

GESTIÓ DE PROJECTES EXPERIMENTALS AL LABORATORI

PDI responsable de la bona pràctica

Moisès Graells

Membres de l'equip que l'ha desenvolupat i aplicat

Montserrat Pérez-Moya
Fernando Bernal
Enric Boada
Núria Borràs
Aureli Calvet
Eva Carral
Jordi Dosta

Antonio España
Montserrat López-Mesas
Leopoldo de Miguel
Carme Pujol
Margarita Sánchez
Luís Javier del Valle
Elisabeth Capón

Sergio Nadal
Mar Pérez
Ignacio Yélamos
M. Camino Bello
Esther Ortega
Virginia San Antonio

Titulació o titulacions en què
s'ha realitzat la bona pràctica, i nivell (1r curs, ...)
Enginyeria Tècnica Industrial (Química Industrial) - 2n curs
Grau en Enginyeria Química - 3r curs

Assignatura o assignatures
i tipologia (obligatòria, optativa...)
Experimentació en Enginyeria Química - Obligatòria

Àmbit de coneixement UPC
Ciències Aplicades Enginyeries Industrials

Alumnat implicat i grups
Nombre total d'alumnat: 600
(grups de 25 alumnes, aproximadament)

Trajectòria/recorregut
11 anys acadèmics
(2002-2013)

Resum

Els plans d'estudi d'Enginyeria Química tenen assignatures troncalment exclusivament de laboratori. Tot i així, la visió tradicional de la docència al laboratori continua essent la d'unes pràctiques complementàries a les assignatures teòriques.

Tanmateix, es pot dotar aquestes assignatures d'un discurs propi basat en l'experimentació com a mètode i aprofitar el fet que el laboratori, a diferència de l'aula, és un escenari idoni per a l'aprenentatge i desenvolupament de competències, actituds i aptituds més enllà de la repetició del procés de mesura i del coneixement dels fonaments fisicoquímics dels fenòmens i processos que s'estudien.

Des de fa més de deu anys l'Experimentació en Enginyeria Química de l'EUETIB s'ha plantejat com un procés de millora continua vers aquest objectiu. La formulació d'un pla estratègic que en gestionava la transformació va ser premiada el 2007 i actualment incorpora de manera explícita una sèrie de jocs de rol al laboratori orientats a l'aprenentatge de competències en l'àmbit de l'aplicació del mètode científic, la resolució de problemes, la gestió de projectes, la gestió de la qualitat i la millora contínua, la gestió de la seguretat i el medi ambient, la coavaluació i l'avaluació per a l'aprenentatge i la comunicació i el llenguatge.

Paraules clau

Aprenentatge basat en problemes/projectes (ABP o PBL)

Joc de rol

Seguretat

Presentació

Tradicionalment, el laboratori ha estat un espai on, mitjançant l'execució d'uns procediments establerts degudament, s'han verificat els coneixements teòrics impartits a l'aula. El treball al laboratori ha consistit generalment a aprendre la mecànica de la mesura i a corroborar la veritat revelada a la classe magistral.

Això pot semblar exagerat, però hi ha molts aspectes formals i del llenguatge, menors però significatius [2], que implícitament defineixen la pràctica al laboratori com una comprovació accessòria de la teoria i fan de l'alumnat un receptor passiu del coneixement transmès a les classes magistrals. Així doncs, no és estrany que en aquest context l'alumnat al laboratori no busqui aprendre, sinó demostrar que és capaç d'executar adequadament el procediment de mesura a través de l'obtenció del "resultat correcte" (conegut *a priori*).

Taula 1. Resum del canvi de paradigma per a l'Experimentació [3]. Se segueix el conegut esquema de Johnson *et al.* (1998) [4]

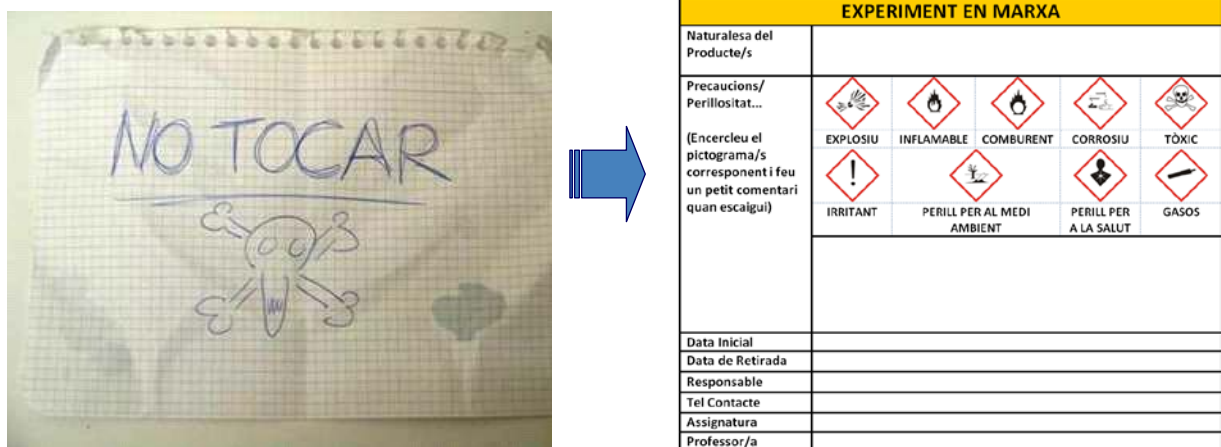
FACTOR	VELL PARADIGMA DE LA DOCÈNCIA AL LABORATORI	NOU PARADIGMA DE LA DOCÈNCIA AL LABORATORI
OBJECTIU	Reproduir les mesures de notables científics (potser de fa molt temps). Confirmar les lleis que van enunciar.	Dissenyar, executar i gestionar un projecte per adquirir, construir i comunicar coneixement experimental.
NOTA	Com més propera sigui la mesura al valor correcte, més alta serà la nota.	Com més coneixement es comuniqui finalment, més alta serà la nota.
CONEIXEMENT	S'imparteix magistralment a la classe de teoria. Es verifica al laboratori.	Es construeix al laboratori. Concorda amb la teoria (apresa abans o després –o durant).
ALUMNAT	Testimonis i mesuradors de fenòmens convenientment preparats.	Constructor actiu i transformador del seu propi coneixement. Ha de prendre decisions.
PROFESSORAT	Ajuda l'alumnat a obtenir els resultats correctes i evita que faci errors al laboratori. S'encarrega de la "posada en escena"	Ajuda l'alumnat a obtenir les seves pròpies conclusions i a aprendre dels seus errors. Permet els errors si són didàctics.
HORITZÓ	Una sessió de laboratori per trobar el resultat correcte i "fer bé la pràctica". Les dades solen ser estadísticament insuficients.	Tot un quadrimestre per projectar l'experiment, recopilar les dades de la resta de la classe i obtenir més i millors resultats.
CONTEXT	Equips independents i aïllats repetint la mateixa mesura. No es pot copiar.	Formació conjunta de grups que lideren projectes dependents i comparteixen dades.
SUPOSICIONS	Qualsevol docent pot portar sessions de pràctiques (fins i tot, o millor, els més joves i inexperts). Vigilar els estudiants al laboratori és més fàcil que impartir teoria.	La docència al laboratori és complexa i demana molta planificació. La preparació, gestió i seguiment de projectes al laboratori demana més temps que la classe magistral.

La taula 1 il·lustra el canvi de paradigma [3] que es proposa per a un aprenentatge significatiu del qual l'alumnat sigui protagonista en lloc de mer executor i per fomentar la capacitat (activa) d'induir i generar coneixement de l'experimentació. D'aquesta manera, l'aprenentatge del mètode (la competència d'enfrontar-se a un problema nou) esdevé més valuós que l'obtenció de resultats concrets de l'estudi d'un o altre fenomen o sistema (exemples necessaris però particulars). Això, evidentment, no ha de ser contrari sinó complementari a l'enfocament deductiu que majoritàriament té l'exposició de la teoria a l'aula (paradigma inducció/deducció).

A partir d'aquí, s'explicita com a canvi conceptual que l'objectiu de l'experimentació:

- No és la presa de mesures amb la finalitat de corroborar uns conceptes teòrics.
- No és (o no és només) l'adquisició de destresa en l'ús de tècniques i aparells.
- És adquirir nova informació i nou coneixement per decidir millor.
- És executar un projecte [5] que, com a tal, exigeix gestió, planificació, avaluació del cost, de l'impacte ambiental, de les oportunitats de millora i que implica tant una responsabilitat social com una necessitat de comunicar els resultats.

Figura 1. El canvis formals comporten canvis conceptuals. Explicitar l'aprenentatge relacionat és un altre canvi de paradigma.



D'altra banda, el laboratori ha estat el lloc on s'aprenia l'execució dels procediments de treball relacionats amb la seguretat i el medi ambient però sense interioritzar-ne les raons i sense aprendre un comportament tècnic responsable ("Sé que les ulleres de seguretat són prescindibles, però me les poso perquè si no em baixen la nota.")

No és formatiu ni coherent que la seguretat i la gestió de riscos s'imparteixi com a matèria optativa i expositiva als darrers cursos i que al lloc on es pot i s'ha de posar en pràctica l'alumnat no participi en l'esforç ni els procediments per garantir la seguretat d'una manera explícitament orientada a la seva formació [7][8][9][9].

En aquest altre aspecte es proposa una altra vegada un aprenentatge significatiu basat en el protagonisme de l'alumnat en aquest cas en la responsabilitat de la gestió de la seguretat del laboratori. D'aquesta manera, es treballa la competència en la gestió d'un grup humà a través de l'ús d'uns procediments que deixen de ser manies del professorat per passar a ser eines per assolir els objectius tècnics assignats.

És clar que això suposa un aprenentatge implícit dels principis de la millora contínua (el mètode científic aplicat a la gestió) que cal relacionar amb el projecte experimental. La millora contínua l'ha d'aplicar el professorat a l'assignatura, però si s'explicita com a objectiu formatiu, l'alumnat es converteix en una peça més de la gestió i hi ha de participar d'una manera que s'aprofiti per al seu aprenentatge.

L'organització de l'Experimentació en Enginyeria Química a l'EUETIB pretén donar resposta als canvis de model proposats mitjançant quatre punts fonamentals:

- **Millora contínua i planificació estratègica.** Després d'unes variacions inicials, es va proposar i executar un pla estratègic per a la implementació del canvi de model [10]. Aquesta iniciativa, distingida l'any 2007 amb el Premi Vicens Vives, ha estat seguida d'una participació continuada en congressos docents que ha permès continuar millorant i bastir i documentar un discurs sòlid sobre l'organització de les assignatures d'experimentació dins de la titulació [11].
- **Experimentació en lloc de “pràctiques”.** S'ha abandonat el concepte d'unes sessions pràctiques que il·lustrin els conceptes introduïts teòricament i s'ha apostat pel mètode i l'adquisició de la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes» [12]. El llenguatge s'ha revisat [2] i s'explicita que l'objectiu del treball al laboratori no és mesurar sinó desenvolupar models que serveixin per a prendre decisions tècniques.

- **Rol de grup director.** En un format de tipus PBL cada grup s'encarrega d'un projecte experimental, assumeix el rol d'expert i dirigeix la resta en l'obtenció de dades per assolir els objectius del projecte. Aquest esquema proporciona moltes més dades experimentals, una anàlisi molt més completa i la possibilitat de repetir o ampliar mesures. D'altra banda, permet treballar competències de lideratge, planificació, comunicació i resolució de conflictes [14][14].
- **Rol de cap de seguretat i medi ambient.** Cada grup exerceix de manera rotatòria la tasca de complir i fer complir els procediments de seguretat del laboratori. Així, l'alumnat revisa, documenta, signa de conformitat, amonesta, investiga accidents, determina negligències i treballa una competència tan important com és la responsabilitat professional [7][8][9][9].

Aquesta organització de l'Experimentació en Enginyeria Química es va començar a implantar el 2001 [14][14] i la millora ha continuat des de llavors, tant pel que fa a la introducció de nous elements com per la formalització d'aquests. És, per tant, un esquema docent ben consolidat i difós [15], si bé lligat al professorat que ha impartit aquesta docència de manera continuada durant la darrera dècada.

Els plans d'estudi d'Enginyeria Química reconeixen des de ja fa molt temps l'Experimentació en Enginyeria Química com una matèria troncal que no es troba subordinada a cap altra matèria teòrica. Aquest context es pot desapropiar fent les pràctiques de sempre sota un nou nom, però cal reconèixer-lo com una oportunitat que ha permès revisar completament la docència i que probablement no existeix en altres plans d'estudis. És per això, també, que la totalitat de l'Experimentació en Enginyeria Química es pot desenvolupar amb l'esquema proposat.

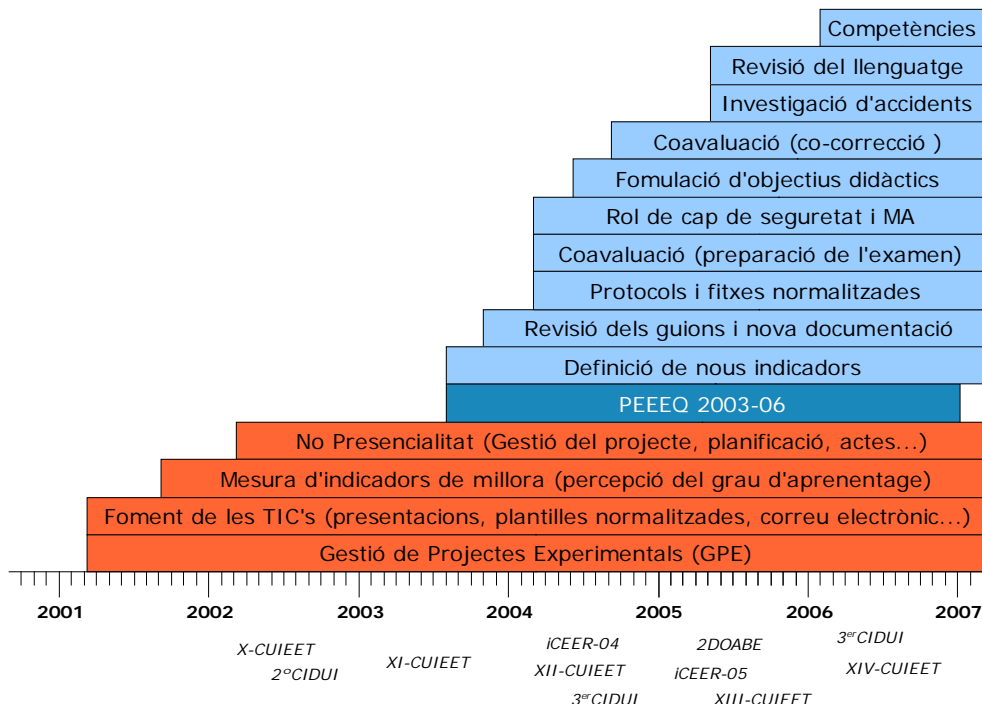
També cal fer esment de l'oportunitat que va significar en el seu moment la introducció d'un 25 % de no-presencialitat als plans d'estudis de l'EUETIB. Això va permetre formalitzar que el projecte experimental no només consistia en l'execució de les mesures, sinó que dissenyar l'experiment, planificar la presa de dades, analitzar resultats preliminars, etc. és part significativa de l'aprenentatge [16].

Planificació de la bona pràctica i descripció de les activitats que s'han dut a terme

La descripció de les activitats, la seva planificació i implementació, es troba a la memòria del Premi a la Qualitat Docent [10], a més de les publicacions en què s'han detallat molts dels passos que s'han dut a terme durant la darrera dècada. La recepta general ha estat l'aplicació gradual. Llevat del canvi conceptual que va suposar inicialment l'organització del treball creuat dels grups, els altres canvis s'han introduït amb petites però constants modificacions cada curs.

De fet, la implementació de tot l'esquema de cop és impossible, tal com reconeixen les persones que s'han interessat per l'organització de l'assignatura. Cal admetre, també, que hi ha una part de l'aprenentatge que es realitza entre cursos diferents i es converteix en una "cultura de passadís" que permet confiar que certs aspectes de l'organització de l'Experimentació en Enginyeria Química s'aprendran fora de l'aula.

Figura 3. Esquema cronològic d'algunes de les innovacions més significatives introduïdes al voltant del PEEEQ (2003-2006)



La figura 3 il·lustra la cronologia dels canvis introduïts a l'Experimentació en Enginyeria Química fins al final del projecte de planificació estratègica (PEEEQ), tal com es va presentar en aquell moment. L'impuls a la innovació docent en

L'Experimentació en Enginyeria Química es deu tant a la proposta de planificació estratègica que va fer el professorat com a l'acceptació i suport de la direcció de l'Escola i la manera en la qual aquesta es va involucrar en la seva planificació [18][18]. D'acord amb l'Escola, els agents implicats durant el PEEEQ no es van limitar al professorat de l'assignatura i la direcció, sinó que es va voler ampliar al mateix Consorci Escola Industrial de Barcelona (CEIB). També hi va contribuir professorat d'automàtica i informàtica pel que fa a la instrumentació i automatització d'algunes instal·lacions [19].

Els recursos han estat fonamentalment l'esforç del professorat, però l'Escola també va contribuir amb recursos materials durant el PEEEQ. Posteriorment, s'han aconseguit ajuts a l'ICE i l'Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca (AGAUR) a través de convocatòries per a la millora de la qualitat docent (MQD). Llevat d'aspectes tècnics puntuals, però, els recursos necessaris són fonamentalment recursos humans, ja que es tracta d'un canvi conceptual, d'una gestió diferent del treball que es pot iniciar amb els recursos existents (cost zero), però que es demostra que acaba necessitant més recursos, si bé no materials, sí logístics i de dedicació del professorat.

Tanmateix, com a projecte pilot, el PEEEQ ja posava sobre la taula el seu cost d'implementació i també de seguiment (el cost de la qualitat). La iniciativa s'ha demostrat insostenible en tota la seva extensió, potser massa ambiciosa, i es manté en el format a què el professorat pot fer front amb els recursos disponibles, tot preservant l'essència del canvi de paradigma.

Les activitats desenvolupades després del PEEEQ en l'Experimentació en Enginyeria Química de l'EUETIB són diverses, però es poden resumir, d'una banda, en la informatització dels protocols de seguretat [21][21] i, de l'altra, en l'esforç per automatitzar l'adquisició de les mesures experimentals [23][24][24]. També cal destacar la introducció d'activitats referents a l'avaluació formativa i la coavaluació [26][26] i també a l'avaluació dels companys [27]. La introducció dels canvis no ha

estat encertada en tots els casos i s'han anat produint idees per millorar o s'han abandonat idees la pràctica continuada de les quals ha resultat insostenible [28].

A banda de tot això, hi ha els dos aspectes de l'organització de l'Experimentació en Enginyeria Química que l'estudiantat percep com a activitats fonamentals. Es tracta dels diferents rols que impliquen la gestió del projecte experimental i la gestió de la seguretat i el medi ambient.

Gestió de projectes experimentals

La gestió de projectes experimentals (GPE) dota l'assignatura d'experimentació de quelcom més que una llista d'objectius per assolir. L'experiment és un projecte que ha de gestionar-se íntegrament com tal. La GPE és el marc didàctic que permet organitzar les assignatures d'Experimentació en Enginyeria Química per proporcionar a l'alumnat un entorn d'aprenentatge innovador i ambiciós en el qual sigui possible una formació integral que inclogui no només els continguts dispersos d'un conjunt de pràctiques, sinó també les habilitats necessàries per a la gestió d'un projecte experimental (modest) que obligui l'alumnat a treballar en grup, a dirigir i ser dirigits, a planificar tasques, a documentar-se i recopilar informació, a organitzar i processar dades, a prendre decisions i a exposar i defensar els seus resultats i conclusions a la resta del grup i al professorat.

La GPE es pot iniciar mantenint els continguts (guions i muntatges de laboratori) i fent uns canvis mínims per tenir el mateix nombre d'experiments que de grups d'alumnes i així aconseguir una programació simètrica que permeti que en cada sessió de laboratori tots els grups realitzin necessàriament un experiment diferent. Sota aquest esquema, al grup que realitza el primer dia un experiment se li assigna el rol de director o grup expert (*project manager*). La resta de sessions, cada grup ha d'anar rebent dades d'aquest mateix experiment realitzat pels altres grups (*subordinats*) i cal que el grup director recopili les dades, les analitzi i les presenti al final del quadrimestre en forma d'una memòria i una presentació oral i pública davant tota la classe. Conseqüentment, tots els grups i de forma simultània

assumeixen els rols de directors i dirigits i es troben en les mateixes condicions respecte a les necessàries exigències mútues.

A part del canvi conceptual ja esmentat respecte de l'experiment en si, hi ha altres molts avantatges que cal saber aprofitar i explicitar a l'estudiantat:

Pel que fa purament als avantatges experimentals, resulta que com a mínim un experiment resulta original i únic per a cada grup. D'aquesta manera:

- Es disposa de moltes més dades i, per tant, de la possibilitat de fer una anàlisi millor, un tractament estadístic més extens, d'arribar a conclusions més acurades i fonamentades.
- Es fa palesa la necessitat de gestionar adientment les dades experimentals (cada grup ha de dissenyar la seva petita, però primera, base de dades).
- Es fa necessari controlar tots els graus de llibertat del sistema estudiat per poder assegurar que els experiments realitzats en sessions diferents per grups diferents són comparables.
- Es pot abordar el disseny de l'experiment proposant noves condicions per realitzar l'experiment en sessions posteriors (quan la necessària reflexió hagi permès establir un nou objectiu).

Pel que fa purament als avantatges didàctics cal esmentar que:

- El grup, com a propietari de projecte, té una interiorització més gran de l'experiència i el seu aprenentatge és més significatiu.
- És possible equivocar-se i aprendre dels errors, corregint-los en sessions posteriors. Com que l'experiment es repetirà més vegades, encara que ho faran persones diferents, no cal escenificar que ha sortit bé.
- S'aprofiten els avantatges de l'aprenentatge cooperatiu a causa de la interdependència dels grups i de la necessitat que tenen els uns dels resultats i/o l'experiència dels altres.
- Es produeix un eficaç aprenentatge entre iguals (*peer teaching*), en el qual els "experts" se senten motivats a assessorar i allisonar els seus companys.

Finalment, pel que fa a la formació en competències i habilitats :

- Capacitat de dirigir, comunicar, discutir, resoldre conflictes i tot de relacions interpersonals necessàries per realitzar el treball dins d'una organització.
- Capacitat de gestionar i planificar el treball de grup (és crític el fet que cap grup no tindrà totes les dades experimentals fins a l'últim dia, massa tard per començar a analitzar-ne els resultats).

Gestió de la seguretat i el medi ambient

La seguretat, la prevenció i les actituds tècnicament responsables, incloent-hi els aspectes ètics, són qüestions de gran importància tècnica i social. No obstant això, no s'explicita en els continguts de les assignatures. Els aspectes de seguretat es limiten a procurar que ningú faci o es faci mal i no es concep el laboratori com un escenari on es puguin assajar les relacions de responsabilitat col·lectiva que tindran els futurs enginyers. És per això que cal fer-ho implementant els corresponents rols entre l'alumnat i usant eines del món professional: protocols i sistemes de gestió de la informació i ús de normes de millora continua en seguretat i medi ambient [29].

És paradoxal que la prevenció de riscos laborals sigui matèria optativa, teòrica i que es cursi després de passar pel laboratori. També és clar que evitar accidents és una preocupació sincera del professorat, però no es veu com un objectiu formatiu que els alumnes aprenguin a evitar-los per ells mateixos. L'alumnat aprèn a seguir regles forçat per la nota, però no aprèn ni practica conceptes generals (identificació i gestió del risc, anàlisi de les causes dels accidents, documentació, etc.) que condueixin a decisions tècniques i responsables sobre la seguretat de terceres persones.

Amb l'objectiu d'aconseguir un aprenentatge significatiu d'actituds tècnica i socialment responsables s'han posat en marxa diverses accions de forma paral·lela als continguts propis de l'assignatura i amb la participació activa de l'alumnat. Així, l'alumnat exerceix funcions de diversa responsabilitat, que impliquen diferents actituds i habilitats davant la seguretat, el risc i la prevenció. La implicació del professorat en el procés és un factor clau; per això s'han creat distints protocols i fitxes que s'han de seguir que poden ajudar a sistematitzar i implementar alguns principis bàsics a la resta d'assignatures de laboratori presents al currículum.

Figura 4. Identificació del responsable de seguretat i medi ambient. Darrere d'aquesta etiqueta hi ha un rol i un profund canvi conceptual.



Dins d'aquest mateix esquema formatiu s'ha introduït un gran canvi conceptual: no es tracta de formar operaris que respectin la normativa, sinó tècnics que seran responsables de la seguretat d'altres persones, és a dir, que a part de treballar sense riscos, hauran d'aprendre a prevenir-los i en la mesura que sigui possible a evitar-los. Així, tenint en compte les funcions de responsable de planta o de laboratori que durant el seu futur professional l'alumnat haurà d'assumir, durant les diferents sessions de laboratori aquests executaran el rol de responsables de seguretat.

Entre les tasques del cap de seguretat hi ha la de fer complir la normativa. Així, com a exemple rellevant, el professorat deixa de perseguir l'alumnat perquè es posi les ulleres de seguretat, ja que aquesta tasca l'ha de realitzar el grup responsable. Aquest grup haurà d'aprendre que fer veure que no passa res per no enfrontar-se als companys (operaris) que no compleixen la normativa és quelcom que els penalitza. Altres moltes tasques del cap de seguretat inclouen seguir procediments que cal documentar. Un exemple rellevant d'aquests procediments és la investigació d'accidents. Un concepte integral de gestió porta a considerar qualitat, seguretat i medi ambient com tres components principals d'un tot que és la qualitat total. L'alumnat responsable de seguretat, seguint l'esquema de la qualitat (executar, avaluar, planificar), haurà de documentar i investigar les causes d'un accident o una situació de risc produïda, amb la finalitat de prevenir futures situacions. D'aquesta manera, el trencament d'una proveta deixa de ser un fet desgraciat i inevitable del qual ningú té la culpa i passa a ser un problema d'enginyeria que demana un seguit d'actuacions tècniques que han de portar a la implantació de noves mesures

preventives. En definitiva, es tracta que l'alumnat interioritzi els principis de la qualitat en la gestió de la seguretat:

- Executar (reparar, resoldre un incident, accident, segons la manera establerta)
- Avaluar (analitzar les causes, investigació d'accidents)
- Planificar (revisar protocols, plans d'emergència, etc.)

Avaluació i resultats

A part de les publicacions en què s'han detallat mesures d'accions concretes, l'avaluació i els resultats generals sobre l'organització de l'Experimentació en Enginyeria Química es troben recollits amb detall a la memòria de Premi a la Qualitat Docent [10]. Això correspon a la mesura sistemàtica durant els nou quadrimestres del projecte PEEEQ (2003-06). A continuació les figures 5 i 6 n'il·lustren un resum.

Fig. 5. Per a la teva formació i futur professional, creus que has après...? (entre parèntesis, nombre d'alumnes per quadrimestre)

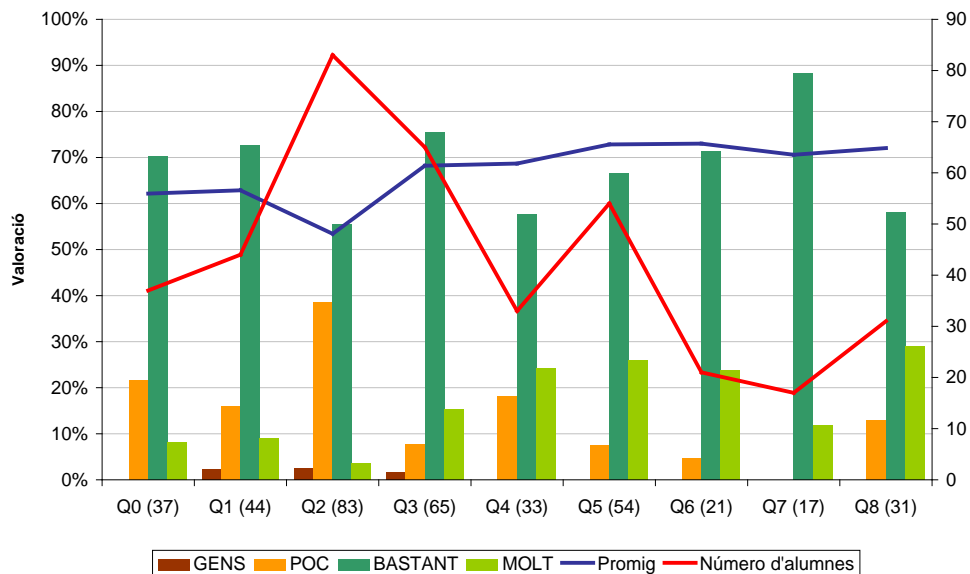
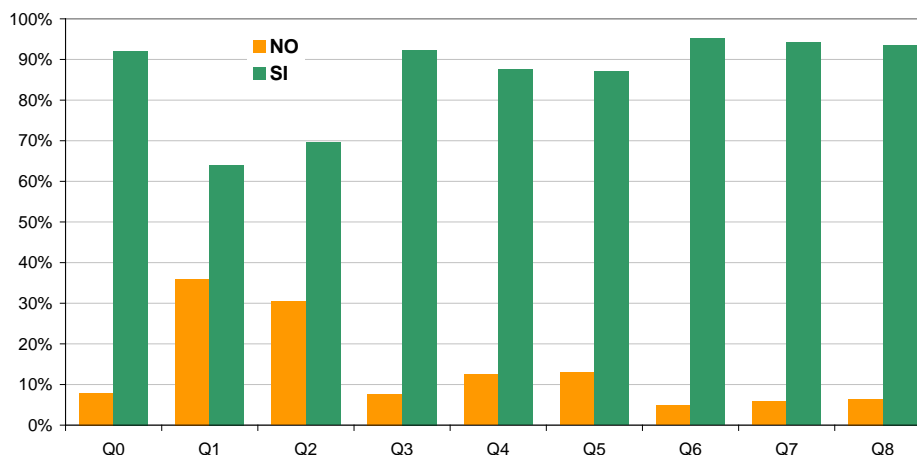


Fig. 6. És encertat el plantejament general d'aquesta assignatura?

Plans de millora contínua

Els plans de millora contínua es van aplicar formalment durant el període PEEEQ (2003-06). El projecte PEEEQ va significar un canvi molt important en la docència de l'Experimentació en Enginyeria Química, però també va demostrar que no hi havia prou recursos per fer una autèntica planificació estratègica. Com a mecanisme intern i informal el professorat intenta cada any presentar una contribució a algun congrés d'innovació docent (CUIEET, CIDUI, CIDIQ, etc.), la qual cosa força la millora contínua.

Referències

- [1] Graells, M. "Lab Project Management: A Learning Scenario for Experimental Courses" International Conference on Engineering Education and Research "Progress Through Partnership" (iCEER-04). Olomouc, Czech Republic, June 2004.
- [2] Johnson, D.W., Johnson, R.T., and Smith, K.A. Active Learning: Cooperation in the College Classroom (1st ed.). Edina, MN: Interaction Book Company, 1991.
- [3] Pérez-Moya, M.; Calvet, A.; Graells, M. "Experimentació en Enginyeria Química: L'experiment com a projecte" Segona Jornada sobre Didàctica i organització d'assignatures basades en l'experimentació (2DOABE). Barcelona, Spain, 10, February, 2005.
- [4] Graells, M.; "Safety and risk Management: Learning of responsible attitudes at the lab" International Conference on Engineering Education and Research "Exploring Innovation in Education and Resarch" (iCEER-2005). Tainan, Taiwan, 1-5 March 2005.
- [5] Calvet, A.; Pérez-Moya, M.; Graells, M. "La gestión de la prevención de riesgos laborales en los proyectos experimentales de ingeniería química" 4º Congreso Internacional: Docencia Universitaria e Innovación (4º CIDUI). Barcelona, Spain, 5-7, July, 2006.
- [6] Graells, M; Pérez-Moya, M. Projecte PEEEQ : planificació estratègica de les assignatures d'Experimentació en Enginyeria Química de l'Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica

- Industrial de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya. Consell Social, DL 2007 (URL: http://cataleg.upc.edu/record=b1320123~S1*cat)
- [7] Pérez-Moya, M.; Graells, M.; Domingo, J. "Diseño de un mapa de competencias para el grado de Ingeniero Químico" Actas del XV Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (XV-CUIEET), p. 1153-1159. Valladolid, Spain, 18, 19 y 20 de julio 2007.
- [8] Prades A., Rodríguez S., Martínez M. (Coordinadors). Guia per a l'avaluació de competències als laboratoris en l'àmbit de Ciències i Tecnologia. AQU Catalunya (Ed.), B-9.125-2009 (URL: http://www.aqu.cat/biblioteca_fitxa/index.aspx?idioma=ca-ES&id=10311)
- [9] Graells, M.; Pérez-Moya, M. Gestión de proyectos experimentales: Una trayectoria metodológica en experimentación en ingeniería química. A: I Congreso de Innovación Docente en Ingeniería Química. "I CIDIQ: programa y resumen de comunicaciones". 2012.
- [10] Graells, M.; Jorba, J.; Domingo, J.; Pérez-Moya, M. "Mejora continua: Evaluación y renovación del plan estratégico de las asignaturas de Experimentación en Ingeniería Química. Actas del 15º Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas. XV CUIEET. Escuela Universitaria Politécnica de la Universidad de Valladolid, 2007, p. 1811-1817.
- [11] Escudero, G.; Graells, M.; Guerrero, J.M.; Tornil, S. La automatización de un laboratorio de ingeniería química para uso docente: una plataforma multidisciplinar para la realización de trabajos de fin de carrera e investigación. Actas de las XIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática. JENUI, 2007.
- [12] Escudero, G.; Pérez-Moya, M.; Graells, M. Entorno web para la gestión y aprendizaje de los procedimientos de seguridad y medio ambiente en los laboratorios de Ingeniería Química. Actas del 16º Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas. XVI CUIEET. Universidad de Cádiz, 2008, p. 158.
- [13] Graells, M.; Escudero, G.; Pérez-Moya, M.; González, N. Entorn web per a la gestió i aprenentatge dels procediments de seguretat i medi ambient en els laboratoris d'Enginyeria Química. A: Jornada d'Innovació Docent UPC 2009. "Jornada d'Innovació Docent UPC". 2009. (URI: <http://hdl.handle.net/2099/7244>)
- [14] Graells, M. [et al.]. Plataforma wireless para la instrumentación del laboratorio de ingeniería química de la EUETIB. A: I Congreso de Innovación Docente en Ingeniería Química. "I CIDIQ: programa y resumen de comunicaciones". 2012.
- [15] Graells, M. [et al.]. Plataforma wireless per a la instrumentació dels laboratoris d'Enginyeria Química de l'EUETIB. A: Jornada d'Innovació Docent UPC 2012. "Jornada d'Innovació Docent UPC". 2012.
- [16] Graells, M. [et al.]. Implementación de un sistema wireless de adquisición de datos en el laboratorio de Ingeniería Química para la mejora del aprendizaje implícito de tecnologías TIC. Actas del 20º Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (XX-CUIEET). 2012, p. 1-12.
- [17] Pérez-Moya, M.; Calvet, A.; Graells, M. "La co-evaluación de informes de experimentos como actividad de aprendizaje" 14º Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (XIV-CUIEET). Gijón, Spain, 27-29, September, 2006.
- [18] Pérez-Moya, M.; Pérez-Fortes, M.; Capón, E.; Calvet, A.; Boada, E.; Graells, M. Active Learning Evaluation in the framework of Lab Project Management. Proc. Int. Conf. on Eng. Education "New Challenger in engineering education and research". Jozsef Meccsi, 2008, p. 62-63. (URL: http://www.ineer.org/Events/ICEE2008/full_papers/full_paper467.pdf)
- [19] Graells, M.; Pérez-Moya, M. Professionals educats per a un desenvolupament humà i sostenible. A: I Congrés UPC Sostenible 2015. "I Congrés UPC Sostenible 2015 - Recull de ponències". Centre per a la Sostenibilitat de la UPC, 2007, p. 161-164.
- [20] Graells, M.; España, A. Academic performance and success rate: A challenge problem for the PSE community. A: 21st European Symposium of Computer Aided Process Engineering. "21st European Symposium of Computer Aided Process Engineering". Elsevier, 2011, p. 1125-1129.