

INFORME FINAL PROJECTE D'INNOVACIÓ DOCENT (PID)

Títol

Visualització 3D i docència en ciències experimentals: Aplicació sobre els ensenyaments de la Facultat de Geologia de la UB

Sol·licitud 002041

Anys 2013 i 2014

Segon any de projecte: Informe final acabat Març 2015

Autor/s

Equip del Projecte d'Innovació Docent Facultat de Geologia

Grups docents d'Estratigrafia, Geofísica, Geologia estructural i Geologia marina

Coordinat per Lluís Cabrera

Ensenyaments involucrats

Grau de Geologia

Grau d'Enginyeria Geològica

Màster de Geologia i Geofísica de Reservoirs

Màster d'oceanografia i gestió del medi marí

Departaments

Estratigrafia, Paleontologia i Geociències marines

Geodinàmica i Geofísica

Resum

Aquest projecte va ser plantejat considerant útils per al treball docent i la seva millora les noves eines de visualització tridimensional (tant en 2D, en pantalla convencional, com en 3D en monitors adaptats per la visualització amb ulleres estereoscòpiques). La Facultat de Geologia de la UB acumulava a l'inici del projecte (2012), i ha seguit incrementant en aquests dos darrers anys (2013-2015), un important potencial en visualització tridimensional, que es pot transferir a la docència. Es volia contrastar la capacitat tècnica en aquest camp de diversos grups de recerca i departaments de la Facultat de Geologia. També analitzar com obrir noves formes en els ensenyaments de grau (Geologia, Enginyeria Geològica) i postgrau (Geologia i Geofísica de Reservoirs, Oceanografia i Gestió del Medi Marí). La naturalesa del projecte va dur a plantejar dues etapes:

- 1) **2013:** Inventari i coordinació de recursos medis i coneixement disponibles des dels diversos grups de recerca i docents per poder-los aplicar a la millora i al disseny de noves eines docents. Inici del disseny, concepció, preparació i desenvolupament de les primeres pràctiques a desenvolupar. Primeres aplicacions experimentals de les pràctiques en les assignatures de graus i màsters.
- 2) **2014:** Finalització del disseny de noves pràctiques i contrastació de les avantatges (millora de les exposicions de conceptes i dades, grau d'assimilació dels estudiants) i dificultats plantejades (tècniques, de falta de mitjans materials i humans). Anàlisi de quines solucions tècniques foren les millors per l'ús el més generalitzat possible dels materials docents desenvolupables. Establiment de conclusions particulars i generals.

Dins de l'àmbit del projecte s'ha concretat que un disseny adient per a una aula d'informàtica i/o una sala laboratori a on aplicar la metodologia de la visualització 3D a la docència pràctica seria una sala amb no més de 15 a 25 ordinadors, de mobiliari modular de posició modificable, però tenint present la necessitat d'una connexió en xarxa; amb pantalla-es frontal i/o lateral visibles per als estudiants i situades a una alçada per sobre dels monitors; i un ordinador de professor en el que mostrar als estudiants els procediments i la marxa de les pràctiques.

La diversitat de programari disponible pels diferents grups, a partir del qual es poden generar documents tractables com a material 3D pot implicar un problema ja que aquesta diversitat implica una certa dispersió d'esforços per part del professorat i dificultat d'aprenentatge per als estudiants. Com a resultat de l'experiència es suggereix que el material docent amb possibilitats de rebre tractament 3D en visió normal o estereoscòpica podria ser transferit des dels formats originals en el que són generats a un altre únic estàndard, que facilités el seu ús sense haver de conèixer en profunditat el software d'origen ni que calgués tenir-lo instal·lat.

L'experiència d'aquests dos anys suggereix que perquè el professorat pugui fer una explotació intensiva dels recursos disponibles s'ha de comptar amb:

- 1) Una disciplina de programació amb prou anticipació de les activitats.
- 2) Un mínim de personal de suport que tingui capacitat de mantenir el programari i el maquinari a punt

La utilització de dades derivades de models geològics experimentals analògics per preparar bases de dades digitals amb les que construir models 3D és una novetat docent dins de l'àmbit estatal i poc freqüent a universitats europees i de la resta del món.

Paraules clau (màxim 5)

Visualització 3D

Aula de treball i visualització 3D

Models analògics digitalitzats 3D

Innovació docent 3D

Eines per docència 3D

Descripció de l'experiència

1. INTRODUCCIÓ

Les noves eines de visualització 3D permeten desenvolupar noves tècniques d'ensenyament. Hi ha o hi haurà una demanda potencial per part dels estudiants, coneixedors de les noves possibilitats tecnològiques, de poder accedir a la visualització 3D com a un element d'ajuda per la comprensió de conceptes i l'adquisició d'habilitats en l'anàlisi tridimensional.

Cal distingir entre els conceptes de visualització 2D, 3D i 3D amb visualització estereoscòpica. Es poden representar d'objectes 2-D, com són les superfícies. També construir i visualitzar autèntics volums i cossos 3-D dels quals puguin fins i tot derivar-se, si els programes ho permeten, una sèrie de productes 2-D com a mapes, seccions, etc. Tots dos tipus d'objectes (2 i 3-D) poden ser projectats i visualitzats en la pantalla d'un ordinador, però no ha de confondre's la seva naturalesa. Quan es parla de visualització 3D cal distingir entre:

- 1) la VIS3D clàssica, la projecció d'aquests objectes representats en la pantalla bidimensional de l'ordinador
- 2) la VIS3D real, la visualització tridimensional sense que els objectes en qüestió es projectin sobre un plànol. En aquest cas, es necessita un maquinari específic (ulleres i monitors per visió estereoscòpica).

La Facultat de Geologia s'ha consolidat els darrers anys com a capdavantera en l'ús de eines de treball i visualització 3D en la recerca. Dos grups de recerca i docència que inclouen les àrees de coneixement d' Estratigrafia, Geologia estructural, Geofísica i Geociències marines han desenvolupat i utilitzat diferents equips i aproximacions per a la visualització 3D (Laboratori de Modelització Analògica, SIMGEO, llicències de software), acumulant una important experiència que s'ha pogut transferir amb certa eficàcia, per primer cop en tot l'Estat, a la docència.

Aquest projecte s'ha basat en la capacitat tècnica de diversos grups de recerca de la Facultat de Geologia i ha explorat aquestes possibilitats en els ensenyaments impartits a la Facultat, sense oblidar la possible extensió de l'experiència que s'obtingui a d'altres ciències experimentals. Els ensenyaments de grau (Geologia, Enginyeria Geològica) i postgrau (Geologia i Geofísica de Reservoirs, Oceanografia i Gestió del Medi Marí) de la Facultat de Geologia són exemples de la necessitat d'una comprensió tridimensional del nostre entorn. Els cossos i estructures geològiques són tridimensionals. Malgrat això a la docència es fa encara majoritàriament amb un tractament 1D (perfils estratigràfics, diagrames) o 2D (mapes, talls, perfils sísmics). Aquest projecte persegueix persistir en l'increment de la qualitat de la docència del Campus d'Excel·lència BKC, i ser un element diferenciador de qualitat docent a l'àmbit català i estatal.

La complexitat del projecte va fer que es plantegessin dues etapes successives:

- 1) Concebre el disseny d'una aula d'informàtica i/o una sala-laboratori per tal d'aplicar la metodologia de la visualització 3D a la docència de la Facultat de Geologia.
- 2) Dissenyar i preparar les pràctiques a realitzar en assignatures de cursos de graus i de màsters.
- 3) Coordinar i posar en comú els medis i coneixement disponibles dels diversos grups de professors per poder-los aplicar a la millora de la qualitat docent.

Característiques, mitjans i experiència dels grups docents

Grups docents d'Estratigrafia, Geologia estructural i Geofísica

L'experiència d'aquests grups de la Facultat de Geologia, integrats en l'Institut de Recerca Geomodels, és el desenvolupament de metodologies de modelització 3D i en la construcció de models 3D de cossos i conques sedimentàries i estructures geològiques a escales espacials molt diverses, tot aplicant aquestes tècniques en exemples geològics visibles en superfície, subterranis o en una combinació d'ambdós. Tots tres grups han treballat en el desenvolupament i la divulgació de conceptes, eines i metodologies per a la millora del coneixement i la visualització tridimensional dels sistemes geològics.

La interpretació de les dades de subsòl es realitza amb els mateixos programes utilitzats per les companyies petrolieres (ex. The Kingdom Suite de Sísmic Micro-Technology i Petrel d'Schlumberger). Per a l'etapa d'interpretació, es realitza el modelat 3D i 4D de les estructures geològiques amb els programes Gocad de Paradigm, Petrel d'Schlumberger i Roxar de RMS. Els models desenvolupats poden ser validats mitjançant la seva restitució amb el programa Move de Midland Valley o amb la realització de models analògics 3D al laboratori de modelització. Finalment, els models geològics construïts poden ser utilitzats com a suport en la realització de modelats numèrics de processos sedimentaris i de deformació que es realitzen amb programes propis (ex. SIMSAFADIN o Discrete Element Modelling).

Una altra branca en la modelització i visualització 3D en la que s'ha treballat és en la caracterització d'afloraments amb escàners de làsers que permet disposar d'afloraments virtuals en una aula de visualització 3D per treballar-los amb tècniques complementàries als clàssics i molt costosos (en termes econòmics i de temps) estudis de camp. Aquesta tècnica relativament recent, permet el reconeixement de zones d'especial interès i/o de difícil accés i té una gran potencialitat per generar material que permeti reconeixements previs o posteriors a la visita al terreny.

En el cas dels professors de Geofísica, la necessitat i interès de l'ús de la visualització 3D estan justificats pel maneig de grans volums de dades que requereixen eines que permetin treballar amb aquests volums per facilitar el seu processament i anàlisi. També perquè els models geofísics són cada cop més complexos espacialment i calen eines per ajudar en la seva interpretació. En l'actualitat hi ha eines informàtiques que ja permeten aquest treball en 3D (Paraview, Simulink-MATLAB, Winkling, OpenDetect i tot el conjunt de programes de Landmark) i segurament en el futur apareixeran més. Cal que els nostres estudiants tinguin la oportunitat de poder treballar amb elles per adquirir una destresa que posteriorment apliquin en el món professional un cop graduats.

Els tres grups vinculats a Geomodels disposen d'exemples geològics reals molt didàctics amb finalitats docents. La implementació de la modelització estructural 3D es porta a terme de forma gradual en la docència de diverses assignatures, sobre tot de cursos superiors de grau (3er-4rt) i de màster ja que es considera que és l'etapa de l'aprenentatge en la que els estudiants disposen de les competències necessàries per tal d'un bon aprofitament de totes aquestes tècniques i eines avançades.

Grup docent de Geologia Marina

L'ús de tècniques de tractament i visualització de dades 3D és essencial per a comprendre les complexitats del medi marí: les propietats físiques i químiques de la columna d'aigua canvien en l'espai i en el temps, els corrents oceànics viatgen en les tres dimensions; el fons marí és una superfície morfològicament complexa on processos geològics donen lloc a la construcció i destrucció dels marges continentals.

Els mapes, talls, perfils, etc., dels que tradicionalment ha disposat l'alumnat en els ensenyaments de la Facultat de Geologia no poden mostrar aquesta complexitat. Tot i que les tècniques 3D són part essencial de la recerca actual, la translació d'aquestes tècniques a la docència s'ha produït només parcialment. El grup de docència de Geociències Marines disposa d'exemples adquirits en campanyes oceanogràfiques pròpies, que es poden implementar com

a exercicis docents de tipus pràctic, que incloguin les etapes de processat, visualització i interpretació de dades. Ja es compta amb experiències positives en aquest sentit en assignatures del Màster en Ciències del Mar. Aquesta proposta, per una altra banda, vol fer un ús més intens d'eines ja disponibles a la UB, com és la llicència Site, que permet realitzar els cursos gratuïts del Campus Virtual ESRI, tant a nivell avançat com cursos introductoris adequats al nivell de Grau.

Les tècniques de tractament i visualització de dades 3D en Geociències Marines disponibles a la Facultat de Geologia es basen en el programari especialitzat del qual la UB disposa de llicències per a la docència i/o la recerca. Caris Hips&Sips per al processat de batimetria de multifeix que, juntament amb Fledermaus –una eina de visualització geo-espacial pot oferir a l'alumnat una introducció a la cartografia submarina. El programari Kingdom Suite, per al processat i visualització de dades sísmiques 2D i 3D dins un SIG, i els models 3D generats mitjançant el software EarthVision, poden posar a l'abast de l'alumnat la dimensió espacial dels cossos sedimentaris i de la columna d'aigua. El programari ArcINFO, i ArcScene, utilitzat a bastament en múltiples camps geològics, ha de ser fonamental en l'adquisició d'aquestes competències.

2. PROJECTE D'INNOVACIÓ

2a. Context

2a.1 Ensenyaments i assignatures

Un dels primers passos va ser avaluar i analitzar quines assignatures eren adients per introduir-hi activitats i continguts amb visualització 3D. Encara que es va treballar experimentalment en més assignatures, l'activitat dels professors es va concretar en les següents:

Grau de Geologia

Cartografia Geològica I (Obligatòria, 2on curs)
 Geologia estructural i tectònica (Obligatòria, 2on curs)
 Estratigrafia (Obligatòria, 3er curs)
 Geologia integrada del subsòl (Obligatòria, 4rt curs)
 Geologia d'Hidrocarburs (Obligatòria, 4rt curs)
 Geologia Marina (Optativa, 4rt curs)
 Treball final de grau

Grau de Enginyeria Geològica

Cartografia geològica I (Obligatòria, 2on curs)

Màster de Geologia i Geofísica de Reservoris

3D Geological and Reservoir Modelling (Optativa)
 Reflection seismic processing and interpretation (Obligatòria)
 Geophysical characterization and monitoring reservoirs (Optativa)
 Treball final de màster.

Màster d' Oceanografia i Gestió del Medi Marí

Cartografia d'habitats marins (Obligatòria)

Màster d' Enginyeria geològica i de mines

Anàlisi i modelització de conques

2a.2 Ubicació

Facultat de Geologia
 Aula 21: Sala de treball i visualització 3D
 Aula 22: Sala d'informàtica convencional
 Aula S-1: Sala d'informàtica convencional

2.b Objectius

Els objectius generals d'aquest projecte van ser:

- (1) Que els nostres estudiants puguin començar a treballar amb aquestes eines i adquireixin experiència.
- (2) Que el treball en 3D realitzat sobre un material de pràctiques dissenyat específicament els hi permeti una millor assimilació conceptual i una millor capacitat d'aplicació pràctica.
- (3) Que els professors involucrats en aquests temes es puguin coordinar i compartir un espai de discussió ja que molts aspectes de implementació i ús d'aquestes eines són comuns (ex. manipulació i visualització d'un gran volum de dades).

Per assolir-los el projecte plantejat es van proposar els següents objectius concrets:

- (1) Adequar les eines i recursos disponibles a la Facultat per al treball docent en 3D.
- (2) Cercar mitjançant la integració metodològica i el suport tecnològic, l'assoliment de coneixements i de les competències específiques i transversals de l'alumnat, en especial dels graus però també dels màsters.
- (3) Desenvolupar pràctiques que facilitin l'adquisició de competències de tipus transversal. En aquest cas la integració i assimilació de conceptes mitjançant el treball en 3D a partir de les eines disponibles.
- (4) Millorar l'activitat de col·laboració docent coordinada dins del centre, involucrant dos departaments, quatre grups docents i dos de recerca consolidats.
- (5) Difondre les conclusions de les accions d'innovació per a la millora de la qualitat docent a la UB.

Des del punt de vista dels ensenyaments a Geologia es volia un increment del rendiment acadèmic, si es trobava la forma d'aplicació adient de la visualització 3D per utilitzar-la, no com un element de major o menor espectacularitat en la visualització de resultats, sinó com eina que permeti la integració de conceptes que impliquin una comprensió tridimensional.

La utilització d'aquestes tècniques pot ser útil en primer lloc per la introducció de conceptes de bàsics a complexos per estudiants de Geologia i Enginyeria geològica. Però també pot ser utilitzada com un potent suport en els nivells de màster, per fer comprendre a titulats no geòlegs (Enginyers de diverses especialitats relacionats amb l'estudi del subsòl) conceptes geològics amb els que no estan familiaritzats.

La construcció i visualització de models 3D a partir dels programes disponibles impliquen per als estudiants adquirir habilitats i aprenentatges i disposar d'un material potencialment molt valuós en el futur per auto-aprenentatge:

- 1) Integració i comprensió de dades geològiques de diversa naturalesa en un entorn 3D, tals com la continuïtat lateral d'estructures geològiques que utilitzant criteris bidimensionals tindrien una resolució incerta. Aquesta visió espacial més evolucionada permetrà als estudiants el plantejament i la resolució d'aquests problemes d'una forma més efectiva.
- 2) Plantejar i desenvolupar estratègies de modelització en casos que simulen escenaris reals.

3) Adquirir habilitat en el maneig d'aquest tipus de programes i eines d'ús cada cop més comú en el món professional.

4) Entendre més efectivament la distribució tridimensional de l'heterogeneïtat geològica a partir de la visualització 3D dels models construïts i també a partir d'haver abordat la construcció del model 3D. Les aplicacions de visualització 3D dels programes esmentats permeten visualitzar el volum 3D modelitzat en qualsevol direcció de l'espai i obtenir perspectives que permetin entendre millor les característiques geològiques descrites i estudiades.

5) Conèixer la metodologia necessària per a la caracterització tridimensional de cossos geològics, des de la interpretació de les dades fins a la construcció dels models geològics 3D.

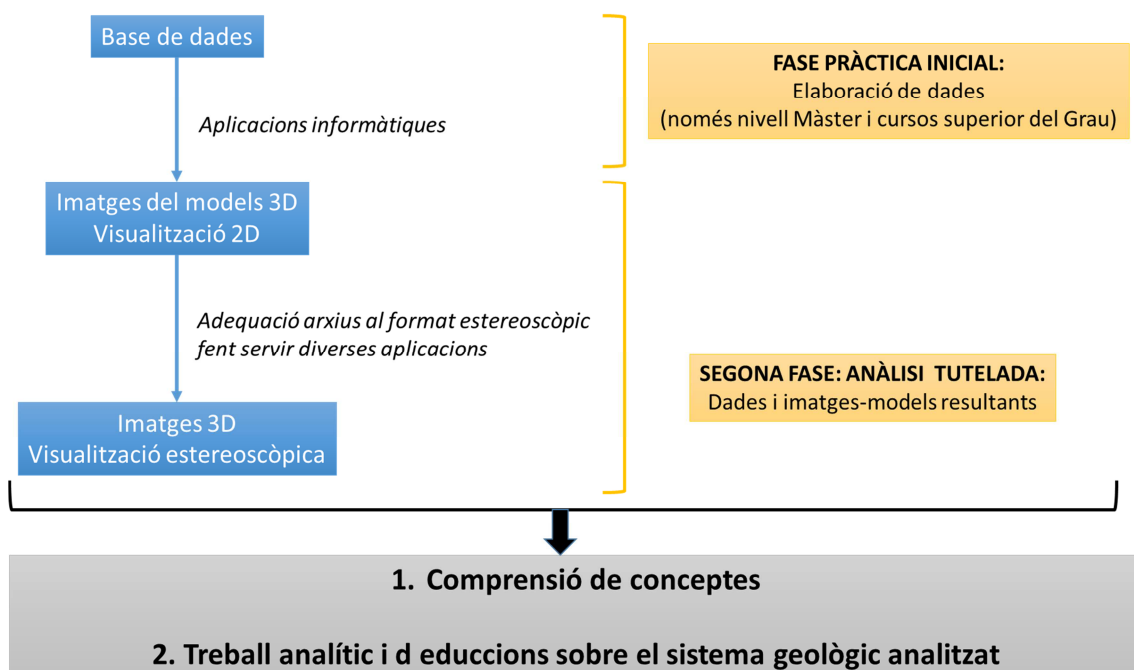
6) Estudiar-visitat virtualment afloraments virtuals (únics i puntuals o establint itineraris) mitjançant núvols de punts escanejats amb làser proposant metodologies alternatives per a l'estudi de zones de difícil accés.

2c. Metodologia

La metodologia seguida en el disseny i la preparació de les pràctiques ha estat la usual en aquest tipus d'activitats.

- 1) Plantejament dels conceptes , continguts i capacitats que es volien comunicar amb la pràctica
- 2) Cerca i selecció o bé generació de material (bases de dades en format electrònic fonamentalment) que fos utilitzable d'acord amb el nivell de l'ensenyament (grau o màster).
- 3) Disseny de la pràctica adequada també als diversos nivells de grau i màster. En les assignatures de grau la implementació de la pràctica s'orientava sobre tot a la introducció de conceptes bàsics i a la familiarització amb l'existència de l'eina (aplicació) informàtica utilitzada.

El procediment general seguit en general va ser l'expressat en el gràfic següent:



En les assignatures de màster es va donar importància també a l'ús de la pròpia eina.

4) Primeres sessions experimentals de pràctiques i avaluació dels resultats i la resposta i actitud dels estudiants (acceptació, interès, grau de familiarització adquirit amb l'eina, grau d'assimilació dels conceptes amb l'ús de la visualització 3D.

Un aspecte fonamental que va ser considerat en el segon any de projecte va ser analitzar i avaluar la percepció dels estudiants i la pròpia dels professors en la bondat dels materials i procediments utilitzats.

2d. Recursos

Professorat

COORDINADOR

Lluís Cabrera Pérez 36958675K

GRUP DOCENT D'ESTRATIGRAFIA

Pau Arbués Cazo 46225290M
 Pere Busquets Buezo 77063950N
 Patricia Cabello Lopez 46455314Y
 Lluís Cabrera Pérez 36958675K
 Ferran Colombo Piñol 37712962T
 Miguel Garcés Crespo 33917413A
 Miguel López Blanco 35090933V
 Mariano Marzo Carpio 78053908G
 Emilio Ramos Guerrero 37258871K
 Alberto Sáez Ruiz 36931330T

GRUP DOCENT DE GEOCIÈNCIES MARINES

Isabel Cacho
 Antoni Miquel Calafat Frau 42985429Q
 Miquel Canals Artigas 78065303Z
 Galderic Lastras Membrive 46765411V
 Jose Luis Casamor Bermúdez 35082156A

GRUP DOCENT DE GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Josep Maria Casas Tuset 37312125F
 Josep Oriol Ferrer García 38127547X
 Òscar Gratacós Torrà 40993629Q
 Joan Guimerà Roso 73370134L
 Eulàlia Masana Closa 46582564C
 Josep Antón Muñoz de la Fuente 40862531H
 Eduard Roca Abella 38428502X
 Francesc Sàbat Montserrat 46303847V

GRUP DOCENT DE GEOFÍSICA

Beatriz Benjumea Moreno (ICGC) 28907568H
 Juan José Ledo Fernández 43687721A
 Ghia Khazaradze 41014651Q
 Alejandro Marcuello Pascual 40968426K
 Anna Martí Castells 46776699N
 Jaume Pous Fàbregas 36954742K
 Pilar Queralt Capdevila 37736510L
 Emma Suriñach Cornet 38475901Y

Recursos materials

Programari (Software)

Es disposa dels programes i aplicacions utilitzats en la recerca dels diversos grups. Destaquen:

- ArcINFO, i ArcScene, utilitzat a bastament en múltiples camps geològics
- Gocad de Paradigm, per visualització de resultats
- Petrel de Schlumberger, actualment amb 25 llicències disponibles fins l'any 2016 segons conveni establert.
- RMS de Roxar
- Caris Hips&Sips per al processat de batimetria de multifeix
- Fledermaus – eina de visualització geo-espacial
- Kingdom Suite, de Seismic Micro-Technology per al processat i visualització de dades sísmiques 2D i 3D dins un SIG,
- EarthVision, utilitzat en modelitzacions purament tridimensionals,
- Move de Midland Valley
- Paraview, software gratuït per la visualització de dades geofísiques en 3D
- Winkling, software comercial per la visualització de models electromagnètics del subsòl
- Matlab-Simulink, software propietari per la visualització de dades i models geofísics 3D
- Landmark, conjunt de programes comercials per la visualització, processat i interpretació de dades sísmiques
- *Programes propis*
- SIMSAFADIN
- Discrete Element Modelling

Maquinari (Hardware)

Apart del hardware disponible dins dels respectius grups de recerca i dels ordinadors convencionals, es comptava des de l'any 2012 (arrel del suport rebut des del programa BKC i de la inversió feta des de la Facultat mitjançant el contracte programa acadèmic docent) amb 25 estacions de treball amb prou capacitat de càlcul per sostenir l'ús de les aplicacions necessàries i per poder realitzar el treball numèric i les visualitzacions 3D. A partir del mes d'Abril de 2015 es comptarà (arrel de l'ús intensiu de les llicències de software disponibles per cessió de les companyies i del suport rebut des dels vicerectorats de Política de Qualitat Docent i de Informació i Comunicació) amb 13 estacions de treball addicionals, fins totalitzar 25. Aquestes 25 estacions de treball estan dotades amb monitors i ulleres de visualització 3D.

A més d'aquests recursos, en l'assignatura de Geologia Integrada del Subsòl s'ha utilitzat la pantalla tàctil del Departament de Geodinàmica per tal de que els estudiants poguessin assolir els objectius desitjats en la interpretació sísmica. S'han realitzat pràctiques guiades on gracies a aquest equip s'han pogut discutir millor els exercicis proposats amb un aprofitament major de la pràctica. Aquesta pantalla també s'ha utilitzat en seminaris d'interpretació de l'assignatura de màster Seismic reflection: processing and interpretation. En cas de necessitat addicional la Facultat disposa d'una altra pantalla tàctil d'ús comú.

Aula de Treball i Visualització 3D de la Facultat de Geologia

Les 25 estacions de treball disponibles estaran concentrades a l'**Aula de Treball i Visualització 3D** (aula 21, segona planta de la Facultat de Geologia) a on s'han desenvolupat la major part de les activitats de treball experimental docent en 3D.

Aules de treball 22 i S-1 de la Facultat de Geologia

Aules de Treball a on es pot realitzar introducció a la cartografia digital 2D i 3D amb Microstation i utilitzar el software que no requereix utilitzar estacions de treball.

3. RESULTATS

3.1 Introducció

Com s'ha indicat, projecte ha integrat les activitats de quatre grups de professors de diferents àmbits temàtics i docents: Estratigrafia, Geologia Estructural, Geofísica i Geociències Marines. En alguns casos aquests grups docents han convergit en el desenvolupament d'algunes assignatures, en especial de màster.

El projecte d'innovació s'ha desenvolupat amb autonomia per a cada grup, per permetre'ls fixar les disponibilitats reals de programaris, les possibilitats d'aplicar-los de manera eficaç en tasques docents i, arribat el cas, detectar problemes en l'ús dels programes i deficiències que poguessin interferir el desenvolupament de les diverses experiències. Tanmateix fet de que algunes assignatures fossin desenvolupades en col·laboració ha permès en diversos casos (Grups docents de Geologia Estructural, Estratigrafia i Geofísica) una integració inicial de les aproximacions fetes al tema plantejat.

La coordinació del projecte s'ha concretat en les reunions del responsable del projecte amb els professors encarregats de dur a terme les tasques de inventari de programari, anàlisi de la seva aplicabilitat, preparació de les proves pilot i avaluació dels resultats. També en una reunió conjunta de tots els grups docents on es van posar en comú els resultats i perspectives d'avenç i també alguns dels problemes pràctics que es van plantejar.

S'enumeren a continuació els grups docents involucrats i després seus els avenços en cada assignatura durant el projecte.

3.2 Accions dels grups docents d'Estratigrafia, Geologia Estructural i Geofísica

Aquests tres grups docents han estat considerats conjuntament en aquest informe perquè comparteixen en bona part un programari comú i col·laboren en varies assignatures de màster. Tots ells han avançat en l'ús del programari disponible i en la identificació de nou programari que fos potencialment millor per a dur a terme l'experiència.

S'han fet experiències pilot significatives en les següents assignatures:

- Estratigrafia de 3er curs de Grau de Geologia (Dres. Miguel Garcés, Emilio Ramos, Alberto Sáez)
- Geologia d'hidrocarburs de 4rt curs de Grau de Geologia (Dra. Patricia Cabello, Dr. Alberto Sáez, Dr. Mariano Marzo)
- 3D Geological and Reservoir Modelling del Màster de Geologia i Geofísica de Reservoiris (Dra. Patricia Cabello Grup Docent d'Estratigrafia en col·laboració amb Dr. Oscar Gratacos, Grup Docent de Geologia Estructural).
- Cartografia geològica de 2n curs de Grau d'Enginyeria geològica (Dr. Miguel López Blanco, Grup Docent d'Estratigrafia)
- Geologia estructural i tectònica (Grau de Geologia 2n curs (Drs. Eduard Roca i Oriol Ferrer, Grup Docent de Geologia Estructural).
- Geologia integrada del subsòl (Grau de Geologia, 4rt curs (Dr. Josep Antón Muñoz, Dr. Oriol Ferrer i Dr. Oscar Gratacós, Grup Docent de Geologia Estructural)
- 3D Geological and Reservoir Modelling del Màster de Geologia i Geofísica de Reservoiris (Dra. Patricia Cabello Grup docent d'Estratigrafia i Dr. Oscar Gratacós)

Grup Docent de Geologia Estructural).

- Reflections Seismic processing and interpretation” (Màster Reservoir Geology and Geophysics (Dra. Beatriz Benjumea del Grup de Geofísica, Dr. Oriol Ferrer del grup de Geologia Estructural).
- Geophysical characterization and monitoring reservoris (Màster Reservoir Geology and Geophysics (Dr. Alejandro Marcuello, Grup docent de Geofísica).

Análisis y modelización de cuencas (Master de Ingenieria geológica i de minas) Dr. Oscar Gratacós Grup Docent de Geologia Estructural).

- Treballs finals de graus i de màsters (Master Geology and Geophysics of reservoirs, diversos professors tutors). Veure informació al full Excel adjunt.

3.2b) Grup docent de Geologia Marina

Durant el projecte el professorat participant de l'àrea de Geociències Marines ha verificat i avaluat l'aplicabilitat del software i els primers resultats de la implementació de pràctiques amb visualització 3D sobre el monitor i 3D “real” amb l'ús d'ulleres estereoscòpiques. S'han preparat i desenvolupat accions dins les assignatures impartides pels professors d'aquest grup, tant del Grau de Geologia com del Màster Oceanografia i Gestió del Medi Marí que es comenten en els següents apartats.

S'han dut a terme experiències pilot significatives en les següents assignatures

- Cartografia geològica 1 de 2n curs de Grau de Geologia (Dr. Galderic Lastras, Grup docent de Geologia Marina)
- Geologia marina, 4rt Grau de Geologia (Drs. M.Canals i J.L. Casamor, Grup docent de Geologia Marina)
- Cartografia d'hàbitats marins del nou Màster en Oceanografia i Gestió del Medi Marí (Drs. M.Canals i J.L. Casamor, Grup docent de Geologia Marina)

3.3 Assignatures en les que s'han dut a terme implementacions de material i desenvolupament de pràctiques experimentals. Valoracions de l'experiència.

L'exposició de les accions dutes a terme s'han agrupat seguint criteris temàtics i tècnics, considerant els continguts similars de les assignatures i el programes utilitzats.

Assignatures d'Estratigrafia, Geologia d'Hidrocarburs i 3D Geological and Reservoir Modelling

3.3.1- Assignatura d'Estratigrafia Tercer curs. Grau de Geologia Grup docent d'Estratigrafia

Tal com s'ha especificat en apartats anteriors, una branca en la modelització i visualització 3D és la caracterització d'afloraments amb escàners de làsers que permet disposar d'afloraments virtuals en una aula de visualització 3D per treballar-los amb tècniques complementàries als clàssics i molt costosos (en termes econòmics i de temps) estudis de camp. Aquesta tècnica relativament recent, permet el reconeixement de zones d'especial interès i/o de difícil accés i té una gran potencialitat per generar material que permeti reconeixements previs o posteriors a la visita al terreny.

Durant les pràctiques de camp d'Estratigrafia en què es visiten diferents afloraments de les conques de Graus-Tremp i d'Ainsa, s'han introduït descripcions sobre l'arquitectura tridimensional dels dipòsits sedimentaris observats en els diferents afloraments visitats, les quals han estat recolzades amb imatges 3D. Aquestes imatges, segons l'aflorament, poden incloure: cub de sísmica 3D a partir de georadar, models 3D de fàcies que capturen diverses escales d'heterogeneïtat sedimentària, models 3D de propietats petrofísiques (porositat i permeabilitat), i/o simulació de flux. Vegeu la figura de pg. 15.

S'ha comprovat que haver recolzat les explicacions de les característiques arquitecturals dels dipòsits sedimentaris amb imatges 3D ha permès als estudiants de grau integrar ràpidament conceptes bàsics com el de canvis laterals de fàcies, i relacionar aquests conceptes amb les observacions que han realitzat sobre els afloraments.

3.3.2- Assignatura de Geologia d'Hidrocarburs **Quart curs. Grau de Geologia** **Grup docent d'Estratigrafia**

S'ha dissenyat, preparat i incorporat una pràctica que inclou la utilització de l'aplicació PETREL. Es va dissenyar un projecte digital en PETREL que incorporava la informació georeferenciada i en 3D referent a un anàleg de reservori (i.e. fàcies, porositat, factors de recuperació, superfícies estratigràfiques, etc.) amb què els estudiants han treballat en pràctiques anteriors amb mètodes convencionals, no digitals. Els objectius d'aquesta pràctica són:

- a) conèixer les utilitats bàsiques i introducció al maneig de la suite PETREL.
- b) comprendre la geometria d'un reservori mitjançant tècniques de modelització i visualització 3D;
- c) obtenció de mapes estratigràfics del reservori que complementin la visualització 3D i que ajudin a l'estudiant a comprendre les característiques en 3D.
- d) utilització d'un mòdul de PETREL que permet el càlcul de volums de reserves d'hidrocarburs (cru i gas) a través d'un cas de reservori fictici preparat/dissenyat per a l'estudiant.

Donat que la resposta a aquesta pràctica es va valorar com a satisfactòria, en la segona part de desenvolupament del projecte, es va ampliar la seva duració de 2 hores a 4 hores (2 sessions pràctiques). Aquest canvi ha comportat millores en l'assimilació de coneixements i habilitats per part dels estudiants, com ara una millor adaptació al funcionament d'un software de modelització 3D de reservoris; una comprensió més àmplia del procés de modelització 3D i els avantatges que ofereix; l'adquisició d'habilitat en la visualització 3D de cossos sedimentaris i reconeixement de les característiques tridimensionals (i.e. canvis laterals de fàcies en tres dimensions) de l'anàleg estudiat.

Encara es té previst incorporar una nova millora en aquesta pràctica mitjançant la càrrega d'un perfil sísmic del reservori en el mateix projecte de modelització. El perfil sísmic es troba en format analògic (no digital) de manera que aquesta tasca comporta un grau de dificultat afegit. Es tracta d'un perfil sísmic que els estudiants han treballat i interpretat en pràctiques anteriors. No obstant, considerem important fer aquest pas donat que pensem que permetrà ampliar una mica més la comprensió de les característiques tridimensionals dels reservoris a partir de la visualització 3D.

La pràctica va ser realitzar a l'aula 21, on es disposava de 12 ordinadors amb llicència de Petrel. La pràctica es va realitzar per separat en dos grups d'aproximadament 20 estudiants cada un. Els estudiants es van distribuir en grups de dos alumnes per ordinador. Es valora positivament l'acolliment que ha tingut l'exercici plantejat per part dels estudiants donat que els ha permès treballar amb dades en 3D i comprendre la complexitat tridimensional dels cossos sedimentaris. A més a més, els estudiants s'han introduït en un programa extensament utilitzat en la indústria del petroli i s'han posat en contacte de forma pràctica amb el procediment real que s'utilitza en la indústria per l'estudi de reservoris i els càlculs de volums de reserves. En conseqüència, durant el següent es va realitzar aquesta pràctica de nou per acabar de perfilar els seus continguts i objectius formatius.

Els professors van reconèixer com possibles dificultats a la introducció d'aquesta practica:

- 1) Limitació del temps de duració de la pràctica
- 2) Reduït espai físic en l'aula degut a la necessitat de compartir estació de treball
- 3) La complexitat en l'ús del programa *Petrel*,
- 4) La dificultat de trobar bases de dades disponibles de bons exemples geològics, que siguin didàctics.
- 5) La llicència campus de *Petrel*, degut a la seva potencia de càlcul, és només funcional en ordinadors de gama alta tipus estació de treball (work station).
- 6) El programa *Petrel* no es pot fer servir de moment amb el sistema d'Aules Virtuals pel fet de tenir un nombre limitat de llicències i haver d'atendre temes de seguretat i restricció d'accés.

Alguns d'aquests punts ja han estat solucionats en el segon any de projecte.

Sobre el punt 1. Apart d'allargar-lo a 4 hores, l'exercici s'ha de preparar de manera que els estudiants no tinguin que introduir les dades manualment sinó que aquestes han de estar preparades prèviament en un fitxer "projecte". La capacitat per a introducció de dades al programa queda, per tant, fora de l'abast de l'assignatura.

Sobre els punt 2, 5 i 6, al poder comptar ara amb 25 estacions de treball, els problemes d'espai, disponibilitat de llicències (també incrementades a 25) i el no poder disposar de aules virtuals, han quedat queden solucionats.

Sobre el punt 3, degut a les dificultats que representa la implementació de *Petrel*, els professors de l'assignatura han començat a explorar introduir algun exercici alternatiu o complementari al que es fa amb l'esmentada suite, fent servir una altra aplicació (*OpenTect 4.6.0*) que té la llicència oberta (i també llicència campus gratuïta). Aquesta aplicació es capaç de interpretar perfils sísmics en 3D i pous amb interpolació propietats com la porositat. Té un bon catàleg de exemples útils per a la docència i pot funcionar en ordinadors de gama mitjana-baixa. A més a més, té sortida d'imatges en format per a la visualització 3D i per a la captura per part de *Petrel* de les dades bàsiques dels perfils. S'està en tràmits per tal d'aconseguir la llicència campus d'aquesta aplicació *OpenTect* i mirar de incloure-la en el sistema d'aules virtuals. Tanmateix, no es pot oblidar que *Petrel* té el valor afegit de que és un dels software estàndar més extesos en el món de la geologia de subsòl.

3.3.3- Assignatura de 3D Geological and Reservoir Modelling **Quart curs. Màster de Geologia i Geofísica de Reservoris** **Grups docents d'Estratigrafia i Geologia Estructural**

L'objectiu principal de l'assignatura és introduir a l'estudiant en la reconstrucció 3D d'estructures geològiques, fet que permet abordar el seu l'estudi d'una manera més complerta i entenedora, alhora que permet superar les limitacions i els errors que es produeixen treballant en 2D. Aquest fet fa que l'estudiant adquireixi una nova visió i una nova metodologia que és d'ús comú en la indústria, tant en les eines informàtiques utilitzades com en la metodologia seguida. Al estar la assignatura centrada en la modelització tridimensional, la major part de l'activitat docent consisteix en treballar en un entorn purament 3D per a realitzar, en últim terme, models geològics 3D, ja determinístics, ja estocàstics.

La docència impartida en aquesta assignatura s'ha distribuït en 21 hores de docència presencial més 21 hores de docència dirigida i/o tutelada (a part del treball autònom que ha realitzat cada estudiant).

S'ha utilitzat el programari *Gocad* (de *Paradigm*) que ha cedit temporalment 35 llicències per a ús exclusiu educatiu, així com 25 llicències acadèmiques del programa *Petrel* (de *Schlumberger*) i del programa *RMS* (de *Roxar*) . A més a més, s'utilitzen diferents programes desenvolupats per l'Institut de Recerca Geomodels, que s'executen dins de *Gocad*, i que ajuden i complement el flux de treball per a realitzar un model 3D.

Donada la necessitat de l'ús de *Petrel* per poder desenvolupar les activitats de l'assignatura, els estudiants reben unes sessions introductòries. Aquestes sessions introductòries es porten a terme dins del marc de l'Assignatura Obligatòria "Advanced Geology and Geophysics" i tenen com a objectiu introduir l'estudiant en aquest software de modelització. Les sessions tenen una duració total de 4 hores, repartides en dues sessions de 2 hores cadascuna. Durant aquestes sessions l'estudiant entra en contacte amb les eines bàsiques del programa a través d'una sèrie d'exercicis guiats pel professor on s'utilitzen dades reals (informació de pous i sísmica 3D). Aquestes sessions inicien a l'estudiant en l'interface de *Petrel*, en la càrrega dades al programa i organització d'aquestes dades, en les eines de visualització i interacció amb les dades, en les eines d'interpretació sísmica 2D i 3D, en la creació i edició de superfícies i en la interacció amb les dades de pous. Aquesta activitat dota l'estudiant de les eines i els coneixements necessaris per abordar la segona part de l'assignatura.

Alternativament, *Petrel* pot ser substituït pel software de modelització de reservoris RMS de Roxar, com ho ha estat per exemple al curs 2014-15. L'ús alternatiu d'un o altre software obre més possibilitats als estudiants de familiaritzar-se amb les diverses eines informàtiques disponibles.

L'assignatura es divideix en dues parts:

- a) Reconstrucció 3D d'estructures geològiques, que ocupa el 85% de dedicació i que es centra en la construcció de models determinístics d'estructures 3D. El material docent inclou tant treballs senzills 2D/3D per a les parts introductòries (mapes de contorns, projeccions, obtenció de noves dades 3D a partir de dades primàries, etc...), com treballs 3D més complets que aborden una problemàtica a resoldre en una estructura real més complexa. Aquests exercicis pràctics, s'han desenvolupat de manera que permetin a l'estudiant adquirir els coneixements necessaris d'una manera gradual, des del treball manual amb dades analògiques fins al treball més complex amb dades digitals i en un entorn directament 3D.
- b) Construcció de models 3D de reservoris, especialment models estocàstics de distribució 3D de fácies. Aquesta part correspon al 15 % de l'assignatura. Tot i això, aquesta segona part ve complementada amb 4 hores d'introducció a l'ús del programa *Petrel*, que és el programa utilitzat, dins del curs intern 'Introduction to *Petrel*' de l'Assignatura "Advanced Geology and Geophysics" del màster *Reservoir Geology and Geophysics*.

Reconstrucció 3D d'estructures geològiques

Tant el material teòric com el pràctic de l'assignatura s'ha elaborat específicament per a ella. Per a la primera part de l'assignatura, s'ha elaborat un total de 4 exercicis pràctics repartits en 10 sessions de 2 hores cadascuna. Aquestes classes pràctiques estan recolzades amb classes teòriques que aporten la base necessària per a captar i entendre el flux de treball necessari per a la realització de models 3D.

Les dues pràctiques inicials, están més encaminades a entendre la base teòrica, i en aquest sentit es fan pràctiques manuals amb dades analògiques (realització de mapes de contorns 3D en un pla 2D) així com reconstruccions digitals tridimensionals senzilles amb diferents mètodes de reconstrucció per tal d'entendre i visualitzar les diferències d'utilitzar un o altre mètode. En canvi, les dues pràctiques finals, estan més dirigides a construir models determinístics 3D reals, ja sigui desde la fase de digitalització tridimensional en un entorn 3D (amb ortofotografies drapejades sobre models digitals del terreny) així com de la densificació de dades o anàlisi estructural de les mateixes (obtenció de dades de cabussament a partir de traces cartogràfiques 3D; o anàlisi de traces de cabussament;...), o, per finalitzar, en la reconstrucció pròpiament dita, amb l'objectiu de realitzar un model geològic 3D d'un exemple real i que l'estudiant a d'assolir i presentar com a treball individual en un informe final.

Aquesta part, es realitza amb el programari comercial Gocad i els programes propis desenvolupats per l'institut de recerca en un entorn 3D en l'aula d'informàtica 22 de la facultat de geologia on aquests programes estan instal·lats.

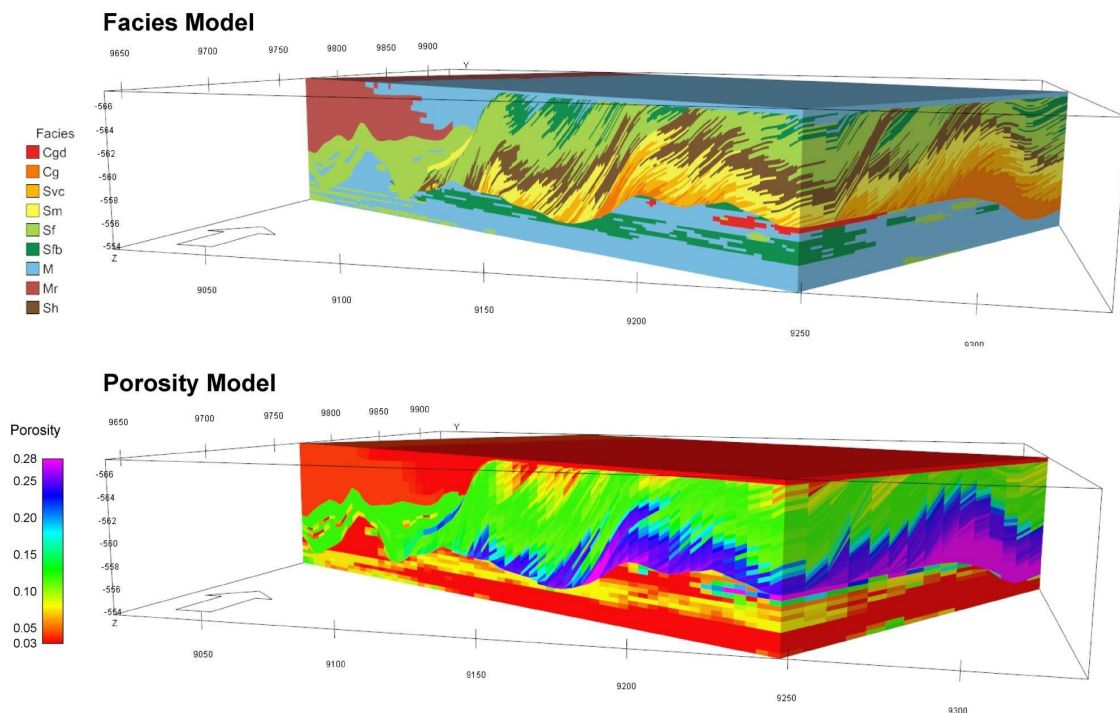
Construcció de models 3D de reservoris

La segona part de l'assignatura, dedicada a la modelització 3D de distribució de fàcies, s'organitza en 4 sessions de dues hores cadascuna. La primera sessió es divideix en una part introductòria teòrica y un primer exercici pràctic. La introducció té per objectiu presentar el flux de treball per a la construcció de models 3D de reservori, i permet a l'estudiant entendre el procediment que aplicarà en els exercicis pràctics. També s'introdueixen els diferents mètodes de modelització 3D de fàcies, algorismes i conceptes geoestadístics. S'han dissenyat 4 exercicis pràctics amb la finalitat que l'estudiant pugui assolir els següents objectius:

- Practicar el procediment d'aplicació de diferents algorismes i conèixer les dades que es requereixen en cada cas.
- Dissenyar models 3D jeràrquics de fàcies que permetin abordar diferents escales d'heterogeneïtat sedimentària.
- Conèixer el procediment per obtenir variogrames experimentals.
- Decidir quina estratègia de modelització és més adequada en casos reals en el subsòl.

Alguns exercicis pràctics van acompanyats d'una explicació teòrica complementària. Els alumnes treballen guiats per la professora, el 75% del temps que ocupen les sessions. La resta fan treball autònom amb el suport d'un guió de pràctiques.

Aquesta part de l'assignatura s'avalua a través d'un exercici pràctic de construcció d'un model 3D de fàcies amb Petrel, acompanyat d'una memòria on l'estudiant expliqui el procediment que ha fet servir i especifiqui quines decisions per a la construcció del model i raoni el per què.



Exemple de construcció d'un model 3D de fàcies de dipòsit i de propietats físiques associades

Comentaris i valoracions sobre les experiències pilot d' Estratigrafia, Geologia d'Hidrocarburs i 3D Geological and Reservoir Modelling

Tal com ja es va expressar a informes anteriors, la valoració de les pràctiques en conjunt, considerant possibilitats de desenvolupament i assimilació per part dels estudiants, és positiva, malgrat que alguns aspectes s'han de millorar de cara a una futura aplicació:

Aspectes positius:

- a) Els estudiants han mostrat adaptabilitat ràpida i eficient en l'ús dels programes (especialment, Petrel) en el primer contacte que han mantingut.
- b) La pràctica ha posat de manifest la utilitat que ofereixen aquestes eines en la comprensió de la realitat tridimensional, i s'ha demostrat que es poden començar a implementar en cursos que no han de ser necessàriament avançats, com els de màster, sinó que resulten ser eines de gran capacitat didàctica.
- c) És convenient en les primeres etapes del procés d'aprenentatge (estudiants de Grau, especialment) que l'estudiant hagi treballat prèviament amb les dades en un format manual, sense un suport digital 3D, per tal que s'hagi familiaritzat amb el cas plantejat a l'exercici.
- d) Introduir pràctiques amb software de modelització 3D en cursos de Grau (com s'ha fet amb Geologia d'Hidrocarburs) és bàsic per avançar més ràpidament en assignatures de màster de modelització 3D de reservoris i poder centrar-se més en l'aprenentatge i assimilació d'aspectes geològics i geostatístics de la modelització de reservoris, i no tant en aspectes purament tècnics del funcionament del software.
- e) Introduir imatges 3D de cossos sedimentaris i de les seves propietats recolzant explicacions sobre l'estratigrafia i sedimentologia (com s'ha començat a fer en les pràctiques de camp d'Estratigrafia del Grau) ofereix una millor comprensió d'alguns conceptes geològics per part dels estudiants, i una assimilació de l'aplicació de la geologia (i per tant, dels coneixements que estant adquirint) directament en la indústria d'hidrocarburs, entre d'altres.
- f) Els estudiants reconeixen els avantatges en l'ús de programes per representar la realitat geològica en 3D. També han mostrat interès en l'aprenentatge de tècniques de modelització 3D de reservoris que s'utilitzen en la indústria d'hidrocarburs.
- g) Tant és així durant el curs 2014/2015 s'han començat a portar a terme el desenvolupament de dos Treballs Fi de Grau amb tècniques 3D. Pensem que aquest fet pot dotar els estudiants d'una major possibilitat d'incorporar-se al món laboral de la indústria petrolera en acabar el Grau, donat la gran importància que té el domini de software de modelització com Petrel en aquest tipus d'indústria.
- h) Els estudiants de màster segueixen mostrant molt d'interès en la realització de Treballs Fi de Màster en què hagin d'aplicar els software PETREL i RMS.
- i) Disposar de RMS i Petrel és un avantatge per l'estudiant donat que pot tenir accés a l'aprenentatge del dos software de modelització de reservoris més importants en la indústria dels hidrocarburs.

Aspectes a millorar:

- a) Cal seguir valorant en cada cas el temps de durada real de la pràctica un cop experimentada, i si escau, ampliar la durada de la pràctica per tal de poder assimilar amb més calma i rendiment la introducció al programa informàtic.
- b) En alguns casos seria convenient ampliar les hores de docència per tal que l'estudiant pugui integrar els conceptes teòrics amb el desenvolupament i l'aplicació pràctica de la modelització 3D de fàcies, donada la complexitat associada a la assimilació de conceptes geoestadístics.
- c) S'està treballant en dissenyar un exercici de modelització de reservoris que integri tot el flux de treball aplicat al subsòl i que serveixi per connectar els coneixements que els estudiants reben de diverses assignatures.
- d) Disposar d'un major número d'ordinadors amb llicència PETREL per tal que cada un dels estudiants pugui treballar sense compartir ordinador. Al llarg del proper

- curs es disposarà de més ordinadors, i ja s'ha obtingut l'ampliació a 25 del número de llicències de Petrel amb Schlumberger.
- e) Disposar de RMS i PETREL i fer efectiu l'aprenentatge en l'ús dels dos software pot implicar haver d'adaptar les dades digitals a dos formats diferents, i la necessitat d'augmentar considerablement el número d'hores de docència.
 - f) Es troba a faltar un espai-aula adient (més gran i amb un mobiliari modular adequat) per poder fer una distribució més adequada.

3.3.4- Assignatura Cartografia Geològica I

Segon curs. Grau de Geologia

Grup docent de Geologia Marina

Durant el període considerat, a l'assignatura Cartografia Geològica I del Segon curs del Grau de Geologia s'ha emprat el material elaborat en format ArcINFO/ArcScene consistent en models 3D senzills (topografia, plans geològics). Aquest material, que té com a objectiu facilitar a l'estudiant la comprensió de conceptes propis de la Cartografia Geològica (corbes de nivell, traça de plans, direccions de capa, regla de la V), està pensat per ser ofert en combinació amb l'Aula Virtual, un sistema semblant a l'Escriptori Remot, mitjançant el qual els alumnes poden accedir, des d'una terminal externa, a una màquina virtual que recrea els ordinadors de l'Aula d'Informàtica, incloent-hi el programari disponible. Així, els estudiants poden descarregar el material docent addicional des de l'ordinador de casa i obrir-ho i visualitzar-lo mitjançant el programari ArcINFO/ArcScene de l'Aula Virtual. Aquesta manera de fer també permet mostrar aquest material docent a l'aula presencial, comentar-lo i fer-lo servir per la introducció i explicació dels conceptes.

El material consisteix en tres escenes 3D, basades en exercicis pràctics de classe. La primera escena conté un fragment del mapa topogràfic de Siurana, usat en la segona classe a l'aula presencial per a introduir els conceptes topogràfics de corba de nivell, carena, fons de vall, cim i coll, i els conceptes geològics de pla horitzontal i pla vertical. La segona escena conté un mapa geològic amb una sèrie monoclinat, usat en la tercera classe a l'aula presencial per a introduir els conceptes de pla inclinat, cabussament, direcció de capa i traça geològica. La tercera escena conté un mapa topogràfic i diferents plans geològics amb cabussaments diferents, i permet copsar fàcilment com varia la traça d'un contacte en funció de la topografia i de la pròpia geometria del contacte. Aquestes escenes permeten activar i desactivar elements, rotar i adoptar diversos punts de vista per entendre les relacions geomètriques entre els diferents elements.

Actualment s'està treballant amb l'elaboració d'un projecte digital 3D amb PETREL que permeti visualitzar les estructures geològiques en 3D corresponents a un exercici d'un mapa complex que s'ha realitzat a classe prèviament, i que s'ha basat en la interpretació d'un mapa geològic amb mètodes convencionals (mètodes geomètrics manuals). L'objectiu és que l'estudiant pugui comprendre la geometria de les traces cartogràfiques de superfícies geològiques com ara contactes plegats en forma de sinclinals i anticlinals, falles verticals, o sèries monoclinals inclinades.

Comentaris i valoracions sobre les experiències pilot de Cartografia Geològica I

Durant la docència presencial i en el guió de pràctiques de l'assignatura s'ha donat als estudiants les instruccions per a l'ús autònom d'aquestes eines addicionals. Els alumnes s'han pogut a l'Aula d'Informàtica mitjançant l'Aula Virtual i interactuar amb les diferents escenes que s'han posat a la seva disposició. S'han usat aquestes escenes, també, per a la docència presencial i la introducció de conceptes. En general, els estudiants han mostrat la seva satisfacció per poder accedir a aquest tipus de material. Aquesta satisfacció s'ha fet palesa especialment en els alumnes repetidors, que han pogut avaluar la docència sense i amb aquestes eines, amb comentaris molt positius.

L'experiència durant el darrer curs acadèmic amb vigència del projecte no ha estat tant positiva com ho va ser el primer any en què es va usar aquest material, degut a les dificultats tècniques

a les aules i la no disponibilitat de l'Aula Virtual. Tot i això, serà un material docent que se seguirà oferint en propers cursos. Com ja es va apuntar hi ha importants mancances als ordinadors del professor a les aules, que han dificultat ensenyar als alumnes com fer ús d'aquestes eines. O bé caldria millorar les prestacions dels ordinadors del professor a les aules i poder instal·lar el software ArcINFO, o bé caldria posar-los en situació de poder connectar-se a l'Aula Virtual.

3.3.5- Assignatura de Cartografia geològica **Segon curs. Grau d'Enginyeria geològica** **Grup docent d'Estratigrafia**

Accions desenvolupades

Al campament d'iniciació a la Cartografia Geològica de Camp, a les sessions de posta en comú del treball de camp, es fa servir de forma inicial i experimental l'aplicació *Google Earth* per visualitzar els models 3D del terreny amb la ortofotografia de la zona que s'està treballant per resoldre dubtes i planificar el treball de la jornada següent.

Aquesta eina és senzilla i a l'abast de qualsevol estudiant amb un ordinador portàtil o *tablet*. Si es fan visualitzacions detallades de la zona quan l'ordinador és connectat a Internet, aquestes queden guardades a la memòria de l'aparell i permeten la navegació a posteriori, sense cap tipus de connexió a Internet.

També s'ha plantejat la possibilitat de confeccionar models digitals del terreny entapissats amb ortofotografies d'alta qualitat fent servir el programa *Microstation*. En aquest cas es guanyaria en precisió. El problema és tindre a la disposició dels estudiants i professors ordinadors portàtils amb llicències i capacitat de gestionar aquest programari, la qual cosa és inviable ara per ara. És per això que s'opta per *Google Earth* degut a la seva accessibilitat, malgrat la seva menor precisió.

Comentari i valoració de les accions desenvolupades

El plantejament d'aquesta experiència és encara preliminar per fer valoracions definitives.

3.3.6- Assignatura de Geologia estructural i tectònica **Segon curs. Grau de Geologia.** **Grup docent de Geologia estructural**

Accions desenvolupades

Per a aquesta assignatura de grau, s'ha incorporat diferent material de pràctiques en 3D per a complementar i ajudar en l'aprenentatge de conceptes bàsics en la geologia estructural. Aquest material és d'ús lliure per als estudiants, descarregable i consultable a través de programes lliures existents a la xarxa (*Acrobat Reader*) que els permet utilitzar-lo en qualsevol plataforma. Tots els documents PDF generats (inserir al Campus Virtual de l'assignatura) contenen gràfics 3D interactius complementats amb gràfics 2D més tradicionals per a augmentar el grau de comprensió.

Aquest material està dissenyat per introduir conceptes bàsics referits a l'assignatura:

- Elements que identifiquen un pla i que els serveixen per a caracteritzar-lo
- Projectió estereogràfica; projectió d'elements geològics sobre plans

Comentaris i valoracions sobre l' experiència pilot de Geologia estructural i tectònica

Encara no es pot establir una valoració. Es contempla la possibilitat d'incloure al Campus Virtual nous documents sobre construcció de talls geològics i els conceptes d'estructura cilíndrica i cònica; i representació d'angles aparents segons un pla de tall no perpendicular a una estructura.

3.3 7- Assignatura de Geologia integrada del subsòl.

Quart curs. Grau de Geologia

Grup docent de Geologia estructural

En la assignatura de Geologia Integrada del Subsòl de 4rt de Grau de Geologia es dediquen 62 hores d'activitats presencials, distribuïdes en 26 de teoria i 36 de pràctiques. L'objectiu principal de la assignatura és abordar l'estudi global d'una estructura geològica, integrant dades de superfície i de subsòl i amb diferents formats, que els permeti entendre aquesta estructura d'una manera més complerta i real, i introduir a l'estudiant en la metodologia necessària per a tal fi.

En la primera part del curs es realitzen pràctiques relacionades amb la interpretació de perfils sísmics amb diferents estils estructurals. Moltes d'aquestes pràctiques es realitzen amb una pantalla tàctil que permet abordar i entendre els principals problemes de la interpretació sísmica d'una manera més didàctica i amena. S'ha constatat que molts dels conceptes que amb les eines clàssiques quedaven oberts, amb aquest equipament s'han assolit positivament.

Durant la segona meitat del curs, es procedeix a l'estudi d'un exemple real, tant des del punt de vista de camp (adquirint dades) com des del punt de vista de gabinet. És en aquesta part on es realitza la interpretació de perfils sísmics de la zona d'estudi utilitzant programari específic (*The Kingdom Suite* de la companyia *Seismic Micro-Technology*) i que requereix un enfoc i un treball en un entorn 3D. Al final d'aquesta segona part, també s'utilitza el paquet informàtic *MOVE* de *Midland Valley*, per tal d'integrar en un únic entorn 3D totes les dades interpretades de sísmica amb les dades de camp disponibles, tant de superfície com de subsòl, per acabar realitzant un tall geològic de la zona. D'aquesta manera, l'alumne integra i entén de manera global, les dades que ha anat estudiant per separat (camp - sísmica - gabinet), i l'ajuda a comprendre millor les relacions existents entre totes, és a dir, com es relacionen les dades de subsòl amb les dades de superfície, punt molt important per a poder assolir l'objectiu final.

Comentaris i valoracions sobre l' experiència pilot de Geologia integrada del subsòl

En general, el desenvolupament i la introducció de pràctiques encaminades a treballar en 3D sota un entorn 3D per a l'assignatura de Geologia Integrada del Subsòl ha estat un encert i un pas endavant en l'aprenentatge per part de l'alumne del temari propi de l'assignatura. En aquest sentit, diferents aspectes dels exercicis realitzats que abans no quedaven molt clars (degut, principalment a ser estructures tridimensionals complexes difícils d'assimilar amb la metodologia tradicional 2D), actualment s'assimilen amb més claredat i permeten entendre millor l'estructura sota estudi, i, per tant, arribar més lluny en els objectius finals.

L'assimilació per part de l'alumne dels programes informàtics a utilitzar, requereix un temps important de dedicació que en general no tenen, fet que es tradueix en un ús limitat dels mateixos i es redueix a les característiques essencials dels programes per a realitzar la feina a fer.

Un altre aspecte a tenir en compte (i que és extensible a d'altres assignatures) és que, tot i que l'aproximació o l'enfoc 3D que s'ha introduït a l'assignatura sigui positiu, és important que l'alumne hagi treballat i "entrenat" prèviament el cervell en exercicis 3D, fet que fa que l'alumne pugui aprofitar molt millor les aproximacions 3D i pugui avançar més ràpid en la comprensió de la estructura en global. Això passa per haver treballat conceptes 3D en etapes de formació anteriors (pre universitàries o en els estadis inicials de l'etapa universitària) que permetin a l'alumne adquirir la "visió i comprensió 3D" d'una manera àgil i ràpida.

Caldrà esperar un segon any d'aplicació de l'experiència per poder establir alguna valoració.

3.3 8- Assignatura de Geologia marina

Quart curs. Grau de Geologia

Grup docent de Geologia marina

A -El curs 12-13 es va crear un exercici pràctic amb suport de visualització 3D sobre la distribució 3-D de la Matèria Particulada en Suspensió (MPS) en el denominat Mar Catalano-Balear (MCB), una part del Mediterrani Occidental la situació geogràfica del qual i les seves característiques fisiogràfiques, hidrodinàmiques i sedimentàries condicionen la naturalesa de la MPS i els processos que controlen el seu transport i distribució regionals. El model es basa en la mesura de les concentracions de MPS, en 168 estacions hidrològiques distribuïdes irregularment en la zona, mitjançant un instrument òptic que determina la turbidesa de la columna d'aigua. Aquestes mesures són un procediment semi quantitatiu per a l'estudi de les variacions de la concentració de MPS.

La construcció del model s'ha portat a terme utilitzant un programa per a l'anàlisi geoespacial multidimensional, la modelització i la visualització d'objectes geològics anomenat earthVision (EV). EV s'estructura en un conjunt de mòduls integrats sota una mateixa interfície gràfica que proporciona un entorn de treball intuïtiu i amigable. Entre les principals característiques del programa trobem una sèrie d'eines analítiques (edició/manipulació d'arxius de dades, càlculs matemàtics/relacionals complexos, estimacions volumètriques), la modelització d'objectes geològics (creació de superfícies i de volums a partir de la construcció de malles regulars 2-D/3-D, generació de models geològics 3-D consistents), i una representació visual avançada que, a més de produir diferents tipus de mapes o seccions transversals, permet l'anàlisi i la verificació de les dades i dels models mitjançant el seu potent mòdul visualitzador 3-D (3-D Viewer). El programa, del qual el GRC Geociències Marines disposa una llicència d'ús, té fortes restriccions per ser utilitzat per varis usuaris a la vegada. Per aquest motiu, durant la sessió s'ha utilitzat només, conjuntament amb els models propis, una versió demo totalment operativa del 3-D Viewer que treu tot el profit del nou equipament informàtic (ordinadors amb targetes gràfiques potents i ulleres especials) de l'Aula de treball i visualització 3D (Aula 21) de la Facultat de Geologia per estudiar i analitzar els models presentats.

Resultats assolits primera pràctica

Prèvia introducció per part del professor a les característiques de EV i al funcionament del 3-D Viewer, els alumnes han pogut:

- Visualitzar les dades originals i tractades, intentant trobar diferències entre ambdós conjunts, per aventurar una primera idea de la distribució de la MPS en el MCB.
- Observar detingudament els models 3-D, utilitzant en primer lloc les eines del 3-D Viewer per extreure la informació sobre la distribució de la MPS, per passar tot seguit a utilitzar les ulleres de visualització 3-D.
- Fer seccions seriades dels models seguint determinades direccions per observar la presència de capes nefeloides (estructures grollerament tabulars amb una concentració de MPS superior a la de les aigües circumdants) i avaluar l'extensió i el tipus de material associat.
- Realitzar càlculs volumètrics segons concentracions i/o províncies fisiogràfiques, i calcular, en tones, la quantitat total de MPS dins del volum d'aigua estudiat.

B -El curs 13-14 s'ha creat un nou exercici pràctic amb suport de modelització i visualització 3-D per abordar l'estudi 3-D dels canals turbidítics. Els canals turbidítics són la prolongació, més enllà del peu del talús, dels canyons submarins presents en un gran nombre de marges continentals. Tenen gran importància en la transferència de material terrígen cap a les conques oceàniques on vertebreren i alimenten sistemes deposicional profunds. L'anàlisi detallada de la morfologia i dels paràmetres geomètrics de canals turbidítics actuals aporta informació rellevant sobre la naturalesa dels processos responsables de la seva formació i evolució. Com que els canals turbidítics preservats en el registre geològic tenen un elevat interès econòmic com reservoris d'hidrocarburs, l'estudi dels canals turbidítics actuals i subactuals, i dels sistemes sedimentaris a ells associats, ha despertat l'interès de les companyies petroleres per la seva qualitat de possibles anàlegs de reservoris.

Durant la pràctica s'ha treballat amb una sèrie de programes de producció pròpia, denominats

Levar, Lemor i Levol, aplicats a un canal turbidíctic situat en el marge continental de l'Ebre, en el Mediterrani Nord-occidental. Els programes permeten analitzar la morfologia, calcular els paràmetres geomètrics i visualitzar en 3-D el reompliment sedimentari potencial d'un canal turbidíctic, utilitzant el mòdul 3-D Viewer del programa earthvision (EV) i l'equipament informàtic de l'Aula de treball i visualització 3D de la Facultat de Geologia. Convindria fer esment que el programa EV, del qual el GRC Geociències Marines disposa una llicència d'ús, té fortes restriccions per ser utilitzat per varis usuaris a la vegada. Per aquest motiu, durant la sessió s'ha utilitzat, conjuntament amb els programes propis, una versió demo totalment operativa del 3-D Viewer.

Resultats assolits segona pràctica

Prèvia introducció per part del professor de les característiques del programari a utilitzar i al funcionament del 3-D Viewer, els alumnes han pogut:

- Visualitzar les dades batimètriques originals i tractades, i descriure la morfologia general del marge continental de l'Ebre i del canal turbidíctic estudiat.
- Discretitzar el canal en vàries seccions transversals de control. Amb el programa Levar, obtenir el polígon que inclou el canal i la traça del seu eix central. Visualitzar el resultats.
- Calcular els paràmetres geomètrics del canal amb el programa Lemor i descriure la geometria en planta i en secció.
- Visualitzar en 3-D els resultats de l'aplicació del programa Levlo. Capturar les vistes més representatives i calcular el volum del potencial reompliment sedimentari del canal.
- Realitzar la interpretació morfosedimentària del canal i extreure les principals conclusions de l'exercici.

Comentaris i valoració de l'experiència pilot de Geologia marina

En relació als preparatius necessaris, i a l'optimització i configuració del hardware disponible, la valoració de la pràctica és molt satisfactòria. Els objectius proposats s'han completat amb total èxit i aprofitament per part de l'alumnat que ha gaudit especialment amb la visualització real 3D que els hi ha permès una comprensió més real del problema plantejat. Els resultats obtinguts són, en general, prou interessants i demostren que els alumnes han assimilat les possibilitats del programa amb rapidesa. Per tant, aquesta activitat representa l'inici d'altres pràctiques enfocades a la modelització i la visualització 3-D en l'àmbit de les Geociències Marines pels propers cursos del Grau de Geologia i del Màster de Ciències del Mar.

3.3 9- Assignatura de Cartografia d'Hàbitats Marins

Màster en Oceanografia i Gestió del Medi Marí

Grup docent Geologia marina

Accions desenvolupades

El Màster en Oceanografia i Gestió del Medi Marí ha estat en procés de redisseny i verificació durant el període que comprèn aquest Projecte d'Innovació Docent. Com a assignatures fruit del redisseny del màster que es van considerar susceptibles d'incorporar activitats que comptessin amb la Visualització 3D, es van identificar "Geologia dels Oceans" i "Cartografia d'Hàbitats Marins". Els cursos 2013-14 i 2014-2015 han estat els primers en què aquestes assignatures s'han impartit. Pel que fa a l'assignatura "**Geologia dels Oceans**", de caire obligatori i de contingut eminentment teòric, s'ha considerat finalment la impossibilitat d'incloure aquest tipus de contingut degut a l'elevat número d'alumnes matriculats (45). Un número elevat d'estudiants, la planificació rígida del calendari, i una ràtio molt petita de llicències disponibles per estudiant impedeix la implementació de pràctiques amb accés a l'Aula d'Informàtica per poder fer ús de software especialitzat.

Assignatura: Cartografia d'Hàbitats Marins

Accions desenvolupades

L'assignatura "Cartografia d'Hàbitats Marins" es començà a impartir la primavera del 2014 amb

l'objectiu de donar a conèixer a l'estudiant els estadis bàsics en el plantejament d'un estudi cartogràfic d'hàbitats marins d'una determinada zona. La cartografia d'hàbitats mostra la distribució dels hàbitats mitjançant la interpretació de les capes de dades físiques, sovint derivades de la teledetecció, utilitzant la informació biològica sobre els hàbitats. En l'assignatura l'alumne es familiaritza amb diverses tècniques especialitzades afins a la cartografia d'hàbitats, tant en la seva component teòrica com pràctica. Aquestes tècniques inclouen programari especialitzat en

- 1) el disseny de campanyes oceanogràfiques,
- 2) l'adquisició de dades geofísiques acústiques,
- 3) el tractament i processat d'aquestes dades, i
- 4) l'elaboració de productes cartogràfics finals.

En les classes pràctiques, tant a mar com a l'aula d'ordinadors, s'utilitza software comercial especialitzat.

Resultats assolits

L'assignatura disposa, des del gener del 2014, de 10 llicències acadèmiques del software CARIS HIPS&SIPS gràcies a un conveni firmat entre l'empresa CARIS Corporation i el Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines de la Universitat de Barcelona. Aquest software de processat i tractament de dades batimètriques disposa de la última tecnologia en visualització 3D. L'elaboració de productes cartogràfics finals es fa a partir del programari ArcINFO/ArcScene (vegeu-ne la descripció en apartats anteriors), on es combina la informació batimètrica amb informació obtinguda del mostreig directe i l'observació dels fons marins.

Comentaris i valoració de l'experiència de l'experiència pilot de Cartografia d'Hàbitats Marins

Els estudiants del curs 2013-14 s'han mostrat satisfets de la formació rebuda tal i com ho demostra l'enquesta d'opinió de l'assignatura, amb un 9.40 de mitjana (30% de participació)

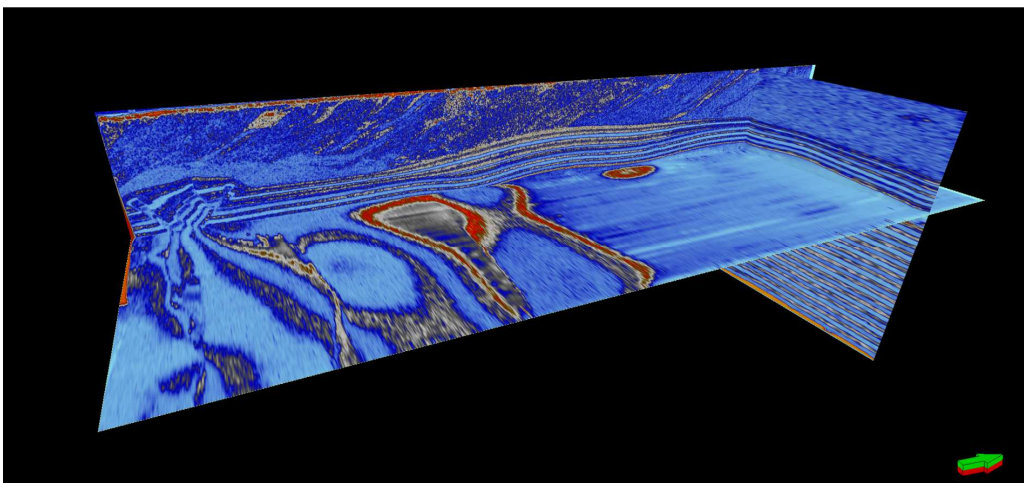
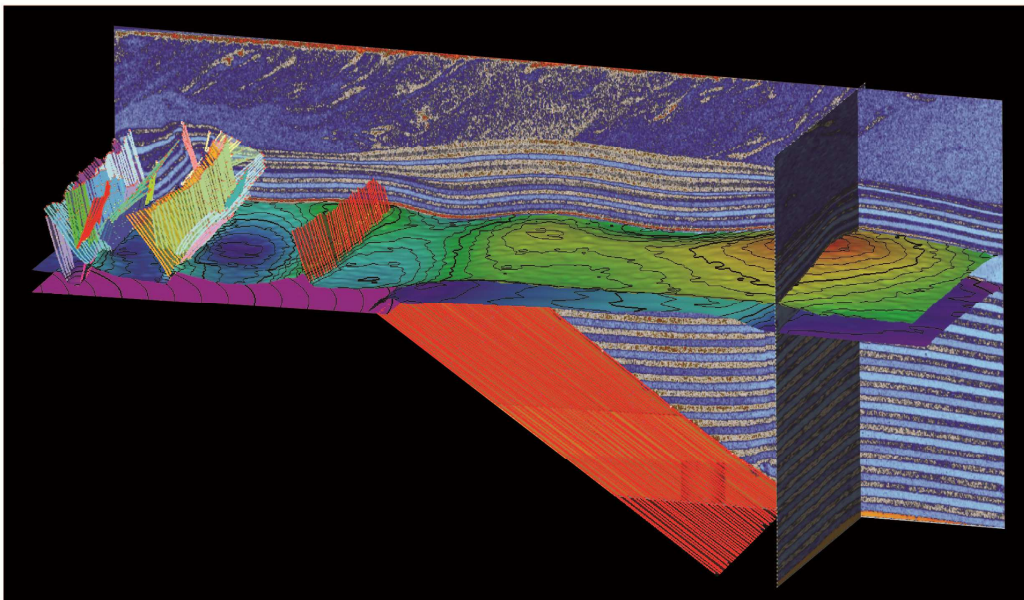
3.3.10- Assignatura Reflections Seismics: Processing and interpretation Màster de Geology and Geophysics of reservoris Grups docents de Geofísica i Geologia estructural

Aquesta assignatura és impartida conjuntament per professors dels grups docents de Geofísica (Seismic processing) i Geologia estructural (Interpretation). El seu objectiu principal és introduir a l'estudiant a la interpretació geològica de perfils sísmics amb diferents estils estructurals. A nivell metodològic pretén donar a l'estudiant les eines bàsiques utilitzades en l'exploració sísmica tant en escenaris 2D o 3D. La docència d'aquest curs s'ha repartit al llarg de 28 hores lectives, en 20 de les quals, s'ha utilitzat des de 2012 recursos 3D (15 llicències acadèmiques del programa d'interpretació sísmica *The Kingdom Suite* de la companyia *Seismic Micro-Technology*). Aquest programari permet interpretar les dades de subsòl directament en un entorn tridimensional tot integrant tant dades geofísiques com dades de pou i introdueix els estudiants en les tècniques d'estudi utilitzades a la indústria. Aquesta plataforma permet treballar als estudiants directament en 3D Les pràctiques realitzades inclouen el treball individual de casos reals tant utilitzant dades sísmiques 2D i 3D com dades de pou. Aquestes eines permeten la construcció de models geològics de subsol en tres dimensions a partir de les interpretacions realitzades pels estudiants. A nivell metodològic, el fet d'abordar la interpretació sísmica directament des d'aquesta perspectiva simplifica en gran part els problemes de correlació 3D d'estructures geològiques que es produïen durant la interpretació sísmica a partir de dades en paper.

Tal com es va indicar a l'informe preliminar aquesta assignatura implica el maneig de gran volum de dades que involucra la part de processat de dades sísmiques (aquesta part és complementària a la que pel grup de Geologia Estructural desenvolupa en la part d'interpretació). En particular en aquesta assignatura s'ha implementat el programari Promax de l'empresa Landmark, que és un dels programes estàndard que utilitzen les empreses de serveis de les petroleres, encara que per al màster només s'ha disposat de nou llicències acadèmiques temporals. Per aquest curs, el procés d'instal·lació ha estat més senzill que el

curs anterior que era la primera vegada que es realitzava en aquest maquinari, tot i això ha requerit un cert temps i suport per part del servei de suport informàtic de la UB . Creiem que seu ús per part dels alumnes de l'assignatura ha esta molt satisfactori i ha justificat els esforços per instal·lar-lo. El material pràctic utilitzat durant el curs s'ha elaborat tenint en compte diversos escenaris estructurals a partir de dades sísmiques 2D i 3D (tectònica extensiva del Mar del Nord; tectònica salina del Golf de Mèxic i Angola; inversió tectònica del Golf d'Oman; etc...). El fet de treballar una zona estructuralment complexa a partir de dades 2D i després amb dades 3D, permet introduir les limitacions de les dades 2D a l'hora d'establir models estructurals fiables.

Durant aquest any també s'ha iniciat la introducció de models analògics com a dades sísmiques tot utilitzant una nova metodologia per convertir les seccions realitzades al final d'aquests models en cubs de sísmica 3D. Aquests cubs sísmics realitzats a partir dels models analògics de sorra produïts en experiments al laboratori de modelització analògica de Geomodels instal·lat al SIMGEO de la Facultat de Geologia, contempnen diversos contextos tectònics (extensió, compressió, inversió i tectònica salina) són molt visuals i didàctics. Com a eina d'estudi són molt útils perquè permeten avançar els estudiants en la caracterització 3D d'estructures geològiques més simples que les que s'observen a la sísmica dels casos reals.



Comentaris i valoracions sobre l' experiència pilot de Reflection seismics: Processing and interpretation

L'experiència general de l'ús de tècniques 3D en la docència de l'assignatura ha sigut molt positiva. Els estudiants adquireixen una visió general del flux de treball aplicat a la indústria dels hidrocarburs. El treball recent amb les dades a partir de models analògics permet que l'estudiant assumeixi ràpidament el flux de treball per després aplicar-lo en la interpretació de dades sísmiques reals. D'altra banda l'ús de cubs sísmics realitzats a partir dels models analògics han permès que l'estudiant aprofundeixi tridimensionalment en conceptes de geologia estructural. Es tracta d'una tècnica que està essent desenvolupada en UK al Fault Dynamics Research Group (Royal Holloway University of London) amb la participació de membres de l'equip docent de geologia estructural de la UB i que es vol implementar als procediments de treball a Geomodels; i en especial al laboratori d'experimentació analògica, donat que obren una altra dimensió a l'estudi dels models analògics i la seva aplicació docent. Aquesta tècnica és totalment nova dins de l'àmbit de l'estat espanyol i només s'aplica extensivament a pocs laboratoris en tot el món (Fault Dynamics Research Group del Royal Holloway University of London i l'Applied Geodynamics Laboratory del Bureau of Economic Geology d' Austin, Texas)

3.3. 11- Assignatura de Geophysical characterization and monitoring reservoirs Màster de Geology and Geophysics of reservoris Grup docent de Geofísica

En aquesta assignatura es volia visualitzar les dades i models geofísics i la seva evolució temporal per a la seva aplicació a estudis de seguiment (monitoring). Per aquest cas es va considerar el programari lliure *Paraview* entre les diferents opcions disponibles ja que és un programari en codi obert que permet en principi la visualització 3D. En aquest software *Paraview* s'ha instal·lar la versió 3.12 en dues modalitats, l'opció sense ulleres 3D en els ordinadors de la sala S1 i en l'aula virtual, i l'opció de visualització 3D completa en els ordinadors de l'aula 21. Es preveu testejat i instal·lar la nova versió 4.0 del programa.

Comentaris i valoracions sobre l' experiència pilot de Geophysical characterization and monitoring reservoirs

Durant el segon any del projecte 1) es va mantenir el funcionament de la infraestructura ja instal·lada (Promax i sol·licitar les llicències per al pròxim curs) 2) es va potenciar la visualització 3D amb el programa Paraview 3) es va estendre'l a les altres assignatures (Geophysical data analysis i Geodinàmica) i seguir explorant posteriorment noves eines.

3.3.12 Assignatura Análisis y Modelización de Cuencas Màster d'Enginyeria Geològica i de Mines Grup docent de Geologia estructural

Dins d'aquesta assignatura, s'ha realitzat (curs 2014-2015) una sessió teòrico-pràctica de 3 hores de durada amb l'objectiu d'introduir l'estudiant en la modelització 3D numèrica de conques sedimentàries tant en el seu aspecte teòric, com en el pràctic, utilitzant el programa SIMSAFADIM-CLASTIC, desenvolupat en l'Institut de Recerca Geomodels. Per a una visualització més entenedora i completa, s'ha modificat el codi per tal de poder obtenir uns fitxers de sortida compatibles amb el programari lliure i gratuït Paraview. Aquest fet proporciona a l'alumne, no únicament la possibilitat de visualitzar en 3D els resultats, sino que també afegeix la interacció amb els mateixos, permetent visualitzar els resultats en el temps, fent pel·lícules "4D" (objectes 3D que evolucionen en el temps) o activant o desactivant diferents paràmetres o diferents cossos sedimentaris.

Comentaris sobre l' experiència pilot de l'Assignatura m) Análisis y Modelización de Cuencas del Màster d'Enginyeria Geològica i de Mines

Després d'introduir els canvis explicats amb els fitxers de sortida i la visualització 3D, l'alumne ha pogut visualitzar amb més facilitat els resultats del programa de modelització. A més a més, la interacció directe 3D amb els resultats fa que la comprensió i anàlisi dels mateixos sigui més completa i profitosa.

3.3 13 Treballs Fi de Grau i Treballs Fi de Màster

Els treballs de final de grau i de màster constitueixen una prova de la culminació de la formació rebuda pels estudiants tant de graus com de màsters.

Cada cop més estudiants s'interessen per la possibilitat de fer treballs relacionats amb l'ús de tècniques de treball 3D, donada la seva aplicabilitat al món professional.

PETREL, RMS i GoCad i altres programaris han estat aplicats en el desenvolupament de Treballs Fi de Màster, especialment adreçats a la modelització 3D de reservoris i simulació de flux. Aquest programari i les tècniques de modelització 3D s'han aplicat des d'una mica abans de l'inici del projecte i fins el curs actual 2014-15 en un total d'un mínim de 13 treballs.

4. CONCLUSIONS DEL PROJECTE

4.1 Conclusions generals i específiques

a) **L'experiència general de l'ús de tècniques 3D en la docència de les assignatures ha estat positiva o molt positiva.** En el cas dels graus, els estudiants adquireixen i comprenen, tant en teoria com en pràctiques de camp i gabinet conceptes bàsics o més elaborats que faciliten l'aplicació dels seus aprenentatges teòrics. En el cas dels màsters, a més a més, els estudiants assoleixen més fàcilment el concepte i les característiques del flux de treball en geologia del subsòl que els hi serà d'utilitat en el món laboral. **Des d'aquesta perspectiva es pot afirmar que l'ús de tècniques de visualització 3D, sigui o no estereoscòpica, és una experiència aplicable a l'ensenyament d'altres disciplines de l'àmbit de ciències experimentals en les que la visió 3D facilita la comprensió espacial de l'objecte d'estudi.** Tanmateix, cal tenir en compte (i aquesta indicació també és extensible a d'altres disciplines de ciències experimentals) que, essent positiva l'aproximació 3D, és important i de gran ajuda que l'alumne hagi exercitat prèviament la seva capacitat d'anàlisi i percepció del 3D, Això passa per haver treballat conceptes 3D en etapes de formació anteriors (estadis inicials de l'etapa universitària) que permetin a l'alumne preparar-se per explotar i treure'n més profit del material docent 3D.

b) L'experiència confirma la necessitat d'establir una sèrie de nivells de continguts i metodologia del treball 3D per evitar solapament i interferència excessius entre els continguts de grau i els de màster.

c) Cal establir i mantenir la coordinació dels programaris i continguts docents entre els diferents grups que utilitzen programaris 3D similars (eg. Petrel, RMS, Gocad o altres) per tal de no solapar o repetir continguts en els diversos cursos impartits per cadascun dels grups docents.

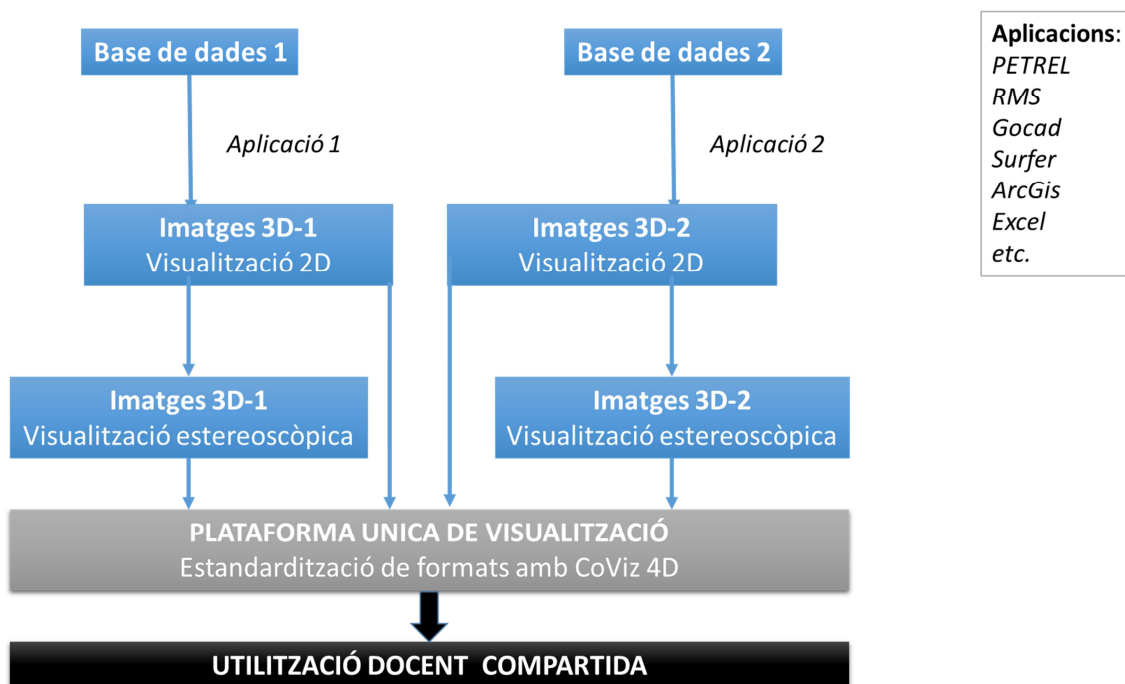
d) **És completament imprescindible que el maquinari del que finalment se'n disposi "s'entengui" amb el programari que emeti les imatges i aquest al seu torn sigui capaç de renderitzar-les adequadament. Aquest fet s'ha de tenir present en qualsevol entorn docent de ciències experimentals.** L'únic programari que explota les possibilitats del maquinari actualment disponible a l'Aula 21 de Treball i visualització 3D de la Facultat de Geologia és el visualitzador d' earthVision.

e) Donada l'experiència inicial i les observacions realitzades en altres universitats fora d'Espanya en la que les aules de treball 3D ja tenen un rodatge més llarg, es contempla com adient utilitzar un sistema de projecció col·lectiu que permeti utilitzar imatges 3D en classes teòriques i restringir l'ús de sistemes individuals (estació de treball-monitor i ulleres de visualització 3D estereoscòpica) a classes pràctiques interactives amb un nombre reduït d'estudiants (cursos superiors de grau i màster). **Tanmateix, cal tenir present que els avenços en aquest camp són molt ràpids i que la tecnologia de projecció col·lectiva i de visualització individual està evolucionant cap a instruments i dispositius més petits, econòmics i pràctics. En concret es pot plantejar que a mitjà termini caldrà explorar l'aplicació amb finalitats docents de tècniques de realitat virtual, especialment útils en Geologia.**

f) Els diversos programes a utilitzar tenen un cost per llicència generalment molt elevat, tant de la part del programa que crea el model a representar com de la part que ho visualitza. A més, cada programa manté el seu format propi i manera de construir els models, per la qual cosa l'aprenentatge de cada un d'aquests programes requeriria un temps addicional d'estudi per part de l'alumnat. **A la pràctica, en algunes assignatures o parts d'elles pot ser cal tendir a mostrar en classe la visualització d'un model prèviament generat pel professorat i sobre el qual treballar i desenvolupar la pràctica. Pot ser seria convenient convergir en un futur cap a una única plataforma de visualització que permetés importar/llegir/exportar els principals formats d'arxiu existent.** Aquest fet sembla aconsellable si es volem coordinar esforços. En aquesta línia, l'empresa DGI té un nou visualitzador integral 3-D més potent, interactiu i fàcil d'utilitzar, la característica principal del

qual és que llegeix, ja sigui directament o mitjançant importació, aquests formats d'arxiu (la llista inclou: Petrel, Gocad, earthVision, Surfer, ArcGis, Lidar, fins i tot fitxers Excel ...). L'interès d'un programa d'aquestes característiques és la seva independència vis a vis d'un o un altre programari. De fet, es poden llegir dades que provinquin d'aquests programaris sense tenir llicència d'ells. El preu d'un d'aquests programes és moderadament elevat però no inassolible. Un d'ells seria CoViz 4D, del qual es pot trobar més informació en: <http://www.dgi.com/coviz/cvmain.html> . Existeix una versió per a universitats el cost anual de la qual és d'uns 5.000' - €. Caldria plantejar si aquest cost fora assumible en un futur considerant que el seu ús es pogués estendre a la totalitat del Campus de Ciències experimentals o del conjunt de centres de la UB a on es consideri d'interès utilitzar imatges 3D i la seva visualització estereoscòpica.

El procediment suggerit seria l'esquematitzat en aquesta figura:



g) El mètode de treball recentment implementat de manera experimental en el marc del projecte, consistent en elaborar (amb les dades obtingudes a partir de l'anàlisi de models analògics fets al laboratori de modelització analògica Geomodels-SIMGEO) "cubs 3D" utilitzables en pràctiques és nou a l'àmbit de l'estat espanyol, europeu i gaire bé mundial. Aquesta tècnica (apartat 3.3.10, pg.23) permet l'estudiant:

- 1) Aprofundir tridimensionalment en conceptes geològics, es a dir millorar la seva capacitat de comprensió des d'aspectes bàsics a més complexos.**
- 2) Obtenir una visió general del flux de treball aplicat a les disciplines geològiques que, un cop assolida, pot aplicar en diversos perfils professionals.**

Aquest procediment de treball també és conceptualment aplicable a altres àmbits de ciències experimentals.

4.2 Possibles deficiències materials detectades i previsibles. Propostes de solució a curt i mig termini

Finalitzat aquest projecte cal considerar junt amb les realitzacions assolides (veure també apartat 3), les deficiències i carències constatades i les formes de solució emprades o suggerides. S'han detectat cinc deficiències fonamentals que poden representar una limitació per a l'aplicació de la visualització 3D com a eina de treball docent amb ús extensiu i generalitzat i més en particular la visualització 3D amb estereoscòpia.

a) Disponibilitat i adequació d'aules

Cal distingir en aquest cas entre una projecció d'imatges 3D en una classe teòrica i les classes pràctiques, amb molta interacció entre professor i alumnes. Per a classes teòriques, les necessitats materials són diferents ja que un únic aparell de projecció 3D i l'ús d'ulleres adients si es vol una visualització 3D estereoscòpica, serien suficients en un aula. Aquesta situació ha estat experimentada en aquest projecte en alguna assignatures obligatòries bàsiques del grau de Geologia.

Per allò referit a les classes pràctiques, les aules en les que es treballa no estan dissenyades per l'ús intensiu d'aquest tipus de tècniques docents. La projecció general i compartició de les imatges no sempre es pot fer de manera còmoda i àgil per la no adequació ni del mobiliari ni de les pantalles de projecció. Per altra banda és millor que els estudiants puguin utilitzar el programa de la manera més individual possible treballant sols o en parelles en els monitors disponibles.

Dins de l'àmbit del projecte s'ha concretat que el disseny més adient per a una aula d'informàtica i/o una sala laboratori a on aplicar la metodologia de la visualització 3D a la docència pràctica seria una sala amb un màxim 15 a 25 ordinadors, de mobiliari modular de posició modificable para cada tipus d'activitat; però al mateix temps tenint present la necessitat d'una connexió en xarxa; amb pantalles frontal i/o lateral visibles per als estudiants situades a una alçada per sobre dels monitors; i un ordinador en el que el professor faci les explicacions teòriques i pugui mostrar els procediments i la marxa de les pràctiques.

b) Grups massa nombrosos en relació al nombre de llicències i ordinadors disponibles

L'experiència d'aquests dos anys indiquen que el número d'estudiants ideal pot oscil·lar entre 15 i 25. Un nombre superior ja implica un problema per part del professor per atendre els estudiants, comptar amb un nombre elevat d'estacions de treball i tenir una aula on encabir-les.

L'adquisició de llicències (per compra o donació limitada per part de les empreses que les han dissenyat i comercialitzat) és un factor limitant principal, junt amb la carència econòmica per a l'adquisició d'ordinadors prou potents i els dispositius de visualització 3D, quan escaiguin. En el marc del projecte i amb el suport del Programa BKC i dels vicerectorats de Informació i Comunicació i Política Acadèmica i Qualitat, s'ha ampliat de 12 a 25 el nombre d'estacions de treball ara disponibles. Paral·lelament també ha estat possible ampliar de 12 a 25 el nombre de llicències gratuïtes de Petrel amb un acord de col·laboració amb Schlumberger que es mantindrà fins juliol de l'any 2017. Això permetrà tenir accés a les llicències de manera regular per poder programar adequadament els calendaris de pràctiques.

c) Accés i disponibilitat temporal reduïda

La limitada disponibilitat de les aules amb els ordinadors dotats del programari per treballar en 3D, accentuada pels tancaments en períodes de vacances, ha representat un problema afegit a la fins ara baixa dotació disponible d'ordinadors i llicències. Aquestes circumstàncies poden limitar molt el treball personal que hagin de desenvolupar els estudiants. Dins de l'àmbit del projecte s'ha concretat un protocol d'accés fora d'hores de classe i també en els moments en que l'aula d'informàtica no compti amb la presència d'un monitor.

L'experiència d'aquests dos anys suggereix que perquè el professorat i els estudiants puguin fer una explotació intensiva dels recursos disponibles s'hauria de comptar amb:

- 1) Preparació programació prou anticipades de les activitats per poder preparar adequadament no només el material docent sinó la seva instal·lació en el maquinari.
- 2) Un mínim de personal de suport a l'àmbit del Campus de Ciències que tingui capacitat de mantenir el programari i el maquinari a punt i verificar de manera general que el material docent és utilitzable amb les configuracions existents al maquinari. Tanmateix, tant professors com estudiants han d'entendre l'aula d'informàtica de treball 3D no com un servei sinó com una eina que requereix preparació prèvia al desenvolupament de les activitats docents programades. Donada l'actual situació, tot esperant que la futura reforma estructural permeti incrementar el suport tècnic a la gestió d'aules informàtiques, es proposaria la convocatòria d'una plaça de becari para donar suport a la docència 3D, amb un perfil específic.

d) Generació i disponibilitat de material docent de base adient (dades sísmiques digitals, models geològics disponibles en 3D)

L'adquisició i producció pròpia de material adient per a la seva utilització docent és un altre element que ha requerit una forta dedicació de temps per part del professorat. També en aquest cas cal diferenciar entre classes magistrals i amb projecció-visualització col·lectiva i classes pràctiques més interactives.

Pel que fa a les classes pràctiques, a les que en aquest projecte s'ha dedicat una especial atenció i esforç per part dels professors, l'explicació i comentari sobre el material elaborat hi és als apartats de les assignatures corresponents. Fins ara la pràctica totalitat del material elaborat i provat ha estat de producció i adaptació pròpia.

e) Limitació del temps presencial per a l'ensenyament i aplicació de les tècniques de treball i visualització 3D

La preparació de material 3D per a la docència és laboriosa però sovint és considerada assumible pel professorat. En canvi la preparació del material per a la seva visualització estereoscòpica i el seu ús posterior planteja més problemes.

L'aprenentatge de les tècniques de treball 3D per part de professors i estudiants requereix un cert temps i aquest condicionament pot esdevenir important donada la limitació del nombre de crèdits presencials, sobre tot als graus. Cal analitzar en cada cas fins a quin punt es pot avançar en l'ús de tutories o treball propi per part dels estudiants.

Hi ha el risc de no valorar aquest esforç com a compensat i veure el treball 3D com un aspecte poc rellevant per a la formació. Una proposta docent madura i eficaç, que mostri que el seu ús aporta una millor comprensió i capacitació a l'estudiant, soluciona aquesta reticència inicial.

4.3 Implicacions directes de l'experiència per a la Facultat de Geologia

Pel que fa a la Facultat de Geologia, l'experiència d'aquests dos anys suggereix que perquè el professorat i els estudiants puguin fer una explotació intensiva dels recursos disponibles caldrà addicionalment:

- Decidir les opcions tècniques més adients pels objectius perseguits en cada assignatura i en cada ensenyament en conjunt.
- Resoldre la falta d'espai o de la possibilitat, per motius econòmics, d'adequar un espai adient i dissenyat ad-hoc per crear una aula de treball 3D com les existents a altres universitats amb les que es vol tenir homologació. **La proposta derivada de l'experiència del projecte seria una aula d'informàtica amb 15 a 25 ordinadors, de mobiliari modular de posició modificable però al mateix temps tenint present la necessitat d'una connexió en xarxa; amb pantalles frontal i/o lateral visibles per**

als estudiants situades a una alçada per sobre dels monitors; i un ordinador de professor en el que mostrar als estudiants els procediments i la marxa de les pràctiques.

- Assegurar un accés regular als programaris que es decideixi utilitzar per permetre una adequada planificació i evitar improvisacions.
- Comptar amb més professorat preparat per treballar amb el programari necessari i capaç d'extreure'n el màxim profit docent. Caldrà programar activitats de formació que haurien de ser oficialitzades.
- Comptar amb personal tècnic de suport que permetés el manteniment i la posta a punt del maquinari i del programari dins d'un estàndard que permetés al professorat dedicar més temps al disseny de continguts i material i menys a assegurar el funcionament dels recursos materials.
- Preparació i programació prou anticipada de les activitats per poder preparar adequadament no només el material docent sinó la seva instal·lació en el maquinari.

Lluís Cabrera Coordinador
Amb les contribucions de l'Equip de professors del Projecte

Sol·licitud 002041
Barcelona, 13-03-15

AGRAÏMENTS

L'equip del projecte expressa el seu agraïment a l'Àrea de Tecnologies-Servei d'Usuaris i en particular al Sr. José Luis Cuevas pel suport tècnic i l'assessorament proporcionat durant el projecte.

APPENDIX : Dades numèriques

ASSIGNATURA / ENSENYAMENT/ GRUP-S DOCENT-S /PROFESSORS	Nº de pràctiques preparades	Nº d'assignatures millorades	Nº d'estudiants "exposats" i familiaritzats	% ap.d'estudiants "exposats" i familiaritzats	Nº de professors involucrats	Funcions professors
Geologia d'Hidrocarburs (Obligatòria, 4rt curs Grau de Geologia) GRUP DOCENT D'ESTRATIGRAFIA. P.Cabello, A.Sàez, M. Marzo	1 practica (3 sessions)	1	80	100% de 4rt de Grau G	2	Disenyar, aplicar i supervisar la realització de les pràctiques
Estratigrafia (Obligatòria, 3er curs Grau de Geologia) GRUP DOCENT D'ESTRATIGRAFIA M.Garcés, P. Cabello,P. Arbues, M. Lopez, A.Saez. E.Ramos	7	1	78	100% de 3er de Grau G	6	Disenyar, aplicar i supervisar la realització de les pràctiques
3D Geological and Reservoir Modelling (Optativa Màster G.G.R) GRUPS DOCENTS D'ESTRATIGRAFIA I GEOLOGIA ESTRUCTURAL O.Gratacós,P.Cabello	8	1	50	100 del Màster GGR	2	Disenyar, aplicar i supervisar la realització de les pràctiques
Treballs final de grau Geologia i Màster GGR GRUP DOCENT D'ESTRATIGRAFIA , P. Cabello, A.Sàez, P.Arbues	G2+M7-9	2	2+7	5% Grau --- 35% Màster GGR	3	Disseny de proposta i direcció del treball
Cartografia geològica I (Obligatòria, 2on curs) Grau Enginyeria Geològica. GRUP DOCENT D'ESTRATIGRAFIA M.López Blanco,	1	1	15	100% 2n Grau EG		
E Geologia Marina, Quart curs Grau de Geologia GRUP DOCENT DE GEOLOGIA MARINA J.L. Casamor, M. Canals	1	1	46	50% 4rt Grau G	1	Disenyar, aplicar i supervisar la realització de les pràctiques
Cartografia Geològica I, Segon curs del Grau de Geologia GRUP DOCENT DE GEOLOGIA MARINA G. Lastras	3	1	80	100% 2n Grau G	2	Disenyar, aplicar i supervisar la realització de les pràctiques
Cartografia d'Hàbitats Marins, Màster en Oceanografia i Gestió del Medi Mari GRUP DOCENT DE GEOLOGIA MARINA J.L. Casamor	1	1	20	50% Màster OGM	2	Disenyar, aplicar i supervisar la realització de les pràctiques
I Geologia estructural i tectònica (Obligatòria, 2on curs Grau de Geologia) GRUP DOCENT DE GEOLOGIA ESTRUCTURAL O. Gratacós, J.Oriol Ferrer, E. Masana	1	1	70	100 2n Grau G	3	Disenyar, aplicar i supervisar la realització de les pràctiques
J Geologia integrada del subsòl (Obligatòria, 4rt curs Grau de Geologia) GRUP DOCENT DE GEOLOGIA ESTRUCTURAL O. Gratacós, J.Oriol Ferrer, J.A. Muñoz	2	1	121	100% 4rt Grau G	3	Disenyar, aplicar i supervisar la realització de les pràctiques
Anàlisis y Modelización de Cuencas (Màster Enginyeria Geològica i Mines) GRUPS DOCENTS D'ESTRATIGRAFIA I GEOLOGIA ESTRUCTURAL O. Gratacós, L.Cabrera	1	1	10	10% Màster EGM	1	Disenyar, aplicar i supervisar la realització de les pràctiques
Reflection seismic processing and interpretation (Obligatòria, Màster GGR) GRUPS DOCENTS DE GEOFISICA I GEOLOGIA ESTRUCTURAL Beatriz Benjumea, J.Oriol Ferrer,	1	1	50	100% del màster GGR	2	Disenyar, aplicar i supervisar la realització de les pràctiques
L Geophysical characterization and monitoring reservoirs (Optativa Màster GGR) GRUP DOCENT DE GEOFISICA A. Marcuello	1	1	30	66% del màster GGR	1	Disenyar, aplicar i supervisar la realització de les pràctiques
Geophysical data analysis (Optativa Màster GGR) GRUP DOCENT DE GEOFISICA A. Marcuello	1	1	17	66% del màster GGR	2	Disenyar, aplicar i supervisar la realització de les pràctiques
TOTALS	37	14	661		30	