradual de tècniques numèriques i de programació específiques. El disseny d'aquestes sessions serveix per motivar el tema a analitzar i fomentar un esperit crític, tant pel que fa a l'aplicabilitat dels mètodes com a l'anàlisi dels resultats. Aquestes sessions dirigides permeten augmentar la motivació de l'estudiant per les aplicacions numèriques en l'àmbit de l'enginyeria i de la matemàtica aplicada.
3. Generació d'una col·lecció de treballs tutelats i d'una metodologia a seguir. Aquests treballs contenen el plantejament d'un problema d'enginyeria que requereix l'aplicació de mètodes numèrics per a la seva resolució. Els estudiants l'han de resoldre treballant en grups de tres persones. A diferència de les sessions dirigides, aquests treballs no es realitzen en una aula. Tanmateix, durant el procés de resolució seran tutelats pel professor a fi de discutir i comentar els diferents aspectes. En la seva execució es designarà un director del grup que actuarà com a coordinador del grup i designarà i valorarà les tasques a fer per cada membre. Els membres del grup valoraran el treball fet pel director i mostraran el nivell de consens amb les valoracions i tasques realitzades. Finalment, cada grup lliurarà un informe. Mitjançant les tutories es vol potenciar un esperit crític pel que fa a la tria i aplicabilitat

dels diferents mètodes numèrics així com la interpretació dels resultats obtinguts. Aquests treballs han de permetre augmentar la motivació de l'estudiant per les aplicacions numèriques en l'àmbit de l'enginyeria i de la matemàtica aplicada i incrementar les seves habilitats en el treball cooperatiu i presentació oral.

Exemple de sessió dirigida

En aquesta secció es presenta de forma resumida un exemple de sessió dirigida per tal de motivar i analitzar el mètode del tret per resoldre equacions diferencials ordinàries d'ordre superior.

L'objectiu principal d'aquesta sessió és analitzar el flux d'aigua quan aquesta es desplaça a través d'un terreny saturat de permeabilitat K (m/s), situat entre dos materials impermeables ($K=0$). L'estudi d'aquest problema es coneix com l'anàlisi de flux en un aqüífer confinat, veure figura 1.

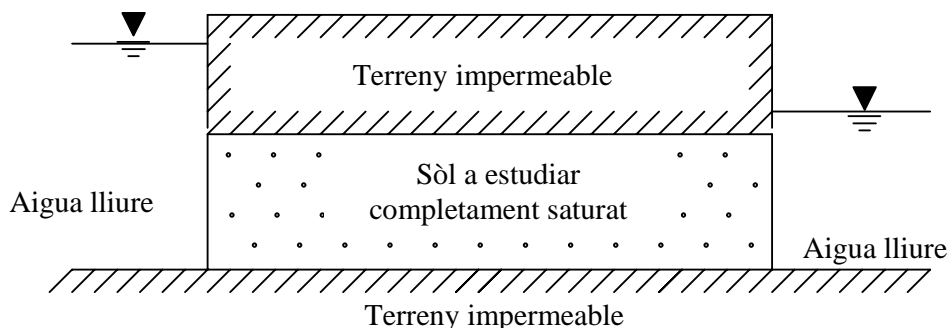


Figura 1. Esquema generalitzat d'un aqüífer confinat

Per resoldre aquest problema cal trobar el nivell piezomètric h (m) i el caudal filtrat Q (m^3/s) degut al gradient de pressió d'aigua:

$$h = z + \frac{P_w}{\gamma}$$

on z representa la cota d'un punt del terreny sobre un nivell de referència; P_w és la pressió d'aigua expressada en unitats de força per unitat de longitud; γ és el pes específic de l'aigua (força per unitat de superfície) i la relació P_w/γ representa la pressió expressada en forma de columna d'aigua que hi ha damunt d'aquest punt, veure figura 2.

En aquest moment es fa una reflexió sobre diferents hipòtesis que es fan normalment en enginyeria quan es resol aquest tipus de problema. Concretament, s'assumeix que:

- El nivell d'aigua en els dipòsits no varia amb el temps (cas estacionari).
- El sol es considera homogeni, isòtrop i saturat.
- Se suposa que en la base de l'aqüífer hi ha un caudal d'infiltració representat per N (m/s).

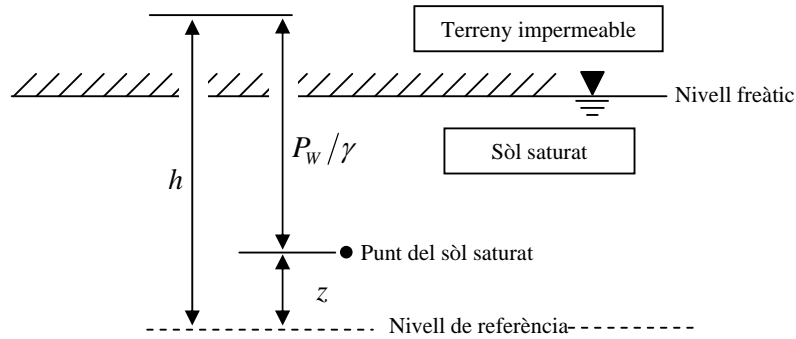


Figura 2. Representació del nivell piezomètric amb geometria d'aqüífer confinats

Seguidament, i d'acord amb el guió de la sessió, es dedueix l'equació diferencial ordinària que descriu el nivell piezomètric en aquest aqüífer:

$$\frac{d^2 h}{dx^2} = -\frac{N}{D \cdot K} \quad (1)$$

on K és la permeabilitat del terreny i D és l'alçada de l'aqüífer, veure figura 3.

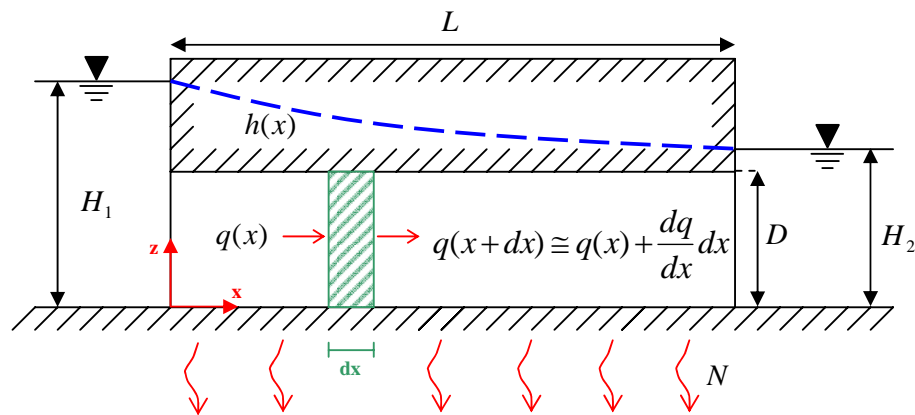


Figura 3. Esquema de l'aqüífer confinats

És important fer observar als estudiants que la resolució de l'equació (1) requereix de dues condicions de contorn: els nivells dels dos dipòsits. Per tant, el problema que cal resoldre està modelat per:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 h}{dx^2} &= f(x, h) \quad \forall x \in [0, L] \\ h(x=0) &= H_1 \\ h(x=L) &= H_2 \end{aligned} \quad (2)$$

També s'observa que la solució analítica d'aquesta equació diferencial és

$$h(x) = \frac{N}{2KD} x \cdot (x - L) + \frac{H_2 - H_1}{L} x + H_1 \quad (3)$$

i que d'acord amb la llei de Darcy el cabal que passa per una secció és

$$Q(x) = q(x) \cdot D = -K \cdot \frac{dh}{dx} \cdot D = -K \cdot D \cdot \left(\frac{N}{2KD} x + \frac{H_2 - H_1}{L} - \frac{N}{2KD} L \right) \quad (4)$$

En aquest punt es plantegen diferents preguntes com ara:

- Com és la distribució del nivell piezomètric?
- Com és la distribució del cabal?
- Què succeeix si la base de l'aqüífer no té infiltracions? Com són en aquest cas les distribucions del nivell piezomètric i del cabal?

També es remarca que els mètodes numèrics que coneixen fins ara sols permeten resoldre problemes de valor inicial mentre que el problema (2) és un problema de contorn.

En conseqüència, s'introdueix d'una forma intuïtiva el mètode del tret com una alternativa útil que permet utilitzar dues tècniques numèriques conegudes pels estudiants (mètodes per resoldre equacions diferencials d'ordre superior amb condicions inicials i mètodes per calcular arrels de funcions no lineals) per resoldre el problema (2).

Finalment es particularitza al cas d'un aquífer semi profund (base situada a 30 m de profunditat) compost bàsicament per grava i conglomerats ($K=10^{-1}$ cm/s) confinat entre un material argilós ($K=10^{-5}$ cm/s) i unes quercites massives afectades per un sistema de diables conjugades de longitud i apertura geotècnicament estables, veure figura 4. Malgrat això, preocupa que la capacitat d'infiltració d'aquestes fractures posi en perill el caràcter de l'aqüífer i afecti greument a diversos pous molt importants pel subministrament d'aigua de la zona. Es considera que l'extensió de l'aqüífer és aproximadament de 500 m i el seu gruix mig és 10 m. Estudis preliminars han posat de manifest que l'aqüífer rep l'aigua d'un terreny proper molt permeable amb una cota del nivell freàtic (respecte el nivell del mar) de 50 m. També se sap que aquest aquífer desaiqua al mar.

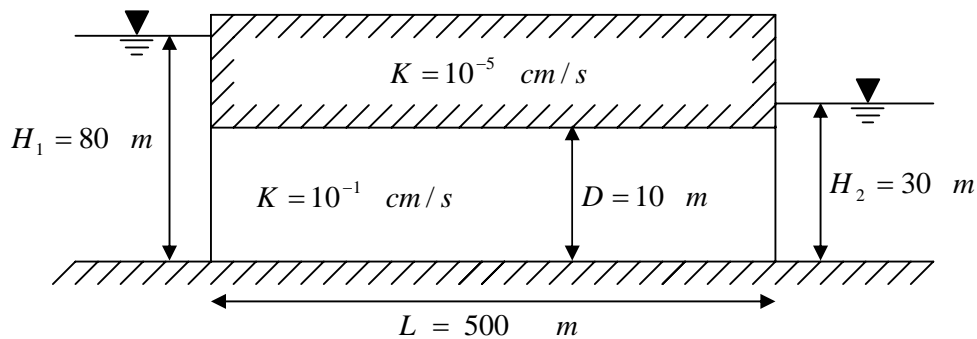


Figura 4. Geometria proposada

Cal ressaltar que aquest problema permet analitzar d'altres aspectes com ara:

- Són lògiques les unitats utilitzades en aquest exemple? Cal remarcar que els estudiants ja han cursat o estan cursant l'assignatura d'Hidrologia Subterrània i que per tant poden verificar la validesa de les dades en canals reals.
- Com es tria l'aproximació inicial pel mètode del tret?
- Com afecta la discretització utilitzada als resultats obtinguts?
- Com varia en aquest cas el cabal? És lògic aquest comportament?
- Què passaria si la capacitat d'infiltració de les quarzites fos igual al 1% o al 5% de la permeabilitat del aquífer? ¿En algun d'aquests dos casos es podria afectar a un pou situat a 100 m del mar?

Exemple de treball tutelat

En aquesta apartat es presenta de forma resumida un exemple de treball tutelat per tal de motivar la utilització dels mètodes numèrics en la solució d'un problema d'enginyeria real. El treball escollit és l'anàlisi del sistema d'ancoratge d'una estructura flotant.

L'enunciat del treball tutelat comença amb una breu descripció dels objectius. A continuació es presenta en detall el problema d'enginyeria, que consisteix en descriure, des d'un punt de vista estàtic, el funcionament d'un dels sistemes d'ancoratge més utilitzats per fixar estructures flotants (offshore), veure figura 5.

Fa pocs anys, els sistemes d'ancoratge per pilots es dissenyaven de forma que les forces transmeses per l'estructura flotant mitjançant la cadena s'aplicaven directament sobre el cap del pilot. Tanmateix, aquesta simplificació generava moments flectors molt grans en el pilot i exigia longituds de penetració molt grans en el subsòl marí. A principi dels anys 90 es va constatar que una aproximació molt més adequada (i econòmicament més rentable) consisteix en col·locar l'element d'unió entre la cadena i el pilot (anomenat *orella*) una certa distància per sota del cap del pilot, preferiblement prop del punt d'aplicació de la resultant de la reacció del sòl sobre el pilot, veure figura 6.

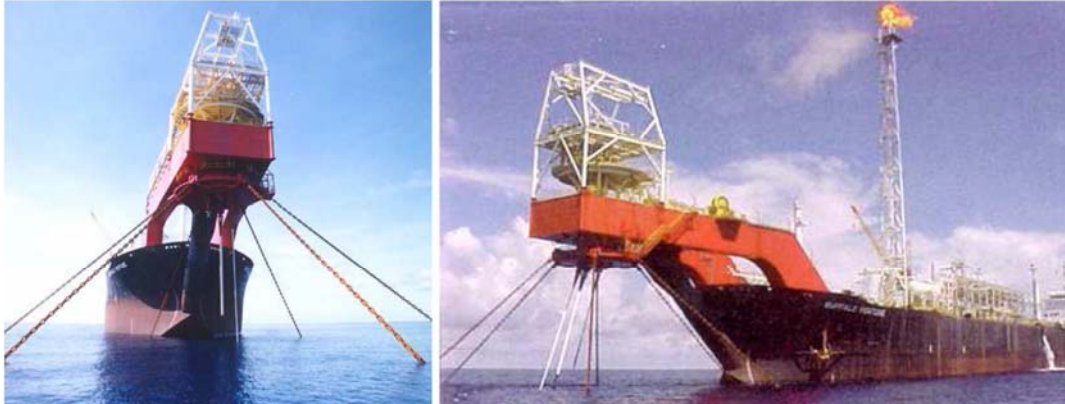


Figura 5. Dues vistes de la plataforma FPSO "Buffalo Venture", instal·lada por BHP Petroleum a les aigües més someres del Big Bank, al nord del Mar de Timor (Austràlia).

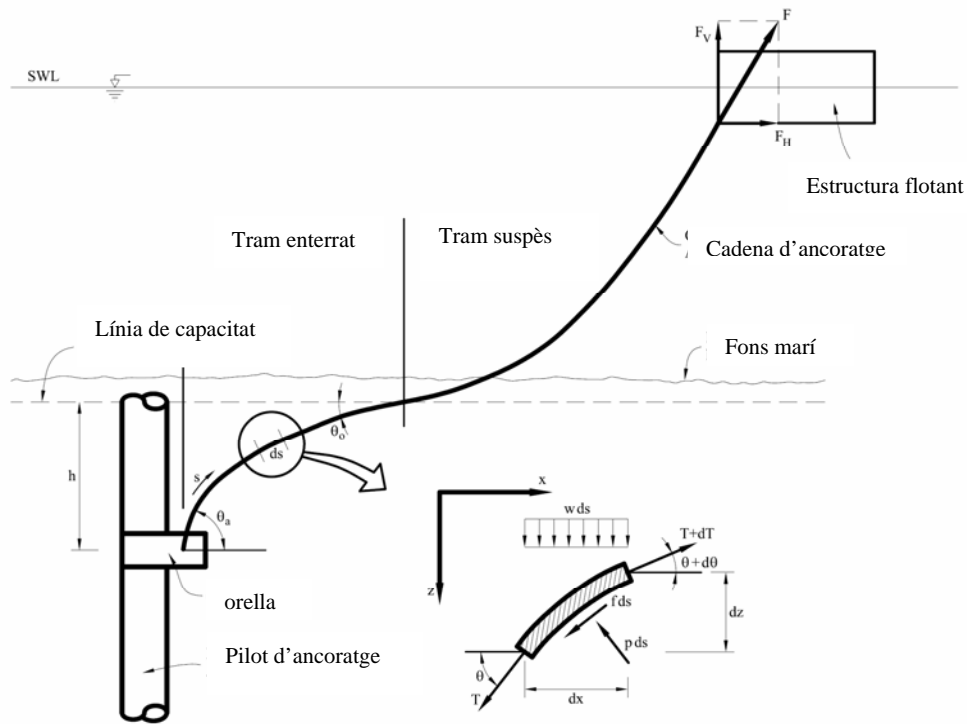


Figura 6. Esquema per a l'anàlisi del sistema d'ancoratge .

Cal destacar que com en aquest cas, tots els treballs tutelats parteixen d'un problema d'enginyeria real i a l'enunciat es donen exemples on aquestes solucions de l'enginyeria han estat adoptades.

A continuació es planteja de forma constructiva el problema matemàtic. Les equacions de govern es van introduint de manera progressiva comentant el seu significat físic i les hipòtesis simplificatives que s'assumeixen. Concretament,

en aquest problema si es planteja l'equilibri estàtic de forces sobre un element diferencial de la cadena en les direccions normal i tangencial a aquesta s'obtenen les equacions que governen aquest problema

$$\begin{aligned} \frac{dT}{ds} &= f(s) + w \sin \theta(s) \\ T(s) \frac{d\theta}{ds} &= -p(s) + w \cos \theta(s) \\ \frac{dz}{ds} &= -\sin \theta(s) \end{aligned}$$

amb les condicions:

$$\begin{aligned} T(0) &= T_a \\ \theta(L_e) &= \theta_0 \\ z(0) &= h \\ z(L_e) &= 0 \end{aligned}$$

on $f(s)$ i $p(s)$ són les distribucions de resistència normal i friccional del terreny en el contacte amb la cadena.

En aquest punt es realitzen varies observacions i comentaris que van des de presentar i discutir varis models per les distribucions $f(s)$ i $p(s)$ fins a constatar que hi ha quatre condicions per resoldre tres equacions diferencials ordinàries (observis que la longitud enterrada de la cadena també és una incògnita). Finalment, es demana descriure el comportament estructural del sistema d'ancoratge per a un sistema real (una boia tipus CALM instal·lada en el camp petrolier de Rospo Mare (mar Adriàtic) i es proporcionen les dades geomètriques i materials d'aquest cas. En particular cal discutir i raonar la tècnica numèrica que cal emprar (mètode del tret) i discutir diferents alternatives per triar l'aproximació inicial.

Aquests resultats numèrics han de ser contrastats amb solucions simplificades de cara a determinar la bondat dels resultats. És molt important remarcar que s'exigeix que tots els resultats presentats han d'estar justificats i analitzats críticament.

La tutorització del treball requereix dos tipus d'accions. En primer lloc es requereix una acció global durant la primera etapa del treball que consisteix en el lliurament de dues fitxes de seguiment. Els estudiants omplen la primera fitxa de seguiment un mes després de rebre l'enunciat. L'objectiu d'aquesta fitxa és garantir una correcta assimilació de l'enunciat i identificar les connexions amb d'altres assignatures de la titulació involucrades en el desenvolupament del treball. Tres mesos després els estudiants omplen la segona fitxa de seguiment. L'objectiu és garantir la correcta elecció de les famílies de mètodes numèrics més escaients per a la resolució del problema d'enginyeria. En aquesta fitxa els estudiants han de descriure les consultes bibliogràfiques realitzades i la informació més destacada que han extret. És important destacar

que la bibliografia del treball tutelat contempla referències bàsiques del problema d'enginyeria i de mètodes numèrics, i articles científics en revistes d'enginyeria.

En segon lloc es requereix una acció personalitzada durant tot el curs. Aquesta tutorització abasta des de la discussió i assimilació de l'enunciat durant la primera etapa, fins a la discussió dels mètodes numèrics més adequats per a cada problema, passant per la implementació eficient dels mètodes numèrics escollits.

Finalment, cal remarcar que els treballs tutelats corresponen a la solució de problemes d'enginyeria reals. D'aquesta manera, a la col·lecció de treballs tutelats trobem un mateix problema amb certes característiques distintives que condueixen a solucions diferents. Aquesta necessitat d'obtenir solucions diferents a un mateix problema d'enginyeria en funció de múltiples factors, fomenta la discussió entre els estudiants de diferents grups i permet fer una discussió més àmplia en les sessions de presentació oral dels treballs.

Resultat

La metodologia presentada en aquest treball ha permès modificar considerablement la docència de les tres assignatures on s'ha aplicat. En particular cal remarcar que els estudiants han entès que per una banda els mètodes numèrics són una eina de gran valor per resoldre problemes en enginyeria. Per altra banda, la motivació que indueixen els exemples analitzats permet posar de manifest que el desenvolupament d'aquests mètodes es basa en uns sòlids fonaments matemàtics. Aquest darrer aspecte és de gran importància en la llicenciatura de Matemàtiques .

Un altre resultat important d'aquest projecte són les habilitats transversals adquirides pels estudiants. Concretament, la realització dels treballs tutelats incrementen les seves capacitats d'organització, responsabilitat, treball en grup i presentació de resultats (tant oral com escrita).

Finalment, cal remarcar que en aquest projecte s'ha desenvolupat el material docent necessari per tal de promoure l'ensenyament semipresencial dels mètodes numèrics. Concretament, s'han desenvolupat més de quaranta presentacions o animacions, quaranta sessions dirigides i cinquanta treballs tutelats.

Avaluació del projecte

En l'actualitat no s'ha realitzat una avaluació quantitativa del projecte. Per tal d'avaluar els resultats del projecte en els cursos vinents es realitzaran dues enquestes:

1. Una enquesta als estudiants per tal d'analitzar/quantificar: la qualitat del material desenvolupat, el nivell de motivació, la seva valoració del temps dedicat a l'assignatura i a les diferents parts que la componen (exposicions teòriques, sessions de treballs dirigits, treballs pràctics realitzats en grup,...), el nivell de satisfacció amb els coneixements adquirits, etc.

2. Una enquesta als membres de l'equip docent per tal d'analitzar/quantificar: el nivell d'assoliment dels objectius, el grau de dedicació respecte el previst, el grau d'implicació en el projecte, l'opinió sobre l'aprofitament per part dels estudiants del material desenvolupat, l'opinió sobre l'actitud per part dels estudiants enfront del material i de les activitats proposades, grau d'eficiència de la innovació (relació hores invertides objectius a complerts),...

Així mateix, s'analitzarà l'impacte de la innovació docent desenvolupada. Concretament, en una primera fase s'estudiarà a quines altres assignatures relacionades amb els mètodes numèrics, i que imparteix el Departament, es pot utilitzar/adaptar la metodologia i/o el material docent desenvolupat. Tanmateix considerem que l'experiència que s'adquireixi en aquest projecte és extensible a altres assignatures.

Per tal de quantificar el nivell de compromís (és a dir, com es quantifica el procés que porta de la innovació al canvi consolidat) es proposa el següent indicador: relació entre el número d'assignatures que seguiran mantenint la metodologia proposada respecte el número d'assignatures que formen part d'aquest projecte. També s'avaluaran alguns indicadors com ara el nivell d'absentisme (mitja d'assistents respecte número de matriculats) o el rendiment dels estudiants (mesurat, per exemple, com en número d'aprovat respecte matriculats com en número de presentats respecte matriculats). Tanmateix, cal ressaltar que en relació al nivell d'absentisme no es disposa de dades històriques per fer una comparació. Es proposa comparar el nivell d'absentisme entre el primer i el segon any.

Conclusions

En aquest treball s'ha presentat una metodologia per tal de millorar la formació global dels estudiants. Mitjançant la creació d'un portafoli que contingui les diferents activitats que ha realitzat l'estudiant al llarg del curs s'ha potenciat tant les competències específiques com les competències transversals dels estudiants. Concretament, l'aportació més rellevant d'aquest projecte ha estat el desenvolupament d'una sèrie de sessions dirigides i treballs tutelats.

Respecte a les sessions dirigides és molt important triar correctament l'exemple d'aplicació tot analitzant no només el seu interès pràctic sinó també l'adequació als objectius que es volen aconseguir. Aquesta anàlisi permet decidir més fàcilment, per exemple, quines tasques es donen fetes i quines han de desenvolupar els estudiants o quines feines s'han de fer durant la sessió i quines les poden fer els estudiant individualment o en grups. També és important decidir el nombre d'estudiants que assisteixen a aquestes sessions. Degut a la capacitat de les aules informàtiques on s'ha realitzat aquestes sessions nosaltres hem limitat aquest nombre a uns 20 estudiants.

Respecte als treballs tutelats cal analitzar prèviament la viabilitat del treball que es proposa en relació tant amb el temps de resolució com amb els coneixements dels estudiants. Un dels aspectes fonamentals per l'èxit d'aquests treballs és el temps que els professors dediquen a la tutorització dels

grups. En aquest sentit, nosaltres hem dedicat un únic professor a aquesta tasca. La dedicació mitja d'aquest treball ha estat d'unes 6 hores per setmana al llarg del segon quadrimestre.

La nostra experiència ens indica que el model podria ser transferible a altres assignatures relacionades amb els mètodes numèrics. En particular, considerem que la metodologia presentada en aquest treball és especialment adient per altres enginyeries. Tanmateix, caldria revisar tant els problemes d'enginyeria que es volen utilitzar per tal de motivar i analitzar les diferents tècniques numèriques com el material de suport que es proporciona als estudiants.

Referències

[1] Agra, M.J. "El portafolios como herramienta de análisis en experiencias de formación on line y presenciales". En Enseñanza: Anuario Interuniversitario de didáctica, nº 21, pp. 101-114. Universidad de Santiago de Compostela, 2003.

[2] Huerta A., Díez P., Fernández-Méndez S., Pérez-Foguet A., Rodríguez-Ferran A. i Sarrate J. "La ingeniería computacional en la escuela de caminos de Barcelona". Congreso internacional de enseñanza de la ingeniería civil. Ciudad Real, 2003.

[3] No J. "Planificación de la enseñanza semipresencial: una experiencia con posgrado» En: Las TIC en la universidad: estrategia y transformación institucional. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC). Vol. 2, núm. 1. UOC. 2005

[4] Roberts, M. Developing a teaching case. Technical Note. Harvard Business School, 1999.

[5] Sanz P., de Benito J.J., Araúzo J.A. i Del Olmo R. "Utilización del autoaprendizaje basado en métodos cooperativos para la enseñanza del marketing en carreras de ingeniería", X Congreso de Ingeniería de Organización, Valencia, 7 y 8 de septiembre, 2006.

[6] Wasserman S. "Estudio de casos como método de enseñanza", Amorrortu editores, 1999.