

# SENYALS I SISTEMES: DE L'ENSENYAMENT A L'APRENTATGE

## AUTOR

**Nom:** Javier Serrano  
**Departament:** Telecomunicació i Eng. de Sistemes  
**Centre:** ETSE  
**E-mail:** Javier.Serrano@uab.cat

## COAUTOR

**Nom:** Dolores Rexachs  
**Departament:** Arquitectura de Computadors i Sistemes Operatius  
**Centre:** ETSE  
**E-mail:** Dolores.Rexachs@uab.cat

## RESUM DE L'EXPERIÈNCIA

En aquest article es presenta una experiència docent en el camp de les enginyeries i més en concret en una assignatura de caire molt matemàtic, Senyals i Sistemes. Les característiques addicionals que presenta l'assignatura es que té un nombre alt d'alumnes (més de 125) per grup, amb les metodologies tradicionals presentava un alt índex de suspesos i era gairebé impossible valorar el treball de l'alumne.

Per portar a terme aquesta innovació s'ha canviat l'organització i gestió de l'assignatura, les activitats docents que es duen a terme, l'avaluació dels objectius que es proposen a l'assignatura i per a avaluar l'experiència es realitza una comparació dels resultats que obteníem abans i després d'aplicar les noves metodologies docents. Aquest canvi metodològic ens permet, d'altra banda, valorar el treball que fa l'alumne i tindre una realimentació a partir de les activitats que ens permetrà fer una avaluació formativa i conèixer el grau de satisfacció i implicació de l'alumne.

## ABSTRACT

In this paper we will present a teaching experience in the field of engineering and, more concretely, in a very mathematical subject, Signals and Systems. An additional characteristic to this subject is its high number of students (more than 125) per group, which before, with traditional teaching methods, presented a high index of student failure and made it practically impossible to value student work.

We will comment on the organization of the class, the teaching activities that are used, the evaluation of the goals that are proposed in the subject and finally, there will be a comparison between the results obtained before and after having applied new teaching methods. This methodological change allows us, on the other hand, to value student work and to get feedback through activities that will allow us to make a formative evaluation and learn the degree of satisfaction and implication among the students.

## PARAULES CLAU

Metodologia docent, organització, gestió, planificació, avaluació formativa, retroalimentació.

## ÀMBIT GENERAL D'INTERÈS DE LA INNOVACIÓ

Millora de l'aprenentatge i dels resultats acadèmics com a conseqüència d'un canvi de la metodologia docent i l'avaluació formativa. Aquests canvis faciliten la planificació de l'assignatura i permeten adequar la càrrega de treball mitjançant una retroalimentació.

## DESENVOLUPAMENT

### 1. Introducció

La UAB, com les altres universitats europees, estem immersos en una ràpida transformació per adaptar-nos al nou Espai Europeu d'Educació Superior. Aquesta adaptació suposa principalment l'adopció d'una nova forma d'aprenentatge de l'alumne, el crèdits ECTS, que suposa posar l'èmfasi en aquest procés i no en el professor.

En aquest treball es presenta una experiència docent en el camp de les enginyeries i mes en concret en una assignatura de caire molt matemàtic, Senyals i Sistemes. Són quatre factors que incideixen directament en la necessitat de reformar e innovar l'ensenyament universitari i en particular l'assignatura que presentem:

- a) l'exigència y cerca de la qualitat educativa en universitats de masses (i assignatures massificades).
- b) la integració i ús pedagògic dels recursos tecnològics disponibles.
- c) la convergència europea, la implantació dels ECTS i el canvi de l'educació centrada a l'ensenyament del professorat a l'educació centrada al procés d'aprenentatge de l'alumne.
- d) els trets específics dels coneixement actual (accelerat augment, fragmentació i relativisme de la informació) que comporta un canvi des de l'aprenentatge terminal i "per sempre" a l'aprenentatge al llarg de la vida.

La posta en marxa a l'aula de metodologies alternatives i innovadores no és un procés fàcil d'implementar perquè, entre d'altres raons, incrementa la quantitat i complexitat de les tasques que ha de desenvolupar un professor. Un model d'ensenyament basat en la classe magistral del professor és menys complexe de gestionar que un model d'ensenyament-aprenentatge centrat en activitats de grups d'alumnes treballant autònomament.

Aprofitant aquesta dinàmica de canvi la UAB vol afavorir la adopció de noves metodologies docents adaptades a aquest nou paradigma d'aprenentatge centrat en l'alumne. Són molt interessants, per tant, totes les experiències que s'estan portant a la universitat, donat que encara hi ha molta confusió respecte a quines són les metodologies que millor s'adapten a cada tipus de ensenyament.

Al curs 2005-06 es va començar un canvi de metodologia a l'assignatura de Senyals i Sistemes dins de l'Enginyeria Informàtica que s'ha pogut avaluar i adaptar durant dos cursos. Aquest curs 2007-08 l'assignatura entra dins del plan pilot que tenim a l'ETSE per adaptar-nos al nou EEES i suposa que els alumnes ja vindran amb uns hàbits de treball amb metodologies centrades a l'aprenentatge de l'alumne, i com a conseqüència no hauria d'haver cap rebuig inicial.

Els objectius que ens plantegem en aquest treball son els següents:

- Presentar un canvi de metodologia i una reformulació d'una assignatura obligatòria e instrumental dins de la titulació d'enginyer en informàtica des de l'experiència ja establida.
- Descriure i analitzar els aspectes més importants del canvi de metodologia (ja que la millora percebuda pels alumnes i professors és molt significativa).
- Avaluar el resultats obtinguts tant des d'un punt de vista quantitatiu com qualitatiu a través de l'opinió dels actors implicats.

L'article s'organitza de la següent forma. A la secció 2 es presenta el context on s'ha desenvolupat l'innovació. A la secció 3 es descriu l'innovació docent proposta, i a la secció 4 els resultats obtinguts. El treball acaba amb unes conclusions a la secció 5.

## 2. Descripció del treball

Senyals i Sistemes és una assignatura troncal de l'enginyeria informàtica de 6 crèdits (3 cr. de teoria, 1.5 cr. de problemes i 1.5 cr de pràctiques) que es proposa al primer semestre de tercer curs. L'objectiu del curs de Senyals i Sistemes és que l'alumne assoleixi una base sòlida en l'anàlisi i disseny dels sistemes i dels senyals.

Els coneixements previs requerits es limiten a ésser familiaritzat amb les matemàtiques dels primers cursos: càlcul diferencial i integral, i variable complexa. Els conceptes que aprenen el estudiants constitueixen la base per cursos posteriors més especialitzats en comunicacions, enginyeria de control i processament d'imatges.

Les pràctiques consisteixen en resoldre uns problemes que per la seva quantitat de càlcul fa imprescindible l'ús d'un programari de càlcul numèric. Aquest programari és MATLAB, el més utilitzat en laboratoris de recerca i escoles d'enginyeria per fer càlcul numèric.

Les sessions de pràctiques son guiades i obligatòries, i es fan a l'aula informàtica (treball en grup)

Fins al curs 2005-06 la metodologia docent era la tradicional: classes magistrals de teoria, classes de problemes proposats als alumnes però resolts pel professor i pràctiques a les que assistien però no participaven activament. Del 2000 al 2005 el nombre mitjana d'alumnes va ser d'uns 300 (dos grups de teoria i problemes, i 10 de pràctiques) i el percentatge d'aprovat estava al voltat del 50%, el que provocava un augment constant del nombre d'estudiants.

La situació de l'assignatura era similar a moltes altres d'aquesta titulació. L'assistència dels estudiants a les classes de teoria i problemes anava minvant durant el semestre, i a les acaballes del curs l'assistència no superava el 25% dels matriculats. Hem de dir que no calia "prendre apunts" perquè tot el material (transparències, problemes,...) era accessible al campus virtual. A més, molts estudiants treballen o estan matriculats d'un gran nombre d'assignatures a diferent cursos que fa que es solapen horaris, moltes vegades amb pràctiques de assistència obligatòria.

Durant les classes de teoria l'actitud dels estudiants era molt passiva. A més, durant tot el trimestre, quasi cap estudiant consultava als professors durant les hores de tutories, si bé esporàdicament aprofitaven altres moments. La majoria d'estudiants estudiaven a darrera hora, dos dies abans de l'examen, segons ells mateixos reconeixien. La setmana abans de l'examen les tutories estaven plenes.

L'avaluació consistia en un examen escrit amb dues parts. Una part era de tipus test a on es preguntaven conceptes de teoria i petits problemes, i l'altra consistia en resoldre problemes similars als que s'havien fet a classe. Els exàmens demostraven que els estudiants entenien poc els conceptes de teoria, o bé no els sabien aplicar o fins i tot explicar. Resoldre problemes suposava, en general, una dificultat gran i un percentatge significatiu d'alumnes no es presentava. D'altra banda, les pràctiques s'avaluaven a part, i era necessari treure una nota mínima en ambdues parts per aprovar l'assignatura.

El resultat d'aquesta situació era que l'assignatura tenia un nombre elevat d'alumnes i amb un previsible augment degut als repetidors. Molts d'aquests repetidors ni tant sols es presentaven. Per tant, el rendiment acadèmic era molt baix (encara que no era excepcional comparat amb altres assignatures d'informàtica) i els professors tenien la sensació que els alumnes, inclús aprovant, no coneixien amb suficient profunditat una matèria que es instrumental.

El grau de satisfacció dels estudiants també era molt baix donat que veien l'assignatura com molt difícil i que suspenia molta gent.

La conclusió de tot això no podia ser altre que canviar el funcionament de l'assignatura amb una idea molt clara, el disseny d'una assignatura implica seleccionar els resultats de l'aprenentatge, la metodologia y l'avaluació, i orquestrar-los de manera que s'assoleixin els objectius docents.

### 3. Proposta d'innovació

La proposta d'innovació es sustenta a sobre tres principis que creiem fonamentals:

1. Aprendre requereix un esforç. Per tant, quan més treballin i s'esforcin els alumnes més aprendran.
2. El professor ha de planificar aquest esforç al llarg del curs. Als alumnes els resulta difícil planificar els mateixos el seu aprenentatge, i el més habitual es que deixin l'estudi de una matèria per tres dies abans de l'examen.
3. El seguiment del procés d'aprenentatge definit pel professor garanteix l'èxit del procés. O sigui, si un alumne fa bé les activitats que proposa el professor l'alumne ha après i no cal una posterior avaluació.

La proposta de canvi va dirigida als alumnes que hi assisteixen regularment a classe i que podran a participar en una avaluació formativa. Així, diferenciem el tipus d'avaluació a cadascuna de les convocatòries. A la primera convocatòria (febrer) l'avaluació serà continuada i a la segona (juny) es farà un examen final. Els alumnes qui segueixin l'avaluació continuada hauran d'assistir i participar activament a classe, fer els treballs i lliurar les produccions que es demanin. Amb això els alumnes estan aprovats, i si volem treure una nota millor ha de fer una

prova individualitzada per fixar la nota final.

Les activitats planificades permeten dirigir el procés d'aprenentatge i realitzar el seu seguiment. Està basat en metodologies de ensenyament-aprenentatge, en concret, aquesta proposta es basa en realitzar: Treball cooperatiu, aprenentatge guiat per problemes i carpeta de l'estudiant.

### **Treball cooperatiu**

La major part del temps que s'està a l'aula es treballa en grup. Els grups són fixos (per una qüestió organitzativa donat que són molt alumnes) però fets a l'atzar per reproduir les condicions de treball habituals al món laboral.

Per aconseguir que els alumnes cooperin, la tècnica més habitual és avaluar el grup preguntant a un dels membres al atzar i posant la nota al grup. D'aquesta forma tots el membres tenen interès en que els altres coneguin les respostes.

### **Aprenentatge guiat per problemes**

El curs té com a eix conductor un conjunt de problemes que l'alumne ha d'aprendre a resoldre. Quan cal estudiar teoria per poder resoldre el problema o per entendre perquè es resol d'una determinada forma s'introdueix la part corresponent.

Els alumnes estudien la teoria llegint els apunts o el llibre, fent un resum o esquema conceptual, discutint aquests esquemes en grup i finalment el professor proporciona el seu resum de la teoria mitjançant una classe magistral.

### **Carpeta de l'estudiant**

Els alumnes mantenen una carpeta on van posant les evidències de que han assolit els objectius de l'assignatura. Aquesta carpeta la porten sempre a classe i han de tenir-la actualitzada.

Aquesta carpeta serveix tant perquè l'alumne sàpiguen en que punt es troba del seu aprenentatge, com perquè el professor avaluï l'aprenentatge de l'alumne. A les tutories es comenta amb els alumnes la carpeta.

Per a l'interacció amb els estudiants, a més de l'aula s'utilitza el campus virtual que disposa de espais per realitzar consultes virtuals amb el professors o amb altres estudiants, organitzar fòrums, establir un calendari, etc.

L'avaluació de l'assignatura es formativa i continuada. A la primera convocatòria (febrer) la única opció d'avaluació és l'avaluació continuada. A la segona (juny) es fa una avaluació final basada en una única prova individual. Els alumnes qui segueixen l'avaluació continuada es comprometen a assistir i participar activament a classe, fer els treball que es demanin per realitzar fora de l'aula (treball individual) i lliurar les produccions que es demanin a classe i mantenir actualitzada la carpeta de l'estudiant.

Els alumnes que participen quan acaben el curs estan aprovats i si volen treure

una nota millor cal que ho proposi al professor i aquest prepara una prova individualitzada per millorar la qualificació.

Per acabar, és important comentar alguns aspectes docents relacionats amb la docència centrada en l'alumne:

- Es requereix una formació prèvia del docent en quant a metodologies docents alternatives a la classe magistral.
- Cal una preparació detallada del material del curs. Aquesta preparació porta molt de temps el primer any però després és molt re utilitzable.
- També requereix una planificació detallada i una gestió dels temps dedicat a cadascuna de les activitats a l'aula.
- Cal deixar clar la metodologia que es va a utilitzar i les seves implicacions, i superar, a vegades, un cert rebuig inicial per part dels estudiants.
- Es necessari una interacció amb els alumnes per seguir l'evolució de l'aprenentatge i poder regular-lo. En concret, cal controlar l'assistència i la participació dels alumnes i fer intervencions puntuals amb els alumnes que no segueixen bé el curs amb tutories individuals.
- El tipus d'aula i taules que normalment trobem a la universitat no facilita el treball cooperatiu.
- El canvi de paradigma docent requereix esforç i motivació.

#### 4. Resultats

L'avaluació dels resultats obtinguts ha estat tant quantitativa com qualitativa. Per una banda, hem comparat els nombres de presentats i aprovats abans i després de fer la innovació, i aquest nombres també s'han comparat amb un altra assignatura de característiques similars. D'altra banda, hem parlat amb els diversos actors d'aquesta experiència per saber-ne la seva opinió.

A la següent taula es mostres dades corresponents a l'assignatura de Senyals i Sistemes. El cursos 2003-04 i 2004-05 corresponen a abans de començar l'innovació, i els dos següents un cop introduïda.

| Senyals i Sistemes | Nº Alumnes | % Presentats | %Notes Superades |
|--------------------|------------|--------------|------------------|
| 2003-04            | 264        | 69%          | 55%              |
| 2004-05            | 237        | 66%          | 54%              |
| 2005-06            | 231        | 73%          | 62%              |
| 2006-07            | 160        | 81%          | 76%              |

En primer lloc, cal destacar la reducció d'alumnes. Una de les raons d'aquesta reducció es que el percentatge d'alumnes que superen l'assignatura s'ha incrementat i llavors n'hi ha menys repetidors.

D'altra banda, una dada important es que el percentatge d'alumnes presentats també s'ha incrementat tot i que l'assistència es obligatòria, arribant als 81%. Com ja s'ha comentat, abans l'assistència anava disminuint al llarg del curs, però

ara hem aconseguir que, a més de ser més alta, es manté al llarg del curs.

També s'ha millorat la relació entre els alumnes presentats i els que superen l'assignatura.

De les entrevistes fetes als alumnes podem extreure que l'opinió generalitzada és que la part positiva és que aprenen més i aproven més, i la negativa, segons els alumnes, és que cal treballar més. Per tant, estem acomplint els objectius que ens havíem fixat.

Un avantatge de que l'alumne treballi de forma constant al llarg del curs és el seu rendiment a pràctiques. Des del punt de vista del professor de pràctiques, els alumnes arriben millor preparats a les sessions, el que permet un millor aprofitaments d'aquest temps.

Per poder avaluar des d'una altra perspectiva la bondat d'aquestes dades, es presenta a continuació una taula amb les mateixes dades que abans d'una assignatura molt similar que s'anomena Tractament del Senyal. Aquesta assignatura és la continuació de Senyals i Sistemes.

| Tractament del Senyal | Nº Alumnes | % Presentats | %Notes Superades |
|-----------------------|------------|--------------|------------------|
| 2002-03               | 377        | 49%          | 30%              |
| 2003-04               | 399        | 38%          | 25%              |
| 2004-05               | 406        | 37%          | 24%              |
| 2005-06               | 438        | 50%          | 39%              |

Podem desatacar dos aspectes. El primer es que no hi ha variacions importants al llarg del temps donat que no hi ha hagut canvis a l'assignatura. El segon i com a conseqüència del primer es que el rendiment obtingut és molt inferior que el obtingut a Senyals i Sistemes.

L'opinió del professor responsable d'aquesta assignatura respecte a la formació amb la que arriben (recordem que és la continuació de Senyals i Sistemes) és que els alumnes no arriben amb una formació diferent a la que arribaven abans. O sigui, que hem augmentat el rendiment sense rebaixar la qualitat. D'altra banda, la relació d'aprovats respecte als presentats ha millorat respecte al darrer any.

Finalment, el professor responsable considera que els alumnes aprenen més i que tenen una formació més sòlida. Els resultats són molt satisfactoris.

## CONCLUSIONS

L'innovació que s'ha presentat es va començar quan es va detectar un problema de rendiment a l'assignatura de Senyals i Sistemes. Això va ser abans que es posés en marxa el pla pilot de adaptació al EEES a l'enginyeria informàtica. Aquest any l'assignatura ja hi és a dins del pla pilot i es de esperar que tot funcioni encara millor que abans donat que els alumnes ja estarà habituats a aquestes metodologies docents.

La valoració d'aquesta iniciativa per part de tots els actor ha estat molt positiva i pot servir d'exemple per a assignatures de qualsevol enginyeria. Per a assignatures que no

siguin de caire enginyeril aquest treball pot servir com a exemple de metodologia per aplicar innovacions docents. El problema que cadascú a de resoldre es trobar les tècniques docents més adients per als objectius de l'assignatura.

## REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

GAIRIN, J.; ARMENGOL, C. (Eds.) (2003) Estrategias de formación para el cambio en la organización. Barcelona. Praxis.

GIL, F.; ALCOVER, C.M.; (Coord) (1999). Introducción a la Psicología de los Grupos. Ediciones Piràmide

RUÉ, J.; MARTÍNEZ, M. (2005). Les titulacions UAB en l'Espai Europeu d'Educació Superior. Sistema Europeu de Transferència de Crèdits (ECTS). Col EINES d'Innovació Docent en Educació Superior. UAB Servei de Publicacions