



UNIVERSIDAD DE MURCIA

**DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA
DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES**

**Diseño, desarrollo y evaluación
de un programa formativo en el
contexto del Espacio Europeo
de Educación Superior.**

Aplicación al ámbito tecnológico de la asignatura *Materiales de Construcción* en la titulación de Ingeniero de Edificación de la Universidad Politécnica de Cartagena.

D. Antonio Garrido Hernández

2012

UNIVERSIDAD DE MURCIA

DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA
DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

MEMORIA DE TESIS DOCTORAL

Diseño, desarrollo y evaluación de un programa formativo en el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior.

Aplicación al ámbito tecnológico de la asignatura *Materiales de Construcción* en la titulación de Ingeniero de Edificación de la Universidad Politécnica de Cartagena.

Trabajo que presento para optar al grado de Doctor por la Universidad de Murcia. Programa de Doctorado del bienio 2006-2008: 01301 Investigación en Didáctica de las Ciencias. (Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales)

Murcia, Junio de 2012

Fdo. Antonio Garrido Hernández

GASPAR SÁNCHEZ BLANCO PROFESOR TITULAR
DE LA UNIVERSIDAD DE MURCIA

CERTIFICA:

Que la presente memoria de tesis, Diseño, desarrollo y evaluación de un programa formativo en el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior. Aplicación al ámbito tecnológico de la asignatura *Materiales de Construcción* en la titulación de grado en Ingeniería de Edificación de la Universidad Politécnica de Cartagena, ha sido realizada por ANTONIO GARRIDO HERNÁNDEZ, bajo mi dirección, para optar al grado de Doctor por la Universidad de Murcia

Y para que conste a los efectos oportunos, en cumplimiento de la legislación vigente, autorizo la presentación de la referida tesis para su tramitación, en Murcia a 11 de junio de 2012

Fdo. Dr. Gaspar Sánchez Blanco

Para Asunción, Carlos y Valentina espectadores
sorprendidos, pacientes y respetuosos del em-
peño extemporáneo de su marido y padre.
Con todo el amor.

***“Peor que ser mediocre por falta de talen-
to, es serlo por elección”***

(A.G.Hernanson, 2011)

***“Comprender es un fenómeno no explica-
do, explicar es un fenómeno no compren-
dido”***

(D. Cajón, 2012)

Agradecimientos

Una tesis es un documento complejo que requiere algo más que el empeño de su autor. Otras personas y otras instituciones son imprescindibles y es de justicia reconocerlo.

En primer lugar, **agradezco** la paciencia y apoyo de mi director el doctor D. Gaspar Sánchez Blanco, que sin más compromiso previo que su deber como componente del programa de doctorado, aceptó dirigir mi confusión. Ha sido un director paciente que ha hecho honor al término al mostrarme el camino recto conduciéndome desde el despiste fogoso y frondoso a la parquedad del trabajo científico.

En el terreno institucional **agradezco** a mi universidad, la Politécnica de Cartagena, en la que ejerzo mi profesión, la diligencia y profesionalidad de su Servicio de Documentación, así como la generosidad del Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación al darme un respaldo que me han permitido contar puntualmente con textos, documentos y tiempo sin los cuales me hubiera sido imposible llevar a cabo la tarea. También al Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Murcia que me recibió en su último curso de doctorado para la concesión del Diploma de Estudios Avanzados procedente de otra disciplina, la filosofía, haciendo posible que pasara de una visión ingenua de la educación a otra más consciente de la complejidad e importancia decisiva de la tarea infinita de educar y educarse.

También a mis colegas les **agradezco** el apoyo al esfuerzo por el doctorado. Ellos, han sido como un coro griego de voces de fondo que insistían en que perseverara. Entre ellos he recibido el ejemplo de hombres jóvenes en plena producción científica con una completa dedicación a la ciencia y a la docencia que, desgraciadamente, en los tiempos actuales es despreciada de forma inexplicable. Una especial mención al joven

doctor Marcos Lanzón Torres que dejó caer un día por mi lado que no hay que llamar "*ilustraciones*" a las imágenes y que se ha leído una por una las páginas de la tesis a la búsqueda de los irritantes duendes llamados *erotes*. También al cuarenta veces joven doctor Eusebio Martínez Conesa que, a modo de turbina permanentemente activada, produce efectos imprevisibles en su entorno. No quiero olvidar al Director de mi Departamento, Elías Hernández Albaladejo, que a modo de genio benéfico me repetía continuamente por despachos y pasillos: "*y para cuándo tu tesis*". Un recuerdo **agradecido** igualmente para el Rector de mi Universidad hasta hace poco, Félix Faura, que me animaba a remover el obstáculo que, al parecer, significaba el que a un amante de los sombreros y las gorras le faltara el birrete en su colección.

No es fácil llegar al doctorado (todavía no lo he hecho) desde las llamadas carreras de grado medio para las que preparaban las Escuelas Universitarias. En general requería de un rodeo por una carrera de humanidades que, mira por donde, hacía mejor a los técnicos que emprendían ese viaje. Carrera de humanidades que los habilitaba, en suprema ironía, para hacer una tesis sobre patrimonio edificado, por ejemplo. Por ello, mi **agradecimiento** va hacia un artículo que me ayudó a evitar esa artificiosidad. Era sobre Teilhard de Chardin. Su lectura me llevó a otra y cuando la masa de preguntas se hizo crítica en 1978 (año tan constitucional como 1812) inicié mis estudios de filosofía cuando llevaba apenas ocho años de ejercicio profesional como arquitecto técnico.

Tampoco olvido que un grupo de amigos me comprometieron con la tesis cuando celebraron mi tardía licenciatura. A la cabeza de ellos Loli Solano y detrás, en prietas filas, Máximo, Amalia, Rafael, Mari Carmen, Guille, Juan Mari, Carmen, José Luís, Flori, Ángel y Adela.

Finalmente, quiero dejar dicho que una tesis es una fuerte perturbación en el entorno familiar (especialmente a mi edad) pues lo sitúa a uno junto a un ordenador en su propia casa durante largos años. Pero mi familia me ha dejado hacer por amor y porque saben que, aunque sin verdadero talento, estoy constituido, sin remedio, de razonamientos, palabras y, aunque no lo parezca, de interés por la vida. El resto es apariencia.

Murcia, 20 de mayo de 2012

Índice

Prólogo.....	11
Introducción.....	15
1_Fundamentos empíricos y teóricos.....	19
1.1 ORIGEN Y CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.1.1 ANTECEDENTES PROFESIONALES DEL INVESTIGADOR	20
1.1.2 LA ASIGNATURA <i>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</i>	26
1.2 DISEÑO, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE FORMACIÓN	43
1.2.1 EL DISEÑO DE PROGRAMAS DE FORMACIÓN.....	44
1.2.2 LA EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE FORMACIÓN	56
1.2.3 EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE FORMACIÓN EN LAS INGENIERÍAS	65
1.3 PRÁCTICA DOCENTE EN LA ENSEÑANZA SUPERIOR	70
1.3.1 ORIGEN E INFLUENCIA DEL CONCEPTO DE COMPETENCIA EN LOS PROGRAMAS FORMATIVOS	70
1.3.2 ANTECEDENTES DE LA ADOPCIÓN EUROPEA DEL ABC	77
1.3.3 PLANIFICACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE .	95
1.3.4 LOS CAMBIOS METODOLÓGICOS DEL PROCESO DE BOLONIA EN RELACIÓN CON LAS INGENIERÍAS	106
1.3.5 RESUMEN DEL CAPÍTULO.....	111
2_Diseño de la investigación.....	115
2.1 PROBLEMAS PRINCIPALES.....	117
2.1.1 SUB-PROBLEMAS DEL PROBLEMA PRINCIPAL 1 PARA EL DISEÑO DEL PROGRAMA FORMATIVO	121
2.1.2 SUB-PROBLEMAS DEL PROBLEMA PRINCIPAL 2 SOBRE LAS DIFICULTADES DIDÁCTICAS EN EL DESARROLLO	123
2.1.3 SUB-PROBLEMAS DEL PROBLEMA PRINCIPAL 3 SOBRE LOS RESULTADOS DEL PROGRAMA FORMATIVO	125
2.2 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	128
2.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	130
2.3.1 PRESUPUESTOS METODOLÓGICOS GENERALES	130
2.3.2 MUESTRA: ALUMNOS Y PROFESORES PARTICIPANTES.....	139
2.3.3 INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN.....	141

2.3.4	TRATAMIENTO DE LOS DATOS	152
2.3.5	ANÁLISIS DE LOS DATOS	154
3	Resultados del problema principal uno. Diseño del programa de formación	159
3.1	RESULTADOS EN RELACIÓN CON EL SUB-PROBLEMA 1.1: LOS REQUISITOS SOCIALES.	163
3.1.1	SOBRE LOS PERFILES PROFESIONALES DEL INGENIERO DE EDIFICACIÓN .	163
3.1.2	COMPETENCIAS ESPECIFICADAS PARA EL INGENIERO DE EDIFICACIÓN ...	165
3.1.3	CONOCIMIENTO DISCIPLINAR	178
3.2	RESULTADOS EN RELACIÓN CON EL SUB-PROBLEMA 1.2: LOS CAMBIOS DIDÁCTICOS	190
3.2.1	CAMBIOS DIDÁCTICOS EN LOS OBJETIVOS FORMATIVOS DE LA ASIGNATURA <i>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</i>	191
3.2.2	CAMBIOS DIDÁCTICOS EN LOS CONTENIDOS DE ENSEÑANZA: CONOCIMIENTO DECLARATIVO, PROCEDIMENTAL Y CONDICIONAL.	198
3.2.3	ACERCA DE LOS CAMBIOS DIDÁCTICOS EN LOS MÉTODOS A APLICAR EN LA ASIGNATURA <i>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</i>	206
3.3	RESULTADOS RELATIVOS AL SUB-PROBLEMA 1.3: EL PROGRAMA FORMATIVO.....	211
3.3.1	ACTIVIDADES TIPO	212
3.3.2	PROGRAMA DE CONTENIDOS	215
3.3.3	SECUENCIA FORMATIVA	216
3.3.4	SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL PROGRAMA FORMATIVO	224
3.4	RESUMEN DE LA RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA 1.....	241
4	Resultados del problema principal dos. Desarrollo del programa de formación	243
4.1	RESULTADOS EN RELACIÓN CON EL SUB-PROBLEMA 2.1: RESPECTO DE LOS MÉTODOS DE ENSEÑANZA	249
4.1.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	249
4.2	RESULTADOS EN RELACIÓN CON EL SUB-PROBLEMA 2.2: RESPECTO DE LOS CONTENIDOS DE ENSEÑANZA.....	262
4.2.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS	263
4.3	RESULTADOS EN RELACIÓN CON EL SUB-PROBLEMA 2.3: RESPECTO DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN	282
4.3.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS	283
4.4	RESUMEN DE LA RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA 2.....	287

5 Resultados del problema principal tres. Evaluación del programa de formación.....	291
5.1 RESULTADOS EN RELACIÓN CON EL SUB-PROBLEMA 3.1: RESPECTO A LAS CALIFICACIONES DE LA PROGRAMACIÓN TRADICIONAL.....	294
5.1.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	295
5.1.2 ANÁLISIS COMPARADO DE LOS RESULTADOS RESPECTO DE ANTERIORES PROGRAMACIONES.....	297
5.2 RESULTADOS EN RELACIÓN CON SUB-PROBLEMA 3.2. RESPECTO A LOS OBJETIVOS FORMATIVOS Y LAS COMPETENCIAS PROFESIONALES	299
5.2.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	302
5.2.2 CONTRIBUCIONES INDIRECTAS A LOS OBJETIVOS FORMATIVOS.....	309
5.3 RESULTADOS EN RELACIÓN CON EL SUB-PROBLEMA 3.3. RESPECTO A LAS CARACTERÍSTICAS DEL ALUMNO.....	317
5.3.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	319
5.3.2 RESULTADOS RELATIVOS A LA MOTIVACIÓN	328
5.3.3 EVALUACIÓN A PARTIR DE LAS OBSERVACIONES DEL DOCTORANDO	334
5.4 RESUMEN DE LA RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA 3	336
6 Conclusiones.....	339
6.1 CONCLUSIONES RESPECTO AL DISEÑO DEL PROGRAMA	339
6.2 CONCLUSIONES RESPECTO DEL DESARROLLO DEL PROGRAMA.....	342
6.3 CONCLUSIONES RESPECTO DE LA EVALUACIÓN DEL PROGRAMA	343
6.4 PROPUESTAS.....	345
6.5 FINAL	348
7 Bibliografía	351
8 Índice de Figuras, Tablas y Fotografías	363
9 Anejos	371
9.1 Registros de la Investigación y el Sistema de Evaluación.....	371
9.2 Evaluaciones Profesor.....	393
9.3 Test de Felder y Test de Perry.....	399
9.4 Guía Docente Normalizada y Libre.....	409
9.5 Opiniones de los Alumnos.....	531
9.6 Examen Tipo.....	533
9.7 Glosario Breve.....	545



Prólogo

Cuando las aulas universitarias albergaban a estudiantes más selectos por las propias condiciones de acceso la universidad, los métodos tradicionales de enseñanza como, por ejemplo, una clase magistral seguida por una tutoría, daban la sensación de funcionar bastante bien.

(John Biggs)

La investigación activada en esta tesis tiene varios niveles. El primero es meta cognitivo, pues el doctorando pone a prueba su propia capacidad para investigar de forma sistemática un problema en el ámbito de la educación ya intuido con antelación. Probablemente esta actividad reflexiva sea el mejor logro que resulte de los años de trabajo dirigido para elaborar esta memoria de tesis. Es la aplicación del principio de anticipación al que Hannah Arendt (2009) se refiere cuando dice "... la ciencia ha afirmado y hecho realidad lo que los hombres anticiparon en sueños..." Un segundo nivel es el de los complejos procesos del aprendizaje que se ofrecen como un reto para el profesor interesado, que nunca desdeñará las dificultades del alumno (Del lat. *alumnus*, de *alĕre*, alimentar), atribuidas a las diferencias individuales *per natura* o por pereza. El tercer nivel es el organizativo. El doctorando se ha dado cuenta, tanto en su periodo de inocencia docente como durante la tesis, que no es posible una docencia consciente de su contribución a la formación de significados por parte de los alumnos sin un soporte basado en un ciclo de planificación, acción, control, examen de los resultados y vuelta a empezar. Hay que convencerse de que la mera relación de contenidos no es un programa. Y que, perseverar en un modelo de docencia que *enseña* (muestra) y espera consolida una docencia que *observa* (se ofrece) e igualmente espera. Dos actitudes pasivas de muy difícil convergencia. Esta es, también, una tesis sobre las competencias profesionales que no olvida la

importancia de la educación integral, el sueño que de nuevo trastabilla con la lucha entre educación y adiestramiento. Creo que es muy importante que el empuje actual por la competencia profesional quede equilibrado con una apuesta suficientemente enérgica por contribuir a la formación de ciudadanos en el sentido que le daba Ortega y Gasset en 1930 cuando hablaba de la *estar a la altura de los tiempos*.

Las universidades actuales afrontan retos hercúleos. La visión de una universidad con estrategia global se caracteriza (ANECA, 2007) por un uso intenso de las TIC y la incorporación a redes; unos estudiantes que eligen sus cursos en la red educativa global y diseñan su propio currículo; cursos on-line se complementan con tutorías, seminarios y discusiones interactivas; el inglés como la lengua franca en educación superior, particularmente en el nivel de posgrado; elevada especialización de acuerdo con ventajas competitivas; gestión con criterios de eficiencia y que se ofrece como un atractivo para estudiantes de otros países.

Han de ser universidades con estrategias claras de cómo conseguir que la mayoría de sus estudiantes alcancen un conocimiento funcional enmarcado en una visión ética de las relaciones profesionales y sociales. Aunque Colby y Sullivan (2008) nos advierten prudentemente de que "*Many believe that ethics cannot be taught in any real sense at all*".

Nada de esto será posible sin que cada profesor asuma su papel de líder de su propia zona de la red aplicando con entusiasmo los procedimientos que tiene a su alcance. Entre estos, el que cada vez se muestra más relevante es la capacidad de planificar, ejecutar y realimentar su acción mediante la evaluación de todo el proceso en un círculo virtuoso de mejora reflexiva y continua de su actividad docente. Esta tesis es una humilde contribución a esa tarea desde un paradójico *centro-periférico*: la asignatura de *Materiales de Construcción* en una universidad pequeña de una ciudad costera (Cartagena).

Es oportuno reclamar aquí la rehabilitación de la docencia en relación a la paulatina degradación de su estatus en el imaginario del profesor en relación al prestigio de la investigación y al reconocimiento económico de la gestión. Sucede como si la formación no tuviera dignidad como objeto de investigación, sobre todo en las universidades científicas o tecnológicas. Sobrevuela esta situación una concepción de la docencia como profesión cómoda que se limita a enseñar conocimientos con poca variación en el tiempo y constituyendo un cuerpo de conocimiento

cuya conversión en material docente requiere sólo un esfuerzo limitado en el inicio de la carrera profesional. Nada más lejos de la posición del doctorando que, sin olvidar la importancia de la investigación, ni despreciar la necesidad del compromiso en la gestión durante un tiempo, considera la enorme fuerza de la opinión de Ortega que en su texto *La misión de la universidad* editada en la Revista de Occidente dice:

"La Universidad consiste, primero y por lo pronto, en la enseñanza superior que debe recibir el hombre medio" (subrayado es mío)"

Si la palabra "enseñanza" hace pensar en una concepción pre-Bolonia del filósofo, véase esta cita del mismo ensayo:

"En la organización de la enseñanza superior, en la construcción de la Universidad, hay que partir del estudiante, no del saber ni del profesor. La Universidad tiene que ser la proyección institucional del estudiante"

La capacidad de anticipación de Ortega coincide con la constatación empírica de los profesores actuales (Carreras et al. 2006)

"En la práctica la docencia es infravalorada, cuando no directamente despreciada, en la evaluación académica del profesorado...la dedicación del profesorado a la gestión académica y a los procesos de liderazgo del cambio en la cultura docente... es prácticamente ignorada, cuando no recibe la consideración de un demérito o un síntoma de pocas solvencia científica"

Esta situación ha de cambiar, si no se confunde investigación con pedertería burocrática capaz de dar astutamente lo que se *pide* para progresar profesionalmente. La investigación es imprescindible, relegar la docencia no. Es más, sin docencia de calidad la universidad, tal y como nos ha llegado, no tiene sentido. Sería mejor la promoción de las universidades corporativas tanto en el sentido de Aronovitz (2000), citado por Jarvis (2006) o universidades tradicionales que se orientan fuertemente al mercado convirtiéndose en empresas de servicios, como en el sentido de que las grandes compañías formen a los aspirantes a ser empleados sin ambigüedad alguna respecto de sus objetivos. Una situación con altos riesgos sociales que contribuye claramente a forjar la *jaula de hierro* que describió Weber en su texto *La ética protestante y el origen del capitalismo* de 1905. Una actitud que también alimenta la idea de que el proceso de Bolonia es una entrega de la universidad a los intereses mercu- riales. Lo que puede explicar que el 44 % de los estudiantes de la UCM piensen que el proceso de Bolonia es "*un paso para la mercantilización de la universidad*" (Martín et al., 2006)

La buena docencia no es la docencia displicente, desdeñosa con una buena organización, sino aquella que, como en la danza, basa la gracia en el músculo entrenado. Sirva este símil para presentar la programación formativa, en el sofisticado nivel que ha alcanzado hoy en día, como el fundamento de una docencia comprometida.

La cuestión es encontrar para la docencia tecnológica en la universidad un punto de equilibrio entre la eficacia y la universalidad de la educación. Entendida ésta como la capacidad de educar de forma completa en tecnología y en aquellos aspectos que dan sentido a las decisiones que se tomen con ese conocimiento para beneficio social. Lo que hay que evitar es que en nombre de la universalidad no se dé ni siquiera la eficacia.

Reivindicamos, pues ya desde el prólogo, la docencia organizada para poder disfrutar de los momentos de iluminación. La entendemos como un proceso en el que un aprendiz adelantado (el profesor) acompaña a un aprendiz incipiente (el alumno) en su proceso de maduración intelectual, personal y social. De hecho, considero a la universidad como una **comunidad de aprendices** a la búsqueda de síntesis provisionales que doten de significado, igualmente provisional, a sus vidas. Y en ésta búsqueda profesor y alumno tienen que aceptar un orden provisional listo a ser sustituido por otro más eficaz para el objetivo de dotarse ambos de competencias para la vida buena, entendida como el orden de los valores siempre provisionales de verdad, bondad y belleza sustentados en la voluntad de servir al ser humano con un cierto humor que tome distancias. Vida buena que no hay que confundir con la *buena vida*, la de la disipación y el entretenimiento vacío. Veamos que dice el clásico:

*"... llaman humanitas a lo que, con poca diferencia, los griegos llaman *naíðea* y nosotros instrucción e iniciación en las artes liberales; y los que tienen realmente conocimiento y gusto de estas artes, estos son, sin contradicción, los más humanos (*maxime humanissimi*)"*

Aulio Gelio citado por Alfonso Capitán (Capitán, 2002).

Es decir, más allá del logro de crear las condiciones programáticas para que el alumno capture por sí mismo los significados y su correlato la acción inteligente, nos espera el logro de formar *humanos*, seres conocedores de la condición relativa de la realidad, pero también del carácter absoluto de la *humanitas*.

Introducción

Escribe, termina, publica
(Benjamin Franklin)

Esta tesis tiene como cometido principal la validación de programas de formación en un contexto tecnológico capaz de hacer posible la adquisición de competencias profesionales. Entendidas éstas como combinación dinámica de conocimiento significativo y profundo, actitudes, habilidades y destrezas apropiadas al propósito de funcionalidad profesional de los egresados. El método de validación de programas investigado se pone a punto mediante su aplicación a la asignatura *Materiales de Construcción* del título de Ingeniero de Edificación de la Universidad Politécnica de Cartagena.

¿Por qué una tesis sobre la programación en la educación universitaria? La primera razón es que la complejidad de la tarea formativa necesita una permanente reflexión que sólo puede ser articulada y efectiva al expresarse como un Plan de Acción (Pérez Juste, 2006) para influir realmente sobre la realidad. Pero, además, es imprescindible en tiempos de reforma. La universidad española, en general, y las universidades politécnicas, en particular, reflejan cada vez con mayor claridad los problemas y las soluciones planteadas en el ámbito universitario occidental. Y éste ha emprendido hace unos años un camino nuevo con sus ventajas y sus riesgos. En este camino se entra por un pórtico flanqueado por dos columnas: una constituida por la adquisición de competencias profesionales para hacer posible la empleabilidad de los egresados en un mundo premeditadamente más competitivo y donde los paquetes de conocimientos pierden vigencia rápidamente. La otra, es la de la revolución cognitiva. Antiguas formas de educación basadas en deletrear palabras o aprender de memoria textos para lucimiento social o pasar sin profundi-

zar los exámenes ya no tienen cabida en una sociedad en la que la tecnología y el diseño lo permea todo cambiando y condicionando la vida de los ciudadanos. En este marco es necesario activar métodos de enseñanza y aprendizaje que exciten todas las facultades del ser humano generando una complejidad que requerirá acción, variedad de actividades y uso profuso de tecnologías de apoyo para ofrecer entornos equilibrados entre la tentación de sometimiento alegre a su seducción o de vuelta *ludita* hacia atrás. Y ello porque, hasta la tradicional y socorrida memoria como recurso para el aprendizaje, “*se parece más al proceso de fundirse y volverse a congelar de un glaciar que a una inscripción en una roca*” (Edelman y Tononi, 2002).

Si el pensamiento negativo considera la universidad moderna una institución en “*permanente estado de fracaso*” (Pérez Díaz y Rodríguez, 2001) es necesario activar la *cara buena* de la tecnología y de la revolución cognitiva en marcha para conservar uno de los escasos espacios de pensamiento crítico que pueden quedar disponibles después del fuerte empuje actual de atomización de la sociedad por parte del liberalismo economicista. Esta complejidad creciente no podrá ser gestionada distraídamente.

Será necesario planificar, es decir, pensar de antemano cómo recorrer el camino que va de los objetivos a los logros académicos en términos de competencias. Definidas las columnas del pórtico, el dintel propiamente dicho es metáfora del propósito principal al que debe servir las competencias y la profundidad cognitiva del aprendizaje. Este propósito no puede ser otro que formar ciudadanos comprometidos con su entorno humano, social y medioambiental. A este propósito debe servir la complejidad descrita someramente. A este propósito quiere servir esta tesis al proponer la canalización a través de un programa formativo innovador de un complejo enseñanza-aprendizaje que se estrena balbuciente en las universidades de nuestro país.

La masificación de las universidades en los últimos 50 años ha multiplicado por 30 el número de estudiantes. Una circunstancia que responde al reto creciente de formación de amplias capas de la población al producirse la transformación masiva de los medios de producción de los rudimentarios arados a las sofisticadas Tecnologías de la Información y la Comunicación. Si, a esto, se añaden las dificultades económicas se hace imprescindible que se desarrollen programas de investigación para la generación de simuladores de situaciones tecnológicas complejas para for-

mar eficientemente a los alumnos de las universidades politécnicas. Un esfuerzo para el que el país está dotado técnicamente, pero que, una vez más, disfrutaremos a base de pagar caros royalties a quienes se adelanten a nuestras intuiciones no patentadas. Véase la indolencia del siglo XIX que nos condenó en el XX a ver muerto en origen cualquier intento de volverse un país moderno ahogados en el pago sin competencia de los costos de la modernización a los países que vieron cien años antes en los avances científicos el cimiento de su prosperidad.

La reflexión sobre la programación educativa basada en la investigación nacional e internacional sobre la evaluación de programas requiere, también, en términos pedagógicos, un marco teórico. En este caso, se opta por el **constructivismo** (Steffe, 1995) como teoría que describe y propicia un proceso de enseñanza y aprendizaje en el que prevalece la construcción de significados por parte de los alumnos para los conocimientos significativos y por los planteamientos sobre la **docencia activa** de la tradición anglosajona para el conocimiento en acción. No en vano en inglés se dice "I speak english" y en español "yo sé inglés". Para compensar añadimos el conocimiento referido a la toma de decisiones responsables con toda la complejidad humana asociada, como clave de un nivel funcional necesario, pero con equilibrio razonable entre la razón académica y la razón profesional en un contexto tecnológico.

No queremos olvidar la importancia que cogimos para la diferenciación explícita entre las capacidades de memorización, comprensión y aplicación a la realidad. Creemos que el alumno debe ser consciente de estas diferencias cuando aborda el aprendizaje. De su confusión sólo puede surgir la falsa creencia en que memorizando sin comprender o comprendiendo sin aplicar a situaciones verosímiles (no confundir con ejercitarse con razonamiento o fórmulas) garantiza su éxito académico o profesional. Toda la tecnología que con mayor o menor ingenuidad utilizemos no nos puede hacer olvidar que la educación es un proceso hermenéutico en el que se invita al aprendiz a que entienda que *"lo que se trata de comprender no es la literalidad de las palabras y su sentido objetivo, sino también la individualidad del hablante o del autor"* y al profesor que *"el hombre no dispone de sí mismo como el artesano dispone de la materia con la que trabaja"* (Gadamer, 1999). Comprender es interpretar en interpretar es un combate con el concepto variable como resultado de *"la capacidad de combinar... para construir un universal que refleje la abstracción de algunos rasgos comunes a diversos perceptos"* Edelman y Tononi (2002).

Todas estas inquietudes se han reflejado de forma ordenada en la memoria de la tesis que se organiza en ocho capítulos. En el capítulo **primero** se despliegan los fundamentos empíricos y teóricos. Apartados en los que se presenta los antecedentes, el contexto, La reflexión práctica del profesor sobre su experiencia docente; la reflexión teórica sobre el diseño de programas y su evaluación; la asignatura objeto de programación y la prácticas docente en la universidad en abstracto y en el momento histórico presente con la implantación del Proceso de Bolonia. A continuación, en el capítulo **segundo**, se presenta el diseño de la investigación. Capítulo en el que se establece el modelo de investigación, se establecen las hipótesis de la investigación y los problemas identificados en la reflexión para programar una enseñanza renovada en concepción y métodos. Los siguientes tres capítulos se ocupan de exponer los resultados de la investigación de los problemas. En el capítulo **tercero** se justifica y evalúa el proceso de diseño del programa formativo de la asignatura *Materiales de Construcción* de la titulación de Ingeniero de Edificación (problema 1), respondiendo a las cuestiones planteadas, atendiendo al principio de alineamiento constructivo y a los principales parámetros didácticos (objetivos, contenidos y métodos). En el capítulo **cuarto** se presentan los resultados del problema 2, en unos apartados en los que se describe, registra y evalúa el proceso de implantación del programa diseñado. En el capítulo **quinto** se presentan los resultados del problema relativo a los resultados de la evaluación de los aprendizajes (problema 3). En sus apartados se valoran los resultados del aprendizaje y se evalúa el programa a través de sus resultados en referencia a sus objetivos, a otros cursos y a otros programas. Finalmente, el capítulo **sexto** dedicado a las conclusiones cierra el núcleo de la tesis. El resto de su texto se compone de la bibliografía y anejos dedicados a todos aquellos contenidos que podrían distraer de la lectura continuada de la tesis, pero que permiten consultar documentos o textos de interés complementario.

1

Fundamentos empíricos y teóricos

Nos esse quasi nanos, gigantium humeris insidentes, ut possimus plura eis et remotiora videre, non utique proprii visus acumine, aut eminentia corporis, sed quia in altum subvenimur et extollimur magnitudine gigantea
(Bernardo de Chartres)

En este capítulo se presenta el **proceso** que va desde la docencia espontánea del doctorando hasta la emergencia formalizada de los problemas objeto de esta investigación. Para ello, después de una primera descripción del período “de la ingenuidad”, se da repaso en el apartado 1.2 a los antecedentes del diseño y evaluación de programas en contextos cada vez más concretos para, en el apartado 1.3, ocuparnos de los aspectos didácticos, incluyendo un repaso a la evolución del concepto de competencia y de las instituciones surgidas para su implementación. Finalmente se hace un nuevo cambio de escala para terminar este capítulo con el contexto inmediato en la puerta de la investigación llevada a cabo.

Albert (2009) entiende que hay dos enfoques fundamentales en la investigación educativa moderna, la empírica-analítica y la crítico-interpretativa. La primera, de carácter positivista y, la segunda, justamente lo contrario como corresponde a las dos tradiciones filosóficas de fondo: la analítica (en general anglosajona) y la continental y hermenéutica del resto de Europa. La visión analítica se ciñe al método científico y tiene una mayor fe en la medición de hechos que, como la hermenéutica, en la intención de los actores, el contexto y la comprensión de los fenómenos educativos.

1.1 Origen y contexto de la investigación

Este apartado describe el proceso del doctorando desde un período que podríamos llamar de ingenuidad docente en el que surgen problemas mal delineados hasta la antesala de la tesis una vez identificados de forma sistemática en su proyecto los problemas a resolver

1.1.1 Antecedentes profesionales del investigador

El período previo a la formalización de los problemas tiene origen prácticamente en el inicio de la relación profesional en la Universidad Politécnica de Cartagena con la asignatura *Materiales de Construcción* como resultado de una elección premeditada después de rechazar otras formas de acceso a la docencia. Por tanto, puede ser pertinente dedicar un espacio a ambos componentes del actual compromiso del doctorando con la docencia.

El doctorando ingresa en la Universidad Politécnica de Cartagena en septiembre de 2001, contratado como profesor asociado a tiempo completo para impartir en solitario a dos grupos la asignatura *Materiales de Construcción II* 7,5 créditos definidos en la Ley de Reforma Universitaria de 1983. En diciembre de 2003 obtiene la condición de Profesor Titular de Escuela Universitaria a cargo de las asignaturas *Materiales de Construcción*. El cambio de estatus, el proyecto docente que tuvo que realizar y las noticias que se recibían de una próxima reforma le provocó su interés por aspectos de la docencia que hasta ese momento no habían merecido su atención. Entre otras razones, al no recibir estímulos de ningún tipo que le hiciera pensar que la docencia universitaria a la que estaba obligado debía ser diferente a la que él mismo había recibido en los años sesenta. Es decir, una enseñanza basada en la clase expositiva sin interrupción a lo largo de toda la carrera. Carrera en la que no recuerda haber asistido a ninguna tutoría porque en la época (1966-1969), pues no formaba parte de la cultura discente. En estos años de despiste profesional sus programas como profesor imitaban los de su entorno inmediato y remoto (otras universidades) en forma de meros listados de contenidos a impartir.

La coincidencia, poco después, de recibir el encargo del Rector de la Universidad Politécnica de Cartagena de hacerse cargo del Servicio de Gestión de la Calidad de la Universidad, lo que implica gestionar las encuestas de satisfacción de los alumnos, aumentó su interés por

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

la mejora de la docencia en interesantes jornadas en las reuniones de responsables de este servicio en coordinación con la ANECA.

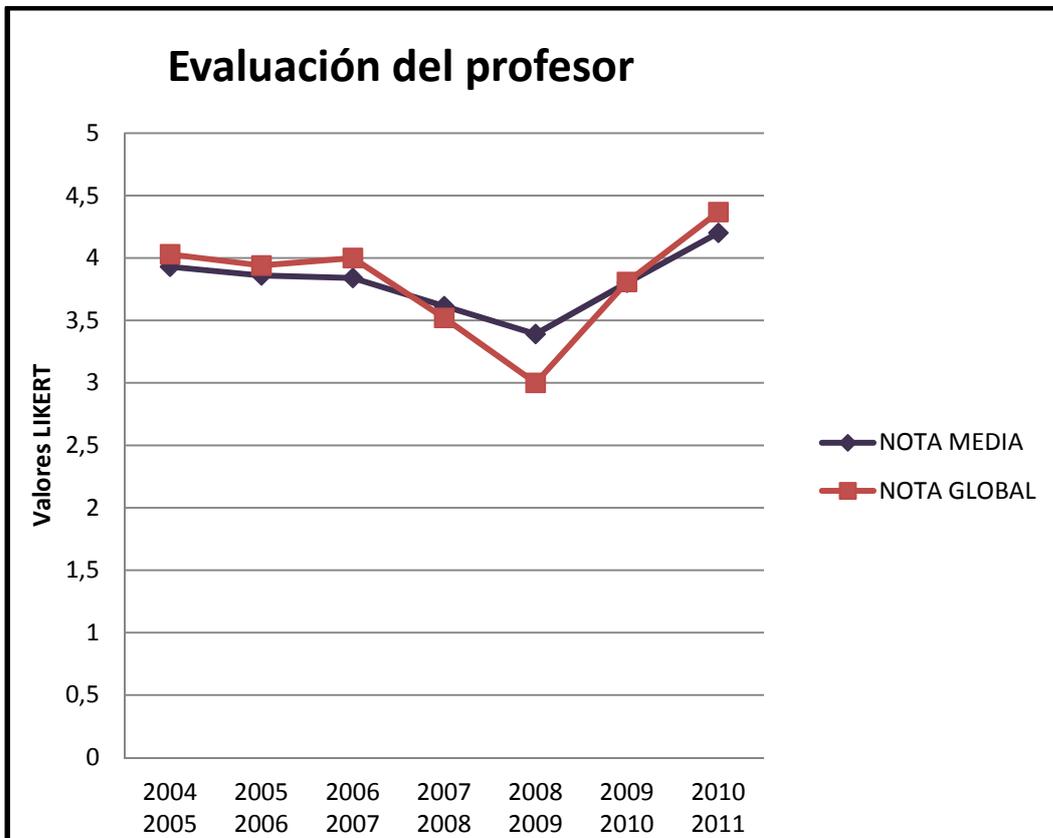
Durante este período se pusieron en marcha estudios estadísticos sobre los datos. También, se pusieron en marcha nuevos modelos de las encuestas que mostraban interesantes aspectos estratégicos para una docencia reflexiva. Aunque no pudieron ser publicados por perplejidad de los alumnos que las elaboraban, sí se consiguió que algunos resultados fueran sistemáticamente enviados a los directores de departamentos y escuelas para la consiguiente toma de decisiones. En este tiempo, el doctorando tomó contacto, a través de una tesis de una colega, con los mapas conceptuales y, esa pista, lo condujo a Joseph Novak (1984) que, a su vez, lo llevó a interesarse por Ausubel (2002). Estos acontecimientos convirtieron al doctorando definitivamente en un profesor reflexivo con permanente atención (y decepción) con su labor profesional. Para salir de la aporía a las que llegaba decidió matricularse en el curso de doctorado del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Educación de la Universidad de Murcia en el bienio 2006-2008 haciendo uso de su con-

Tabla 1.- Nota de los alumnos al profesor

Cuestión N°	Notas profesor A. Garrido Materiales de Construcción	ARQUITECTURA TÉCNICA						IDE	Media 2004-2010
		2004 2005	2005 2006	2006 2007	2007 2008	2008 2009	2009 2010	2010 2011	
	Población	90	110	96	89	133	97	35	92,86
	Tamaño de la muestra	40	33	42	29	20	38	19	31,57
	Cuestión (Escala Likert 1-5)	NOTA	NOTA	NOTA	NOTA	NOTA	NOTA	NOTA	Nota
1	Parece dominar la asignatura	4,59	4,53	4,53	4,00	4,06	4,24	4,46	4,34
2	Responde convenientemente a las preguntas	4,08	4,16	4,09	3,45	3,31	4,02	4,16	3,90
3	Explica con claridad	3,33	3,48	3,60	3,07	2,76	3,70	4,16	3,44
4	Prepara bien las clases	3,88	4,00	3,86	3,59	3,46	3,91	4,29	3,86
5	Las explicaciones se adaptan al nivel de conocimiento	3,45	3,47	3,53	3,28	2,98	3,40	4,11	3,46
6	Los criterios de evaluación se conocen con antelación	4,36	3,90	4,13	4,10	3,89	3,78	4,20	4,05
7	El sistema de evaluación parece adecuado	3,88	3,69	3,70	3,62	3,23	3,60	4,16	3,70
8	Utiliza material didáctico que ayuda a comprender	3,53	3,99	4,04	3,97	3,71	4,05	4,46	3,96
9	La bibliografía suministrada me ha sido útil	3,32	3,37	3,57	3,39	3,14	3,52	4,16	3,50
10	La comunicación con el profesor es buena	3,97	3,80	3,74	3,72	3,42	3,69	4,16	3,78
11	El profesor está disponible para en horarios de tutoría	3,92	4,00	3,67	3,57	3,39	3,90	3,90	3,76
13	Nota media 1-11	3,93	3,86	3,84	3,61	3,39	3,80	4,20	3,81
14	Nota global	4,03	3,94	4,00	3,52	3,00	3,81	4,37	3,87
Referencias	Nota media Departamento	3,56	3,50	3,29	3,62	3,72	3,72	3,54	3,49
	Nota media Titulación	3,60	3,58	3,24	3,71	3,70	3,70	3,46	3,53
	Nota media Universidad	3,68	3,61	3,41	3,86	3,91	3,91	3,68	3,64

Nota 1.- La calificación, la población y la muestra es la media de dos grupos Nota 2.- Las notas de los cursos 2009-2010 y sucesivos se hacen con una escala 0-5 por lo que se aplica la función de homogeneización siguiente: $N1-5 = (2 \cdot N + 2,5) / 2,5$ Nota 3.- El cuestionario de los cursos 2009-2010 consta de 20 preguntas al contrario de los anteriores que constan de 12 preguntas. Para homogeneizar en esta tabla los datos se ha optado por elegir en los cuestionarios modernos las preguntas que responde a las 12 de los antiguos. Además se ha eliminado la pregunta por la asistencia a clase del profesor que no consta en los nuevos.

Figura 1.- Evolución de la nota media y global del profesor



dición de Licenciado en Filosofía, al margen de su título de Arquitecto Técnico (*perito en materiales*). Título que le permitió el ejercicio de su profesión durante largos años hasta su ingreso en la universidad en el mencionado año 2001.

Antes de proseguir puede ser oportuno mostrar en este punto las notas recibidas por el propio doctorando durante estos años, al objeto de analizar la correlación cualitativa entre sus reformas en la programación de los cursos y la respuesta de los alumnos. Es pertinente aclarar que hasta el curso 2009-2010, la docencia de *Materiales de Construcción* se imparte en la titulación de Arquitecto Técnico

A partir de ese curso esta titulación entra en el proceso de extinción para su sustitución por el título de Ingeniero de Edificación. Título en cuya asignatura *Materiales de Construcción* se aplica la investigación objeto de esta tesis en el curso que la inaugura. Como se puede comprobar (Figura 1) la nota del profesor se ha movido en torno al 4 (equivalente a 8 sobre 10) hasta el curso 2007-2008 en que introdujo las primeras reformas en las actividades del curso con métodos

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

más activos. Esta caída se recupera en el curso 2009-2010, último del Arquitectura Técnica, porque el profesor, que recibió el reproche de los alumnos de que no tenían que hacer trabajos "de Bolonia" siendo aspirantes a una diplomatura, corrigió con su experiencia del año anterior el formato de los trabajos, sin abandonar su propósito de remover la complacencia de los alumnos en el aula.

Esta mejora en la nota, sin embargo, adquiere un tinte muy especial en el curso 2010-2011 en el que los alumnos que evalúan ya no son los de Arquitectura Técnica, sino los del grado en Ingeniería de Edificación que reciben una fuerte dosis de tareas "de Bolonia", alcanzando casi un 9 sobre 10 en la nota del curso. Es de destacar que la nota relativa a otras instancias de la universidad muestra también una mejora notable respecto de los años *oscuros* (Figura 2).

Precisamente el curso 2010-2011 es en el que el nuevo programa formativo, de hecho el primero propiamente dicho, se ha implantado. Lo que hace pensar que se ha creado un clima mejor en la percepción del alumno sobre la docencia. Aunque permanecen algunas constantes que deben ser corregidas y que se analizan a continuación:

Tabla 2.- Importancia relativa de los ítem de la encuesta

Cuestión (Escala Likert 1-5)	Nota
Parece dominar la asignatura	4,34
Los criterios de evaluación se conocen con antelación	4,05
Utiliza material didáctico que ayuda a comprender	3,96
Responde convenientemente a las preguntas	3,90
Prepara bien las clases	3,86
La comunicación con el profesor es buena	3,78
El profesor está disponible para en horarios de tutoría	3,76
El sistema de evaluación parece adecuado	3,70
La bibliografía suministrada me ha sido útil	3,50
Las explicaciones se adaptan al nivel de conocimiento	3,46
Explica con claridad	3,44

Entrando en detalle en la información que proporcionan las encuestas resumidas en la **Tabla 2**, que son la media de diez años de docencia, se puede observar algunos invariantes de interés:

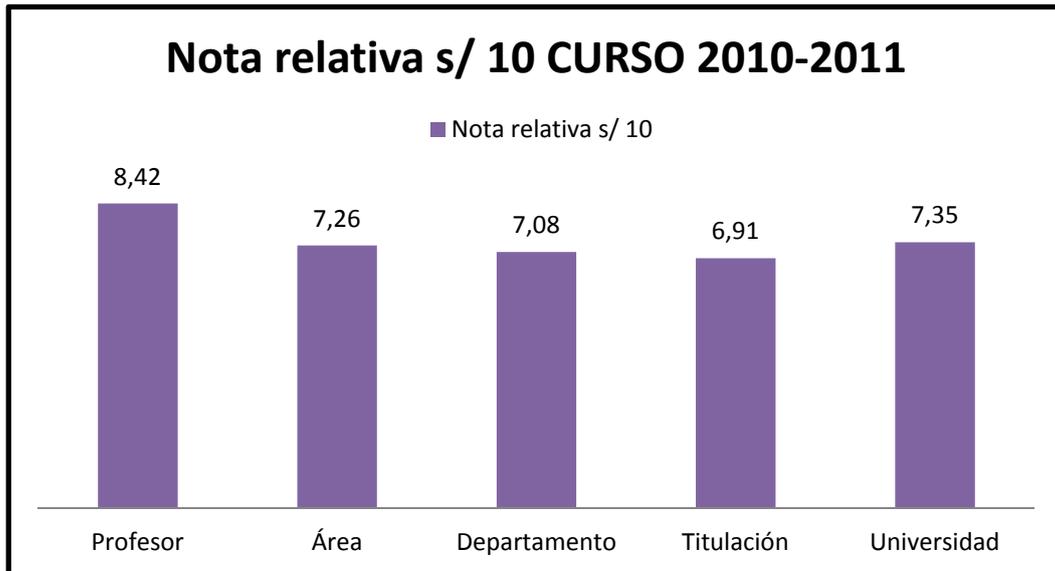
Las cuestiones que más tienen que ver con el profesor y su desempeño (las marcadas en amarillo en la tabla 2) tienen mejor nota media que las que tienen que ver con la relación del alumno con el

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

profesor. Esto se mitiga en el curso utilizado para la aplicación del programa al tener las notas un techo como se puede comprobar en la Figura 3.

- La mejor nota media es para la cuestión "el profesor parece

Figura 2.- Notas del profesor y de los niveles institucionales



dominar la asignatura". Lo que puede indicar que el alumno valora bien lo ininteligible presentado con resolución y coherencia por parte del profesor.

- La peor nota media es para la cuestión "El profesor explica con claridad". Lo que puede indicar que a pesar del supuesto dominio de la asignatura por parte del profesor, el alumno no disfruta con las clases expositivas, que posiblemente le resulten oscuras en ese primer contacto con el contenido.
- La experiencia en la dirección del servicio pone de manifiesto que la nota global es mayor cuando la nota media es relativamente alta y menor cuando es relativamente baja. Lo que puede indicar que el alumno, cuando aprecia la labor de un profesor (expresado ítem a ítem), está en una disposición psicológica que le hace valorar globalmente al profesor mejor que lo que indica la media de las distintas cuestiones y viceversa. En el caso positivo llega al 4 %, pero en el negativo puede llegar al 12 %. La frontera está en una nota de 3,80 en la escala Likert 1-5.

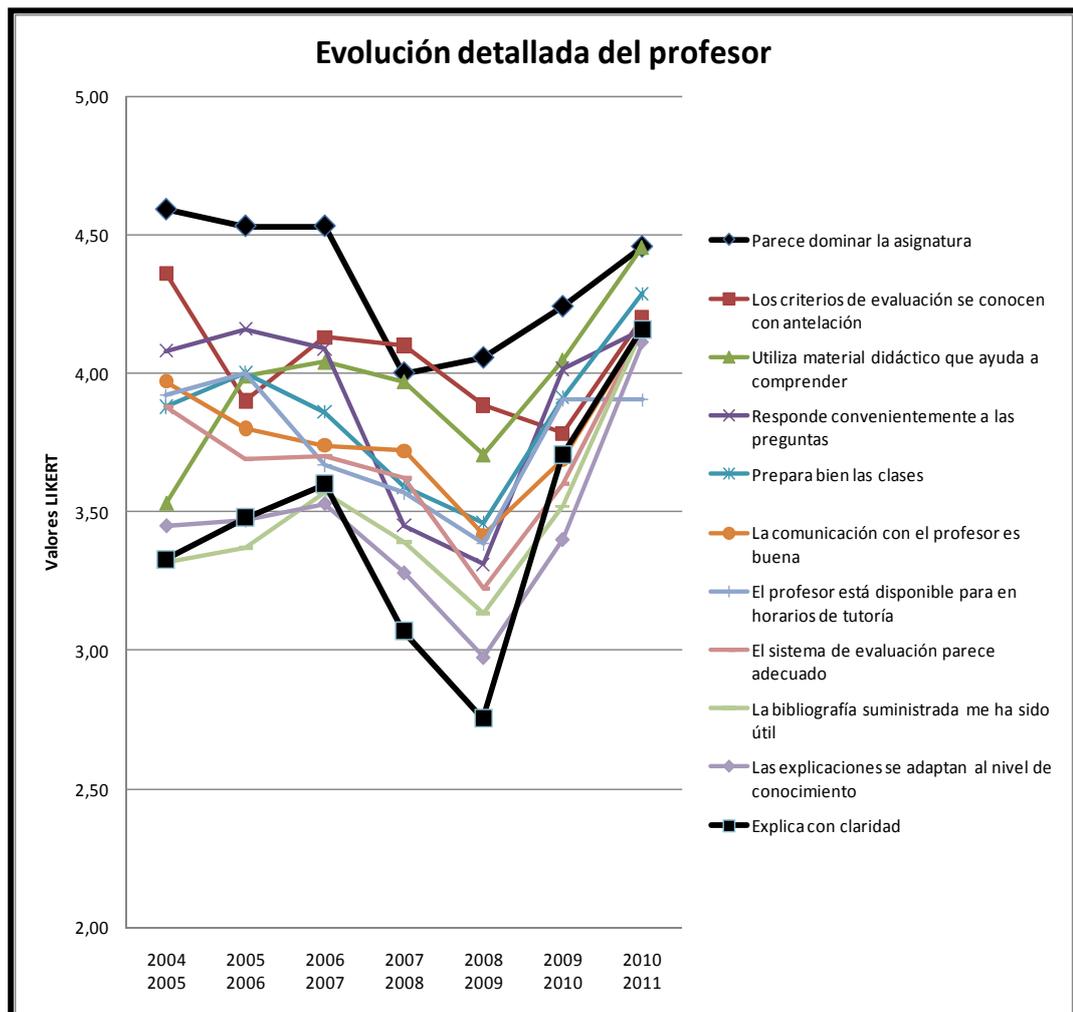
Entre las notas intermedias, llama la atención la valoración positiva de una bibliografía que no utilizan por lo conocido a través de los registros de la biblioteca.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

Por otra parte, es oportuno mencionar la propia experiencia del doctorando con los *Materiales de Construcción* que se resume en los siguientes episodios biográficos:

- 1973-1982 Calculista de estructuras en fábrica y estudio de arquitectura.
- 1982-1990 Director fundador del laboratorio de ensayos del COATMU.
- 1990-1999 Director fundador de ICCE (Organización nacional de gestión de la calidad con sede en 32 provincias).
- 1993-2001 Presidente de la Comisión de Materiales de ACHE (Asociación Científica de Hormigón Estructural).
- 1993-1996 Miembro del Task Group *Quality Assurance* del CEB (Comité Euro-internacional del Hormigón).
- 2004-2007 Presidente del Comité de Construcción de la AEC (Asociación Española para la Calidad).

Figura 3.- Evolución detallada de la nota del profesor



1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

- 1990-Actualidad Miembro del Grupo de Trabajo de Control de Calidad de Materiales de la Comisión Permanente del Hormigón del Ministerio de Fomento.
- 2001-2004 Profesor Asociado de *Materiales de Construcción* en la Universidad Politécnica de Cartagena.
- 2004-Actualidad Profesor Titular de *Materiales de Construcción* en la Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación de la Universidad Politécnica de Cartagena.

1.1.2 La asignatura *Materiales de Construcción*

1.1.2.1 Historia de la asignatura

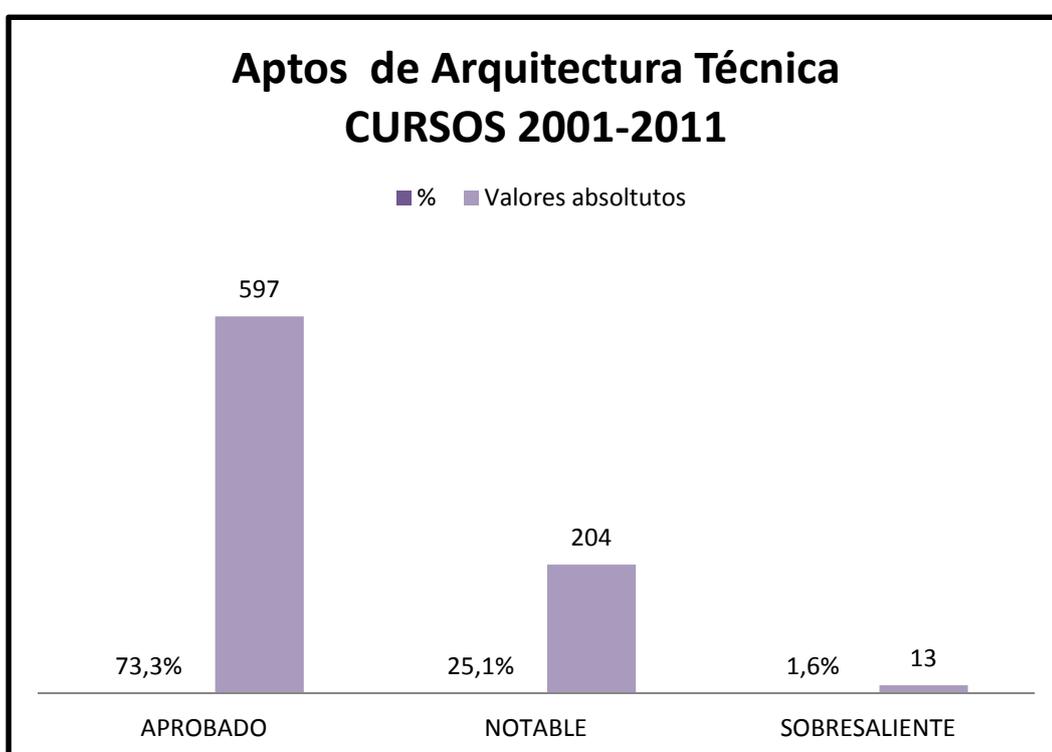
Los *Materiales de Construcción* constituyen un cuerpo de conocimiento fundamental para un Ingeniero de Construcción. De hecho, al título que era el precedente remoto de este título se le denominaba en la normativa como “*perito en materiales*”. Los estudios de *Materiales de Construcción* tienen gran importancia en el proceso de construcción por razones obvias: los edificios son disposiciones racionales o estéticas de materiales que cubren todo el espectro desde lo natural a la más sofisticada artificialidad. Su conocimiento competente exige anclaje cognitivo en conocimientos químicos, físicos y mecánicos que hacen de súper organizador previo de los estudios de los materiales en sus formas comerciales con sus características fuertemente orientadas a usos muy específicos en los edificios. El conocimiento de los materiales está orientado modernamente a su selección desde conceptos prestacionales de alto rango. Es decir se parte de lo que el usuario percibe en forma de seguridad, salubridad, protección contra incendios, ruido o ahorro energético y desde esa plataforma y su caracterización se seleccionan los materiales más adecuados para contribuir al cumplimiento de estos requisitos.

El título que ha incluido tradicionalmente estos estudios era el de Aparejador y fue el marco de los estudios que tenían que ver con la ejecución de obras de edificación hasta 1964, momento en que aparece la titulación universitaria de Arquitecto Técnico, integrándose en los estudios en la Universidad a partir de la Ley General de Educación de 1970. La reforma Universitaria de 1983 y las disposiciones dictadas en su desarrollo han mantenido el sistema académico mencionado hasta la reforma descrita en el RD 1393/2007, que define la situación actualmente vigente. Reforma que hizo posible, mediante la Orden ORDEN ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico, que la Universidad Politécnica de Cartagena propusiera el Título de Ingeniero de Edificación. Esta propuesta fue aprobada sucesivamente por el Consejo de Gobierno de la propia universidad, la ANECA, El Consejo de Universidades y el Consejo Interuniversitario de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia en el año 2009. La titulación se empezó a impartir en el curso 2009-2010, al tiempo que se impartía el último curso de la titulación de Arquitecto Técnico, destinada a la extinción. De modo que los estudios relacionados con la construcción de edificios,

Figura 4.- Resultados de los APTOS en los cursos 2001-2011



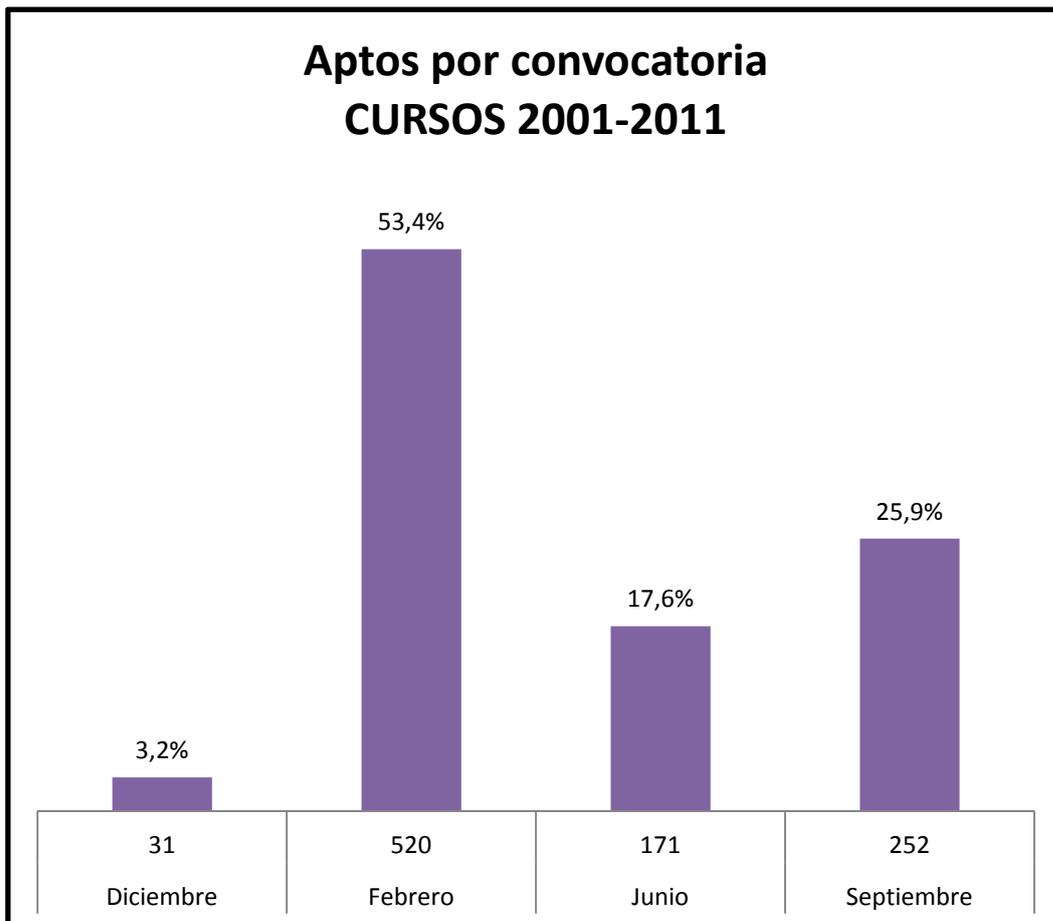
que se habían denominado desde 1816 como Aparejador, han pasado a denominarse desde 1964 hasta 2009 (en la UPCT) y hasta 2010 en el resto de universidades como Arquitecto Técnico y a partir de ahora como Ingeniero de Edificación, aunque la profesión seguirá denominándose Arquitectura Técnica.

Todos los planes de estos estudios han mantenido en su núcleo principal asignaturas relacionadas con los *Materiales de Construcción*. En el vigente plan de estudios de la titulación de graduado en Ingeniería de Edificación en la Universidad Politécnica de Cartagena dichos estudios constituyen una materia con tres asignaturas obligatorias de

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

6, 9 y 3 ECTS respectivamente denominadas Fundamentos de *Materiales de Construcción*, *Materiales de Construcción* y Control de Calidad de *Materiales de Construcción*. Estas asignaturas se imparten en los cursos 1º, 2º y 3º de la carrera y representa el 7,5 % de los 240 créditos totales de la misma. Es decir tiene una presencia muy importante que no tiene parangón con ninguna otra de esta titulación

Figura 5.- APTOS por cursos 2001-2011



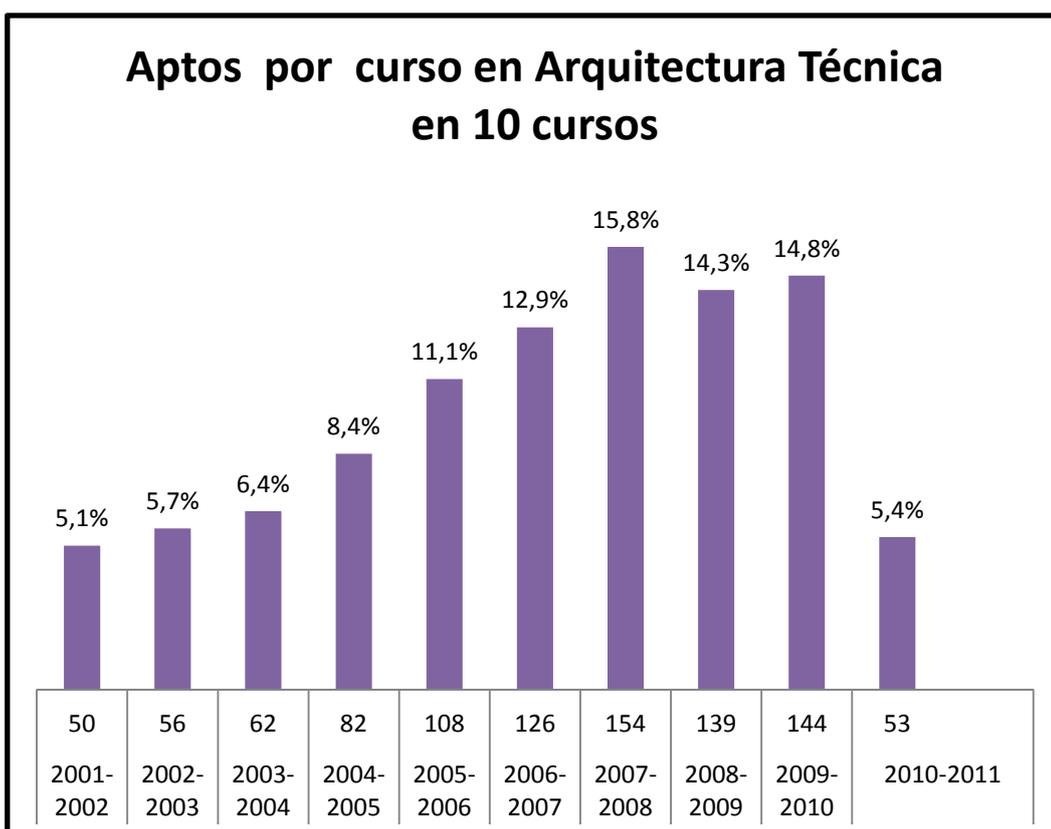
Es especialmente relevante, desde el punto de vista de su influencia en los procesos de enseñanza y aprendizaje el que un mismo núcleo de profesores con similares ideas didácticas se haga presente en tres de los cuatro años de la carrera. Como queda dicho, el antecedente inmediato de la situación actual han sido los estudios de *Materiales de Construcción* en la titulación de Arquitectura Técnica. Estudios que se impartían en dos asignaturas troncales en los cursos 1º y 2º de la carrera con un total de 16,5 créditos LRU, vigentes hasta el año 2007. Estos estudios se impartieron en la Universidad Politécnica de

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

Cartagena desde el curso 2001-2002 hasta el curso 2009-2010. Nueve años de docencia con 975 alumnos matriculados, 814 (83,5 %) de los cuales han superado la asignatura, como se puede comprobar en la Figura 6 y tabla 3.

También es un dato alentador que el 84,4 % de los alumnos aptos lo hayan conseguido en tres convocatorias, es decir, en el equivalente a un único curso. También es llamativo el hecho de que para el conjunto de los alumnos el 73,3 % alcancen la calificación de aprobado, en vez de notable o sobresaliente, lo que proporciona un amplio margen para la mejora. No parece que los aptos de una ingeniería, con los métodos tradicionales de evaluación sean *a priori* profesionales suficientemente competentes, pues en muchos casos han obtenido la

Figura 6.- APTOS por convocatoria 2001-2011



nota de 5 basándose casi en exclusiva en la memoria, teniendo serias dificultades con los clásicos ejercicios de lápiz y papel. Es aquí donde la innovación que se propone espera encontrar sus resultados más interesantes a la búsqueda de un conocimiento más sólido basado en la

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

comprensión y la aplicación en contextos complejos, que impliquen toma de decisiones.

Tabla 3.- Distribución de resultados nº de convocatorias

Nº Convocatorias	Suspensio	NP	APTOS	Nº	% APTOS	% Σ APTOS
1		2	430	432	52,8%	52,8%
2	10	39	152	201	18,7%	71,5%
3	3	41	105	149	12,9%	84,4%
4		7	56	63	6,9%	91,3%
5	7	29	36	72	4,4%	95,7%
6		1	12	13	1,5%	97,2%
7		6	8	14	1,0%	98,2%
8		5	6	11	0,7%	98,9%
9			3	3	0,4%	99,3%
10	1	3	2	6	0,2%	99,5%
11		1	1	2	0,1%	99,6%
12			1	1	0,1%	99,8%
13		3	0	3	0,0%	99,8%
14		3	0	3	0,0%	99,8%
17			2	2	0,2%	100,0%
	21	140	814	975	100,0%	

Con el objeto de compararlas posteriormente dejamos dicho que durante estos cursos la docencia incluía como contenido, estudios sobre los siguientes *Materiales de Construcción*:

- Hormigón
- Acero de armar
- Metales no férreos
- Polímeros
- Revestimientos.

Estos contenidos contrastan con el impartido actualmente como se tratará más adelante.

Finalmente, es pertinente decir que a partir del curso 2009-2010 la materia se imparte en el título de graduado en Arquitectura e Ingeniería de Edificación. En Arquitectura en el 2º curso como una única asignatura de 9 ECTS y en Ingeniería de Edificación en los tres cursos mencionados con un total de 18 ECTS. La asignatura se imparte por

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

cinco profesores en la parte teórica y por tres profesores en la parte de conocimiento experimental para cubrir los dos grupos por curso.

El doctorando imparte docencia con el siguiente detalle:

Tabla 4.- Créditos ECTS impartidos por el doctorando

Asignaturas	Titulación	Curso	ECTS Totales por Grupo	ECTS DOCTORANDO					
				Ciclo corto	Ciclo Largo		Total	Grupos	TOTAL
					SEM	LAB			
Fundamentos de <i>Materiales de Construcción</i>	Ingeniero de Edificación	1º	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0
<i>Materiales de Construcción</i>	Ingeniero de Edificación	2º	9,0	2,0	2,0	0,5	4,5	2,0	9,0
<i>Materiales de Construcción</i>	Arquitectura	2º	9,0	2,0	2,0	0,5	4,5	2,0	9,0
Control de Calidad de Materiales	Ingeniero de Edificación	3º	3,0	2,0	0,5	0,5	3,0	2,0	6,0
Ciclo Corto.- Contenidos Teóricos Estructurados; Ciclo Largo.- Aplicaciones					TOTAL ECTS		12,0		24,0

Además se ocupa de la organización docente coordinando a los profesores y las asignaturas de *Materiales de Construcción* desde la planificación al balance, incluyendo tanto la teoría como las prácticas y el laboratorio.

Los contenidos del programa de la asignatura *Materiales de Construcción* de Ingeniería de Edificación gestionados directamente por el doctorando (9,0 ECTS) son los que han sido objeto de estudio en esta tesis. En concreto son 10 semanas del curso con los materiales Hormigón, 2 semanas de presentación y balance del curso y 20 semanas de seminarios para las prácticas a lo largo del curso en el sentido que les da Hannan, 2006.

Los contenidos actuales de la asignatura, que se detallan al tratar el problema nº 1 de la investigación, se han implantado en el curso 2010-2011. Se nutren de los últimos avances en la ciencia de materiales, en general, y de los *Materiales de Construcción*, en particular. Tanto con referencia a la normativa nacional como a la bibliografía internacional, especialmente la generada en el departamento de Arquitect-

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

tura del Massachusetts Institute of Technology por el profesor John Fernández quien opina (Fernández, 2006) que:

"Buildings are meant to fulfill the diverse aspirations of a complex society. When delight and service are coupled together in a symbiotic whole, the built environment becomes a richly varied mosaic of design invention and engineering creativity achieved through the materials of the time"

También es una referencia para esta asignatura en nuestra universidad el profesor Mike Ashby (2007) de la Cambridge University, quien opina que:

"We live in a world of materials. It is materials that give substance to everything we see and touch. Our species – homo sapiens- differs from others most significantly, perhaps, through the ability to design, to make things out of materials"

En relación con los contenidos anteriores, hay que destacar que ahora se cubre todo el espectro de materiales, tanto tradicionales (en uso) como de vanguardia, estructurales o de revestimiento. Además se ha incorporado un marco normativo (el del Código Técnico de la Edificación promulgado en 2006) que sitúa a los materiales en su contexto de uso y ante los requisitos sociales convertidos en especificaciones técnicas, proporcionando gran libertad y rigor en su selección. Lo que se complementa con clases activas de materiales (Linsey, 2009).

1.1.2.2 Aspectos reflexivos en su docencia

Dos son los aspectos que han impulsado al doctorando a la presente tesis. El primero, el proceso de auto reflexión llevado a cabo desde una posición de profesor universitario asociado que enseñaba conforme fue enseñado hasta la de titular de una asignatura troncal en una titulación de carácter tecnológico. En su confuso planteamiento inicial anticipaba el encuentro con la mejor tradición de la investigación-acción en sus intenciones de ser un *profesor estratégico* con deseos de estimular los valores vitales y sociales en el aula con las exigencias normativas de formación por competencias establecidas en el Real Decreto 1393/2007 sobre ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. Todo ello, en un contexto de educación tecnológica en una universidad politécnica, la de Cartagena, en la que es profesor desde el curso 2001-2002.

El contacto con la realidad docente lleva al profesor predispuesto, aún sin formación pedagógica, a evolucionar siguiendo una secuencia parecida a esta (Fink, 2005):

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

- Mejorar las técnicas comunes de enseñanza
- Tratar de entender las teorías pedagógicas subyacentes
- Explorar los fundamentos humanistas de la educación

Esta actitud del doctorando lo condujo a una observación más atenta aunque ingenua, en el sentido de carente de teoría pedagógica, de todo el proceso del que era responsable. Una actitud reflexiva (Bárcena, 2005) que, naturalmente explica su interés por realizar esta tesis.

El segundo factor relevante es el encuentro con la investigación didáctica surgido de la realización del curso de doctorado en la Facultad de Educación de la Universidad de Murcia promovido por el **Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales**. Este curso le dio forma a las inquietudes resultado del aludido proceso de auto reflexión. Teorías y autores desconocidos hasta ese momento permitieron establecer líneas de estudio e investigación fructíferas. A la finalización del curso de doctorado se realizó una memoria para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados que reflejaba el análisis que se realizó sobre los resultados del aprendizaje de los alumnos en dos niveles: uno amplio (Estudio General) resultado de una mirada cuantitativa sobre las cifras totales y sus relaciones y otro de detalle (Estudio Reducido) que se ocupó de comprobar el efecto del empleo de los mapas conceptuales sobre los resultados académicos y sobre su motivación.

Las conclusiones de la memoria correspondiente fueron las siguientes:

- I. El diagnóstico inicial muestra su importancia para determinar las carencias conceptuales de los alumnos en relación con los conceptos a adquirir en la asignatura. Por tanto, resulta una herramienta de alto interés para diseñar organizadores previos.
- II. La herramienta estadística utilizada permite obtener conclusiones sobre los datos de los resultados del aprendizaje y del aprendizaje mismo con una facilidad que alienta para la propuesta de sistemas de evaluación complejos.
- III. El cambio metodológico en dos cursos ha producido cambios favorables en los resultados cuyas causas constituyen el estudio propedéutico llevado a cabo

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

- IV. Estos cambios ha supuesto un aumento significativo del número de aptos en la asignatura.
- V. El cambio metodológico más influyente ha resultado ser el de la realización de exámenes parciales cuya nota constituía proporcionalmente la nota final.
- VI. El estudio general llevado a cabo pone de manifiesto la necesidad de un mejor diseño de la docencia y su evaluación de forma que las correlaciones que se identifiquen puedan ser estudiadas con más profundidad para entender porque los resultados de algunas variables no mantienen correlaciones positivas.
- VII. Este estudio general invita a ocuparse de aspectos relativos a las actitudes como lo que desvela la correlación negativa entre la nota del diagnóstico y la asistencia a clase.
- VIII. El empleo del método de componentes principales permite comprobar qué actividades son relevantes y en qué medida a la hora de explicar las diferencias entre alumnos, lo que permite identificar actividades de aprendizaje generalizado o bien de evaluación incorrecta.
- IX. El estudio reducido ha permitido una interesante aproximación al efecto de los mapas conceptuales sobre el aprendizaje. En especial la relación entre la nota dada a los mapas con la nota media de las distintas actividades. Aunque es evidente que queda por explicar un porcentaje importante de las variaciones.
- X. A pesar de ello, se esperan mejores resultados de los mapas conceptuales si se adiestra debidamente a los alumnos en su confección, insistiendo en la contención en el número de conceptos y en la claridad y pertinencia de las proposiciones de enlace.
- XI. Parece necesario diversificar de forma pertinente los tipos de actividad y evaluación correspondiente para garantizar el aprendizaje de los conocimientos o las habilidades.
- XII. Igualmente puede ser de interés considerar indicadores de la motivación de los alumnos para afianzar la hipótesis de su importancia en el logro del aprendizaje.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

Complementariamente, la memoria del curso de doctorado proponía:

- A. El progreso en la eficacia de la docencia podría requerir abandonar el método de evaluación basado en un único examen al final del curso.
- B. La multiplicación de datos obtenidos de la observación del progreso continuo del aprendizaje del alumno hace muy complicado que: 1) un profesor procese toda la información generada y 2) que el profesor pueda utilizarla de forma significativa
- C. El primer problema puede ser resuelto con un uso eficiente de los sistema de aprendizaje electrónico (e-learning)
- D. El segundo problema puede ser abordado con el empleo de herramientas estadísticas para el análisis multivariante
- E. Una vez adquirida destreza en el empleo de ambas herramientas el profesor estratégico puede centrarse en probar los distintos métodos didácticos conocidos, hacer correcciones y acumular conocimiento que le permita influir, curso a curso, en la planificación de su asignatura y su desarrollo.
- F. La media de evaluaciones heterogéneas (informes de visita, exposición en clase, mapas conceptuales, prácticas de laboratorio...) no es una medida fiel de la posición de cada alumno respecto del resto de la cohorte. Es una mejor aproximación el conjunto de estimaciones (coordenadas) proporcionadas por los componentes principales resultantes del análisis factorial.
- G. La segmentación de las evaluaciones en aprobado, notable, sobresaliente parece admitir que los alumnos pueden ser calificados de aptos sabiendo solo una fracción de lo que necesitan para ser competentes. Una fracción compuesta de material heterogéneo resultado de encuentro, en el examen, de lo que el alumno sabe y lo que el profesor plantea. Sería más lógico que se estableciese qué mínimo coherente con las competencias corresponde a cada nivel y asegurarse de que el alumno adquiere el 100 por 100 de ese nivel (no debe aceptarse menos).

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

1.1.2.3 Período no sistemático de generación de problemas

Las preocupaciones surgidas durante la elaboración de la Memoria de la tesis y las que de forma azarosa fueron presentándose en la perspectiva móvil que el doctorando iba adoptando como combinación de sus lecturas y la experiencia docente cotidiana fueron constituyendo el motor que propulsaron al doctorando hacia la tesis doctoral (Sierra, 2002). Estas preocupaciones se presentan a continuación según iban surgiendo durante el período pre-operativo con su descripción y la pregunta o preguntas a la que daba lugar.

Por un lado el interés de los alumnos por conocer el contenido de los exámenes de otras convocatorias hacía pensar en su deseo de establecer los límites de los contenidos y su tratamiento para un profesor concreto de una asignatura concreta. De este modo, presumiblemente, controlan la ansiedad de afrontar unos contenidos ilimitados en su cantidad y de enfoque desconocido. Esta preocupación pone al profesor ante los fallos de comunicación de los objetivos y, más acá, en la definición didáctica de los propios objetivos. También genera la preocupación por cómo utilizar el interés del aprendiz por los términos del examen futuro para hacer cumplir los objetivos. Por tanto:

- ¿Existen procedimientos para conectar los dos extremos del proceso con claridad a través de los pasos intermedios de planificación de la enseñanza, desarrollo de la misma y evaluación de la adquisición de las competencias?

Antes de cualquier inmersión en los antecedentes teóricos y de política educativa sobre el aprendizaje basado en competencias (Villa y Poblete, 2006), la mera mención de las mismas en los borradores de los decretos que se anunciaban a mediados de la primera década del siglo XXI invitaban al doctorando a tematizar su preocupación por la relación entre los estudios y la capacidad de acción profesional. Preocupación que ya la vivió en primera persona al finalizar sus propios estudios. En consecuencia:

- ¿Qué se puede hacer en el marco académico para que no se dé el vacío que tradicionalmente ha existido entre los conocimientos supuestamente adquiridos y la capacidad real de actuar profesionalmente, ya sea en el tejido industrial, ya sea en actividades más abstractas como la docencia o la filosofía?

Como se ha comentado más arriba, la asistencia a una tesis sobre mapas conceptuales interesó al doctorando sobre esta herramienta

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

y el heurístico V (Novak y Gowin, 1988) y, más allá, sobre la teoría de la educación que el propio Joseph Novak propone (Novak, 1997) a partir de la teoría de la asimilación de Ausubel (Ausubel, 2002). Estas lecturas interesan por las respuestas que dan a la cuestión del comprender. ¿En qué consiste comprender? Se cruzan lecturas de Ausubel y Gadamer (Gadamer, 1999), con lecturas de Kant sobre el juicio determinante (Kant, 2007). En consecuencia se hace la pregunta de este tenor:

- ¿Son los mapas conceptuales una herramienta eficaz para la comprensión y explicitación de los conocimientos realmente significativo del alumno?
- ¿Es realmente útil la V de Gowin para la interpretación de los experimentos de laboratorio?

Más allá del interés por las teorías del aprendizaje, las situaciones de aula intrigan al doctorando por la falta de realimentación del profesor acerca del rendimiento de las clases en términos de aprendizaje real. Una cierta sensación de inutilidad de las clases expositivas confirmadas por la lectura del libro de John Biggs (Biggs, 2008) incitan a la búsqueda de información sobre el particular. En este sentido los escritos de Richard Felder (Felder et al., 2000) son un gran ayuda. De ahí se desprende el siguiente interrogante:

- ¿Es el aprendizaje activo un método adecuado para aumentar la eficiencia de las clases en el aula para la adquisición de conocimientos abstractos?
- ¿Es el aprendizaje activo basado en proyectos, casos o problemas un método adecuado para movilizar la habilidad de los alumnos en la redacción de proyectos en condiciones verosímiles de complejidad realista?
- ¿La amplitud de los contenidos debe ser la prioridad del profesor?

Las lecturas de los antecedentes teóricos de la anunciada reforma de la enseñanza universitaria para incorporar los principios del tratado de Bolonia de 1999 permiten conocer la conexión entre la enseñanza activa en Felder, la teoría del aprendizaje basado en competencias, surgida en los Estados Unidos en los años setenta y exportado al Reino Unido en los años ochenta (Elliott, 1999). En consecuencia, el doctorando se plantea:

- ¿Qué actividades hay que diseñar para movilizar en el alumno las distintas capacidades específicas propuestas por el proyecto TUNING en relación con la adquisición de las competencias?

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

Estas lecturas conducen, en esta fase del doctorando, en la que le preocupa adquirir un cierto dominio sobre el proceso de adquisición del conocimiento, que ya llama construcción de significados, al marco del constructivismo que da forma a sus intereses docentes. Estas reflexiones le hacen interesarse por la estructura de las evaluaciones. Conoce del concepto de evaluación formativa de Scriven (Stufflebeam y Shinkfield, 2005) y se plantea, a partir de las tipologías del conocimiento de John Biggs (Biggs, 2008) cómo tratar toda la información que potencialmente puede derivarse de las diversas actividades del curso. Así:

- Mapas conceptuales
- Prácticas del aula
- Asistencia a clase
- Evaluaciones de formación continua
- Atención en clase
- Visitas facultativas
- Trabajos monográficos
- Exposiciones orales
- Prácticas de laboratorio
- Teoría con evaluación de la memoria, análisis, síntesis o comprensión
- Ejercicios sin relación mutua
- Cuestionarios de preguntas alternativas

En consecuencia:

- ¿Es razonable utilizar una única media, incluso ponderada, entre los dos grandes bloques de teoría y prácticas para captar toda la complejidad presente en este caso?
- ¿Cómo ajustar una evaluación compleja de competencias a las calificaciones normalizadas y sus puntuaciones asociadas?
- ¿Será mejor una calificación cualitativa basada en los objetivos formativos?

Estos interrogantes, por tanto, justifican la necesidad de establecer y comprobar método de enseñanza no probados (innovación didáctica) en el contexto, cuya aplicación permita adquirir de forma evaluable las competencias, habilidades y destrezas de carácter tecnológico relativo a los *Materiales de Construcción* que requiere el perfil profesional de los egresados.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

También surgen interrogantes a partir de la constatación de las prácticas docentes precedentes caracterizadas porque:

- No había relación alguna entre perfiles profesionales y capacidades adquiridas
- No existen el concepto de competencias entendida como conocimiento funcional (Biggs, 2008)
- Toda la teoría se expone en clase magistral
- No hay evaluación continua ni realimentación del aprendizaje
- No hay control de asistencia
- La única evaluación es el examen final
- El examen final no tiene una estructura definida en relación a conceptos categoriales.

Por otra parte, la acción docente empezaba a parecerse en la actitud del doctorando al modelo de la *Action Research* nacida en el Reino Unido en los años sesenta (Elliott, 2000). Una aproximación a la actividad docente en la que la actitud reflexiva del profesor se estimula en la cercanía de la actividad en el aula y alrededores (tutorías) provocando numerosos interrogantes que se presentan no organizados para mostrar su carácter de realidad compleja y espontánea:

- ¿En qué medida las situaciones didácticas contribuyen al desarrollo de los objetivos planificados?
- ¿En qué medida el desarrollo de los contenidos responden a las previsiones planificadas?
- ¿Están los contenidos actualizados con la normativa y los desarrollos de la investigación sobre *Materiales de Construcción*?
- ¿La presentación de contenidos se puede hacer con facilidad en los tiempos previstos?
- ¿Se cumplen con las actividades previstas de aula informática y aula virtual?
- Preparación de un estadillo en el que se refleje el punto alcanzado en la presentación de los contenidos y el punto previsto.
- ¿En qué medida el desarrollo de los métodos responden a los previamente planificados?
- ¿Los métodos son explicitados al alumno con antelación?
- ¿En caso de métodos innovadores, hay un periodo de adiestramiento antes de su aplicación?
- ¿Se mantiene la conexión entre los conocimientos declarativos y las distintas actividades extra – aula?

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

- ¿Se ha realizado un diagnóstico previo para establecer los conocimientos previos de los alumnos relevantes para la asignatura?
- ¿Este diagnóstico da cuenta de la situación previa de los alumnos?
- ¿Los mapas conceptuales como organizadores previos responden a las previsiones de conectar los conocimientos previos expresados en el diagnóstico?
- ¿Los mapas conceptuales cumplen su misión de presentar debidamente interrelacionados los contenidos para una posterior presentación de los contenidos concretos?
- ¿Cuál es la percepción de los alumnos respecto de los mapas conceptuales como método de trabajo autónomo?
- ¿El sistema de control continuo del aprendizaje mediante sistema informático de preguntas – respuestas y registros de resultados resulta eficaz?
- ¿El uso de las simulaciones de Monte Carlo cumplen con las expectativas de generar acontecimientos de los que inducir fórmulas o principios de general aplicación?
- ¿El tipo de investigación requiere la formación de grupos de control?
- ¿Cómo han de ser los registros de los distintos aspectos de la investigación para captar la influencia de las potenciales innovaciones introducidas?
- ¿Es necesario captar la satisfacción de los alumnos más allá de la encuesta oficial realizada por la universidad.
- ¿En qué medida el desarrollo de las actividades o situaciones de enseñanza responden a las previamente planificadas?
- ¿Están bien dimensionadas las actividades o se producen desbordamientos de las previsiones por falta de tiempo, resolución de incidencias, incompreensión por parte de los alumnos de la acción planteada?
- ¿Se cuenta con información fiable sobre la duración media de las actividades extra – aula para que el esfuerzo del alumno no desborde la duración prevista con los créditos ECTS?
- ¿Puede un profesor solo coordinar la gestión de actividades de cierta complejidad o deberían actuar los profesores de la misma área formando un equipo para su correcta ejecución y registro de su evolución y eficacia?
- ¿Es necesario cambiar el sistema de evaluación para un mejor ajuste con los objetivos de la asignatura? (Erwin, 1991).
- ¿Qué actividades habría que diseñar para el desarrollo del programa?
- ¿Qué modalidades (De Miguel et al., 2006) deben utilizarse para actividades destinadas a estimular capacidades distintas del conocimiento teórico de los *Materiales de Construcción*?

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

Este complejo genera tal pléyade de problemas que es necesaria una cuidadosa selección. Pero sobre todo se precisa un método para la acción que ordene de forma coherente la concepción de la acción, su desarrollo y su registro para cerrar el círculo virtuoso de la mejora. En definitiva, **el problema por excelencia parece ser el de la programación**. Es necesario que el profesor cuente con la voluntad y el método para programar su acción. En este sentido, hay que considerar una ocasión perdida, el esfuerzo que cada aspirante a la plaza de funcionario hace para la elaboración de un Proyecto Docente. Más a menudo de lo que sería deseable, este proyecto-programa es archivado con agradecimiento y no se convierte en la herramienta permanente mejorada que debería ser.

Como se ha podido comprobar, el contexto en el que se produce la reflexión del profesor está ausente un compromiso del profesor con la planificación de su asignatura. Aunque no faltan llamadas formales a la presentación de programas del curso y, recientemente, de guías docentes normalizadas.

En este período, se ofrecen a la voluntad discrecional del profesor numerosos cursos, talleres, grupos docentes donde poder tomar contacto con esta realidad en un clima que favorece la innovación docente. En general todas estas ayudas han ido percibiéndose con más claridad a medida que el anuncio de una reforma de la enseñanza en la universidad fue haciéndose una realidad hasta culminar en los textos legales conocidos. No faltan, pues, herramientas ofrecidas a la comunidad universitaria, lo que, si se echa de menos es una sistematización de la discusión didáctica en ámbitos institucionales más próximos al aula, al depender más de la voluntad de cada profesor la participación en estas actividades formadoras de docentes que de un propósito institucional con efectos sobre la disposición de recursos o la adopción de metodologías en ámbitos departamentales. No digamos de creación de un clima de intercambio creativo de pareceres. Por eso, la instrucción durante el curso, en ausencia de programación, se refugia en un único método, el de la clase magistral, que es el único que permite una enseñanza con un mínimo de preparación del docente que es inaccesible a la crítica convencional en el contexto actual. Y, también por esa ausencia de un clima de crítica explícita de las carencias de la enseñanza convencional, no existe, como indica la más elemental doctrina evaluadora de la actividad docente, una valoración de los resultados para la realimentación de nuevos ciclos docentes, en prácticamente

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

ninguno de los niveles: ni el del profesor individual ni el de los estamentos docentes que gobiernan en sucesivas capas envolventes la actividad docente de la universidad. El encauzamiento de las inquietudes expresadas más arriba se debe traducir en problemas bien estructurados en el marco de un modelo sencillo como resultado de que, **finalmente, el doctorando comprende que en el propósito de diseño, desarrollo y evaluación de un programa de formación debe residir el eje principal de la tesis.** Así, ante el planteamiento formal de la tesis doctoral en el curso 2008-2009, el doctorando comprende que todos los interrogantes pueden converger si se centra en la tarea de abordar el diseño de un programa formativo que proporcione unidad a la acción docente. Un programa que diera cuerpo a las innovaciones que se puedan derivar de los interrogantes planteados al doctorando en sus reflexiones para mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje. La toma de posición a este nivel genera interrogantes del tipo:

- ¿Cómo ha de abordar un profesor universitario la programación de su asignatura en el contexto de la reforma de la enseñanza del año 2007?
- ¿Cómo asegurarse de que se cumplen el propósito de adquisición de las competencias profesionales?
- ¿Cómo convertir las competencias especificadas en los textos legales de las profesiones reguladas en objetivos académicos para el programa formativo correspondientes?
- ¿Qué dificultades plantea el contexto para el propósito de diseñar un programa innovador viable que responda a los requisitos anteriores?
- ¿Qué registros debe establecerse para la evaluación iterativa del programa?
- ¿Con qué criterios se evalúa la viabilidad del programa para hacer posible su mejora para sucesivas aplicaciones?

Un programa que tendría que implantarse en el curso 2010-2011 para su contraste con la realidad y evaluación de su viabilidad. Un programa que habría de ser flexible para resolver las contradicciones internas y las dificultades externas derivadas de su puesta en acción. Este propósito planteaba problemas de un carácter más general que deberían encontrar solución en la práctica de su diseño, desarrollo y evaluación.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

1.2 Diseño, desarrollo y evaluación de programas de formación

Los programas de formación son un desiderátum de la universidad española. A la bondad potencial de su elaboración y evaluación se resisten dos fuerzas fundamentalmente. Una de carácter psicológico y responde al vacío que experimenta el profesor ante la falta de estímulo del entorno profesional, no encontrando razones para hurgar en una realidad que parece pacificada en medio de gruesas capas de rutinas basadas en un supuesto sentido común docente. La otra, que refuerza la primera, es el espejismo de una carrera profesional más rápida y brillante si se basa en la investigación, que si se basa en la suma compleja de estudio, actualización y docencia.

Este clima no favorece una discusión intelectual que vaya más allá de un simple *"lo que tienen que hacer es estudiar"*. En una escena de una película norteamericana reciente (*The visitors*) el profesor Walter Vale, cuya escasa *entrega* profesional es mostrada ácidamente en el acto de expulsar a un alumno de su despacho, está ocupado en una tarea fundamental: tachar y cambiar el curso de aplicación del programa del año anterior para presentarlo a su departamento como el nuevo programa. Desgraciadamente esta escena no procederá de la imaginación del guionista, pero tampoco será un caso generalizado con toda probabilidad.

La realidad se suele deformar por el realismo, que es su hinchazón. Y el realismo muy a menudo responde a los estímulos inmediatos sin la intermediación de la reflexión. No hay nada más perturbador para un responsable de la acción de otros que tratar de sacarlos de rutinas consuetudinarias aparentemente pactada en un pasado inamovible. Pero, ahora se trata, precisamente, de que la docencia se active y se renueve para no esperar que sea una improbable transformación espontánea de los alumnos en seres hambrientos de conocimientos la que revierta la situación. El nuevo paradigma no consiste en enseñar (mostrar), sino en aprender (atrapar hacia) y, esto, no se puede hacer sin método (camino). Y este camino no se puede recorrer irreflexivamente, sino con programa (un plan previo).

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

1.2.1 El diseño de programas de formación

Esta tesis nace de la convicción de que la programación de la formación, mejorada iterativamente, es el mejor fundamento para una enseñanza de calidad. Su enunciado es expresivo de su propósito: Diseñar, Desarrollar y Evaluar un programa formativo en el máximo grado de concreción posible para comprobar su viabilidad como mecanismo generador de orden en el proceso y de competencias relativas a los *Materiales de Construcción* para la Ingeniería de Edificación. Un propósito que es deseable, pero, sobre todo, posible porque, como dice Susan Toohey (2011):

"Teachers in higher education retain a very significant advantage over teachers in others branches of education: their control of the curriculum."

Realmente es una ventaja no aprovechada. El diseño de un programa de formación moderno, que vaya más allá de la mera relación de contenidos, tiene que incluir dimensiones no advertidas o desdénadas, en general, en los ambientes universitarios hasta ahora.

Diamond (2008) identifica, en el marco de la globalización, factores para un cambio que reclama programación de las actividades. Así, la desaparición de fronteras entre los espacios educativos tradicionales; la influencia de Internet a la hora de contar de forma inmediata con contenidos disciplinares; la creciente confusión público-privado promovida por la situación ideológica internacional y la emergencia de lo local en la toma de decisiones. Por otra parte, considera la creciente importancia de las agencias de acreditación en su papel de generadoras de criterios para la planificación y la documentación de las acciones organizativas. También menciona la emergencia de una nueva distribución entre la docencia, la investigación y la gestión que sitúe debidamente la importancia de la misión educadora de la universidad, frente a desequilibrios aún imperantes. En el ámbito más restringido de la educación en las ingenierías (Rugarcia 2000; Felder 2000; Woods, 2000; Stice 2000) se identifica la aplicación inmediata de los ordenadores a los cálculos y a la generación de gráficos complejos en las aulas; la proliferación de publicaciones que obligan a nuevas formas de dominio de la actualización de los conocimientos; la necesidad de que los ingenieros tengan una amplia visión en el marco de su rama del conocimiento, pues en la práctica se ven llamados a intervenciones ecléctica tecnológicamente hablando por la convergencia de varias especialidades tecnológicas en un mismo objeto de interés; la obligación

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

para un ingeniero de estar en condiciones de intervenir en un espacio internacional, dada la extensión de los mercados para todo tipo y tamaño de empresas; la necesidad de que el respeto medioambiental esté presente en cada una de las decisiones de los ingenieros, dada la constatada implicación de los procesos tecnológicos en la sostenibilidad (en el caso de la ingeniería de edificación el impacto es especialmente importante); la percepción creciente de la importancia de los procesos ingenieriles en la salud de las personas (en la construcción de edificios esta cuestión es, también, especialmente relevante).

Rugarcia distingue entre conocimiento y competencia, considerando que la competencia es una herramienta para utilizar el conocimiento con una finalidad industrial determinada. Igual ocurre con otros componentes de las competencias como son las destrezas o las actitudes. Cita a Vesilind (1988), que sostiene que el efecto más perdurable de la formación universitaria sobre los alumnos es la maduración de su sentido ético (habría que decir por acción u omisión). Igualmente, cita a Mancillas (1989); Mingle (1989) y Morgan (1989), que sugieren que se deben inculcar valores sobre respeto medioambiental o ética profesional a los ingenieros de forma explícita sin que baste con incluir algunos créditos de humanidades en el currículo. Rugarcia (2000) sostiene, además, que los ingenieros toman decisiones a menudo sin consideración alguna a las consecuencias sociales, éticas o morales de la cuestión en juego.

Por todo lo que antecede y en relación con el diseño de los programas formativos, es interesante el énfasis de Rugarcia en lo que considera verdades metodológicas probadas por la investigación: el trabajo cooperativo, el aprendizaje inductivo (descubrimiento); afrontar la solución de problemas abiertos y la versatilidad del punto de vista del ingeniero (multi-disciplinaridad) frente a la técnica convencional de recibir pasivamente información de parte del profesor. Se refiere a los trabajos de McKeachie (1999) sobre estrategias de enseñanza; Wankat (1993) sobre la enseñanza en las ingenierías; Felder (1988) sobre los estilos de aprendizaje sobre el trabajo con grupos pequeños (Bonals, 2005) en el aprendizaje de las ciencias y las ingenierías. Los aspectos críticos en la reforma que Rugarcia, Felder y otros proponen para las ingenierías son los siguientes:

- Revisión del currículo
- Revisión de la estructura de los cursos
- Implementación de los nuevos métodos de enseñanza

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

- Evaluación de la eficacia de los nuevos métodos
- Adopción de medidas de estímulo para elevar el estatus de la función docente.

Todos estos puntos convergen en la necesidad de elaborar programas formativos innovadores en el ámbito de las ingenierías. Según Rugarcia (2000) hasta hace unos 30 años, muchos profesores de ingeniería trabajaban en la industria o como consultores y, por tanto, los contenidos disciplinares coincidían con lo que más tarde iban a necesitar los alumnos en una amplia colaboración con las industrias que luego habían de recibirlos. Sin embargo, hoy en día, es muy diferente, indica Rugarcia, pues si hasta los años ochenta la mayoría de los ingenieros químicos estadounidenses trabajan en la industria del petróleo, hoy en día, el espectro de potenciales perfiles profesionales va desde biotecnología hasta la tecnología de fabricación de semiconductores, además de conocer idiomas en las empresas exportadoras. Una solución es abandonar el tradicional currículo único, pero en vez de ofrecer diferentes vías de especialización muy ajustadas a las necesidades concretas, Rugarcia propone enseñar el núcleo de los conocimientos fundamentales de la ciencia y la ingeniería, al tiempo que se dota a los alumnos de habilidades para adquirir conocimientos nuevos a lo largo de su vida. Esta propuesta se concreta en siete competencias genéricas.

1. Capacidad de estudios prolongada a lo largo del ejercicio profesional
2. Pensamiento crítico y creativo con capacidad de resolver problemas
3. Capacidad de trabajo en equipo
4. Capacidad de comunicación
5. Capacidad de autoevaluación
6. Pensamiento holístico e integrador
7. Capacidad de gestionar los cambios

Competencias, cuya implementación, hace necesario un compromiso del profesorado (Zabalza, 2009) que colisiona con la actual tendencia de las universidades a depender de la investigación para su financiación. La consecuencia es que la docencia es relegada a un segundo lugar, como hemos dicho reiteradamente.

En lo referente al currículo, Rugarcia considera la necesidad de un equilibrio entre los conocimientos fundamentales de la ingeniería y

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

los específicos de la especialidad de que se trate. La formación de alumnos en estas competencias genéricas, unidas a las específicas de la ingeniería, requiere de técnicas nuevas, por eso, Felder (2000) propone que la enseñanza de la ingeniería adopte las nuevas formas de enseñanza-aprendizaje, que resume en el carácter activo de la nueva docencia. Es decir, dado que la investigación muestra que se adquieren mejor los nuevos conocimientos cuando se hace en el contexto, Felder sostiene que es necesario promover una enseñanza inductiva interesando a los alumnos en las prácticas reales en las que tendrán que actuar profesionalmente, pero relacionándolas con los modelos teóricos que las explican.

Por otra parte, se ha observado que muchos estudiantes universitarios no han adquirido, aún, el estadio del conocimiento formal descrito por Piaget. Esto hace necesario equilibrar la información abstracta con la concreta, principalmente en los primeros cursos. La ingeniería proporciona muchos hechos y datos que pueden servir de punto de partida que justifique la búsqueda de soluciones y el desarrollo de modelos matemáticos que permitan explicar y predecir. Esta doble cara del conocimiento debe ser bien acoplada a los estilos de aprendizaje de los alumnos, que Felder presenta en ocho estilos de aprendizaje, agrupados como cuatro ejes polares:

- Activo-Reflexivo
- Sensitivo-Intuitivo
- Visual-Verbal
- Secuencial-Global

Por tanto, dado que se aprende más eficazmente actuando y reflexionando, hay que introducir la enseñanza activa en el aula, razona Felder, sin sacrificar los contenidos abstractos. Así, con cuestiones tales como:

- Dibuje un gráfico de tal fenómeno
- Complete un cálculo
- Explique las discrepancias entre un modelo y los resultados de un experimento

También, el hecho de que en ingeniería se trabaje habitualmente en equipo, implica que hay que usar el aprendizaje cooperativo estimulando el trabajo en equipo, al tiempo que se asegura de que cada componente hace su parte y, a la vez, comprende el conjunto.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

Por otra parte, Felder considera que el aprendizaje no debe ser una ciencia adivinatoria, que no es necesario ocultar a los alumnos lo que han de saber. Además, dado que nada motiva más a los alumnos a orientar su aprendizaje que la naturaleza de los exámenes, éstos han de ser un desafío, pero también han de ser justos. Es decir, no deben tener “trucos” y deben permitir que los estudiantes tengan tiempo para demostrar el resultado de su esfuerzo. También hay que tener presentes los objetivos formativos cuando se esté preparando el examen. Es decir, no sorprender reclamando competencias para las que no ha preparado a los alumnos. Finalmente, Felder considera que el alumno debe experimentar un sentimiento de cuidado por parte del profesor. Es decir, que su destino le concierne y le preocupa.

Estas consideraciones, que proviniendo de un contexto ingenieril, podrían ser asumidas por otras ramas del conocimiento, señalan una vez más el camino: **la necesidad de anticipación que un programa formativo supone**. Un programa formativo es un Plan de Acción (Pérez Juste, 2006). Un plan de acción en el diseño (cómo anticipar), en el desarrollo (cómo aplicar) y en la fase de resultados (cómo extraer consecuencias de las operaciones de control). Desde esta perspectiva. El autor de su diseño debe ordenar en su entorno los objetivos identificados entre las partes interesadas, incluidas las instituciones envolventes. Para Pérez Juste el programa, en orden a cumplir unos objetivos, debe asegurarse de que los recursos son suficientes y adecuados. Entre ellos pone especial énfasis en la adecuación de las actividades y el ambiente de desarrollo del programa como medios de tal cumplimiento. También considera que la evaluación misma es un recurso a considerar por el diseñador del programa. Sin olvidar al propio profesor y sus características como elemento mediador entre el programa y el logro de los objetivos. Pérez Juste considera que el momento del desarrollo del programa es el de registrar el grado de cumplimiento del programa y el grado de satisfacción de los destinatarios (alumnos) o implicados (profesores, directivos). También considera fundamental que el programa y su desarrollo sean coherentes con su contexto programático de darse éste, tanto realmente en forma de metas explícitas del Departamento, como si solamente están explicitados formalmente como objetivos de la universidad en su Plan Estratégico. Naturalmente, la fase de desarrollo es el momento en el que el responsable de la implementación pone a prueba su capacidad de hacer realidad en un cierto grado el esfuerzo reflexivo previo. Es quizá la etapa más complicada. Finalmente, en la fase de resultados conside-

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

ra Pérez Juste que la eficacia y eficiencia del programa debe ser juzgada a partir de los registros tomados durante el desarrollo. Considera que hay que estar atento a captar efectos positivos no previstos en la planificación del control estándar del desarrollo. Ese juicio de valor sobre el programa puede estar destinado al que lo ha promovido, desde el centro que elabora un Plan de Estudios para una titulación hasta el profesor que elabora un Programa Formativo para su materia. Scriven, citado por Stufflebeam y Shinkfield (2005) propone ir más allá, al señalar como destinatario de la evaluación del programa al consumidor, que podría indicar, en el caso de los programas formativos de las universidades politécnicas, al tejido industrial que empleará a los egresados.

Consciente de que el trabajo fundamental de esta tesis tiene carácter innovador por la escasa bibliografía *ad hoc* en el marco de la implantación de los principios del proceso de Bolonia a los programas formativos de materias tecnológicas, se ha considerado de interés explorar y afinar una propuesta para el diseño de un concreto programa formativo. En todo caso, no se han encontrado publicaciones que cubran todo el proceso estudiado en nuestro caso. Es decir, desde el diseño a la evaluación con el grado de detalle al que se aspira para una aplicación a la acción docente.

Un programa formativo y su gestión encuentran dificultades objetivas y subjetivas que, si son conocidas, preparan a los responsables para su superación. Susan Toohey (Toohey, 1999) menciona las siguientes:

- Diferencias entre cohortes
- Desinterés de los profesores por la disciplina de la programación
- La falta de reconocimiento de una tarea complicada
- La falta de coherencia entre las clases en el aula y las tutorías y entre las unidades didácticas
- La falta de datos para la nueva planificación del curso
- La incapacidad para aplicar la investigación a la acción docente en departamentos tradicionales
- Las discrepancias dentro de un departamento sobre cuestiones didácticas
- Las diferencias de compromiso profesional entre profesores de una misma asignatura
- Las diferencias en los antecedentes cognitivos entre alumnos

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

- La presión para introducir más conocimiento disciplinar, especialmente en carreras de ingeniería
- La idea de que los currículos han de saturarse de contenidos como si se tratara de formar profesores, en vez de capacitar en lo técnico y lo personal para el ejercicio profesional.
- Los cambios en la concepción del currículo moderno, su estructura, la proporción de las actividades prácticas, su caducidad o la oposición entre conocimiento y comprensión.
- El interés por enseñar a aprender a los alumnos colocando el énfasis en el enfoque profundo del aprendizaje (Marton y Säljö, 1984), las taxonomías para concretar tal enfoque (Biggs, 1982) y la invitación a que el alumno construya por sí mismo los significados

En efecto, Biggs propuso una taxonomía que denominó SOLO (Structure of the Observed Learning Outcomes) que significa "*Estructura de los Resultados del Aprendizaje Observable*". Con ella quiso dar precisión a la perspicaz dicotomía de Marton y Säljö sobre el aprendizaje superficial y profundo. Y lo hizo estableciendo una serie de estadios del aprendizaje logrado, sin descalificar al alumno en los niveles inferiores, sino a sus logros por falta de motivación o de trabajo atento. El resultado fue el siguiente:

- Nivel **preestructural**, aquel en el que el alumno responde erróneamente o con tautologías.
- Nivel **Uniestructural**, aquel en el que el alumno da respuestas correctas que sólo proporcionan información sobre un aspecto de la cuestión planteada.
- Nivel **Multiestructural**, aquel en el que el alumno da respuestas correctas que proporcionan información variada sobre la cuestión planteada, pero sin conexión entre las distintas ideas, ni visión global.
- Nivel **Relacional**, aquel en el que el alumno proporciona información conexa, integrada que permite explicarse un fenómeno en todas sus implicaciones. Es el nivel del juego bivalente entre el análisis y la síntesis ofreciendo visiones integradas.
- Nivel **Abstracto Ampliado**, aquel en el que el alumno trasciende la información adquirida en el nivel relacional y es capaz de trasladar el esquema a otra situación. Es el nivel que posibilita, primero, la transferencia y, después, la creatividad.

Especialmente provocador resulta la opinión de John Biggs (Biggs, 1979, 1982) de que los universitarios a medida que maduran y extienden sus estudios tienen más probabilidades de enfocarlos superficialmente. Además esta tendencia se acentúa en los estudiantes de

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

ciencias respecto a los de humanidades (Toohey, 1999). Llamadas de atención que deben influir sobre los planteamientos iniciales del diseñador de un programa formativo.

John Biggs (Biggs, 1993) piensan que el exceso de contenidos y las largas horas de presencialidad provoca ansiedad por falta de tiempo e impide la calidad de los trabajos y que los exámenes de preguntas alternativas y los sistemas de premios producen resultados escasos. Igualmente inciden en los efectos negativos de la falta de libertad para elegir contenidos y el clima de cierto cinismo en los propios departamentos.

La constatación de que el deseado enfoque profundo del aprendizaje requiere tiempo contrasta con el énfasis que la enseñanza tradicional pone en las clases expositivas en las que el alumno juega un papel pasivo **perdiendo un tiempo precioso** (Toohey, 1999) para la comprensión del concepto y su aplicación. Todo ello en aras de la extensión de los contenidos sin contacto con su traducción en acción tecnológica concreta.

En lo que respecta a la evaluación de los aprendizajes, la postura mejor establecida (Toohey, 1999; Biggs, 2008; Torrance, 1996 y Brown, 2003) es que ésta es la mejor herramienta para orientar a los alumnos hacia los objetivos. Si el interés está en un enfoque profundo del aprendizaje con repercusión en un conocimiento funcional esperado, es necesario evitar que el alumno se dedique a acumular información de memoria sin comprenderla.

En relación con esto, Toohey (1999) sostiene que las largas horas de contacto de un profesor activo ante alumnos pasivos; la cantidad desmedida de trabajos prácticos y la superficialidad de los cursos introductorios, invita a desesperar de que este tipo de enseñanza sirva con posterioridad para una aproximación profunda a un determinado ítem cuando los alumnos no han aprendido a hacerlo en ningún momento. Añadimos la propia tendencia de cualquier tipo de aprendiz a la procrastinación en un marco de atractivo entretenimiento incluso con los recursos informáticos puestos a su disposición en la propia universidad. Toohey, añade que también considera inadecuada la rigidez del currículo que no permite ninguna elección al alumno.

Tampoco ayuda al desarrollo de un programa formativo un clima de cinismo profesional (Toohey, 1999) como consecuencia de presio-

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

nar a los estudiantes para que cumplan con contenidos y plazos, mientras se consiente a profesores ausencias injustificadas de clase o incumplimientos en la devolución de trabajos corregidos. Además contribuye a un mal clima los sarcasmos en clase con los errores de los alumnos. Obviamente estos comportamientos son lastres para el desarrollo del programa que será visto por los alumnos como un formalismo a eludir.

Esta discusión lleva a enfatizar lo que el alumno hace y no lo que hace el profesor. Este enfoque tiene gran importancia a la hora de plantear actividades en el diseño del programa formativo. **Actividades "activas"** en relación al alumno frente a las paradójicas **actividades "pasivas"** que se ha programado tradicionalmente.

En relación con la motivación y su relación con el diseño de un programa formativo, Toohey cita a Larson (1993) que cree que el profesor suele pensar que el mero hecho de matricularse implica interés, mientras que el alumno espera que sea la actuación del profesor la que debe motivarlo. Pero, en opinión del doctorando, estas dos posturas están equivocadas porque, sin perjuicio de la marginal contribución de un profesor brillante o la improbable de una cohorte motivada de suyo, es una planificación de actividades bien relacionadas con los objetivos profesionales o vitales de los estudios, **objetivos claros y una eficaz retroalimentación del estudiante** durante el curso lo que con más eficacia proporciona un clima motivador. Al contrario, un clima de confusión e indiferencia contribuye a la desmotivación y falta de voluntad de los alumnos. Igualmente es de interés programar **actividades que favorezcan el compromiso entre estudiantes** en vez de hacer que todo dependa del profesor.

También hay que considerar con prudencia las actividades colaborativas. De una parte, considerarlas por el interés de la cooperación entre alumnos y, de otra, con prudencia para no quedarse sin mecanismos de evaluación individual. No menos influencia tiene sobre el enfoque profundo del aprendizaje por parte de alumno la inclusión en el programa formativo de un conocimiento básico bien estructurado que sirva de base a la construcción del propio esquema de conocimiento gracias a la actividad cognitiva del alumno. Igualmente importante es conseguir que los alumnos relacionen este conocimiento con la experiencia cotidiana (Dewey, 1997).

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

Toohey (1999) ofrece una cita de Candy et al. (1993) en la que un estudiante muestra la habitual confusión que les aqueja a aquellos alumnos que en 1970 Perry (1999) y Rapaport (2010) identifican como *dualistas*.

"No estoy familiarizado con este método de estructurar el aprendizaje en el que tú mismo identificas lo que quieres aprender y te haces responsable de tu propio aprendizaje. Es completamente nuevo para mí y me sentí incómodo al principio porque esperaba directrices claras por escrito "por aquí debes ir", "Esto es lo que tienes que hacer" etc. Pero ya en el primer curso me acostumbré a decidir lo que quería aprender, mejor que alguien establecieses unos contenidos y yo me limitara a aprobarlo al final. Ahora puede comprender lo que necesito para mi desarrollo personal y profesional y el curso me ayuda a estructurar mis metas con más claridad."

Esta cita sobre el impacto de la rigidez o libertad de la estructura de los contenidos de un programa está relacionada íntimamente con la adopción de métodos de enseñanza como, por ejemplo, el Aprendizaje Basado en Proyectos (APB) en el que se aprende sobre la materia en el acto de implementación en una edificación concreta (Alison, 2005). O bien, una postura más conservadora basada en la exposición metódica de contenidos (*Materiales de Construcción* ordenados por características, historia, usos, etc.). La necesidad de ser conducidos o ser capaz de auto regularse ha sido estudiada por Perry (1999).

Perry propone una escala con cuatro actitudes intelectuales jerarquizadas que van desde el ingenuo dualismo al relativismo. El **dualismo** cree que hay gente que sabe (el profesor) y gente que no sabe (el alumno), que todos los problemas conocidos tienen solución, ésta es única y el profesor la sabe. El aprendizaje consiste, en ese marco, en comunicarse ese conocimiento. A esta etapa sigue una de **multiplicidad** en la que se descubren que los problemas pueden tener muchas soluciones, que las ideas se multiplican y hay dificultad para separar las verdaderas de las falsas en primera instancia. Por tanto, los profesores pueden *profesar* ideas equivocadas. A esta etapa sigue la del **relativismo contextual** en la que el aprendiz descubre que la multiplicación de ideas no tiene porqué significar confusión, pues se pueden afinar métodos para clasificarlas por su contenido de verdad o evidencia. A esta fase sigue la del **relativismo comprometido** en la que es el propio aprendiz el que se responsabiliza de su opinión y de la tarea de fundamentar sus ideas; de ponerlas en contacto con las de otros y, si es necesario, por la fuerza de la razón, renunciar a las propias. Este es un breve resumen del crecimiento intelectual que Perry expuso sus

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

clásicos trabajos *Forms of intellectual and Ethical Development in teh College Years* de 1970 y *Cognitive and Ethical Growth* de 1981. En esta estela dice Donovan y Bransford (2005):

"Students come to the classroom with preconceptions about how the world works. If their initial understanding is not engaged, they may fail to grasp the new concepts and information, or they may learn them for purposes of a test but revert to their preconceptions outside the classroom."

En el caso de esta tesis, y a la vista de la preocupación mundial por la necesidad de ordenar la enseñanza y su planificación en torno a nuevos polos, hay que enfatizar la innovación que supone un sistema para el diseño, desarrollo y evaluación de resultados de un programa formativo para asignaturas técnicas que lleva incluido un sistema de evaluación del programa **en una época en la que la acumulación de evidencias de la investigación invita a una prudente puesta en práctica**. En materia tan compleja como la educación, confiar todo a un único método de enseñanza es arriesgado y las consecuencias pueden ser graves para cohortes completas de alumnos. Por ello, lo prudente es estructurar el programa formativo en torno a más de un método al objeto de aplicar lo mejor de cada uno a cada tipo de actividad. En este sentido nuestra propuesta se organiza de tal modo que deja espacio para la formación en torno a los conceptos, con lo que es posible poner en marcha actividades que estimulen el conocimiento profundo de los *Materiales de Construcción* junto a actividades que hagan evidente a los alumnos cuál es el propósito de su esfuerzo intelectual y que, al tiempo, permita que desarrollen destrezas cuasi profesionales. Éste carácter híbrido del programa se plasma también en el sistema de evaluación, como se verá más adelante.

En resumen, hay que tener en cuenta que el proceso de investigación tiene su origen en las competencias profesionales de un título (Ingeniero de Edificación) para una profesión regulada, aunque para su adquisición, no se quiere perder de vista el carácter constructivista del aprendizaje con lo que implica de participación activa del alumno en su propia conformación intelectual y la necesidad de complementar una profunda adquisición de conocimiento teórico con la adquisición de conocimiento práctico que posibilite la capacidad de tomar decisiones que constituye un auténtico conocimiento profesional.

El diseño del programa capaz de abordar este propósito está fuertemente influido por el sistema de evaluación que se aplique, que

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

ha de incluir el mecanismo de revisión y mejora de todas las dimensiones implicadas. En el apartado siguiente se aborda una aproximación al desarrollo de los sistemas de evaluación como antecedente del objetivo de esta tesis.

Como se verá más adelante, la búsqueda de programas en internet sobre *Materiales de Construcción* conduce a documentos sintéticos más o menos completos en sus apartados. Tanto los nacionales (<http://cort.as/1cul>; <http://cort.as/1cv8>; <http://cort.as/1cvA>; <http://cort.as/1cvG>; <http://cort.as/1cvI>) como los internacionales (Massachusetts Institute of Technology <http://cort.as/1cug>) presentan objetivos formativos más cercanos a lo que en los textos normativos denominan "competencias" y, algunos casos, se denomina programa de la asignatura a una mera relación de los contenidos teóricos y prácticos, la bibliografía y las proporciones de reparto de la nota total.

No se han encontrado antecedentes de tesis semejantes a la que aquí se aborda (didáctica en asignaturas tecnológicas) y nada en absoluto en el ámbito de la Ingeniería de Edificación o sus antecedentes. Tampoco se conoce antecedentes publicados sobre la docencia más cercana a la Ingeniería de Edificación o sus antecedentes de Arquitectura Técnica o los estudios de Aparejador.

Sí se han encontrado tesis influidas por el cambio que supone la implantación del llamado Proceso de Bolonia. Montero (2008) preparó una tesis con este enfoque:

"La tesis que se presenta en esta memoria se enmarca en el ámbito de la innovación docente. La inminente entrada en vigor del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) exige la evaluación de nuevas competencias en los estudiantes, lo que comporta cambios importantes en lo que a la metodología docente aplicada y herramientas evaluadoras utilizadas se refiere. En esta tesis se abordan varios aspectos fundamentales en este contexto: (i) El estudio de las características que debe cumplir una metodología docente que se adapte a las exigencias que impone la entrada en vigor del EEES, (ii) la puesta en práctica de una metodología docente apropiada que suponga un compromiso razonable entre las características deseadas y los recursos disponibles, y (iii) la propuesta de nuevas herramientas evaluadoras que se adapten a la nueva metodología, a los recursos disponibles, y a las necesidades impuestas por el EEES."

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

1.2.2 La evaluación de programas de formación

El contenido de esta tesis es completamente innovador en este contexto por el método que postula para la alineación completa del proceso desde el diseño del programa formativo a la evaluación de resultados mediante un proceso *paso a paso* en el que no queda ninguna solución de continuidad que deje sin fundamento a una fase ulterior.

Naturalmente, este proceso no se hace en el vacío intelectual y desde la nada, sino que entronca con la tradición evaluadora de programas que se inicia históricamente con los trabajos de Ralph Winfred Tyler para la evaluación en la educación en el *Eight-Year Study* de la Universidad del Estado de Ohio durante los años treinta del siglo XX. Todo principio percibido con claridad sobre una actividad humana tiene sus precursores y así pasa con la evaluación, que presenta antecedentes en China 2000 años antes de Cristo, en la Grecia clásica, en la que el mismísimo Sócrates empleó cuestionarios de evaluación, o en el siglo XIX cuando en 1845 se realiza una evaluación sobre el rendimiento en las escuelas de Boston (Stufflebeam et al., 2005).

Hogan (2007) identifica en la historia de la evaluación de programas siete etapas (edades) y nueve enfoques diferentes. En el núcleo de su diferenciación coincide con Stufflebeam, pero amplía el campo por atrás y por delante.

En una primera etapa (1792-1900), denominada Edad de la Reforma, encuentra el primer documento que se puede considerar formalmente una evaluación formativa de carácter cuantitativo (López Pastor, 2009). En este período se realizan reformas en el Reino Unido basadas en evaluaciones que determinan los sueldos de los profesores. Entre 1887 y 1898, Joseph Rice lleva a cabo una evaluación sobre el procedimiento formativo basado en deletrear palabras encontrando que no había relación entre el tiempo dedicado al aprendizaje y la correspondiente competencia.

A una segunda etapa (1900-1930) la denomina Edad de la Eficiencia y los Ensayos. Etapa que unida a la anterior Stufflebeam denomina *época pre-tyleriana*. En ella Hogan destaca la figura de F. W. Taylor, el conocido racionalizador de la gestión industrial, como una fuerte influencia para el posterior desarrollo de la evaluación de programas. Es una época en la que se pone el énfasis en la observación, medida y análisis para el logro de la eficiencia. En este sentido consi-

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

dera las pruebas basadas en objetivos como decisivas para la evaluación de la calidad en la enseñanza. Las autoridades educativas establecieron pruebas oficiales para las escuelas de Boston con el propósito de establecer la efectividad de la educación.

Hogan coincide con Stufflebeam en considerar el período que comienza en 1930 como la Edad Tyleriana. Tyler estudia los resultados del aprendizaje de 15 escuelas del equivalente a bachiller y COU español (high school) durante casi una década. De este estudio Tyler induce que los objetivos formativos serán más claros si se los formula en términos conductuales para ser la base de la valoración de eficacia de la educación. Dice Tyler (citado por Walbesser y Esisembert, 1972) que *"...cada objetivo debe definirse en términos que dejen claro qué tipo de comportamiento se pretende que el curso desarrolle en el alumno"* (el subrayado es mío). Este enfoque se considera la primera formulación de la alineación entre objetivos y resultados, al tiempo que una proto definición de competencia en su sentido más conductista.

Hogan y Stufflebeam coinciden en denominar Edad de la Inocencia al período que transcurre desde 1946 a 1957. Una etapa de la historia de la evaluación de programas en la que, trascendiendo las dificultades de la II Guerra Mundial y la previa depresión económica, la sociedad americana afronta un período de gran crecimiento que conlleva una expansión notable de las necesidades educativas. Esta es la época de la cantidad y no de la calidad. Un período optimista en el que la abundancia de recursos facilita que la educación cuente, sin gran control, con abundantes instalaciones y profesores. Stufflebeam la considera una época de irresponsabilidad por la autocomplacencia social. Esta situación favorece el interés por los trabajos de Tyler por su énfasis en los resultados. Es un período en el que la evaluación perfecciona técnicas sin un claro propósito de mejora, del que no se era consciente, lo que, en opinión de Stufflebeam retrasa el desarrollo de la evaluación de programas. Es una época en la que el paradigma cuantitativo favorece la aparición de taxonomías de los objetivos de la educación, entre las que destacan, por su todavía apreciado valor, la promovida por Benjamín Bloom en la Universidad de Chicago en 1948 como lenguaje común para fijar los objetivos formativos. Todo ello en el marco del emergente cognitivismo de la época.

La Edad del Desarrollo (1958-1972), que Stufflebeam denomina del "realismo" se inicia con el brusco final del período de la confianza ilimitada. Confianza herida por la exhibición espacial de la Unión Soviética.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

tica con el envío del Sputnik I al espacio desatando una paranoica sospecha de debilidad ante el rival sistémico. La consecuencia fue una urgente redefinición de objetivos educativos orientados a la defensa nacional. Esto conlleva la disposición de numerosos recursos económicos para educación en lenguas extranjeras, matemáticas y ciencias en general. Esta preocupación fue acompañada de la preocupación por la consecución de resultados y, con ella, un renovado interés por la evaluación de programas formativos, cuyo desarrollo también fue apoyado con recursos económicos. De nuevo es reivindicado Tyler así como la experiencia técnicas en el desarrollo de pruebas de evaluación de resultados de los periodos anteriores. También, en una actitud precursora de la formación para las competencias, se utiliza el método del criterio profesional para juzgar la eficacia de la formación. La evaluación por referencia a criterios (NCT) se diferencia de la evaluación por referencia a norma (NRT) en que el primero el alumno es juzgado de acuerdo con determinados objetivos o niveles por el grado en que los alcanza tras un período de educación (por ejemplo la calificaciones de aprobado, notable, sobresaliente), mientras que en el segundo el evaluado es comparado con otros del grupo en el que se le considera incurso por una determinada característica ya poseída por él (por ejemplo una nota de bachiller para la admisión) con el objeto de hacer una selección. Éste fue un momento de oro para la evaluación en el que se establecieron las bases para la posterior profesionalización de la actividad. Este período trae a la conciencia de los evaluadores la falta de eficacia de sus informes para realimentar a los diseñadores de currículos. En estos años un poderoso movimiento liberal para la erradicación de la pobreza en Estados Unidos durante el mandato del presidente Kennedy trajo consigo la preocupación por el control de la eficacia de los programas sociales desplegados, inaugurando la transferencia a éstos de las ideas desarrolladas en el ámbito educativo. En el ámbito de la educación, esta actividad social, produjo el inicio de un período de grandes avances en la teoría y aplicación de los programas formativos. Un primer efecto fue la permuta de los RNT por los RCT para evitar que la segregación previa producida por la pobreza no influyera en las políticas formativas, eliminando del sistema potenciales alumnos con talento. La iniciativa de Phi Delta Kappa (PDK), la más antigua asociación de educadores de Estados Unidos, de crear un Comité Nacional para el Estudio de la Evaluación permitió conocer las graves deficiencias de los sistemas de evaluación en curso. Surgieron entonces nuevos modelos de evaluación con Scriven y Stufflebeam a la cabeza.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

El sexto período (1973-1983) es denominado Edad de la Profesionalización tanto por Hogan como por Stufflebeam. Es el momento en que empieza a percibirse la evaluación como una profesión formalmente considerada. Surgen revistas periódicas sobre la especialidad y las universidades consideran de interés ofrecer cursos para evaluadores. Se alcanza un nivel meta-evaluativo en el que se juzga, no ya el programa, sino el propio proceso de evaluación. Situación que es consecuencia de la creación del Comité de Normas para la Evaluación en la Educación de Estados Unidos en 1981.

Finalmente Hogan matiza la historia de la evaluación al proponer una séptima etapa que denomina Edad de la Expansión e Integración que estaría vigente. La razón estriba en las dificultades que las reducciones presupuestarias de los períodos de mandato de Ronald Reagan supusieron para los programas sociales (incluidos los educativos) y, por tanto, para la evaluación de los mismos.

Se puede añadir que la historia reciente de la evaluación, globalmente considerada, ha sufrido un grave revés desde que los economistas de la Escuela de Chicago en especial Milton Friedman extendieron la ideología economicista de la "libertad para elegir" que proponía la eliminación de todo tipo de control, lo que implica el desprestigio de los sistemas de evaluación. Esta banalización del control que se maduró durante los años noventa cristalizó en la eliminación de los mecanismos de control financiero y la corrupción de los sistemas de control establecidos con anterioridad como auditorías de cuentas y calificación de valores financieros. Este estado de cosas ha debilitado la tardía incorporación de sistemas de evaluación para el control de la calidad educativa en Europa por los acuerdos de los ministros de educación del EEES en 1999. Quizá, por eso, no es extraño encontrar profesores en los claustros universitarios que rechazan este nuevo estado de cosas que suponen intervenciones exogámicas (ANECA o los Servicios de Calidad de las Universidades), como burocráticas y perturbadoras o que eluden todo compromiso con la programación formativa en nombre de una supuesta libertad de cátedra que fundarían en una concepción de la enseñanza como arte incalificable e incompatible con la previsión o el registro de la acción y la revisión de las acciones si son advertidas como inadecuadas.

Detrás de este resumen cronológico del progreso de la idea de evaluación de programas de todo tipo (sociales, educativos) hay un

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

proceso intelectual sobre los enfoques para la evaluación formativa que se fueron proponiendo a lo largo de los años.

Stufflebeam (2005) distingue entre seudo evaluaciones, cuasi evaluaciones y verdaderas evaluaciones. Esta diferenciación es autorreferencial, pues no atienden a criterios homogéneos. Criterios tan distintos como la falsedad, lo incompleto o la bondad integral. Las seudo evaluaciones se refieren a aquellas que son resultado de grandes presiones sobre los evaluadores para salvaguardar los intereses del comitente, invalidando la evaluación en origen. La cuasi evaluaciones, por su parte, son aquellas que no cubren todo el campo que una evaluación debe cubrir. Así considera Stufflebeam al enfoque originario de Ralph Tyler al estar orientado a los objetivos y, por tanto, a la comprobación de que los resultados del programa coinciden con aquellos. Se le critica que proporcionan información tardía para la mejora del programa y que es pobre para una correcta evaluación del objeto de evaluación. También considera como cuasi evaluación a los estudios experimentales por dejar fuera a los valores que presumiblemente estarán involucrados en la acción. Carencia que intenta corregir el método de las cinco preguntas de Gowin (Novak y Gowin, 1988). Es especialmente perspicaz el comentario de Stufflebeam acerca de que los problemas planteados nunca tienen origen en los implicados y participantes. De modo que, sin dejar de reconocer los métodos que aportan para el establecimiento riguroso de relaciones causales, se considera que los estudios experimentales son parciales y, por tanto, cuasi evaluaciones. Finalmente, Stufflebeam considera verdaderas evaluaciones a aquellas que abordan sin sesgo "*investigaciones de conjunto basadas en cuestiones de valor y mérito*" (Stufflebeam y Shinkfield 2005). Entre ellas distingue la evaluación orientada a la toma de decisiones, lo que supone la voluntad de utilizar la evaluación para determinar el valor y tomar decisiones para la mejora del programa. Se considera a Conbach el precursor de este enfoque que trascendía el enfoque original de Tyler centrado en los objetivos y su alineación con los resultados. Aunque, se corre el peligro de una desviación anómala producida por la necesaria cooperación entre el evaluador y el que ha de tomar la decisiones. Para evitarlo se emplea la meta evaluación como mecanismo corrector de los sesgos potencialmente presentes. Otra modalidad de verdadera evaluación es aquella que se orienta al cliente. De este modo se reorienta la atención hacia el destinatario del programa en vez de al decisor que, normalmente, estará en un nivel alejado de aquel. Stake es el proponente de este enfoque, que tanta influencia ha

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

tenido sobre los sistemas de calidad basados en la norma ISO 9000 que son, hoy en día, la referencia de las evaluaciones de calidad en los sectores industriales internacionales y, también, para todo tipo de programas administrativos y sociales. Como en casi todos los enfoques, en este caso, existe el riesgo de que una visión distorsionada de las necesidades del cliente desvíe la atención hacia el lugar erróneo. Se añade la modalidad de estudio político, como aquel que evalúa la pertinencia o eficacia de una determinada política de las administraciones. Son estudios de viabilidad de grandes proyectos mediante técnicas DELPHI y experimentos a escala. Corren el riesgo evidente de que los intereses políticos espurios acaben contaminando la evaluación. Finalmente, Stufflebeam considera que la modalidad de evaluaciones orientadas al consumidor no debe confundirse con la modalidad orientada al cliente, porque, en este caso, se refiere a la sociedad destinataria final para su orientación en la adquisición de bienes de acuerdo con criterios económicos, de necesidad y relativos a los valores sociales. El cliente es el que abona los honorarios en un contexto de ejercicio liberal de la profesión o aquel que lo encarga en el marco de una organización jerárquica. Scriven en 1967 es el creador de este enfoque aplicándolo a la educación alcanzándose así la última frontera de la búsqueda del legítimo interés en juego. Para él el evaluador debe ser "el sustituto informado del consumidor" que no debe contentarse con alcanzar las metas y debe guiarse por las necesidades del consumidor. Insiste en que el evaluador no debe, en ningún caso, tratar de ayudar a la mejora del programa porque al cooperar con el evaluado pierde la capacidad de juzgar el programa. Por eso, a Scriven debemos el hallazgo de la conceptualización de las evaluaciones en formativas y sumativas, es decir, como mecanismos para el desarrollo del programa o para la valoración final una vez desarrollado.

Por otra parte, la evaluación iluminativa (Stufflebeam, 2005); (Pérez Juste, 2006), se presenta como un enfoque cualitativo que pone el énfasis en las prácticas educativas y del aprendizaje quitando el foco de los aspectos psicométricos medibles en el comportamiento de los alumnos. Stake en 1974 es el principal representante de esta corriente. Se piden evaluaciones basadas en la observación, diseños flexibles capaces de adaptarse a las circunstancias y que las escalas de valores utilizadas por el evaluador sean evidentes para los promotores de la evaluación.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

Cronbach en 1974 opinaba que:

"la experimentación educativa se ha preocupado de comparar las calificaciones medias de los distintos cursos. Pero la evaluación de un curso exige una descripción de resultados. Esta descripción debe hacerse con la escala más amplia posible, incluso a costa de la exactitud y precisión, más bien superficiales"

Los defensores del enfoque cualitativo critican el paradigma agrícola-botánico según el cual, en palabras de Stufflebeam (2005):

"Los estudiantes –como si fueran cultivos- son sometidos a pre-test (la planta joven que es pesada o valorada) y luego sometidos a distintas experiencias (condiciones de tratamiento). Como consecuencia, después de un cierto período de tiempo, los resultados (el crecimiento o la cosecha) se valoran para indicar la relativa eficiencia de los métodos (fertilizantes) utilizados. Los estudios de este tipo están destinados a proporcionar datos de tipo numérico y objetivos que permitan la realización de análisis estadísticos. Variables aisladas como el coeficiente de inteligencia, la clase social, los resultados de los test, las características personales y la valoración de su actitud, son codificadas y procesadas para indicar la eficiencia de los nuevos currículos."

Parlett y Hamilton en 1977 consideraban que este tipo de evaluación debe ocuparse más de la descripción y la interpretación que de la valoración y predicción. Sostienen que en la evaluación tradicional (cuantitativa) se olvida la variedad de interpretaciones que los actores del proceso hacen de los objetivos, actividades y resultados del programa formativo durante el proceso de aplicación y, más allá, la preocupación de estos autores por la interrelación del programa con su contexto. Stufflebeam (2005) destaca el interés en las respuestas pragmáticas de los estudiantes en relación "... al *currículo visible* y al *oculto adaptándose a las costumbres, convenciones, culturas y modelos de la realidad de la situación de aprendizaje*". Metodológicamente la evaluación iluminativa se basa en la observación, la entrevista complementada con datos de cuestionarios y pruebas.

En el ámbito español Ramón Pérez Juste (2006) llama la atención sobre el interés de la evaluación de programas formativos. Considera que la evaluación ha de ser *integral* por el necesario ajuste entre ésta y su objeto: la formación completa de personas; *integrada* por la necesidad de que la evaluación no sea un elemento extraño al proceso educativo e *integradora*, carácter activo que deriva de su capacidad de dinamizar las acciones y reacciones de profesores, alumnos e instituciones docentes.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

Pérez Juste considera que el siguiente decálogo de preguntas (Nevo, 1986) cubre el campo de su propia concepción de la evaluación:

1. ¿Cómo se define?
2. ¿Cuáles son sus funciones?
3. ¿Cuáles son los objetos de evaluación?
4. ¿Qué tipo de información debe recogerse?
5. ¿Qué criterios se deben utilizar para apreciar el mérito o valor del objeto evaluado?
6. ¿A quién debe servir la evaluación?
7. ¿Cuál es el proceso a seguir?
8. ¿Qué métodos se deben utilizar?
9. ¿Quién debe realizar la evaluación?
10. ¿Qué estándares de calidad deben servir para valorar las evaluaciones?

Figura 7.- Círculo de Deming



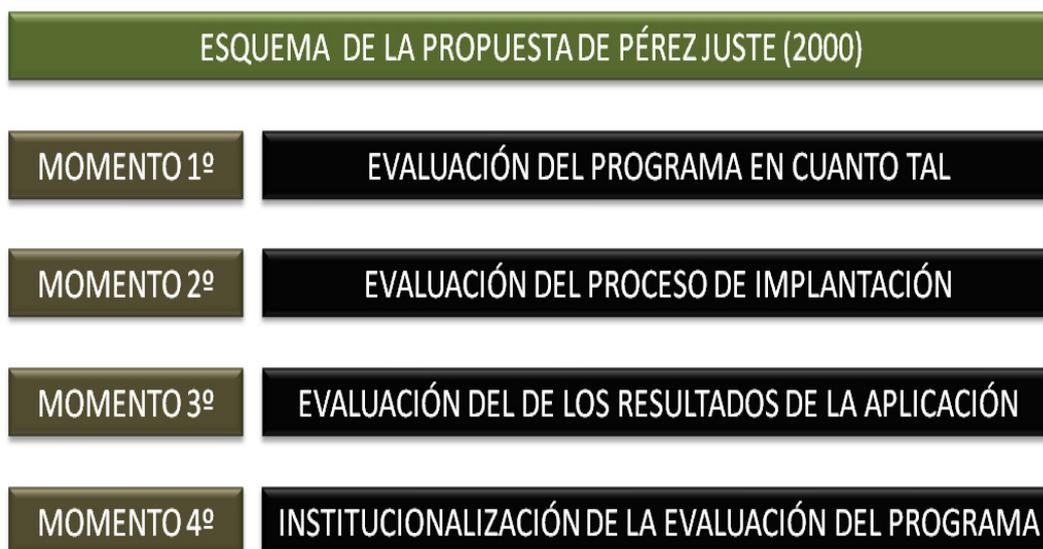
Considera también, que su propuesta de sistema de evaluación parte de modelo CIPP que Stufflebeam propone en 1987 estructurador de las fases de Contexto, Entrada (Input), Proceso y Producto del programa evaluado. Pérez Juste estructura su propuesta en momentos. El primer momento es el de evaluación propiamente dicha del programa

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

diseñado; En el segundo momento se lleva a cabo la evaluación del proceso de implantación del programa; En el tercer momento se evalúan los resultados del desarrollo del programa y finalmente, en el cuarto momento se integra (institucionaliza) la evaluación del programa para cerrar un círculo activo de evaluación-mejora-evaluación. Este esquema conecta con el círculo de mejora continua de Deming (Deming, 2000) en el que planificación, acción, control (de resultados) y retroalimentación (de la planificación) constituyen una espiral virtuosa hacia la excelencia en base a la atención evaluadora que provocan sobre los dos primeros cuadrantes del círculo (planificación y acción) los otros dos (control y realimentación) generando un proceso crítico sobre la nueva planificación y el consiguiente momento de aplicación.

El modelo de los cuatro momentos de Pérez Juste es una buena referencia en sus tres primeros momentos para esta tesis, dado que el trabajo de investigación llevado a cabo es una proto-evaluación de las fases de diseño, desarrollo y resultados de un determinado programa formativo en un contexto bien preciso. Evaluación que más allá de esta investigación aspira a institucionalizarse (cuarto momento) al someter al programa a sucesivos ciclos de mejora y al conectarlo con su contexto institucional, redactando una versión para someterla a validación por parte del Departamento y al juicio de los alumnos.

Figura 8.- Modelo de los cuatro momentos de Pérez-Juste



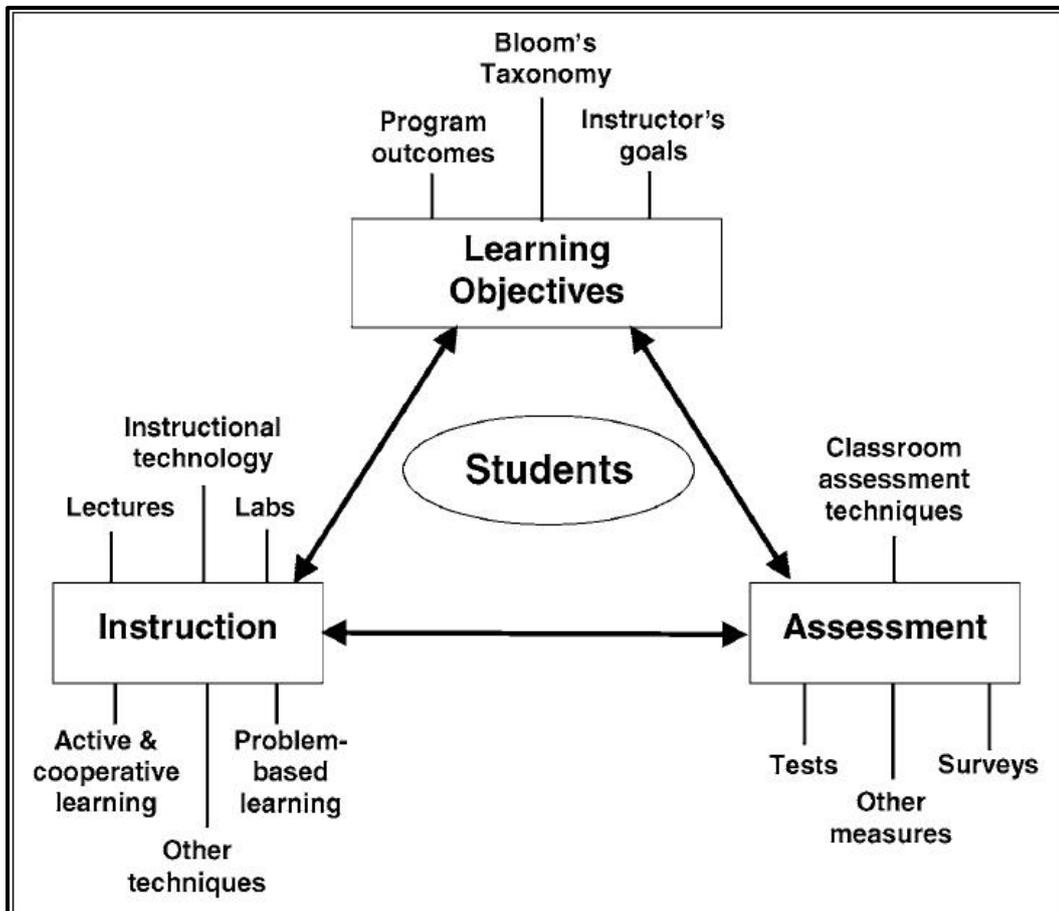
1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

1.2.3 Evaluación de programas de formación en las ingenierías

Richard Felder, en su artículo *Designing and Teaching Courses to Satisfy the ABET Engineering Criteria*, ofrece el esquema de la Figura 9.

La referencia que utiliza para la evaluación de programas formativos de ingeniería son los criterios ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology), una especie de ANECA norteamericana especializada en la educación de ingenieros, pero fundada en 1932 como la Engineers Council for Professional Development. Felder (2003) es muy crítico con los programas redactados en el ámbito de la formación de ingenieros considerándolos meras relaciones de contenidos, como hemos podido comprobar más arriba. En este sentido, Felder, encuentra que muchos docentes se frustran al tratar de aplicar los criterios ABET sin una reflexión previa. Felder está convencido de que los criterios ABET pueden acabar con el caos de los programas intuitivos, pero

Figura 9.- Modelo de Richard Felder



1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

que deben ir más allá. Considera obligado explicitar los objetivos (*goals*) y los resultados esperados (*outcomes*).

"La acreditación ABET es garantía de que el programa de un centro universitario cumple con los estándares de calidad establecidos por la profesión para la que prepara a sus estudiantes. Por ejemplo, un programa acreditado de ingeniería debe cumplir con las normas de calidad establecidas por la profesión de ingeniería. Un programa de ciencias de la computación acreditada debe cumplir con las normas de calidad establecidas por la profesión informática."

<http://calidadintegral.com/arti-rcv-faq-abet.php#PREG02>

Felder señala que ABET distingue entre *objetivos formativos* y *resultados del aprendizaje* que se diferencian en el grado de generalidad y en su contenido. Los objetivos son más generales y son metas amplias (empleabilidad en la industria, por ejemplo), mientras que los resultados de aprendizaje son más concretos (conocimientos o competencias propias del título y la asignatura que se programa). Los criterios de ABET de 2000 para los programas formativos de ingeniería que pretendan ser acreditados por este organismo son los siguientes:

- Criterio 1.- que se refiere al estudiante. El progreso del estudiante tiene que ser objeto de seguimiento para estimular el éxito en la adquisición de los resultados previstos. Los alumnos deben ser informados acerca del currículo y de las materias de la titulación. El programa debe asegurarse de que el alumno que se gradúe cumple los requisitos.
- Criterio 2.- que se refiere al establecimiento y revisión de los objetivos. El programa debe dar publicidad a sus objetivos que deben ser congruentes con la misión de la institución docente.
- El criterio 3.- sobre resultados del aprendizaje tiene el siguiente contenido:
 - Habilidad para aplicar conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería
 - Habilidad para diseñar, dirigir, analizar e interpretar experimentos
 - Habilidad para diseñar procesos para satisfacer necesidades concretas
 - Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinares
 - Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería
 - Comprender las responsabilidades éticas y profesionales
 - Habilidad para comunicarse de forma efectiva

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

- Una educación amplia que permita la comprensión del impacto de las soluciones ingenieriles en una sociedad global
 - El reconocimiento de la necesidad de mantener un aprendizaje durante toda la vida profesional
 - Conocimiento de los asuntos contemporáneos trascendentales de carácter social, político o económico
 - Destreza para el manejo de las técnicas y herramientas tecnológicas necesarias para la práctica profesional
- El criterio 4 se refiere a la mejora continua del programa. El programa debe tener documentados sus procesos para permitir asegurarse de que se cumplen tanto los objetivos del programa como los resultados del aprendizaje. Información que debe utilizarse para la mejora continua del programa.
 - El criterio 5 se refiere al currículo y su pertinencia en relación con los resultados de aprendizaje esperados. El criterio precisa que los estudiantes debe ser preparados para la práctica de la ingeniería profesional mediante un proceso bien articulado que basándose en los conocimientos de los cursos iniciales lo conduzca hacia la capacidad de proyectar considerando la normativa técnica y las limitaciones de la realidad.
 - El criterio 6 se refiere al número y capacidad de los profesores para abordar el programa
 - El criterio 7 se refiere a los recursos, tales como: aulas, bibliotecas, laboratorios, equipos informáticos, software que deben estar a disposición de alumnos y profesores y ser mantenidos en uso eficiente.
 - El criterio 8 se refiere al apoyo económico e institucional de la estructura universitaria.
 - El criterio 9 se refiere al programa propiamente considerado, que debe ser desarrollado, publicado y revisado periódicamente en lo relativo a sus objetivos y los resultados del aprendizaje de los alumnos, que debe garantizar el acceso al ciclo de posgrado especializado correspondiente.

Esta serie de criterios sirve tanto para el nivel de un plan de estudios de un título como para la programación de una asignatura o una mera guía docente. Felder (2003) analiza los problemas asociados al cumplimiento de estos criterios. Destaca la necesidad de definir indicadores de resultado (*outcomes indicators*) y los valores de referencia (*performance targets*), que de forma sistemática permitan comprobar que se cumple el criterio 3 (el más específico de ingeniería). En este artículo Felder aplica a los resultados del aprendizaje sus concepciones de enseñanza activa. En este sentido enfatiza el hecho de que los

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

alumnos se interesan más por contenidos cuya finalidad entienden. El contenido del criterio 3 pone de manifiesto las enormes dificultades que afronta el diseño de un programa formativo para una materia concreta cuando se quiere tener cierto dominio sobre el proceso de aprendizaje.

En el marco más próximo de nuestro país, tal y como ocurrió con las iniciativas en el ámbito industrial que siguieron a la firma del tratado de la Comunidad Económica Europea en 1986, con la creación de la Asociación Nacional de Normalización y Acreditación (AENOR), la correspondiente firma del Tratado de Bolonia se tradujo en la constitución de un organismo evaluador: La Asociación Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) que se ocupa de evaluar los programas formativos de las universidades como condición previa a la verificación por el Consejo de Universidades. Esta agencia estatal establece en relación con las competencias (ANECA, 2008) que:

- Las competencias generales y específicas propuestas se corresponden con las exigibles para otorgar un título de Grado, de acuerdo con el Anexo I del R.D. 1393/2007 y, en un futuro, con las que figuren en el MECES.
- Las competencias propuestas en el título deben ser evaluables y debe garantizarse su adquisición por todos los estudiantes.
- En el caso de títulos que habiliten para el ejercicio de actividades profesionales reguladas, las competencias generales y específicas propuestas se corresponden con las recogidas en la Orden (o acuerdo del Consejo de Ministros) por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión correspondiente.

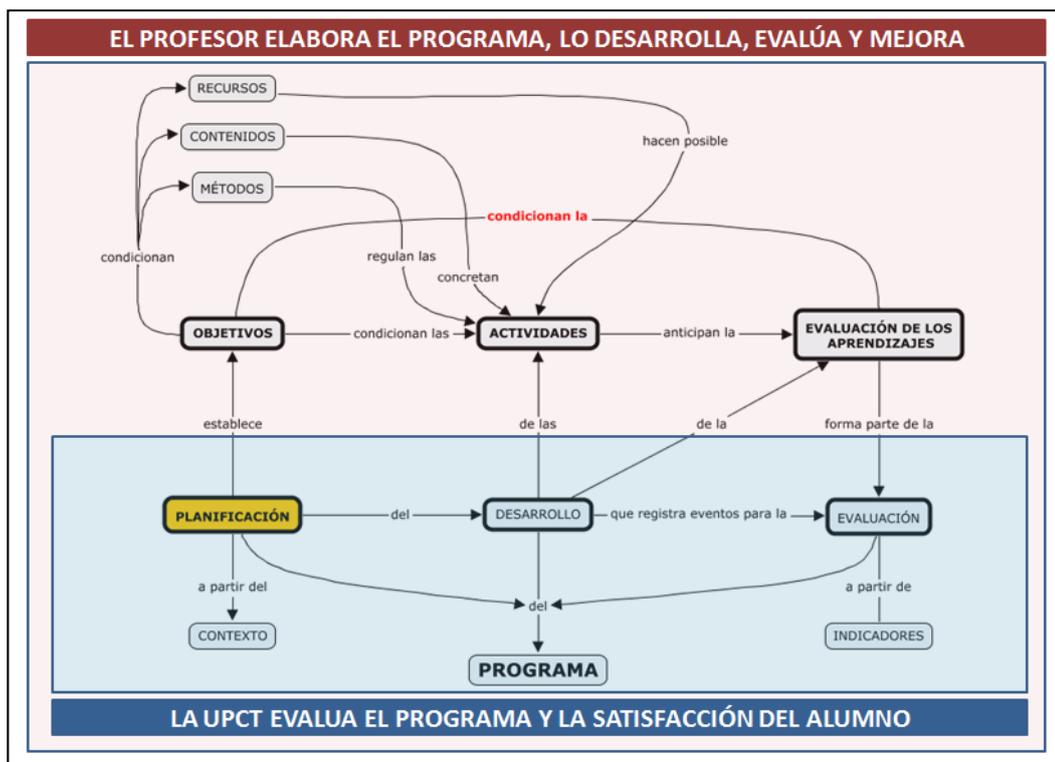
Este último párrafo alude a los títulos que habilitan para ejercer una profesión con atribuciones exclusivas. Este es el caso del título de Ingeniero de Edificación. Por lo que, en su momento, se promulgó por el Ministerio de Educación la orden ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, en el marco del RD 1393/2007.

Finalmente, en el entorno inmediato de la Universidad Politécnica de Cartagena la materia objeto de esta investigación es regulada por el Plan de Estudios de la titulación de Ingeniería de Edificación, verificado en el años 2009, haciendo posible que se iniciara su desarrollo en el curso 2009-2010. En el momento actual y en el marco del programa DOCENTIA de la ANECA, cuyo propósito es evaluar la competencia del profesor, se está estudiando cómo conseguir que el

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

profesor elabore los programas formativos de sus asignaturas y se comprometa con su desarrollo y mejora. En la Figura 10 se presenta un esquema del propósito aportado por el doctorando a una reciente reunión de la Comisión de Calidad de su Universidad. Como se puede comprobar el núcleo de la propuesta es el alineamiento de los Objetivos, las Actividades y la Evaluación (de los aprendizajes). Triada que se corresponde con la de Planificación – Desarrollo – Evaluación (del programa) que articula el programa formativo de cada asignatura.

Figura 10.- Propuesta de modelo para evaluación de programas



1.3 Práctica docente en la enseñanza superior

En el núcleo de las tendencias actuales para abordar el reto del aprendizaje en un contexto nuevo y más complejo destacan las exigencias metodológicas derivadas del paradigma de las competencias como marco más general y determinante de los cambios que va a incorporar el Programa de Formación. Por otro lado, el análisis de la práctica docente ha puesto de manifiesto numerosos problemas relativos a las tareas que concurren en la misma (**planificación, instrucción y evaluación**) y relativos al aprendizaje, actitud, enfoque o estilo de los alumnos. Es necesario un modelo que simplifique los problemas y justifique las decisiones tomadas a la hora de formular los problemas de la investigación y su resolución. Este modelo es el que utilizamos para conceptualizar cualquier situación didáctica diferenciando cuatro elementos interrelacionados (**objeto de estudio, objetivos formativos, contenidos y métodos**). En nuestro caso, el objeto de estudio es la asignatura que exige planificarse tomando decisiones sobre los elementos señalados (objetivos, contenidos y métodos) más el sistema de evaluación alineado con los objetivos. En definitiva, desde otros fundamentos teóricos (el conocimiento acerca de la práctica docente) estamos también justificando la necesidad de diseñar, desarrollar y evaluar la asignatura y delimitar los problemas relevantes en relación con los contenidos y métodos de enseñanza. Aunque, la evaluación no forma parte del sistema didáctico que utilizamos, la interrelación de las tres tareas señaladas (planificación, instrucción y evaluación) como exigencia para mejorar la práctica docente hace que podamos incorporar el diseño del sistema de evaluación de la asignatura, también, como una demanda de la práctica docente.

1.3.1 Origen e influencia del concepto de competencia en los programas formativos

Hoy en día está oficialmente vigente el Aprendizaje Basado en Competencias (ABC). Toohey (1999) atribuye a Gagné (1977) el origen del Aprendizaje Basado en Competencias, lo que lo tiñe de conductismo y de aprendizaje inductivo en opinión de Novak (1998) que lo opone a Ausubel (2002) por sus respectivas teorías psicológicas. De una parte, Gagné enfatizaba que el diseñador de un programa debe tener en cuenta que el aprendizaje se produce desde unidades conceptuales más simples hacia otras más inclusivas, mientras que Ausubel recomienda justamente lo contrario: proceder desde conceptos más

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

generales hacia los más específicos. En el carácter inductivo de la propuesta de Gagné estaría, en opinión de Toohey el origen del concepto de competencia, pues se parte de la acción y no del conocimiento. Primero el diseñador del programa se pregunta ¿Cuáles son las cosas que debe saber el alumno o debe ser capaz de hacer para llevar a cabo la tarea esperada? Y después buscará la estructura lógica del conocimiento pertinente. Es una postura psicologista antes que logicista, que espera más del acontecimiento concreto y emergente de aprendizaje que de la capacidad de atracción del conocimiento lógicamente organizado. Hay, pues, que dirimir si el proceso de E-A empieza en la acción para acabar en el conocimiento o es al revés. El concepto de competencia como anticipación de los rasgos de individuo que ha de ser capaz de llevar a cabo la tarea parece estar más del lado de trayecto inductivo (del acontecimiento al conocimiento) que del deductivo (del conocimiento a la acción competente). Quizá la solución de la paradoja esté en que el éxito del enfoque dependa de la distribución estadística de los estilos de aprendizaje innato al estudiante concreto, pues ejemplos notables hay de profesionales muy competentes surgidos de contextos muy poco inductivos. En todo caso, el punto de arranque del movimiento educativo basado en las competencias es la búsqueda de una alternativa al fracaso de los test de inteligencia para seleccionar capacidades en los seres humanos. Se atribuye a Abraham Maslow la propuesta de los cuatro estadios de la competencia:

- Incompetencia inconsciente
- Incompetencia consciente
- Competencia consciente
- Competencia inconsciente

Algunos autores como Biggs, 2008 y Heywood, 1989 son citados por Toohey porque ven ventajas en el ABC. En el caso de Biggs porque ayuda al alineamiento del proceso de aprendizaje. Heywood encuentra que el ABC es fundamental para alumnos que no pasarían la evaluación de un programa convencional, como lo harían los que equivalen a las *Susan* en la dicotomía de Biggs (2008). En efecto, Biggs cree que hay fundamentalmente dos tipos de estudiantes. El primero intelectualizado (ejemplarizado en Susan) que no requiere de forma fundamental de la acción para captar el concepto, aunque no la desprecia. El segundo (ejemplarizado en Robert), sólo puede adquirir conceptos desde un encadenamiento de acontecimientos bien estructurados para ese propósito. Heywood, después de su visita al colegio Alverno (pionero en la aplicación del ABC) en 1980, opinaba que es una

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

enseñanza que requiere más recursos que la convencional, lo que se concreta en el menor tamaño de los grupos, un mayor apoyo académico y una mayor dedicación de los profesores.

Toohey (1999) se muestra crítica con el ABC considerando que el rápido desarrollo desde 1970 en Estados Unidos y en Australia y el Reino Unido desde finales de los años ochenta (Elliott, 1999) sólo se explica por el interés mostrado por la autoridades respectivas. Interés que resulta del carácter externalista del método, lo que lo hace políticamente útil. Externalismo entendido como énfasis en las conductas antes que en los procesos internos de los estudiantes. Conductas que pueden ser evaluadas con más facilidad mediante pruebas ad hoc. Sin embargo, Elliott considera al movimiento por el ABC resultado de un fundamentalismo reductor al que no le interesa la complejidad humana integral. Pero no puede dejar de ver las ventajas para la motivación de los alumnos que ven con claridad las metas a lograr, aunque cree que esta ventaja es más apreciada por alumnos sin tradición universitaria en sus familias. Por el contrario, encuentra que deja poco espacio para satisfacer intereses particulares de los alumnos, que resulta menos flexible al ofrecer especificaciones estrechamente fijadas. También menciona como objeción la gran cantidad de horas que los alumnos tienen que dedicar en la realización de prácticas que dificultan la adaptación a los cursos de estudiantes condicionados profesionalmente. Toohey ve en el ABC el problema de que no deja espacio para la formación de futuros profesores e investigadores al formar a los alumnos de forma demasiado orientada a las condiciones del futuro trabajo. En relación con el ABC, Toohey considera, finalmente, que las investigaciones de Biggs (1982) muestran que la estructura tradicional de los programas formativos ha favorecido el aprendizaje superficial, lo que invitaría a explorar las posibilidades de la propuesta orientada a las competencias. La experiencia del doctorando, le hace pensar que en la dicotomía de Biggs está la clave. Que hay alumnos constituidos para una aproximación deductiva al estudio, disposición de la que se deriva una competente aplicación de conocimientos. Pero, que, por otra parte, hay alumnos que precisan de la acción, de la visualización previa del objetivo pragmático para conectar con la estructura conceptual subyacente. Ramsden, por su parte, encontró en las universidades politécnicas en 1983, habitualmente más orientadas hacia el desempeño, una mayor probabilidad de promover el enfoque profundo del aprendizaje. El catálogo de métodos *competenciales* a disposición de los diseñadores de programa formativos es hoy en día amplio, pues

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

métodos como el Aprendizaje Basado en Proyecto o el Aprendizaje Basado en Problemas son utilizados con profusión en algunos programas educativos tecnológicos.

Por tanto el ABC se mueve en la fina línea que separa el conductismo del cognitivismo. Por un lado se atiende la llamada social para un aprendizaje que pueda ser evaluado en términos de desempeño, de conducta observable y, de otro, se quiere aprovechar todo el conocimiento acumulado sobre los procesos de aprendizaje para conseguir que los egresados de las carreras técnicas alcancen un conocimiento profundo de las teorías subyacentes a las prácticas tecnológicas. A esto se añade la pretensión de la formación integral de los alumnos como seres humanos y ciudadanos responsables. Un proyecto complejo que compromete a las instituciones y, en el nivel de esta tesis, a los profesores que han de conectarlo con el alumno. Lo que obviamente requiere una nueva actitud de los profesores, en la medida que el contexto (social, académico y económico) y la propia disposición de la persona lo permita.

En el caso anglosajón es una expresión académica del pragmatismo de Williams James, que, a su vez, prolonga la fuerte tradición del empirismo británico de los siglos XVII y XVIII, para quien la verdad está más asociada a la verificación que a una cierta lógica interna del pensamiento. En el ámbito de la educación es, sin duda, John Dewey (1997) el que en los años treinta establece los antecedente principal del enfoque competencial. Para Dewey la formación de conceptos está precedida de la experiencia. Una tradición ésta que tomó tintes preocupantes con la psicología experimental y el conductismo de Skinner. Pero que, ahora, emerge corregida de cierto desvarío por el humanismo europeo desafiando la capacidad de nuestras universidades y especialmente las universidades tecnológicas de compatibilizar armoniosamente la formación orientada a las competencias profesionales con la formación integral del ser humano como ciudadano responsable.

El término competencia es introducido por White en 1959. White postula una relación entre las capacidades intelectuales y las motivaciones para la acción y la define como una "*Interacción efectiva de los individuos con el entorno*". McClelland en 1973 se basa en los puntos de vista de White y desarrolla sistemas de evaluación de competencias capaces de predecir el desempeño en el ejercicio profesional en oposición a inteligencia en el sentido restrictivo que proporcionaban los tradicionales test de evaluación. Esta visión más rica no está presente,

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

denuncia Elliott (1999) en el movimiento actual por las competencias, que propone una visión más mecánica de las mismas. Las competencias en la tradición USA sería vista como "*características del individuo relacionadas causalmente con el desempeño*"

El origen del movimiento actual en el EEES está en la influencia del movimiento británico denominado *National Council for Vocational Qualifications* (NCVQ) (Burke, 2004). Fue creado en 1986 y, una vez institucionalizado, se ofrece como una instancia intermedia entre el mundo académico y profesional. Surge como respuesta oficial a una crisis de confianza institucional en la adecuación de la formación a las necesidades de la industria nacional en el período Thatcheriano. La evaluación y acreditación que proporciona no se ciñe a la formación universitaria, sino que se extiende al ámbito profesional. El marco intelectual de la creación del NCVQ fue el libro blanco gubernamental (departamento de empleo) denominado *Working Together. Education and Training*, que fue publicado en 1985. Elliott (1999) cita la definición de competencia de la Nota 3 de la Guía sobre definición de las competencias y los criterios para su aplicación:

"Una competencia es la descripción de algo que debe ser capaz de hacer una persona que trabaje en un área laboral concreta. Se trata de la descripción de una acción, conducta o resultado que la persona en cuestión debe poder realizar. Los criterios de actuación son enunciados mediante los que un evaluador juzga si un individuo puede realizar la actividad especificada en la competencia, con un nivel aceptable para el empleo. Un elemento de competencia describe lo que puede hacerse: acción, conducta o resultado que una persona debe ser capaz de evidenciar."

El carácter controlador de este texto, que reduce la competencia a lo observable y fuera de la persona que actúa, permite, a los que sospechan de este enfoque, tacharlo de anti educativo. Wolf en 1989 considera que el conocimiento y la comprensión son inherentes a la competencia. Además afirma, alineado con Dewey, que las estructuras del conocimiento general se desarrollan mejor en un contexto de uso que otro artificialmente formal. El pensamiento surgió de la acción y es la acción quien lo puede recrear en los aprendices. Es interesante la propuesta de David McClelland, quien postula las "competencias orientadas al cliente", lo que obliga a reunir en la educación del aspirante a competente muchas más características que las asociadas al manejo mecánico de una situación profesional. Su propuesta de selección de personas tiene cinco etapas:

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

1. Identificación de los más eficaces en el trabajo
2. Establecer hipótesis sobre las características de los más eficaces
3. Entrevistas sobre conductas en una situación concreta
4. Análisis de los protocolos de las entrevistas para identificar las características de los que tienen un nivel superior al promedio
5. Observación de seguimiento de los individuos seleccionados

La inquietud percibida en algunos autores por los riesgos de una visión restringida de las competencias, basada exclusivamente en la capacidad de realizar tareas, es ampliamente debatida. Hodkinson e Issitt (1995) creen que es necesaria una aproximación holística a las competencias que integren las cinco competencias que conectadas proporcionan al individuo un marco completo para la acción. Estas competencias son:

- Competencia cognitiva incluidas la creencias subyacentes y sus conceptos, el saber qué y el saber porqué
- Competencia funcional (saber cómo). Lo que una persona saber hacer y explicar
- Competencia personal (saber cómo comportarse). Son las características permanentes de una persona relacionadas causalmente con la efectividad en la acción
- Competencia ética, que se define como la posesión de valores personales y profesionales, así como la capacidad de emitir juicios en base a la situación
- Meta competencias relacionadas con la habilidad de gestionar la incertidumbre y del aprendizaje reflexivo

Aunque es Elliot (1999) quien más duramente expresa sus reservas al considerar que la educación basada en competencias tiene un encaje en el movimiento fundamentalista de los últimos años del siglo XX, que reduce las prácticas sociales a unos pocos elementos controlables. Esto último lo lleva sospechar también de los sistemas de evaluación que tiene la pretensión de establecer una diferencia clara entre la buena y la mala docencia. Elliot cree que hay que pasar de una definición de la competencia como una característica del trabajo a considerarla como el conjunto de elementos que aporta al trabajo aquellos que son considerados competentes. A partir de los trabajos que cita de Mcber y Dreyfus llega a la conclusión de que este enfoque concilia los propósitos de la investigación acción (Maciel De Oliveira, 2003), que él

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

postula, con las pretensión de eficacia de la formación y del desempeño del aprendizaje basado en competencias. De esta forma los elementos que no pueden aparecer en una descripción técnica de la tarea emergen de la acción del experto. Paradójicamente, este enfoque lleva a un método inductivo que partiría de la observación de los competentes espontáneamente, por talento, para extraer el valor que añaden al desempeño de la tarea. Posteriormente se trataría de formalizar un paquete de habilidades para la formación de los menos dotados con un talento originario. Esta porfía lo lleva fijarse en la propuesta de inspiración aristotélica de Alasdair MacIntyre en su libro *After Virtue* de 1981. En él dice que:

*"Toda forma coherente y compleja de actividad humana cooperativa y socialmente establecida, mediante la cual los **bienes intrínsecos** a esa forma de actividad se llevan a la práctica a medida que se tratan de alcanzar los niveles de excelencia... (tiene como) consecuencia ... que las potencias humanas para alcanzar la excelencia..., los fines y (los) bienes implicados se amplían de modo sistemático."*

Elliot aclara su postura al alabar el enfoque de Stenhouse (1975) que creía que la educación tiene los siguientes componentes:

- **Entrenamiento** en las destrezas imprescindibles para el desarrollo de tareas: idiomas, informática, aplicaciones
- **Instrucción** como proceso de adquisición y retención de información tal como la tabla de multiplicar, tabla periódica de elementos, la terminología o los datos históricos
- **Iniciación** que compromete al aprendiz con las normas y valores sociales a través del currículo "oculto"
- **Inducción**, proceso de construcción de estructuras de pensamiento sobre nosotros y sobre el mundo objetual o social.

Claramente es la inducción el proceso más complejo y más retardador de las capacidades docentes, pues en él los aprendices construyen las estructuras conceptuales sin adoctrinamiento y sin adiestramiento. Como dice Cowan (2004) "*Conceptual understanding generally beings from examples*"

Resumimos este apartado diciendo que la discusión sobre el aprendizaje basado en competencias oscila entre concepciones controladoras y manipuladoras de la educación de seres humanos a la búsqueda de la explotación, sin consideraciones a sus intereses vitales, y la visión holística e iluminativa de la educación, que trata de inducir una vida mejor asumiendo la complejidad de los procesos educativos. Los riesgos de la primera de reducir el ser humano a su caricatura fun-

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

cional y de la segunda de caer en la autor referencia ineficaz, se pueden equilibrar en la práctica docente concreta basada en la calidad del profesor surgido de una reflexión continua de su actividad y de la mirada permanente hacia los mejores, aquellos capaces de aunar los cuatro niveles propuestos por Stenhouse.

1.3.2 Antecedentes de la adopción europea del ABC

¿Cómo llega este movimiento a influir en la organización del currículo universitario desde su orientación puramente laboral? La respuesta la buscamos en los propósitos del acuerdo de Bolonia de 1999:

"Debemos apuntar, en particular, hacia el objetivo de incrementar la competitividad del sistema Europeo de Educación Superior. Puesto que la validez y eficacia de una civilización se puede medir a través del atractivo que tenga su cultura para otros países, necesitamos asegurarnos de que el sistema de educación superior europeo adquiera un grado de atracción mundial igual al de nuestras extraordinarias tradiciones culturales y científicas."

La palabra clave es **competitividad**, cuyos ecos empresariales no se puede ocultar y señalan ya el parentesco de la propuesta de conexión entre el mundo académico y el del trabajo. El otro concepto clave de este proceso es **calidad**, también muy profusamente utilizado en el ámbito empresaria desde, al menos, los años 50 (Deming, 2000). Calidad implica control y toda una suerte de mecanismos para su materialización tales como la European Association for Quality Assurance in Higher Education (ENQA) en el ámbito europeo y en nuestro país la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA). La misión declarada de la ENQA es:

"Contribuir significativamente al mantenimiento e incremento de la calidad de la educación superior europea a un alto nivel y actuar como una fuerza impulsora para el desarrollo del aseguramiento de la calidad en los países firmantes del pacto de Bolonia"

La ENQA surge como estructura de apoyo al proceso de Bolonia. El acuerdo que los estados adoptan incluye un compromiso por la calidad integral de las universidades, tanto como entes académicos, como entes de servicios. Este propósito requería de la difusión de los principios de la gestión de la calidad que venían madurando en el seno de la Organización Internacional de Normalización (ISO), que había sido creada en 1947, prolongando la acción de la Asociación Internacional de Normalización (ISA), creada en 1926 para federar la acción de los comités nacionales de normalización y conseguir que la industria adop-

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

tara procedimientos y diseños compatibles con todas las iniciativas industriales. ISO pasa por todas las etapas del desarrollo del concepto de **calidad** viviendo una vida paralela con los desarrollos de los conceptos de **evaluación** de programas sociales en los Estados Unidos, aunque sin una conexión conocida. En opinión del doctorando, el progreso de los sistemas de evaluación de programas llevaba un ritmo mayor que consigue converger con mayor rapidez en el consumidor como indica Stufflebeam y Shinkfield (2005) refiriéndose a Scriven. La norma ISO no lo hace hasta que publica la primera edición de sus normas de la serie 9000 en 1987, cerrando así un ciclo que comienza con Shewhart, continua con Deming, se consolida con los éxitos de Ishikawa en Japón y emerge en Estados Unidos en los años 80 al descubrir la industria norteamericana que el éxito japonés tenía origen en los trabajos de su compatriota Edwards Deming. Conocimiento que les llega con la lectura del la primera edición libro del propio Deming *Out of de Crisis* en 1982.

En estas normas aparece el concepto de Aseguramiento de la Calidad como integrador de las acciones. Posteriormente, el concepto evoluciona hacia la Gestión de la Calidad, para suavizar el énfasis en los documentos y procedimientos como garantía de la calidad. En efecto, la Gestión de la Calidad se orienta hacia el cliente ya avanzados los años 90. Sin embargo, esto no supone la desaparición del concepto de Aseguramiento de la Calidad, sino su inclusión en el de Gestión de la Calidad. El Aseguramiento de la Calidad (Quality Assurance) es un componente junto con el control de calidad y la mejora de la calidad, de la Gestión de la Calidad de una organización. La norma ISO 9000 (ISO 2011) las define en cadena:

- **Gestión de la Calidad** es el conjunto de actividades que una organización aplica para dirigir, controlar y coordinar la calidad. Estas actividades incluyen la definición de la política de calidad y los objetivos de calidad. También incluye la planificación de la calidad, el control de calidad, el aseguramiento de la calidad y la mejora de la calidad.
- **Planificación de la Calidad** es el conjunto de especificaciones para los procesos y recursos necesarios para alcanzar los objetivos de la calidad.
- **Aseguramiento de la Calidad** es el conjunto de actividades para establecer la confianza de que los requisitos de calidad son alcanzados.
- **Control de Calidad** es un conjunto de actividades para asegurar que los requisitos de calidad son alcanzados realmente.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

- **Mejora de la Calidad** es todo aquello que aumente la capacidad de la organización para alcanzar los requisitos de calidad.

Estas actividades conforman un sistema:

- **Sistema de Gestión de la Calidad** es un conjunto de elementos que se relacionan e interactúan que la organización utiliza para dirigir y controlar cómo la política de calidad son implementadas y los objetivos de la calidad son alcanzados. El Sistema de Gestión de la Calidad está basado en los procesos. Es una red de procesos interconectados e interrelacionados. Cada proceso utiliza recursos para transformara entradas en resultados. El resultado de cada proceso es la entrada de otro.

En resumen, el sistema es la expresión de la gestión. Así, la planificación específica; el aseguramiento da confianza; el control comprueba la realidad de los logros y la mejora de la calidad aumenta la capacidad de conseguir los objetivos de la calidad.

Todo el aparato normativo y ejecutivo que implican estos conceptos, aunque son de aplicación universal, proceden en su formulación actual del mundo de la empresa y el Proceso de Bolonia lo ha implantado en el mundo académico. Paradójicamente estas normas, cuyos antecedentes primarios fueron el control de calidad estadístico en las *Military Standards* de los Estados Unidos, nacidas de las necesidades de la II Guerra Mundial, han alcanzado su formato actual de procesos orientados al cliente y a la mejora nutriéndose del desarrollo de los programas formativos en la tradición que empieza con Ralph Tyler. Así dieron el salto del interés por el producto al proceso y del interés por el proceso al conjunto de la actividad y sus consecuencias en forma de toma de decisiones para la mejora.

Probablemente la ENQA ha escogido el modelo de calidad empresarial aceptando que la universalización de las normas ISO proporcionaba un *koiné*, una lengua franca que facilite el encuentro al que instituciones académicas y empresariales parecen estar abocadas unidas por el concepto de competencia.

El propósito de los países firmante del proceso de Bolonia es que las universidades ofrezcan transparencia y capacidad de control de los recursos que se les destinan por las administraciones públicas. Esta idea se materializa mediante programas de actuación (planes de acción) dentro de los cuales tienen su sitio un subprograma como el que se diseña y evalúa en esta tesis. Un sueño, como el borgiano lenguaje

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

analítico del Mr. Wilkins, de que proporcione una totalidad organizada en todos sus niveles con su correlato de control integral del mismo. Una necesidad para gobernar la complejidad que obliga a las universidades y a cada profesor a contribuir con su dedicación y capacidad organizativa *mientras lucha para evitar que el sistema se corrompa dejando al aire exclusivamente el hueso de su tiranía*. Un símil en el que la carne está constituida por el desafío de formar integralmente al alumno como ser humano responsable. Un reto que, irónicamente, exige del profesor haber alcanzado ya esa condición espontáneamente.

1.3.2.1 El proyecto DESECO

A finales de 1997, la OCDE inició el Proyecto DESECO con el fin de brindar un marco conceptual firme para servir como fuente de información para la identificación de competencias de jóvenes y adultos. Este proyecto, realizado bajo el liderazgo de Suiza y conectado con el proyecto PISA (Programa Internacional para la Evaluación de Estudiante), reunió a expertos de una amplia gama de especialidades para que trabajaran a fin de producir un marco en el que desarrollar políticas educativas.

La complejidad de las sociedades actuales exige que las personas la puedan afrontar. Para ello, se cree que es necesario definir competencias para jóvenes y adultos que les permita estar en condiciones para los desafíos de la vida. Una competencia es más que conocimientos y destrezas. Supone la habilidad de afrontar demandas complejas, apoyándose y movilizándolo recursos psicosociales (incluyendo destrezas y actitudes) en un contexto determinado. *"A través del proyecto DESECO, la OCDE ha colaborado con un amplio rango de académicos, expertos e instituciones para identificar un conjunto pequeño de competencias clave, enraizadas en el entendimiento teórico de cómo se definen dichas competencias. Cada competencia clave deberá":*

- Contribuir a resultados valiosos para sociedades e individuos;
- Ayudar a los individuos a enfrentar importantes demandas en una amplia variedad de contextos; y
- Ser relevante tanto para los especialistas como para todos los individuos.

El proyecto afirma que:

"La globalización y la modernización están creando un mundo cada vez más diverso e interconectado. Para comprender y funcionar bien en este mundo, los individuos necesitan, por ejemplo, dominar las

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

tecnologías cambiantes y comprender enormes cantidades de información disponible. También enfrentan desafíos colectivos como sociedades, –tales como el balance entre el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental, y la prosperidad con la equidad social. En estos contextos, las competencias que los individuos necesitan satisfacer para alcanzar sus metas se han ido haciendo más complejas, requiriendo de un mayor dominio de ciertas destrezas definidas estrechamente. El desarrollo sostenible y la cohesión social dependen críticamente de las competencias de toda nuestra población, con competencias que se entiende cubren el conocimiento, las destrezas, las actitudes y los valores”

La necesidad de que los individuos piensen y actúen reflexivamente es fundamental en este marco de competencias. La reflexión supone no sólo la habilidad de aplicar de forma rutinaria una fórmula o método para confrontar una situación, también la capacidad de adaptarse al cambio, aprender de las experiencias y pensar y actuar con actitud crítica.

Los individuos necesitan contar con competencias clave que les permitan adaptarse a un mundo caracterizado por el cambio, la complejidad y la interdependencia. Estas competencias deben ser adecuadas para un mundo en donde:

- La tecnología cambia rápida y continuamente, y aprender a trabajar con ella con capacidad de adaptación.
- Las sociedades en su transformación son más diversas y fragmentadas, y las relaciones interpersonales requieren de mayor contacto con personas diferentes a uno.
- La globalización está creando nuevas formas de interdependencia y las acciones están sujetas tanto a influencias (como la competencia económica) y consecuencias (como la contaminación) que van más allá de la comunidad local o nacional del individuo.

El marco de competencias se ancla en valores generales. Las sociedades de la OCDE coinciden en la importancia de los valores democráticos y el logro de un desarrollo sostenible. Se espera de este enfoque que los aprendices sepan:

- Sobrepasar el conocimiento y las destrezas enseñados
- Considerar la reflexión, el corazón de las competencias
- Ir más allá del “esto o aquello”
- Saber combinar competencias

DESECO organiza las competencias en tres categorías:

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

- Competencias de Categoría 1: Usar las herramientas de forma interactiva
 - La habilidad para usar el lenguaje, los símbolos y el texto de forma interactiva
 - Capacidad de usar este conocimiento e información de manera interactiva
 - La habilidad de usar la tecnología de forma interactiva
- Competencia Categoría 2: interactuar en grupos heterogéneos
 - La habilidad de relacionarse bien con otros
 - La habilidad de cooperar
 - La habilidad de manejar y resolver conflictos
- Competencia Categoría 3: actuar de manera autónoma
 - La habilidad de actuar dentro del gran esquema
 - La habilidad de formar y conducir planes de vida y proyectos personales
 - La habilidad de afirmar derechos, intereses, límites y necesidades

Como se puede apreciar, es un marco global de competencias humanas que han reaccionado a los temores de Elliott (1999) envolviendo las competencias específicas en paquete de competencias genéricas de gran calado. Competencias que, una vez enunciadas, quedan esperando el método para la iniciación de los alumnos y la *inducción* de los significados, en el sentido que el Stenhouse, que hemos citado más arriba.

1.3.2.2 El proyecto TUNING

Un año después de la firma del tratado de Bolonia del que hablaremos en el apartado siguiente, en el verano de 2000 un grupo de universidades aceptaron el reto que suponía el proceso y crearon el proyecto piloto de TUNING. Se desarrolló en dos fases, una hasta el año 2003 y una segunda hasta 2004. Se trataba de desarrollar la idea de los dos ciclos (posteriormente tres) de los estudios universitarios y el establecimiento de un sistema común de créditos. En esta línea TUNING ha definido el Sistema de Transferencia de Créditos Europeos (ECTS) como medición convencional del trabajo del alumno; ha hecho propuestas para las metodologías para la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación. Con posterioridad La Comisión Europea abrió una tercera fase del proyecto hasta 2006 que debía ocuparse de la consolidación de las propuestas, su diseminación y posterior desarrollo. El objetivo

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

principal del proyecto es crear un marco de calificaciones comparable y compatible en todo el ámbito del llamado Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) formado por 45 países, incluido el Vaticano. De esta forma se contaría con una base común para la comprensión del sistema educativo en todos los países concertados. En esta tercera fase el propósito del proyecto es consolidar los resultados del aprendizaje (competencias especificadas) definidas en las fases 1 y 2. Se trata de que las organizaciones e instituciones interesadas reflejen la metodología TUNING en sus programas formativos. Obviamente, se refiere a los planes de estudios de las titulaciones, que de ser elaborados siguiendo los criterios de TUNING, influirán decisivamente sobre los programas formativos de las materias y asignaturas, que es nivel en el que actúa el doctorando en esta tesis. En nuestro país el proyecto TUNING está liderado por la universidad de Deusto (Bilbao)

(<http://www.unideusto.org/tuningeu/>)

TUNING ha confeccionado una lista de 29 competencias genéricas (las que facilitan la transferencia de unas situaciones o contenidos específicos a otros):

- Capacidad de análisis y síntesis
- Capacidad para aplicar el conocimiento en la práctica
- Planificar y gestionar el tiempo
- Conocimientos básicos del campo de estudio
- Conocimientos básicos de la práctica profesional
- Comunicación oral y escrita en la lengua nativa
- Conocimiento de una segunda lengua
- Habilidades elementales en el uso de ordenadores
- Habilidades de investigación
- Capacidad de aprender
- Habilidad para analizar información de fuentes diversas
- Capacidad crítica y auto crítica
- Capacidad de adaptarse a una nueva situación
- Capacidad para generar nuevas ideas
- Capacidad de resolver problemas
- Capacidad de tomar decisiones
- Capacidad de trabajar en equipo
- Competencias interpersonales
- Liderazgo

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

- Capacidad de trabajar en equipos interdisciplinarios
- Capacidad para comunicarse con profanos
- Disposición a apreciar la diversidad y multiculturalidad
- Capacidad para trabajar en un contexto internacional
- Comprensión de las culturas y costumbres de otros países
- Capacidad de trabajar autónomamente
- Capacidad de elaborar y gestionar proyectos
- Capacidad de iniciativa y emprendedora
- Compromiso ético
- Preocupación por la calidad

Aunque TUNING presenta una lista desestructurada de competencias genéricas en su página WEB (<http://www.unideusto.org/tuningeu/>), en la memoria de su fase 2 las presenta en tres grupos: instrumentales (capacidades cognitivas, metodológicas, tecnológicas y lingüísticas); Interpersonales (interacción, cooperación social) y Sistémicas (competencias de síntesis relacionadas con sistemas globales que requieren los otros tipos de competencias).

Tiene especial interés citar aquí las competencias que proporciona relacionadas con la función docente, dadas las carencias constatables en las políticas de formación de profesores en las universidades españolas:

- Compromiso con el progreso y los logros de los alumnos
- Competencia en las estrategias de enseñanza y aprendizaje
- Competencia en el asesoramiento de padres y alumnos
- Conocimientos sobre la materia que se enseña
- Capacidad para comunicarse con grupos e individuos
- Capacidad de crear un clima adecuado para el aprendizaje
- Capacidad de utilizar el e-learning y de integrarlo en la actividad cotidiana
- Capacidad de organización temporal
- Capacidad de reflexionar y evaluar el propio desempeño
- Conciencia de la necesidad de un continuo desarrollo profesional
- Capacidad de evaluar los resultados y logros de los alumnos
- Capacidad de resolver problemas conjuntamente con otros

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

- Capacidad de responder a la distintas necesidades de los alumnos
- Capacidad de mejorar el entorno de enseñanza y aprendizaje
- Capacidad de adaptar el currículo al contexto educativo específico

En lo relativo a la enseñanza y los aprendizajes, el proyecto TUNING proporciona los antecedentes de lo que hemos recibido en forma de competencias profesionales para la redacción de programas formativos. La referencia teórica de TUNING es la labor compiladora de técnicas y estrategias del profesor tasmano John Biggs (profusamente citado en esta tesis). En concreto, consideran esencial el alineamiento constructivo entre objetivos, actividades y evaluación. Teniendo en cuenta que para Biggs los objetivos incluyen el tipo de conocimiento a buscar, los contenidos y los niveles cognoscitivos o cognitivos a alcanzar.

En España, como en otros países europeos, se produjo una gran presión para que las universidades acogieran a carreras técnicas que normalmente habían tenido su propio estatuto como escuelas expendedoras de títulos no universitarios. Este es el caso de la reforma del año 1970 que le dio estatuto universitario a estudios tradicionalmente alejados de estas instituciones. Con esta aproximación entraron en las universidades exigencias del mundo técnico que nunca habían estado presentes. Exigencias que se concretaron en el *saber hacer* antes que en el mero *saber* con tintes académicos. La conciliación de las metas universitarias tradicionales y las nuevas exigencias sociales dio como resultado el propósito de establecer un Aprendizaje Basado en Competencias del que no tenemos constatación oficial hasta la firma por nuestro país del Tratado de Bolonia en 1999. Todo ello con el propósito de dotar a los alumnos de empleabilidad verificable en forma de resultados del aprendizaje previamente establecidos. Naturalmente esto creó una tensión que aún se percibe con la visión de la universidad como un lugar para el desarrollo exclusivo de vocaciones relacionadas con la excelencia en el conocimiento o instituciones donde se habilita para el trabajo o donde se estudia para acrecentar el conocimiento como bien social en una sociedad democrática. En todo caso *"Europa necesita ciudadanos cultural e intelectualmente preparados tanto en el presente como en el futuro"* (TUNING, 2006 y 2008)

TUNING en su enfoque centrado en el estudiante identifica las siguientes actividades:

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

- Atender a las clases expositivas
- Leer libros o apuntes
- Buscar contenidos en bibliotecas o en Internet
- Resumir las lecturas relevantes
- Aprender a resolver problemas
- Practicar con hechos cada vez más complejos
- Practicar con experimentos en laboratorios
- Practicar habilidades profesionales
- Elaborar escritos, informes de dificultad creciente
- Trabajar con otros estudiantes
- Preparar y hacer presentaciones orales
- Mostrarse constructivamente críticos con el propio trabajo y con el de otros
- Moderar o participar útilmente en reuniones (seminarios)
- Liderar o participar en grupos de trabajo
- Comunicarse de forma versátil con otros
- Trabajar bajo presión con plazos
- Aprender a ser autocrítico

TUNING toma conciencia de que la evaluación no es el punto final de un proceso, sino parte del proceso mismo de aprendizaje. Se considera tan adecuado el examen escrito como el oral. Se identificaron los siguientes instrumentos de evaluación:

- Cuestionarios de preguntas alternativas
- Presentaciones orales
- Informes de laboratorio
- Análisis de textos o datos
- Ejecución de habilidades mientras se está siendo observado
- Informes diarios sobre prácticas de empresa
- Portfolios
- Informes de trabajos de campo
- Análisis crítico de un artículo técnico

Se considera esencial realimentar con rapidez al alumno sobre los resultados de la evaluación con detalles de cómo mejorar para que tenga el carácter de formativa.

Aproximándose al aprendizaje basado en competencias el proyecto TUNING propone cinco preguntas clave para la evaluación:

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

1. ¿Qué significa las competencias propuestas para los alumnos?
2. ¿Cómo ayudan los métodos a los alumnos para conseguir las competencias esperadas?
3. ¿Con qué actividades de aprendizaje se comprometen más sus alumnos para adquirir las competencias?
4. ¿Cómo evalúa si sus alumnos consiguen totalmente o en parte las competencias?
5. ¿Cómo saben sus alumnos si consiguen totalmente o en parte las competencias y en caso contrario por qué no lo logran?

Otra cuestión relevante es si las competencias genéricas se adquieren por separado o se empotran en las actividades específicas de los estudios de que se trate. En lo referente a las competencias genéricas es de interés la discusión europea, en el seno del proyecto TUNING, sobre la competencia de aplicar el conocimiento en la práctica. Una competencia cuya evaluación es todavía motivo de una amplia discusión por su dificultad intrínseca a la hora de reproducir condiciones verosímiles para su evaluación, lo que sorprende cuando se puede comprobar los enormes avances en la creación de entornos simulados en el ámbito del entretenimiento. Igualmente es interesante, desde el punto de vista de la centralidad del alumno en el proceso, la competencia del estudio autónomo. Una competencia en la que la discusión se mueve entre el control de tiempos por parte del profesor o la más absoluta libertad para su propia programación. Más allá de TUNING y prolongando sus resultados el proceso de Bolonia ha trabajado en la búsqueda de acuerdos para un sistema de calificaciones común. El informe "A Frame for Qualification of de European Higher Education Area" elaborado por el *Bologna Working Group on Qualifications Frameworks* (2005) enlaza los distintos conceptos (Pagani, 2002) relacionados con las calificaciones comunes a las que se aspira a conseguir para la EHEA. En concreto:

- **Resultados del Aprendizaje (learning outcomes).**- Formulaciones que el estudiante debe conocer, entender o ser capaz de demostrar tras la finalización del proceso de aprendizaje. Los resultados del aprendizaje: no deben confundirse con los objetivos del aprendizaje, sino que se ocupan de los logros del estudiante más que de las intenciones de conjunto del profesor. Los resultados del aprendizaje deben estar acompañados de CRITERIOS DE EVALUACIÓN apropiados, que pueden ser empleados para juzgar si los resultados del aprendizaje previstos han sido logrados. Los resultados del aprendizaje, junto con los criterios de evaluación, especifican los requerimientos mínimos para la concesión del CRÉDITO,

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

mientras que las notas (calificaciones) se basan en el nivel, por encima o por debajo, de los requisitos mínimos para la concesión del crédito. La acumulación y la transferencia de créditos se facilita si los resultados del aprendizaje son facilitados con claridad indicando con precisión las realizaciones por las que se otorga el crédito.

- **Criterios de evaluación (assessment criteria).**- Descripción de lo que el estudiante debe realizar para demostrar que se ha conseguido el RESULTADO DEL APRENDIZAJE.
- **Competencias (competences).**- son una combinación dinámica de atributos con respecto al conocimiento y su aplicación, a las actitudes y a las responsabilidades – que describen los resultados del aprendizaje de un determinado programa, o cómo los estudiantes serán capaces de desenvolverse al finalizar el proceso educativo. En particular, el Proyecto se centra en las competencias específicas de las áreas (específicas de cada campo de estudio) y competencias genéricas (comunes para cualquier curso).
- **Calificación (grade).**- Evaluación final basada en la superación de conjunto en el programa de estudios.
- **Crédito (credit).**- La “moneda” empleada para medir el TRABAJO DEL ESTUDIANTE, en términos de tiempo nocional necesario para alcanzar los RESULTADOS DEL APRENDIZAJE.
- **Carga de trabajo del estudiante (workload).**- Todas las actividades de aprendizaje requeridas para la consecución de los RESULTADOS DEL APRENDIZAJE (por ejemplo, clases presenciales, trabajo práctico, búsqueda de información, estudio personal, etc.)

Es muy importante para el diseño de los programas formativos dilucidar estos conceptos para no confundir estratos y poder alinearse con los propósitos del proceso de Bolonia. Cuando la definición de los Resultados del Aprendizaje advierten de la confusión con los objetivos, quiere decir que no debe confundirse con las grandes metas de un plan de estudios o un programa formativo. Los objetivos en el sentido que los entiende John Biggs (2008) expresan lo mismo que el término Resultados del Aprendizaje. Los resultados del aprendizaje (como objetivos) pueden expresarse en forma de verbos que siguen la taxonomía de Bloom (1984), tales como conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis, evaluación, etc., o la taxonomía SOLO (Tedi, 1998) de Biggs (2008). El Alverno College ofrece una relación prácticamente exhaustiva de verbos relacionado con cada una de las etapas de la taxonomía de Bloom (Figura 11)

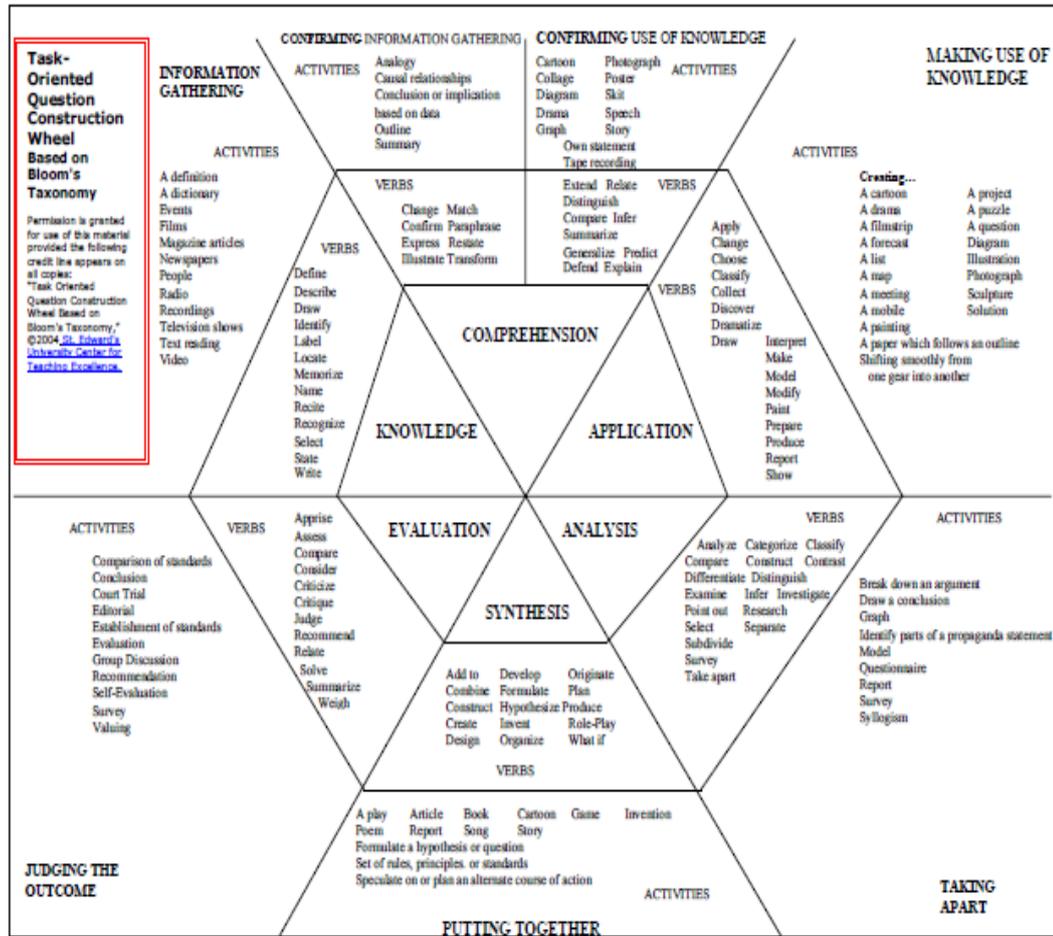
La relación entre los objetivos y las competencias también tienen interés. En el prólogo del documento final de la fase 1 del proyecto

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

TUNING (2006) dice que entiende por Resultados del Aprendizaje se dice:

"El conjunto de competencias, incluido el conocimiento, comprensión y habilidades que se espera que un aprendiz conozca, entienda o demuestre después de un proceso de aprendizaje corto o largo."

Figura 11.- Taxonomía de Bloom y los verbos de acción



Es decir, si los objetivos de un programa formativo son que el alumno comprenda significativamente acerca de resistencia de materiales, sintetice documentos o sea capaz de comunicarse, se están enunciando *a priori* competencias (que llamamos especificadas) que sólo se harán realidad en cada alumno cuando lleve a cabo su propio proceso de aprendizaje.

También ayuda el comentario de la WEB oficial de TUNING:

"TUNING distingue entre los resultados del aprendizaje y las competencias para establecer el papel que representa cada uno de los ac-

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

tores relevantes del proceso de aprendizaje... Los resultados del aprendizaje deseados para un proceso de aprendizaje son formulados por los profesores... en base a los requisitos de las partes interesadas internas o externas. Las competencias se obtienen o desarrollan durante el proceso de aprendizaje por parte de los estudiantes"

Los resultados del aprendizaje son, en el contexto de TUNING, equivalentes a requisitos especificados. Es decir objetivos formativos, y, por tanto, externos al alumno y previamente establecidos para orientar la planificación de los estudios. Cuando se desarrollan mediante las actividades docentes el alumno tiene la oportunidad, si está motivado, de adquirir las competencias, que son un logro personal, ante el que el profesor no puede hacer otra cosa que evaluarlo con los criterios establecidos previamente. En cuanto a su condición de "conjunto de competencias" resulta confuso por la distinta naturaleza de unos y otras. Lo entenderemos en un sentido débil, como que los objetivos formativos pueden anticipar (desear) logros complejos que incluyan más de una competencia (genérica o específica). Los objetivos incluirán, por ejemplo, tanto los logros esperados en conocimiento declarativo, como el contenido, el alcance, el nivel esperado en cada unidad y la relación con la evaluación en el sentido de qué objetivos se corresponde con la máxima calificación y cuál con un mero apto.

Estas definiciones son la base de un sistema de calificación. Pero fijar números y, además, hacerlo con un decimal confunde al alumno que convierte en un objetivo propio discutir décimas para aprobar la asignatura. Biggs (1993) propone un sistema de calificación alineado con los objetivos en base a letras (A la máxima calificación expresa un alto nivel de abstracción y transferencia de conocimiento y F el suspenso por carecer el alumno de toda capacidad de informar de ningún aspecto relevante del objeto de conocimiento. Es también interesante tratar de armonizar en una única calificación los tres tipos de conocimiento relacionados con el *saber*, el *saber hacer* y el *saber ser*.

Como se ve, la discusión sobre el aprendizaje en el contexto europeo está abierta. En esta tesis, investigar es fundamentalmente evaluar y hacerlo, además, en relación a un modelo alineado, por lo que era relevante analizar las relaciones entre los distintos conceptos de ese alineamiento. Esta tesis diseña un programa innovador, pero es resultado de un escrutinio continuo para asegurarse de que cumple *a priori* con el propósito que la promueve. El programa se aplica en un contexto real, pero, por lo que concierne a esta tesis, en esa fase se

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

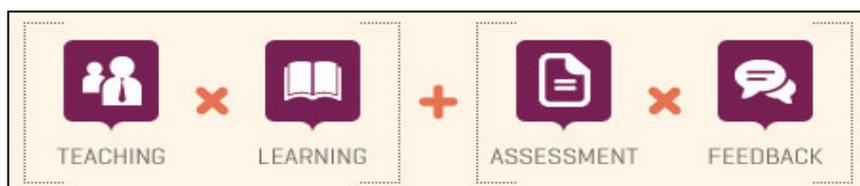
investiga cómo captar lo esencial para evaluar la pertinencia de su programación. Una vez acabado un ciclo de aplicación, hay que evaluar los resultados del aprendizaje para comprobar si se han alcanzado los objetivos formativos preestablecidos.

La discusión, por tanto, plantea problemas relacionados con:

- La relación adecuada entre los perfiles profesionales, las competencias profesionales asociadas y los objetivos formativos
- El establecimiento de los objetivos formativos expresados en forma de acciones cognitivas, decisiones o acciones de tal forma que determine el diseño de las actividades
- El diseño de las actividades que realmente activen en el alumno el nivel previsto de profundidad en el conocimiento declarativo, las destrezas necesarias para ejecutar las acciones asociadas a la teoría, la capacidad de discernir el cuándo y el porqué de sus acciones y, finalmente, estimulen la síntesis dinámica que convergen en ser competente en un objetivo parcial o competente en un objetivo profesional (conocimiento funcional).
- El diseño de un sistema de evaluación, en sus modalidades y contenidos que refleje sin ambigüedad los objetivos formativos, de tal modo que el alumno sepa de antemano que si se trata de un glosario tendrá que usar la memoria, si se trata de una teoría tendrá que comprenderla, si de un proceso tendrá que saber ejecutarlo y si todo eso se sitúa en contexto económico o social tendrá que actuar cuando proceda.

Podemos resumir lo tratado hasta ahora del siguiente modo:

1. En Estados Unidos surge el concepto de **competencia** en el entorno del Business management gracias a McClelland en 1973
2. El colegio Franciscano de Alverno en Milwaukee (Wisconsin) convierte en el mismo año de 1973 el concepto de **competencia** en un concepto académico. Actualmente ofrece el siguiente esquema educativo:



1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

3. En el Reino Unido el Gobierno conservador de Margaret Thatcher, en los años ochenta, encuentra en las **competencias** un concepto congruente con las necesidades de la nueva sociedad del conocimiento y el cambio tecnológico vertiginoso.
4. Las universidades continentales encuentran en el concepto de competencia una oportunidad para resolver problemas de adaptación de la formación superior a los retos sociales. Firman la *Magna Charta Universitatum* en 1988.
5. Los gobiernos del llamado Espacio Europeo de Educación Superior firman el Tratado de Bolonia en 1999 proponiendo "... la Europa del conocimiento... como un factor... indispensable para... dar a sus ciudadanos las **competencias** necesarias para afrontar los retos del nuevo milenio, junto con una conciencia de compartición de valores y pertenencia a un espacio social y cultural común"
6. El Estado Español (firmante del tratado) materializa su compromiso al promulgar el Real Decreto 1393/2007 de de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales.
7. El ministerio de Educación promulga la orden de ECI 3855/2007 de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico en la que figuran las **competencias** a adquirir por los alumnos que obtengan el título de Ingeniero de Edificación.

Sin perjuicio de las reservas que puedan despertar una visión conductista de las competencias por su aspectos observables o conductuales y controlables, es necesario encontrar el equilibrio entre las exigencias de una realidad, que desde que se inició esta tesis, ha cambiado dramáticamente colocando a nuestros alumnos ante retos impensables un lustro antes y las exigencias de que el ser humano no pierda pié, no trastabillo una vez más en su aspiración a un vida moral.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

1.3.2.3 El proceso de Bolonia

Hay mucho escrito sobre el proceso de Bolonia por lo que aquí se extraerá aquello que sea pertinente para nuestra tesis. Aunque no renunciamos a un breve enunciado de sus propósitos más relevantes en forma de los conceptos principales: Movilidad, Aprendizaje para Toda la Vida, Empleabilidad, Sistema de Ciclos, Sistema Normalizado de Calificaciones basado en los ECTS, Investigación e Innovación Educativa, Apertura Internacional de las Universidades, Aseguramiento de la Calidad, Reconocimiento de los Aprendizajes, Transparencia y Aprendizaje Centrado en los Estudiantes.

Una vez que el proceso de Bolonia ha puesto en marcha el sistema que permita creer que hay garantías de calidad en los procesos educativos es necesario ocuparse en detalle de qué queremos decir con calidad académica. Para eso los gestores de proceso activaron otra herramienta, como se ha indicado más arriba. Los procesos activados son el ya introducido proyecto DESECO de 2005, promovido por la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) para avanzar en relación con ramas de conocimiento y su materialización mediante el proyecto TUNING. Complementariamente y en el marco unitario de TUNING la conferencia de Bergen (2005) estableció la llamada *European Higher Education Area* (EHEA) (<http://www.ehea.info/>) para establecer calificaciones comunes como marcos de reconocimiento de títulos. En este sentido fue incorporado al proceso el trabajo del *Joint Quality Initiative*, un grupo de trabajo informal que creó una red para el aseguramiento de la calidad en los ciclos del proceso de Bolonia. Este grupo propuso los llamados *descriptores de Dublín* para establecer criterios de calificación comunes en la EHEA. (<http://www.jointquality.org./>)

Para el grado son los siguientes:

- Haber demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio;
- Saber aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio;

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

- Tener la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética;
- Poder transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado;
- Haber desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

Para el máster son los siguientes (que los alumnos):

- Posean y comprendan conocimientos que se basan en los típicamente asociados al primer ciclo y, los amplían y mejoran, lo que les aporta una base o posibilidad para ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación;
- Sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio;
- Sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios;
- Sepan comunicar sus conclusiones –y los conocimientos y razones últimas que las sustentan– a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades;
- Posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida auto dirigido o autónomo

Para el doctorado son los siguientes:

- Haber demostrado una comprensión sistemática de un campo de estudio y el dominio de las habilidades y métodos de investigación relacionados con dicho campo;
- Haber demostrado la capacidad de concebir, diseñar, poner en práctica y adoptar un proceso sustancial de investigación con seriedad académica;
- Haber realizado una contribución a través de una investigación original que amplíe las fronteras del conocimiento desarrollando un corpus sustancial, del que parte merezca la publicación referenciada a nivel nacional o internacional;
- Puedan ser capaces de realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas;

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

- Saber comunicarse con sus colegas, con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de sus áreas de conocimiento;
- Suponer a los alumnos capaces de fomentar, en contextos académicos y profesionales, el avance tecnológico, social o cultural dentro de una sociedad basada en el conocimiento.

En nuestro país se han producido colaboraciones muy importantes con el proceso de Bolonia como el que llevado a cabo por la Universidad de Deusto cuya profesora Julia González es junto al profesor Robert Wagenaar de la universidad de Gronigen coordinadora del Proyecto TUNING. También contribuyen iniciativas incipientes como el proyecto de la profesora María Pinto denominado ALFIN-EEES

(<http://www.mariapinto.es/alfineees/AlfinEEES.htm>).

1.3.3 Planificación y análisis del proceso de enseñanza y aprendizaje

Como se puede comprobar, desde los antecedentes del giro competencial en los años setenta en la teoría de Gagné y en la práctica del colegio Alverno ya citados, en las últimas décadas ha tomado cuerpo la decisión académico-político-económica de orientar la educación superior hacia las competencias. Este enfoque, unido al incremento sucesivo del tamaño de las cohortes de estudiantes, hace necesario abordar un *Discurso del Modelo* antes de entrar de lleno en la investigación de la tesis. El término "modelo" es polisémico, en general, y en este contexto en particular lo es especialmente. De hecho algunos autores prefieren denominarlos "enfoques" Pozo y Gómez Crespo (1998). Nosotros siguiendo a Valcárcel y Sánchez (2008) mantendremos el nombre para el nivel más general de los esquemas rectores o modelos rectores del proceso a aplicar tanto en la fase de planificación como en las fases actoras. Entendemos que hay tres niveles de concreción de la enseñanza (Valcárcel y Sánchez, 2008):

- El de los modelos didácticos
- El de la secuencia de la enseñanza
- El de las actividades de enseñanzas

En los tres niveles se persigue ayudar a las estrategias didácticas de los profesores; proporcionar modelos de actuación para la planificación y el desarrollo en el aula, además de emprender cambios en las prácticas docentes para la mejora Valcárcel y Sánchez (2008)

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

En el nivel de los modelos didácticos, Pozo y Gómez Crespo (1998) presentan los denominados por ellos enfoques de aprendizaje de la ciencia:

- Tradicional
- Por descubrimiento
- Expositiva
- Del conflicto cognitivo
- De investigación dirigida
- De contraste de modelos

Estos enfoques de enseñanza son analizados y comparados en relación con los siguientes aspectos:

- Los **supuestos epistemológicos** y la concepción de aprendizaje subyacente al enfoque (modelo) y las metas que éste se propone.
- Los **criterios de selección** y organización de los contenidos.
- Las **actividades de enseñanza** y evaluación.
- La **dificultades más previsibles** que se deriven de la aplicación.

Este catálogo de enfoques matiza la división más global entre los modelos didácticos de Jiménez Aleixandre (1992) citados por Valcárcel y Sánchez:

- Transmisión-recepción
- Descubrimiento
- Constructivista

Modelos que son definidos también en función de cuatro dimensiones (Joyce y Weil, 1985):

- La **sintaxis** que articula el modelo, la secuencia y las actividades
- El **sistema social** creado por los roles jugados por profesor y alumnos
- Los **principios** de reacción a la acción de los estudiantes
- Los **sistemas de apoyo** que constituyen las condiciones necesarias para la existencia del modelo.

La propuesta de Valcárcel y Sánchez (2008) va más allá de la discusión sobre los modelos al llamar la atención sobre los tres niveles de concreción considerados más arriba. En una cadena de influencias

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

jerquizada, los modelos condicionan la secuencia de enseñanza y, ésta, las actividades de enseñanza.

El papel central de la secuencia no es casual en opinión de Giné y Parcerisa (2003), pues ésta concreta el modelo. En efecto, el modelo toma cuerpo en la forma en que decidamos **ordenar** tanto los contenidos seleccionados, como las actividades de enseñanza. La secuencia pone el énfasis en el tiempo como factor alineador de la acción, pero también en las fases previas al pensar en términos secuenciales permite materializar la experiencia previa. Experiencia que habrá tomado la forma de percepción de los excesos en el currículo, inutilidad de algunas actividades o, incluso impropiedad del orden previo establecido. Ginés y Parcerisa precisan:

"Cuando hablamos de secuencia formativa estamos hablando de metodología: planificar una secuencia es planificar cómo enseñaremos, la metodología del trabajo, las acciones que prevemos llevar a cabo y cómo la realizaremos."

Es decir, si el modelo didáctico sirve (en palabras de Valcárcel y Sánchez, 1993) *"para reflexionar sobre fundamentos y actuaciones docentes y decidir los planteamientos metodológicos más adecuados"* y las actividades de enseñanza son *"conjuntos de tareas diferenciadas que se realiza en torno a un objeto de estudio... con una intencionalidad didáctica"*, es la secuencia la que articula las actividades lógicas y temporalmente en función de un determinado modelo explícito o implícito.

Identificada la importancia de la secuencia, que tradicionalmente, había sido relegada al rol de mera ordenación temporal y neutra de acciones y contenidos, conviene algunas precisiones sobre su estructura. George et al. (1977), citados por Valcárcel y Sánchez, proponen las siguientes cuatro fases:

1. Inicial, donde se pretende captar la atención de los alumnos y relacionar el nuevo conocimiento con previos
2. Enfoque, cuando se proporciona a los alumnos una base común de conocimientos y experiencias relacionados con los objetivos de la instrucción
3. Ampliación, en la que se mantiene a los alumnos interesados en la materia a aprender
4. Final, en la que se resume lo enseñado centrándose en los puntos importantes de la lección

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

Estas fases están relacionadas con un modelo de transmisión. Por el contrario, las que siguen lo están con un modelo constructivista (Driver y Oldham, 1986):

1. Orientación
2. Explicitación de ideas
3. Reestructuración de ideas
 - a. Clarificación e intercambio
 - b. Exposición a situaciones de conflicto cognitivo
 - c. Construcción de nuevas ideas
 - d. Evaluación de nuevas ideas
4. Aplicación de ideas
5. Revisión del cambio de las ideas al compararlas con las ideas previas (fase 2)

Aproximándonos al enfoque basado en competencias, Toohey (1999) propone las siguientes fases para la secuencia (learning strategies):

1. Introducción de la idea nueva
2. Ampliación del conocimiento sobre la idea
3. Aplicación de la idea por parte del alumno
4. Realimentación a partir de los resultados (comparación con expertos)
5. Reflexión, ajuste y, en su caso, vuelta al punto 2

Es interesante la reflexión de Giné y Parcerisa (2003) sobre la relación entre secuencia y evaluación. De una parte, citan a Imbernón (1993) para destacar el carácter de la evaluación como una fase de realimentación en todas las fases del proceso y a Stufflebeam y Shinkfield (1987) para identificar el carácter de proceso complejo de diseño, recogida y análisis sistemático de información para emitir un juicio y tomar decisiones en consecuencia. De ahí concluyen Ginés y Parcerisa que la evaluación no sólo debe activarse al final de la secuencia, sino en cada una de sus fases para la regulación del proceso de aprendizaje.

De esta forma se amplía el concepto de secuencia que ya, no sólo incluirá actividades de aprendizaje, sino, también, actividades de

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

evaluación, que debidamente explotadas devienen, además de en evaluación continua, en evaluación formativa.

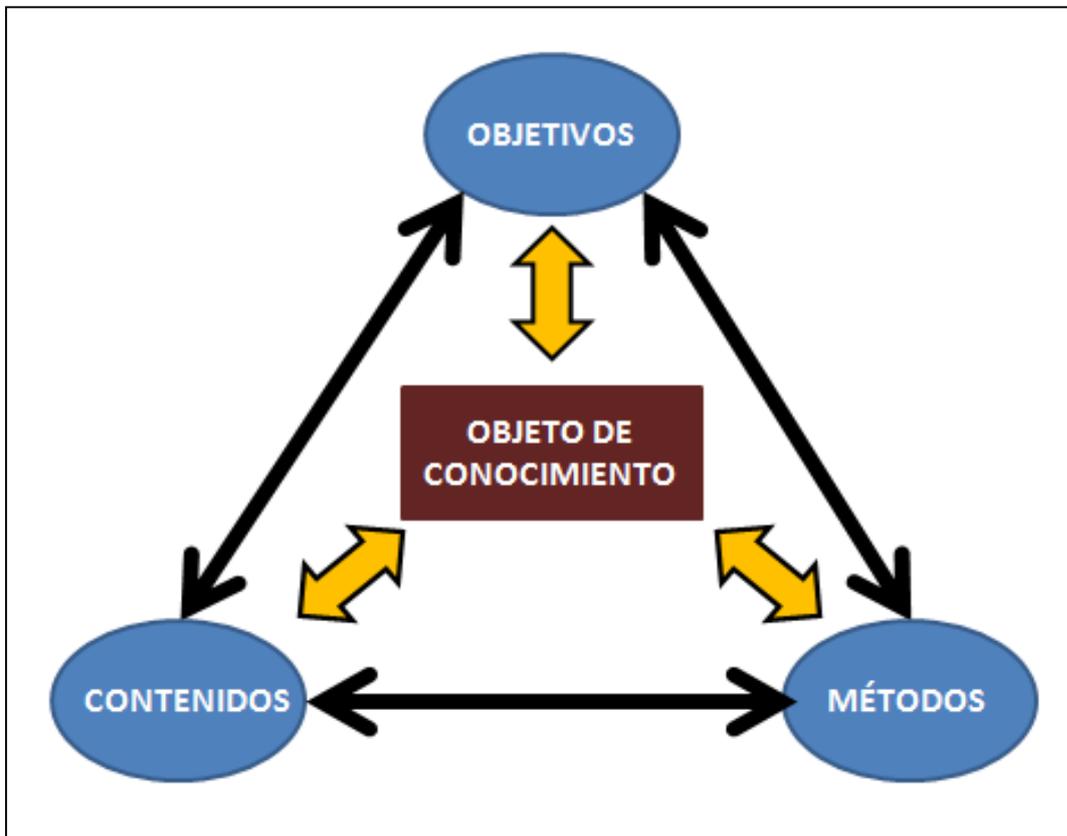
Seguramente no se escapan los problemas prácticos que se derivan de esta pretensión de monitorización continua del aprendizaje. Los profesores que se toman en serio el seguimiento de este proceso a base de encargar trabajos o de realizar evaluaciones más o menos complejas, rápidamente encontrarán sus mesas llenas de columnas de papel de muy difícil procesamiento en el tiempo que exige una adecuada evaluación formativa con efectos correctores sobre el aprendizaje. Quizá, aquí resida el busilis y, al mismo tiempo, el talón de Aquiles de una cierta eficacia de los métodos basados en el aprendizaje. Se puede lamentar que la tecnología no haya venido en ayuda de la educación basada en competencia con la rapidez con la que se ha encaminado a producir la distracción de los alumnos con entretenimientos bélicos.

Compartimos tanto con Valcárcel y Sánchez (2008) como con Giné y Parcerisa, la importancia de la secuencia entendida, no como la mera relación de contenidos, sino como la articuladora de las actividades en el tiempo para dar respuesta a un determinado modelo del proceso de enseñanza y aprendizaje. No es inocente la secuencia y en esta tesis está presente en la forma en que se organizan las actividades y en la forma en que se organizan cada una de ellas como unidades didáctica o lecciones. Es decir, la secuencia como estructura temporal de cada uno de los niveles en los que se articula la presentación de contenidos o las acciones de aplicación de conceptos. A partir del modelo de enseñanza aprendizaje el reto didáctico está en elegir una secuencia que ponga realmente a prueba la capacidad de anticipación y que realmente incluya la experiencia del profesor para no establecer actividades y ritmos que no se puedan cumplir, produciendo desconcierto en los estudiantes.

Aceptamos, pues, tres niveles que van del más abstracto al más concreto. Los denominamos modelo (generalmente subyacente), secuencia (la articulación de las actividades y en la estructuración de las unidades didácticas) y actividades de enseñanza-aprendizaje. De las tres la que es percibida por los alumnos es la última, aunque antes o después advierte si la secuencia es adecuada y percibe como una molestia indefinida las consecuencias de la aplicación de un modelo que violente su estilo de aprendizaje o su propia naturaleza como ser potencialmente sujeto de aprendizaje.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

Figura 12.- Modelo Valcárcel-Sánchez (2008)



Valcárcel y Sánchez (2008) presentan un modelo de actividades en el que están presentes todos los elementos fundamentales con la excepción del profesor y los alumnos (Figura 12)

Aquí está esquematizada la situación didáctica en torno a un objeto o fenómeno que resulta de interés para el objetivo de la unidad didáctica que se esté desarrollando en ese momento. Es un modelo de la actividad como concreción visible del modelo de enseñanza aprendizaje aplicado.

La actividad tiene un **objeto** o fenómeno real que recibe la atención de los alumnos invitados por el profesor a posar su mirada sobre él. Puede ser descrito con cuestiones clave que seleccionan y permiten comprender los conceptos que les dan respuesta.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

El **contenido** requiere que se identifique su naturaleza (conceptual, procedimental o actitudinal). Los **objetivos** requieren identificar la finalidad última de la actividad y delimitar las intenciones didácticas de la actividad y su localización en la secuencia. Finalmente, los **métodos** requieren la preparación de material escrito, identificar los recursos y utilizar la modalidad de trabajo de los alumnos.

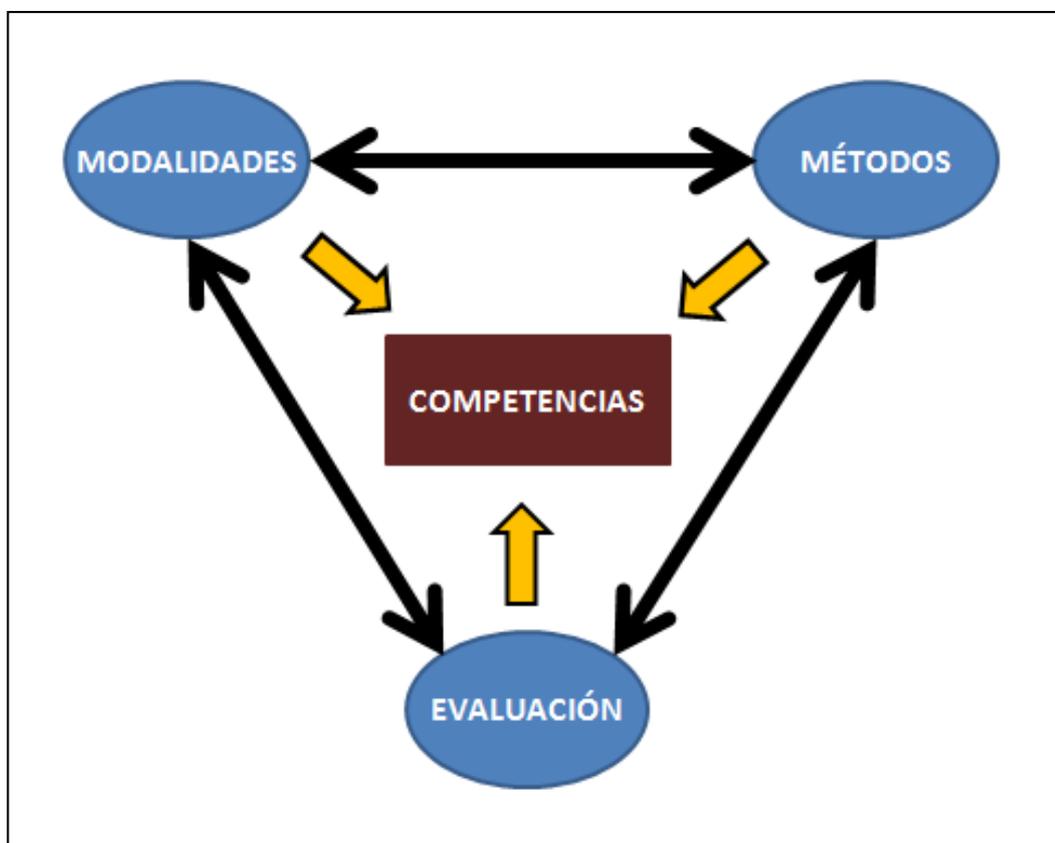
En relación con los métodos, seguimos la síntesis hecha por Mario De Miguel et al. (2006) para el EEES, quien reconoce que:

"Los escenarios y las metodologías de la enseñanza universitaria deben experimentar una profunda renovación. Frente a los enfoques didácticos clásicos centrados en el aula y en la actividad del profesor, hoy se propugna una enseñanza centrada en la actividad autónoma del estudiante. Lo que conlleva que tanto la planificación como la realización de los procesos de enseñanza-aprendizaje se lleven a cabo asumiendo este punto de vista. "

Advierte De Miguel que:

"La planificación didáctica de una materia o asignatura no puede limitarse a distribuir los contenidos a lo largo de un cronograma utili-

Figura 13.- Modelo de De Miguel (2006)



1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

zando como sistema de cómputo de la actividad docente el llamado crédito europeo ETCS (European Credits Transfer System)”

Aunque su texto se centra en las formas de plantear el período de instrucción, las relaciona inmediatamente con los sistemas de evaluación pertinente al método escogido. Relación que se establece en el marco de un modelo centrado en competencias (Figura 13)

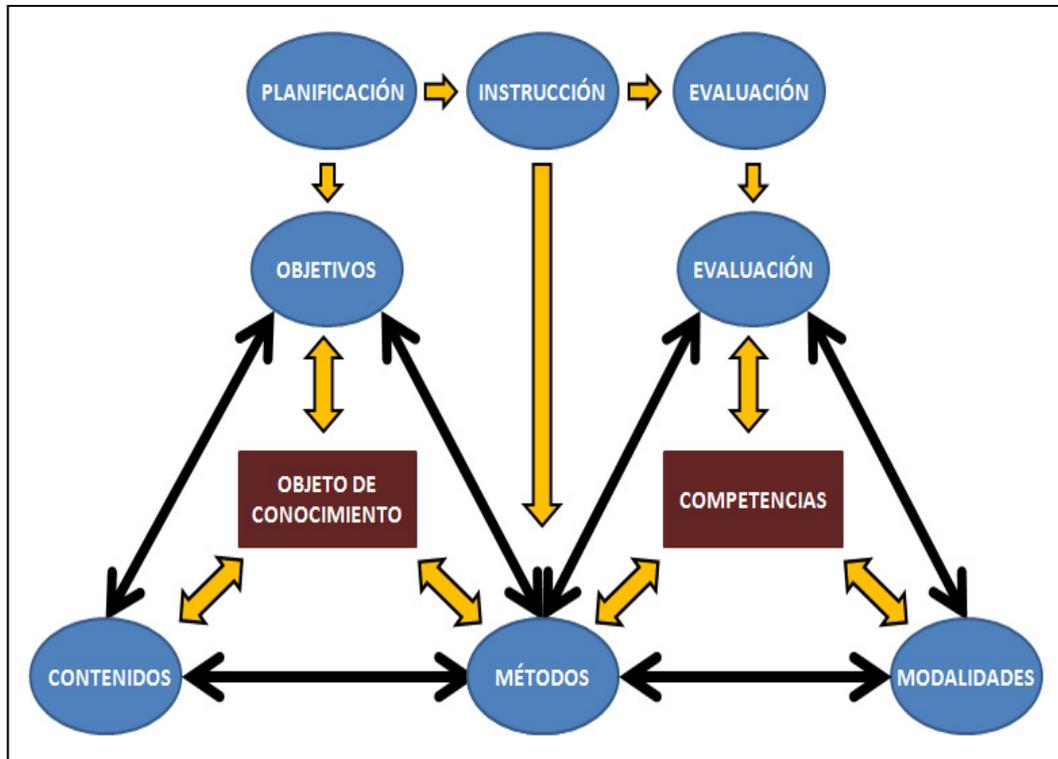
Podemos discutir el sentido único de las flechas interiores en el modelo por la influencia mutua de los conceptos de los vértices y el interior. Los métodos permiten lograr las competencias, pero éstas son determinantes para establecer los métodos. Igual ocurre con la evaluación. También se puede objetar que la interesante distinción entre método y modalidad, que exploraremos a continuación en extenso, no justifica el modelo en su pretensión de conseguir las competencias del alumno cuando deja fuera los recursos y, sobre, todo, los contenidos.

En todo caso, el modelo se estructura a partir de los métodos, las modalidades y la evaluación. De este modo, De Miguel piensa que se trasciende el modelo tradicional de enseñanza centrada en el profesor expresado en el esquema Contenidos-Métodos-Sistema de Evaluación completado por los objetivos como factor orientador de toda actividad didáctica, que son representados por las competencias. De este modo, en opinión del doctorando se acerca al enfoque de Biggs (2008) del alineamiento constructivo (Tepper, 2005) dejando de prestar la atención preferente a los contenidos para hacerlo sobre los objetivos (el logro de las competencias). Este modelo, en definitiva somete los contenidos a los objetivos.

El modelo de Biggs (2008) de alineamiento constructivo es más expresivo si se ofrece precisamente con geometría lineal como se hace en la Figura 14, en la que aparece relacionado con los dos modelos precedentes.

Felder, por su parte, ofrece el modelo de Biggs en formato triangular para encerrar en la forma lo que considera el corazón del sistema: el estudiante. El modelo en su versión original se proporciona en la Figura 9.

Figura 14.- Modelo integrado I

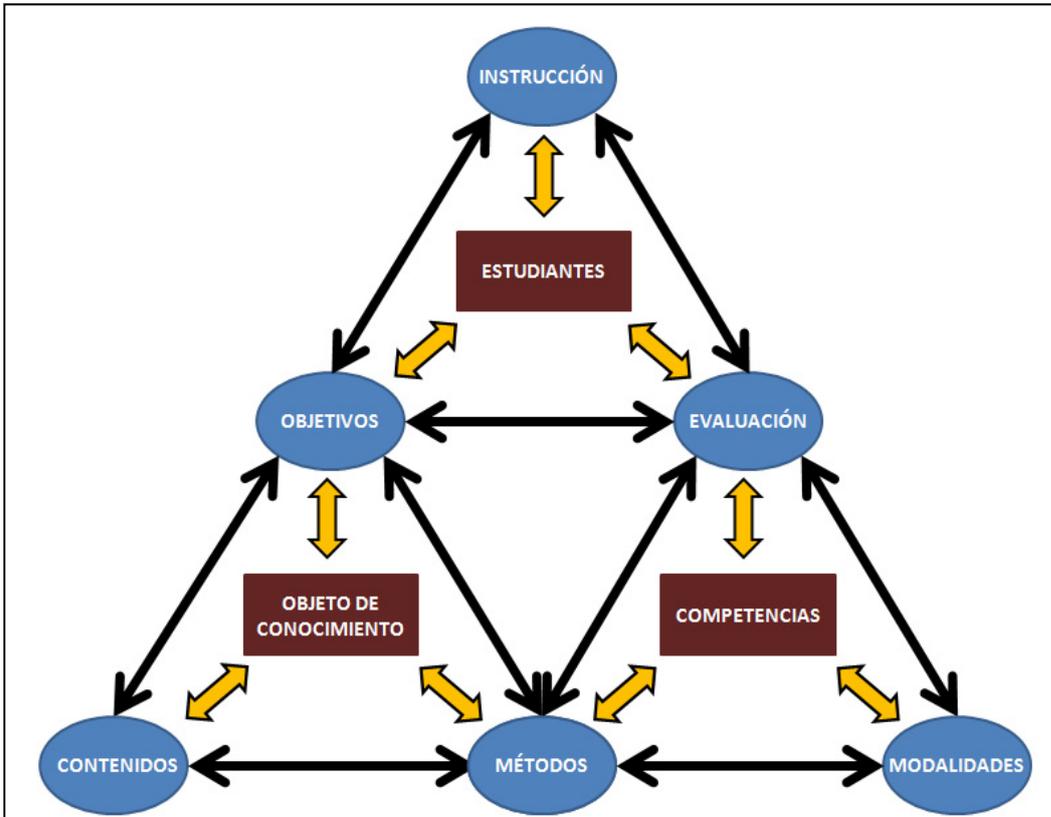


Tenemos pues tres modelos triangulares con propósitos distintos. El de Valcárcel y Sánchez (2008) (Figura 12) que se ocupa de las situaciones didácticas polarizadas en los objetos de conocimiento. El de De Miguel (Figura 13) que se polariza en las competencias que podemos considerar, en un sentido genérico, los objetivos y el modelo de Felder (Figura 9) que cubre las dos fases y se polariza en el estudiante. Los tres modelos pueden ser presentados juntos (Figura 15).

Esquema en el que se puede comprobar lo dicho, además de generarse un triángulo no explorado: el formado por los estudiantes sus competencias y los objetos de conocimiento un triángulo cuya meta polar podría ser la **empleabilidad** (Figura 16). Concepto emergente en el nuevo estatus que mundial abocado a ser permeado profundamente por relaciones económicas explícitas. No se dice **empleo** porque, precisamente, lo que está claro, es el carácter potencial que proporcionan los estudios actualmente.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

Figura 15.- Modelo integrado II



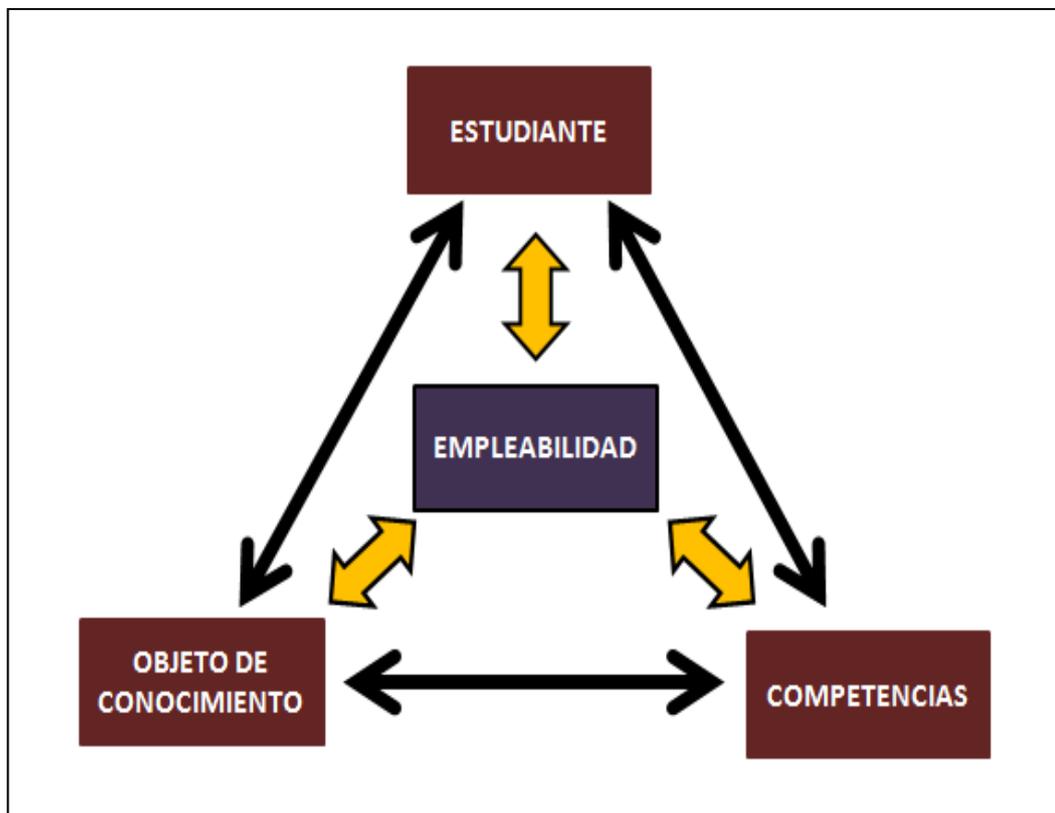
Siendo la universidad el último paso antes de convertir lo potencial en realidad, el estudiante debe ser colocado cerca de los objetos de conocimiento reclamados por el tejido tecnológico. Este esquema enfatiza la necesidad de que los estudios tecnológicos actuales sitúen al estudiante cerca de los nuevos objetos cotidianos: el software de aplicación a los problemas que plantea la ingeniería moderna.

Naturalmente, para el objeto de nuestra tesis, este modelo no es una referencia central. No ocurre igual con el modelo de Biggs, el de De Miguel o el de Valcárcel y Sánchez, que están más cerca de nuestros intereses.

El primero, por enfatizar la relación objetivos-evaluación con su gran potencia regulativa y, el segundo, por centrarse en las situaciones didácticas en la fase de desarrollo sin perder la influencia de los objetivos. Al fin y al cabo, la evaluación es una objetivación de baja eficacia hasta ahora de los aprendizajes producidos, cuya virtualidad es independiente de que sean evaluados o no.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

Figura 16.- Modelo de empleabilidad



Es una obviedad recordar que se puede aprender sin ser evaluado, lo que es compatible con la consideración de que la mayoría de los estudiantes se enervan si no esperan ser evaluados.

Tras esta discusión nos centramos en un modelo claramente didáctico en el que estén presentes todos los elementos relevantes del proceso de diseño, desarrollo y evaluación del programa propuesto. En nuestra opinión resulta de la relación del modelo de Valcárcel y Sánchez (2008) con el De Miguel et al. (2006) resultando modelos secundarios que dan cuenta de la secuencia y las actividades (instrucción) integrándolos en el sistema. En la síntesis II aparece el **método** como concepto central, lo que parece razonable pues el método condiciona:

- los objetivos
- Los contenidos
- la evaluación
- las modalidades
- la secuencia

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

- las actividades

De esta forma sintética (Figura 14), también queda incluido el pragmático alineamiento constructivo que Biggs propone para los objetivos, actividades y evaluación.

Este modelo complejo permite abordar a escala tanto grande como pequeña los programas de formación con la relación entre objetivos, métodos (con sus correlatos las modalidades y actividades) y la evaluación y, a otra escala más próxima, al aula la relación entre los objetivos, los métodos, las unidades didácticas con sus contenidos. En todos los modelos subyace la idea de una docencia activa que atiende a los distintos estilos de aprendizaje de los alumnos que quedan involucrados en la acción en la clase, FINELLI et al. (2001)

1.3.3.1 Descripción de variables relacionadas con los rasgos de los alumnos

Los modelos adoptados implican el aprendizaje basado en el estudiante, al que se espera motivar para ponerlo en la senda del aprendizaje profundo. Esta pretensión implica, al menos, tres aspectos o variables:

- Los estilos de aprendizaje de los alumnos (Felder, 1988:2002)
- El desarrollo intelectual de estudiante (Perry, 1999)
- La motivación de los alumnos en términos de equilibrio entre expectativa y valor

1.3.4 Los cambios metodológicos del proceso de Bolonia en relación con las ingenierías

En el resto del capítulo hemos conocido la secuencia que va de la experiencia concreta del doctorando en su docencia espontánea hasta el estado del arte evaluativo, en general y de las ingenierías en particular. Por su interés para esta tesis, vamos a analizar con más profundidad la distinción entre métodos y modalidades que proponen De Miguel et al. (2006) y otros autores (Bourner and Flowers, 1997; Lolodner, 2001) para facilitar la adquisición de competencias en escenarios didácticos muy diferentes, tal y como se presentan en las ingenierías.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

De Miguel define modalidad como:

"Maneras distintas de organizar y llevar a cabo los procesos de enseñanza-aprendizaje"

Cada modalidad vendría a dar respuesta a una necesidad didáctica. Se proponen siete modalidades:

1. Clase teórica
2. Seminarios-talleres
3. Clases prácticas
4. Prácticas externas
5. Tutorías
6. Estudio y trabajo en grupo
7. Estudio y trabajo individual

Que se corresponden con las siguientes necesidades didácticas:

1. Presentar contenidos siguiendo su propia lógica interna
2. Estimular en los alumnos la discusión conceptual y la realización de objetos donde que obliguen a síntesis operativas de los conocimientos teóricos
3. Realización de ejercicios estereotipados en el aula
4. Experiencia holística de procesos complejos en contextos realistas
5. Desbloqueo de obstáculos epistemológicos o facilitación de orientación a los estudiantes
6. Estímulo de una relación productiva en cooperación con otros estudiantes
7. Estímulo de la asimilación reflexiva de contenidos declarativos o destrezas por parte de cada uno de los estudiantes.

Obviamente las modalidades están condicionadas por el propósito didáctico y los recursos de que se dispone. Echamos de menos la evaluación formativa como una modalidad coherente con el modelo del alineamiento constructivo. Un modelo que podría resumirse en estas dos frases:

- 1.-El alumno que pasa la evaluación cumple en un determinado grado los objetivos
- 2.-Las actividades son una preparación para la evaluación

Es decir las modalidades deben ser coherentes con la evaluación o viceversa. En todo caso el alumno debe saber de antemano que cada

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

actividad conlleva la correspondiente evaluación coherente con su estructura y presentación. El nexo es, claramente, la evaluación formativa, que es tanto una actividad como una evaluación. Al margen de esta consideración, las modalidades cubren el espectro de actividades. Complementariamente, los métodos, definidos por De Miguel como:

"Forma de proceder que tienen los profesores para desarrollar su actividad docente"

Caracterizan la acción del profesor en cada una de las modalidades. Tiene el gran interés de su capacidad de movilizar distintas aptitudes en los alumnos al ser orientados por el profesor hacia objetos más o menos difusos. No es lo mismo, evidentemente, proponerle a estudiante que nos escuche, que la realización de un proyecto o la resolución de un problema. Desgraciadamente todavía hoy alumnos y profesores coinciden en su preferencia por la modalidad de clase expositiva y el método de clase magistral. Y ello a pesar de que los alumnos reclaman más actividades. Reclamación que podemos aún tachar de retórica porque entienden por ello la parte cinética de, por ejemplo, una práctica de laboratorio o una visita a una obra de construcción, pero no la parte reflexiva y de aplicación de una cierta claridad conceptual a la acción propuesta. La causa subyacente a las reticencias de los profesores es la dificultad de evaluar un proyecto en toda su complejidad y la sospecha de parasitismo cuando se realiza de forma cooperativa. La reticencia de los alumnos reside en que no quieren encontrar en las prácticas aquello de lo que huyen en las aulas: el cansancio del concepto. Es decir, la tarea intransferible de apropiarse de los significados. O peor, su creencia de que salir de las aulas es acceder a un espacio exclusivamente lúdico. Aquí reside el reto didáctico para los próximos años en opinión del doctorando, al menos mientras los avances de la neurociencia no dicten otra cosa.

De una parte, hay que desarrollar rúbricas de evaluación de actividades complejas y, de otra, diseñar actividades de las que emerja el concepto inevitablemente. La fuerte correlación que De Miguel encuentra entre modalidades y métodos, es decir, entre formas organizativas y formas de enseñanza (continente y contenido) es consecuencia de que las modalidades sirven a los métodos, como es razonable. Pero la matriz que presenta es suficientemente expresiva de la utilidad del planteamiento. En esta matriz los números indican el valor que se le asigna a cada relación entre método y modalidad. La diagonal coloreada asocia cada modalidad con el método asociado con más fuerza.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

Tabla 5.- Relación Métodos – Modalidades s/De Miguel (2006)

		MÉTODOS							
		Lección magistral	Estudio de casos	Resolución de problemas	Aprendizaje basado en problemas	Aprendizaje orientado a proyectos	Aprendizaje cooperativo	Contrato de aprendizaje	Totales
MODALIDADES	Clases teóricas/expositivas	3	1	1	0	0	1	1	7
	Seminarios/talleres	0	3	3	2	1	2	1	12
	Clases prácticas	0	2	3	3	0	1	1	10
	Prácticas externas	0	1	2	3	2	1	1	10
	Tutorías	1	1	1	3	3	2	3	14
	Estudio y trabajo en grupo	1	2	2	3	2	3	1	14
	Estudio y trabajo individual	2	2	1	1	3	1	3	13
	Totales	7	12	13	15	11	11	11	

A pesar de la prevalencia teórica de los métodos sobre las modalidades, De Miguel y sus colaboradores prefieren organizar su trabajo desde la modalidad por su proximidad a la actividad, para luego tratar el método asociado con más intensidad a la modalidad. La parte más interesante son las pistas que proporciona para la evaluación de resultados en cada método empleado. Así:

- Para la **clase magistral**, el sistema más habitual es el examen escrito y alternativamente el examen oral.
- Para el **estudio de casos**, con la presentación oral sometida a cuestionamiento y reflexiones
- Para la **resolución de ejercicios y problemas**, las pruebas de ejecución correcta de algoritmos o heurísticos
- Para el **aprendizaje orientado a problemas** (Boud y Feletti, 1997), la valoración del resultado y de la exposición sometida a cuestionamiento y reflexión

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

- Para el **aprendizaje basado en proyectos**, la valoración del resultados y de la exposición sometida a cuestionamiento y reflexión
- Para el **trabajo cooperativo** (Goward, 2009), mediante el seguimiento de la actividad del grupo mediante hitos establecidos y pruebas individualizadas que garanticen la cooperación buscada
- Para las **prácticas externas** en la industria, mediante evaluación continua con la ayuda de tutores académicos y empresariales para un encuentro fecundo del alumno con la realidad externa (Gibb, 2005; Heesom, 2008)

A la vista de este resumen se evidencia la necesidad de formación de docentes para una correcta evaluación, pero también la necesidad de una programación muy cuidadosa para que la evaluación sea efectiva, dado el tiempo que requieren las exposiciones y discusiones ulteriores. También la dureza de una evaluación oral a medida que el estudiante resuelve con soltura las cuestiones planteadas o muestras sus debilidades cognitivas. Hay algo de autoevaluación en la necesidad de mantener un discurso coherente y ágil en la exposición del trabajo presentado por parte del alumno. Porque, como se puede comprobar, en la mayoría de los métodos que trascienden la forma convencional escrita de evaluar los aprendizajes del método de la clase magistral, es la expresión oral de un discurso bien articulado en torno a los significados centrales del objeto la clave del método empleado. Cuestión de gran interés, pues rehabilitaría al lenguaje y al concepto como núcleos de la acción formativa y profesional. Acabada la era de las letras escritas (al parecer), no se puede dejar escapar a las letras expresadas oralmente para obligar a la coherencia conceptual y terminológica en situaciones en opinión del doctorando. En caso contrario nos espera el desierto conceptual.

El doctorando considera de gran interés este vademécum de métodos y modalidades porque cubre todas las necesidades conocidas para la aplicación a las ingeniería a según qué circunstancias. Así en la enseñanza de las ingenierías se presenta la necesidad de:

- Conocer y comprender conceptos
- Ejercitarse con fórmulas y gráficos
- Ejercitarse en la realización de experimentos controlados
- Aplicar el conocimiento teórico a situaciones verosímiles

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

- Ejercitarse en la toma de decisiones
- Ejercitarse en la pertenencia o el liderazgo de equipos
- Realizar proyectos complejos

Por tanto, es completamente inadecuado utilizar un único método y modalidad de enseñanza y aprendizaje. La variedad y su ajuste a los distintos tipos de conocimiento a adquirir son absolutamente imprescindibles. Cada situación didáctica, cada actividad o fase de la secuencia de enseñanza puede requerir una modalidad distinta para su desarrollo. Esta multi dimensionalidad de los métodos conduce a una nueva forma de evaluar y calificar los resultados del aprendizaje. Es necesaria alguna forma calificadora que permita valorar el impacto de cada modalidad en el aprendizaje del alumno, lo que será objeto de atención en el capítulo de la investigación dedicado a la evaluación.

1.3.5 Resumen del capítulo

Hecho el tránsito desde la experiencia espontánea de los primeros años como docente en la universidad hasta el momento de abordar el núcleo de la tesis; habiendo conocido la asignatura objeto de estudio por sus resultados; habiendo explorados las razones para la elaboración de programas formativos y las dificultades de su implantación; habiendo recorrido la historia de la evolución de programas sociales y formativos; habiendo estudiado la concreción de esta tradición en los programas formativos relativos a las ingenierías en Estados Unidos y en Nuestro País a través de los programas evaluativos de la ANECA; habiendo discutido ampliamente el concepto de competencia y su influencia decisiva en la actual reforma de la enseñanza superior en España, así como los modelos didácticos, es el momento de detallar el contexto en el que surge y se desarrolla el objeto de esta tesis. Cuestión especialmente importante en el ámbito de la edificación, donde se acepta el hecho de que las profesiones están orientadas hacia los aspectos visuales Frank (2005).

Como ocurre en la mayoría de las universidades, los profesores no están obligados a elaborar un programa de la asignatura en el sentido en que se entiende en esta tesis o en el sentido que lo entiende el ABET. La propia ANECA no identifica entre los méritos docentes de su programa PEP (Programa de Evaluación del Profesorado) contar con un programa formativo propio y actualizado para la actividad docente evaluada. No parece que la recomendación de los *Criterios y directrices*

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

para la garantía de la calidad en el Espacio Europeo de Educación Superior de la ENQA (2005) hayan surtido efecto, pues en esta publicación se dice:

"Las instituciones deben asegurarse de que los procedimientos de contratación y nombramiento de su personal docente incluyen los medios para verificar que todo el personal nuevo dispone, por lo menos, de un nivel mínimo de competencia. Deben darse oportunidades al personal docente para que desarrolle y amplíe su capacidad de enseñanza y estimularles para que saquen partido de sus habilidades. Las instituciones deben proporcionar oportunidades a los profesores de bajo rendimiento para que mejoren sus habilidades de forma que alcancen un nivel aceptable. Deben, así mismo, disponer de los medios que permitan darles de baja de sus funciones docentes si se demuestra que continúan siendo ineficaces."

Un criterio duro para las actuales circunstancias nacionales. La propia ANECA reconoce en su Guía para el programa DOCENTIA de evaluación de la actividad docente que:

"Las actuaciones emprendidas por las universidades han respondido en general a un perfil caracterizado por la ausencia de un modelo global de evaluación del profesor y por su escasa o nula vinculación tanto con las acciones formativas posteriores desarrolladas por las universidades como con el reconocimiento explícito del bien hacer del profesorado."

Sin embargo, sorprende que a la hora de proponer las dimensiones de la evaluación de un profesor en su programa DOCENTIA no se explicita, ni siquiera en la dimensión de Planificación, la necesidad de realizar un Programa Formativo formalmente considerado aunque si estén sus componentes:

Organización y coordinación docentes:

- Planificación de la enseñanza y del aprendizaje con relación a las materias o asignaturas impartidas.
- Coordinación con otras actuaciones docentes, en el ámbito de una titulación y de acuerdo con la política del Centro y los departamentos.
- Modalidades de organización de la enseñanza (clases prácticas, prácticas externas, seminarios, clases teóricas, tutorías, etc.).
- Actividades de aprendizaje previstas.
- Criterios y métodos de evaluación.
- Resultados de aprendizaje previstos.
- Materiales y recursos para la docencia.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

En el apartado de la planificación ANECA habla de un *programa de la asignatura* en unos términos un tanto imprecisos:

"El programa de la asignatura. El profesor aporta información sobre la racionalidad de la propuesta docente en las asignaturas que imparte, estableciendo si los resultados previstos, contenidos, metodologías de enseñanza, actividades prácticas o criterios de evaluación propuestos en el programa están en función de algunas variables tales como la formación previa de los estudiantes, los recursos didácticos Unidad de Proyectos disponibles, los estímulos a la innovación docente propiciados por la Universidad, las pautas establecidas por el Departamento u otro órgano."

Nuestra universidad está incorporada al programa, pero, aunque se trabaja a la búsqueda de una modelo ágil y eficaz, como se indicó *supra* aún no se cuenta con él y siguen siendo las encuestas de satisfacción a los estudiantes la herramienta más utilizada para evaluar a un profesor.

No obstante, se ha trabajado en un plano más modesto que el de un Programa Formativo: el de las guías docentes. Un Equipo Docente (Rué y Lodeiro, 2010; Rué, 2007, Rué 2009), coordinado por el profesor Antonio García Martín ha elaborado un modelo muy amigable de guías docentes que está siendo adoptado con rapidez por los profesores, aunque no sea luego objeto de ningún tipo de evaluación y, en algunos casos, haya caído ya en lo estereotipado. En el anejo 9.4 de esta tesis figura un ejemplar aplicado a la asignatura objeto de esta tesis.

Finalmente, resumimos como punto de partida del trabajo de investigación de esta tesis lo siguiente:

- El autoconocimiento de la asignatura
- El estado de la discusión sobre la evaluación de programas formativos
- El conocimiento del origen conceptual de la reforma en marcha en el ámbito europeo
- El conocimiento del contexto normativo del proceso de Bolonia y su reflejo en la regulación nacional
- La estado de la cuestión sobre los modelos didácticos
- El conocimiento de los métodos y modalidades didácticas
- El conocimiento de las propuestas nacionales (ANECA) e internacionales (ABET) para la elaboración de programas formativos.

1 FUNDAMENTOS EMPÍRICOS Y TEÓRICOS

A ello añadimos la emergencia de la voluntad de que los profesores sean gestores eficaces de las materias a su cargo con toda la complejidad del proceso asociado. También el apoyo en forma de guías docentes elaboradas con criterios modernos para acostumar a los docentes a cumplir con los más elementales factores de una eficaz planificación, desarrollo, evaluación y mejora de su actividad.

Y para terminar este capítulo de fundamentos resumimos los aspectos que van a constituir la investigación:

- La formalización de los problemas de la investigación
- Un método de formalización de las competencias de los documentos legales que sirven de referencia al trabajo docente profesional
- Un método para relacionar las competencias formalizadas con los objetivos formativos (*resultados del aprendizaje* en la terminología TUNING)
- Un método para definir los contenidos y su secuencia disciplinares en congruencia con los objetivos formativos
- Un método para definir las actividades en congruencia con los objetivos formativos
- Un método para definir un sistema de evaluación congruente con los objetivos formativos
- Una reflexión sobre el programa formativo que resulte desde criterios de la metodología de evaluación de programas
- La definición de los registros (indicadores) para la medición de los acontecimientos del desarrollo del programa
- La aplicación del programa y de los registros
- El análisis de los resultados
- La valoración de los logros del programa
- La identificación de sus fracasos
- La síntesis en forma de conclusiones válidas y fundadas en la investigación
- La identificación de líneas de investigación futuras.

2

Diseño de la investigación

*Investigación = in vestigium,
en la pista de la verdad
esquiva que se esconde
tras la apariencia de
claridad de las
relaciones educativas
(A.G.Hernanson)*

En el capítulo 1 hemos establecido los fundamentos empíricos y teóricos generales, que podemos resumir en los siguientes aspectos:

- La necesidad de encontrar una solución a los problemas identificados empíricamente en el desarrollo espontáneo de una docencia sin más fundamento pedagógico y didáctico que las intuiciones del doctorando. Cuestión que ha sido ampliamente presentada en el apartado 1.1 del capítulo precedente.
- La necesidad de adaptar los estudios tecnológicos al Espacio Europeo de Educación Superior. Lo que implica:
 - La necesidad de transformar los requisitos sociales en objetivos formativos para el logro de la adquisición de competencias. Concepto cuya relevancia actual ha quedado probada en el apartado 1.3 del capítulo precedente.
 - La necesidad de que el objetivo de consecución de las competencias se fundamente en modelos formativos constructivistas centrados en el estudiante, frente a los centrados en el profesor y los contenidos como se ha considerado en el apartado 1.3.3 del capítulo precedente.
- La necesidad de **diseñar** un programa formativo de la asignatura objeto de la tesis para organizar y orientar todos los procesos de enseñanza aprendizaje involucrados. Cuestión cuyo fundamento ha sido tratado en el apartado 1.2

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- La necesidad de integrar los principios de la investigación acción en el **desarrollo** del programa para obtener una respuesta innovadora a los complejos procesos de aprendizaje. Aspecto tratado en los apartados 1.3.2 y 1.3.3.
- La importancia de que la secuencia y las actividades formativas, tanto en su **diseño** como en su **desarrollo**, respondan al modelo teórico subyacente. Aspecto tratado ampliamente en los apartados 1.2.1 y 1.3.3.
- La necesidad de **evaluar** tanto el programa formativo como los aprendizajes de los alumnos al final de su desarrollo. Aspectos tratados en el apartado 1.2.2.

2.1 Problemas principales

El problema general de la investigación surge del propósito de innovación en la docencia de una asignatura de *Materiales de Construcción* para el título de Ingeniero de Edificación en un contexto de cambios institucionales. Lo enunciamos del siguiente modo:

¿El programa de la asignatura Materiales de Construcción cuyo diseño, desarrollo y evaluación se investiga, es adecuado para promover la adquisición de las competencias de un Ingeniero de Edificación?

Es decir presentamos en forma problemática el objetivo principal de la tesis: la realización de un programa formativo que dé respuesta a la necesidad de transformar los requisitos sociales en acción didáctica debidamente planificada y desarrollada para la asignatura *Materiales de Construcción*. Requisitos que como hemos visto con detalle en el capítulo anterior se formulan en forma de competencias profesionales, tanto específicas como genéricas. La prolija discusión del capítulo precedente sobre los propósitos de EEES nos lleva a la conclusión de que alcanzar los objetivos del Plan de Estudios de la titulación de Ingeniería de Edificación no es posible sin una profunda innovación de los programas de las asignaturas, en general, y de la asignatura *Materiales de Construcción*, en particular. Partimos pues de una situación de carencias teóricas sobre cómo abordar la adaptación al EEES y por tanto de la necesidad problemática de encontrar un método riguroso de programar, desarrollar y evaluar la formación en los términos exigidos por la sociedad, la reglamentación y la propia naturaleza del complejo proceso educativo en el ámbito tecnológico descrita por las más recientes teorías pedagógicas.

Para responder a la pregunta general es necesario responder a tres cuestiones subalternas fundamentales y que denominamos problemas principales. Los problemas principales no mueven directamente a la acción, sino que cumplen una función propedéutica al permitirnos ver con más claridad los tres niveles en que debe producirse la acción. Así, la planificación, la implantación o desarrollo de lo planificado y la evaluación de los resultados de la acción sobre los aprendizajes. La evaluación del programa en sí mismo es resultado del encadenamiento de las distintas fases. Así, en un cierto sentido, el desarrollo evalúa el diseño y la evaluación de los aprendizajes evalúa, tanto al diseño como al desarrollo. Por otra parte, dado el carácter competencial de los obje-

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

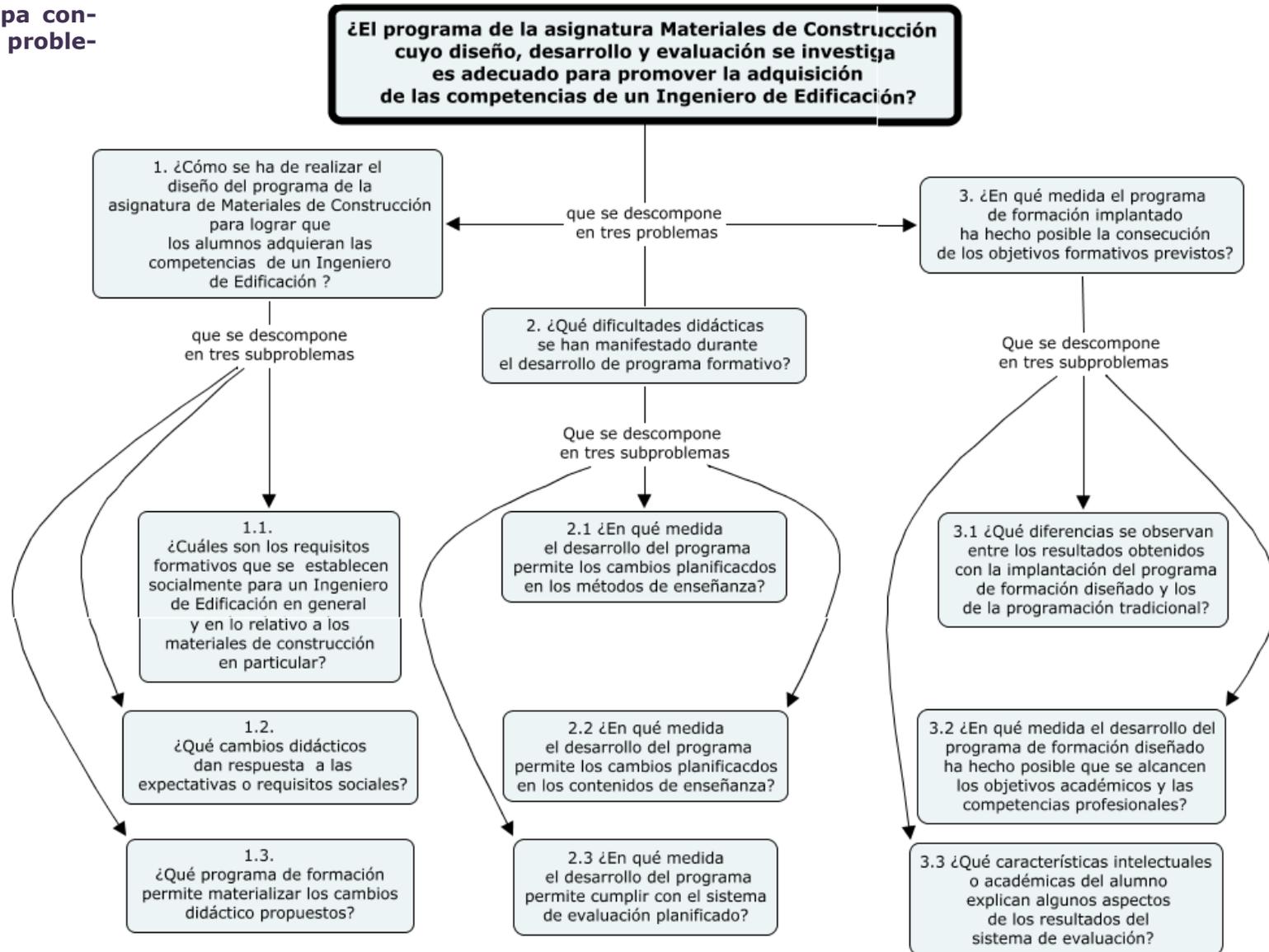
tivos, es el desempeño de tales competencias la evaluación indirecta del programa formativo en su conjunto. No se escapa que de toda evaluación se desprende una propuesta de mejora que cierra el círculo virtuoso del perfeccionamiento de la acción. Aspecto éste tan claro en su formulación como oscuro en su puesta en práctica. Está por ver qué institución progresa por un mecanismo de mejora continua. Más bien el progreso (necesariamente irregular) se produce a empujones de reclamaciones o dictados heterogéneos. En definitiva, es necesario parcelar el problema general sobre el programa formativo de la asignatura *Materiales de Construcción* para así abordar por separado las distintas etapas que marca el análisis de la acción. Análisis de la acción humana ya contemplado en el mundo clásico con la secuencia Tesis (disposición), Poiesis (realización), Aestesis (observación) y Catarsis (depuración), que se correspondería con nuestro diseño, desarrollo, evaluación y mejora, cuya ausencia en esta tesis ya hemos justificado.

Procedemos, por tanto, al enunciado de los problemas principales como componentes necesarios del problema general de esta tesis justificado por el resultado de la discusión fundamental mantenida en el capítulo anterior.

Problema principal 1.- *¿Cómo se ha de realizar el diseño del programa de la asignatura Materiales de Construcción para lograr que los alumnos adquieran las competencias de un Ingeniero de Edificación?*

Parece claro que el primer paso es la planificación de la enseñanza expresada en un programa formativo que responda a los propósitos enunciados por el EEES y nuestra intención de resolver el problema general en su aplicación a nuestra asignatura. La planificación de la enseñanza requiere resolver el problema del diseño de un programa formativo que sea capaz de transformar los requisitos sociales en objetivos formativos, que condicione la selección de los contenidos formativos, la elección de los métodos de enseñanza y aprendizaje, la naturaleza de las actividades formativas y el necesario sistema de evaluación. Por tanto, el programa formativo deberá incluir todos los cambios didácticos que den respuesta a la necesidad de adquirir las competencias de un Ingeniero de Edificación. Pero este problema principal así enunciado no es suficientemente preciso, por lo que más adelante procederemos a su desglose en sub-problemas.

Figura 17.- Mapa conceptual de los proble-



2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Problema principal 2.- *¿Qué dificultades didácticas se han manifestado durante el desarrollo de programa formativo?*

Una vez elaborado el programa formativo es necesario comprobar su viabilidad. Es decir, es necesario comprobar si las innovaciones didácticas implementadas en el programa, como consecuencia de los resultados del estudio llevado a cabo en la fase de diseño, son viables. Si hemos establecidos unos determinados métodos de enseñanza, ¿han podido ser desplegados? Si se ha previsto un determinado contenido, ¿se ha podido impartir? Si se ha previsto una determinada secuencia ¿ha sido posible completarla o cumplirla? Las actividades llevadas a cabo en el aula o en los espacios especiales dispuestos para prácticas de laboratorio, visitas externas, seminarios, etc., pueden desmentir las previsiones del programa respecto de la secuencia de la enseñanza, la presentación de contenidos o cualquier otro aspectos planificado por errores de planteamiento, de ritmo expositivo, tamaño de grupos, etc. Es necesario, por tanto, plantearse problemáticamente el desarrollo del programa formativo. En esa fase el programa formativo se pone en contacto con toda la complejidad de la acción didáctica, donde se manifiesta el carácter problemático de esta cuestión.

Problema principal 3.- *¿En qué medida el programa de formación implantado ha hecho posible la consecución de los objetivos formativos previstos?*

Esta cuestión contribuye a la resolución del problema general al verificar si el programa formativo diseñado y desarrollado consigue o no los objetivos formativos que se propone. Una pregunta ineludible, pero que tiene carácter problemático porque es necesario investigar tal idoneidad de programa formativo en fases de evaluación formativa y fases de información sumativa. Y hay que hacerlo porque no es evidente tal logro con los procedimientos tradicionales de evaluación y el análisis correspondiente (Mora, 2004).

Una vez establecidas las conexiones del problema general con los tres problemas principales y su legitimidad fundada en la discusión del capítulo 1 de esta tesis se puede abordar la cuestión de la identificación de los componentes de cada problema principal. Componentes que son igualmente problemas (por eso los denominamos subproblemas), pero de un carácter más concreto, lo que hace más asequible la búsqueda de soluciones utilizando todos los recursos teóricos y experienciales encontrados en el marco de las investigaciones más

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

recientes presentadas en el capítulo 1 de esta tesis. Investigaciones que, además, han constituido la propia razón de la reforma de las enseñanzas universitarias en España, que desde el año 2007 se está implantando en medio de grandes dificultades presupuestarias y gran resistencia de algunos sectores universitarios. Dificultades económicas que son, desde luego, un obstáculo, pero muy a menudo también un pretexto para eludir el gran problema de la falta de investigación del problema de la adquisición de competencias por parte de los alumnos.

Abordamos la investigación como resolución de los sub-problemas en la conciencia de que con ello estamos resolviendo los problemas principales y por ende el problema general. Es decir, los sub-problemas se sitúan en el nivel que mueve a la acción investigadora por responder a un grado de concreción que hace posible abordar su solución.

2.1.1 Sub-Problemas del Problema Principal 1 para el diseño del programa formativo

¿Cómo se ha de realizar el diseño del programa de la asignatura de Materiales de Construcción para lograr que los alumnos adquieran las competencias de un Ingeniero de Construcción?

Como hemos dicho, del mismo modo que con el problema general la solución es resultado de una previa resolución de los problemas principales, éstos se abordan atomizándolos en sub-problemas más precisos. En el caso del problema principal 1 se considera que el diseño de un programa formativo apropiado para la asignatura *Materiales de Construcción* del Plan de Estudios de Ingeniería de Edificación requiere resolver el problema de los **requisitos formativos**, de los **cambios didácticos** a introducir de forma innovadora y el problema del **programa formativo** que debe articular todos los parámetros del proceso. Por eso, abordamos a continuación la justificación de los distintos sub-problemas. De la resolución del problema principal uno (a través de sus sub-problemas) se derivará un programa formativo teórico como se verá en el capítulo tercero.

2.1.1.1 Sub-problema 1.1 En relación a los requisitos formativos

¿Cuáles son los requisitos formativos que se establecen socialmente para un Ingeniero de Edificación en general y en lo relativo a los materiales de construcción?

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Este sub-problema provoca el efecto de centrar la atención sobre la cadena de exigencias que condicionan los objetivos formativos del programa. Para la eficacia de estos antecedentes se parte del documento más general con carácter oficial, pues no se puede dejar de lado que es un programa para el desarrollo del proceso formativo en una asignatura que forma parte de un título que habilita para una profesión regulada con importantes responsabilidades en su ejercicio. Cuando este problema quede resuelto se estará en condiciones de abordar el siguiente en la lógica investigadora del diseño programático.

En el capítulo precedente se ha puesto de manifiesto el proceso de gestación del concepto de competencias, su asunción por parte de las autoridades políticas y, finalmente, su traducción en estrategias educativas en el proceso de Bolonia. El desarrollo en nuestro país de los principios comprometidos en la firma de tratado de Bolonia en el año 1999 y sus sucesivas ampliaciones se ha concretado en una compleja colección de documentos normativos que es necesario interpretar para que puedan convertirse en materia de tratamiento didáctico. Es decir, en requisitos académicos. De ahí el carácter problemático de la cuestión planteada, que exige la investigación analítica correspondiente, como se llevará a cabo en el capítulo 3 de esta tesis.

2.1.1.2 **Sub-problema 1.2 De los cambios didácticos**

¿Qué cambios didácticos dan respuesta a las expectativas o requisitos sociales?

Una vez establecidas las competencias genéricas y específicas para la formación de alumnos que se derivan de las exigencias sociales, es el momento de preguntarse qué cambios didácticos darán respuesta a las mismas. Cambios que han de afectar tanto a los **objetivos** formativos como expresión académica de las exigencias sociales, a los **métodos** a emplear y a los **contenidos** a proponer a la actividad cognitiva de los alumnos. La investigación debe aquí dilucidar qué parámetros son los más adecuados para la meta perseguida en una cuidadosa búsqueda en la que hay que demostrar que no se pierde la conexión con el eslabón precedente.

2.1.1.3 **Sub-problema 1.3 De la estructura del programa formativo**

¿Qué programa de formación permite materializar los cambios didácticos propuestos?

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Una vez establecidos los cambios didácticos con los que se quiere obtener el resultado de un Aprendizaje Basado en Competencias es necesario materializar un plan de acción para su ejecución. Este plan de acción es el nuevo programa de formación cuyo diseño se persigue. La investigación deberá estudiar las modificaciones pertinentes de las actividades en relación con los nuevos objetivos, métodos y las competencias genéricas especificadas; también llevará a cabo la selección de los contenidos de la enseñanza en correlación con los objetivos y las competencias específicas; en la secuencia en función de la naturaleza del contenido disciplinar y los objetivos formativos. Finalmente, tendrá que introducir en el sistema de evaluación los cambios que los objetivos propugnan y las actividades justifican, persiguiendo la congruencia interna completa.

La resolución de este sub-problema, pues, nos debe proporcionar la estructura del programa formativo que se ha de someter a la prueba empírica de su implantación y desarrollo.

2.1.2 Sub-Problemas del Problema Principal 2 sobre las dificultades didácticas en el desarrollo

¿Qué dificultades didácticas se han manifestado durante el desarrollo de programa formativo?

Este problema se refiere a las dificultades que potencialmente pueden surgir del desarrollo del programa formativo que resulte de la investigación con el problema principal 1. En esta fase, a través de la resolución de sus propios sub-problemas, se debe captar todo lo que ocurre que sea pertinente para la investigación. Esta tarea se lleva a cabo mediante los registros diseñados a tal efecto en el apartado 2.3.3.2. Las incidencias que no recojan los registros específicos establecidos deben ser registradas de modo informal por el investigador. Para ello se utilizará un cuaderno de campo del doctorando. La resolución del problema de la captación de las dificultades surgidas durante el desarrollo es, como se ha dicho, un componente del problema general

El problema principal 2 se desglosa en tres sub-problemas:

2.1.2.1 **Sub-problema 2.1 Innovaciones en los métodos de enseñanza**

*¿En qué medida el desarrollo del programa permite los cambios planificados en los **métodos** de enseñanza?*

La resolución de este problema exige la comprobación de que los nuevos métodos de enseñanza adoptados no son obstaculizados por el conjunto de factores actuantes en el desarrollo. Por ejemplo, el método de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) incluido en el programa supone la movilización de complejos recursos humanos, materiales, además del concurso de los alumnos, su actitud, su capacidad de previsión de las acciones experimentales, su capacidad de percibir con claridad el modelo teórico subyacente al trabajo en el laboratorio, la interpretación de los resultados obtenidos, su presentación y defensa argumentada, etc. Esta complejidad puede contribuir al fracaso parcial o total del método. Por ejemplo, ¿Los seminarios han cumplido con su misión de promover un cambio en la actitud de los alumnos hacia los trabajos en casa por su capacidad de clarificar las aporías encontradas en el trabajo autónomo? La respuesta a este tipo de preguntas se funda en el registro de información durante la acción, como se verá en el capítulo 4 de esta tesis.

2.1.2.2 **Sub-problema 2.2 Innovaciones en los contenidos de enseñanza**

*¿En qué medida el desarrollo del programa permite los cambios planificados en los **contenidos** de enseñanza?*

La asignatura *Materiales de Construcción* supone que el alumno tenga que afrontar el conocimiento significativo de un número importante de familias de materiales que, a su vez, se multiplica por las soluciones particulares dadas por los fabricantes para crear nichos de mercado. El programa trata de encontrar un equilibrio entre el extenso conocimiento disciplinar y el tiempo del que dispone el alumno para su aprendizaje en las múltiples dimensiones del mismo. Alcanzado este equilibrio supuestamente en el programa, ¿se ha mantenido durante el desarrollo o esta intención ha chocado con algún tipo de obstáculo no previsto? Es un obstáculo una huelga o fiestas no programadas, la lentitud relativa de algún profesor, etc. Se trata de resolver el problema de la captación de las dificultades didácticas relativas al contenido en todas sus formas (declarativo, procedimental y condicional) surgidas

durante el desarrollo. Para ello se utilizan registros *ad hoc*, como se verá en el capítulo 4 de esta tesis.

2.1.2.3 **Sub-problema 2.3 Innovaciones en el sistema de evaluación**

¿En qué medida el desarrollo del programa permite cumplir con el sistema de evaluación planificado?

Una vez que se haya comprobado el impacto del desarrollo sobre métodos y contenidos, es necesario comprobar qué ha ocurrido con el sistema de evaluación planificado porque de la plenitud de su despliegue va a depender tanto el conocimiento sobre los resultados del aprendizaje, como el conjunto de la eficacia del programa que mostraría su inutilidad si, finalmente, no se logran los objetivos formativos. Pero no se trata en este punto del juicio sobre los resultados, sino sobre la herramienta que los hace posible: el sistema de evaluación. La resolución de este problema se tratará en extenso en el capítulo cuarto.

2.1.3 Sub-Problemas del Problema Principal 3 sobre los resultados del programa formativo

¿En qué medida el programa de formación implantado ha hecho posible la consecución de los objetivos formativos previstos?

El problema tres trata de dilucidar si el programa formativo desarrollado ha resultado eficaz para la consecución de los resultados de aprendizaje esperados. Para ello utilizará los registros propios del programa (generados por su sistema de evaluación). Adicionalmente la investigación se pregunta el grado de cumplimiento de los objetivos formativos, y por la eficacia del programa en los aprendizajes promovidos en relación con resultados de cursos en los que no se aplicaban las innovaciones propuestas. Igualmente cabe preguntarse por las dificultades didácticas que hayamos identificado y por la satisfacción de las partes interesadas con el desempeño del programa

El problema e se subdivide en tres sub-problemas:

2.1.3.1 **Sub-problema 3.1 Respecto de la programación tradicional**

¿Qué diferencias se observan entre los resultados obtenidos con la implantación del programa de formación diseñado y los de la programación tradicional?

Parece una cuestión natural la de preguntarse si el programa formativo desarrollado produce efectos positivos en los aprendizajes en relación a los efectos de la docencia, más o menos espontánea, practicada con anterioridad. De esto se ocupa el sub-problema 3.1. Para ello, se cuenta con los antecedentes de los resultados anteriores. Al objeto de hacer posible la comparación entre resultados homologables la investigación se centrará en el material Hormigón, que es el que más extensión temporal ocupa en la secuencia, el que tiene mayor complejidad cognitiva y del que se cuenta con más información.

El análisis de este sub-problema se lleva a cabo en el capítulo quinto de esta tesis.

2.1.3.2 **Sub-problema 3.2 Respecto de los objetivos académicos**

¿En qué medida el desarrollo del programa de formación diseñado ha hecho posible que se alcancen los objetivos académicos y las competencias profesionales?

La respuesta a esta cuestión-problema se podrá dar una vez analizados los resultados del aprendizaje y adquisición de competencias obtenidos en la aplicación del sistema de evaluación incorporado al programa formativo propuesto.

Se espera que en este análisis se obtenga una visión general del programa formativo propuesto y su eficacia en relación con las competencias identificadas en los requerimientos legales.

La investigación se llevará a cabo en base a los resultados de las evaluaciones previstas en el sistema de evaluación del programa formativo, tanto las relativas a las distintas actividades, como las relativas a la percepción de un grupo de profesionales de la Ingeniería de Edificación seleccionados a tal efecto.

2.1.3.3 **Sub-problema 3.3 Respecto de los resultados del sistema de evaluación.**

¿Qué características intelectuales o académicas del alumno explican algunos aspectos de los resultados del sistema de evaluación?

De la solución de este problema se espera la identificación de las razones de las dificultades surgidas del análisis de los resultados del sistema de evaluación y aspectos como el sistema de calificaciones en relación con las múltiples capacidades activadas en los alumnos mediante las distintas modalidades empleadas. Naturalmente, se trata de una investigación colateral, dado que el núcleo de la tesis es el programa formativo como plan de acción para la gestión integral de una asignatura. Esta investigación se basará en el estudio de las respuestas de los alumnos en las evaluaciones y en las encuestas sobre su propia percepción de tales dificultades, como se verá en el capítulo 5. Estas respuestas se concretan en tres aspectos fundamentales: el estilo de aprendizaje y la posición intelectual de partida del alumno, de una parte y la motivación ante las innovaciones propuestas, de otra. El fundamento de esta pretensión son los estudios de Felder (1988, 2002); los de Perry (1981) estudiados en los apartados 1.2.1 y 1.3.1 del capítulo 1, así como los trabajos de Feather (1982) sobre la motivación.

2.2 Hipótesis de la investigación

Las hipótesis son resultados de la investigación que se pueden anticipar con fundamento lógico *apriori* para su comprobación con la investigación. Las hipótesis principales de nuestra tesis son las siguientes:

Para el problema General

Es posible diseñar un programa formativo para la asignatura *Materiales de Construcción* que permita adquirir las competencias específicas del Ingeniero de Edificación.

Para el problemas principal 1

Es posible transformar las competencias establecidas en la legislación en objetivos formativos que orienten la selección de contenidos y métodos, además de establecer la secuencia y el sistema de evaluación necesario.

La investigación didáctica consolidada permite llevar a cabo las innovaciones necesarias en los contenidos, los métodos las actividades y el sistema de evaluación para satisfacer los objetivos formativos.

Para el programa principal 2

Es posible implantar un programa formativo que responda a los principios de alineamiento entre los objetivos formativos, los métodos, los contenidos, las actividades y el sistema de evaluación.

Para el programa principal 3

Los resultados de los aprendizajes obtenidos con el programa formativo innovador que se propone serán probablemente mejores que los obtenidos en la aplicación del programa convencional previo.

Los resultados de los aprendizajes obtenidos con el programa formativo innovador que se propone pueden alcanzar los objetivos formativos establecidos en el diseño del mismo.

Estas hipótesis resultado de la experiencia reflexiva del doctorando, las lecturas de los informes de investigación relacionados con la cuestión y la propia adquisición de competencias investigadoras en el

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

programa de doctorado orientan la resolución de los problemas de la investigación. De la investigación se espera respuesta a los problemas planteados por el propósito de la tesis (diseño, desarrollo y evaluación del programa formativo). Fundamentalmente la tesis planteada es la viabilidad del proceso de diseño, desarrollo y evaluación de un programa formativo destinado a institucionalizar los cambios didácticos asociados al proceso de Bolonia aplicado a una asignatura tecnológica. Adicionalmente se estudian las relaciones con información pertinente y orientadora de los resultados de la evaluación de las distintas actividades. De estas relaciones se esperan encontrar criterios para la selección de las actividades mejor correlacionadas con las competencias adquiridas.

La pirámide que forman los sub-problemas, los problemas principales y el problema general se corresponde con una pirámide de **hipótesis** asociadas a los sup-problemas, cuyo vértice es la **tesis** de esta investigación. Es decir la idea de que es posible un programa formativo que dé respuesta a la necesidad de educar expertos en *Materiales de Construcción* para la titulación de Ingeniería de Edificación.

2.3 Metodología de la investigación

Identificados los problemas y formulados con suficiente precisión; enunciadas las hipótesis al respecto de los mismos como anticipación de los resultados en términos generales, es el momento de exponer cómo se va a llevar a cabo el trabajo de investigación para captar la información en sus distintas tipologías y con qué modelos interpretativos se va a llevar a cabo su análisis para llegar a las conclusiones de la tesis.

2.3.1 Presupuestos metodológicos generales

“La investigación es la búsqueda de conocimiento mediante el empleo de procedimientos válidos para la recogida, análisis e interpretación de datos” McMillan y Schumacher (2005). “Investigar es, simplemente, recoger información para responder **un interrogante** y, de este modo, contribuir a resolver un problema” (Booth et al., 2001) citado por Bisquerra (2009).

De esta sencilla y clara exposición de en qué consiste una investigación se sigue un proceso convencionalmente aceptado formado por:

- Planteamiento de problemas
- Formulación de hipótesis
- Recogida y análisis de datos
- Interpretación de los resultados y
- Extracción de conclusiones

En todas sus fases la investigación debe ser **objetiva** en el sentido de mantener bajo control el sesgo en la obtención de datos. La objetividad no excluye que los datos procedan de la observación de un sujeto, porque la subjetividad (actividad de un sujeto) no debe ser confundida con la arbitrariedad. La investigación también debe ser **precisa** procurando evitar los términos polisémicos, lo que facilita la reproducibilidad de la acción investigadora.

De forma más detallada la investigación es un proceso que puede ser presentado esquemáticamente de este modo:

1. Selección del problema general
2. Revisión bibliográfica

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3. Selección de los problemas principales
4. Formulación de las hipótesis
5. Diseño y metodología
6. Recogida de datos
7. Análisis y presentación de datos
8. Interpretación de los resultados
9. Enunciado de conclusiones

La investigación en el ámbito de la educación puede responder a este esquema general pero cuenta con características específicas. En esta región del conocimiento, cobra especial importancia la recogida de datos que pueden tener carácter cualitativo. Es decir, datos captados de la observación o recabando opiniones a los actores de la realidad educativa investigada. En la investigación **cualitativa** el investigador no queda al margen de la misma. Está involucrado el investigador porque está presente en el proceso investigado con su concepción del mundo y sus prejuicios actuantes. Es importante destacar que en la investigación cualitativa las generalizaciones que se puedan hacer tras el análisis de los datos están casi siempre asociadas al contexto en el que se realiza. Son ejemplos de variables cualitativas las relacionadas con estados de satisfacción sobre los distintos aspectos del proceso educativo o de motivación de los alumnos para el esfuerzo de aprendizaje.

La investigación **cuantitativa** también juega su papel en los problemas de la educación. Su carácter positivista no excluye su utilidad en la investigación educativa, donde también se puede definir variables susceptibles de ser tratadas mediante algoritmos estadísticos. Algunas de las variables cuantitativas de la investigación son la puntuación de los resultados de cuestiones en las que se exige solamente el empleo de la memoria o aquellas que reclaman de la capacidad de comprensión significativa para evitar los fracasos de la educación académica (Gadner, 2000)

La educación es objeto de investigación **aplicada** en la que la investigación básica de carácter pedagógico, psicológico o estadístico se utilizan para adquirir conocimiento sobre sus situaciones específica. La educación es una práctica cuya mejora requiere de investigación.

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En el presenta caso de investigación educativa hay también que tener en cuenta el propósito de valoración, lo que implica la consideración respecto de un objetivo. En este caso, al tratarse de un programa formativo, se dan unos propósitos que tiene que ser valorados al final del proceso. Es por tanto una investigación **evaluativa** pues se establece un propósito constituido por el programa diseñado como resolución del problema 1 cuya virtualidad y mérito debe ser comprobada en su desarrollo y análisis posterior de resultados.

Esta investigación evaluativa tiene el carácter de la investigación- acción, modalidad que implica a los profesores en investigaciones próxima a las situaciones de aula. Esta tipología surge en los años sesenta en el Reino Unido en el ámbito de la escuela secundaria (Elliott, 1999) que fue introducida en el capítulo 1. Esta corriente da carta de naturaleza a la reflexión del profesor acerca de su actividad docente (Jackson, 1997; Schön, 1983). Esta es una tesis vivida en contacto cotidiano con el complejo educativo, lo que implica asumir una postura crítica y pragmática respecto a las numerosas propuestas que la investigación ofrece desde los años cincuenta.

Esta investigación es **evaluativa** en los dos aspectos reconocidos ampliamente de evaluación formativa y evaluación sumativa. Conceptos que se utilizan, tanto para un programa completo como estableció Scriven (citado por Stufflebeam y Shinkfield, 2005), como para la evaluación de los aprendizajes de los alumnos. En este caso ponemos el énfasis en la resolución del coordinador de la asignatura y doctorando en llevar a cabo un continuo sometimiento del programa a evaluación durante su desarrollo para su mejora en ciclos posteriores. Naturalmente y como parte de la fase evaluativa del programa diseñado en esta tesis y, tras su implantación, ha sido sometido a una evaluación sumativa a, cuyos detalles se dedica el capítulo 5. El carácter formativo de la evaluación continua se pone de manifiesto en el diario de campo de doctorando y las decisiones tomadas durante el desarrollo del programa.

McMillan y Schumacher (2005) encuentran cuatro limitaciones a la investigación educativa:

- Los "objetos" de investigación son muy a menudo seres humanos. Esto implica la necesidad de hacer consideraciones de carácter ético que impiden, con razón, la manipulación de las personas, al contrario de lo que las ciencias físicas pueden hacer con su objetos específicos.

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- El carácter público de las instituciones educativas que las somete al albur de las estrategias políticas.
- La complejidad de los problemas investigados como consecuencia de la misma complejidad de la naturaleza de las personas y procesos involucrados. Lo que implica muchas variables de naturaleza ambigua.
- Las dificultades metodológicas que conllevan dificultades de generalización de conclusiones.

Desde otro punto de vista, la investigación que abordamos es **semi-experimental** dado que los sujetos que pueden ser objeto de muestreo no han sido asignados aleatoriamente, como ocurre en la investigación experimental pura que se aplica en las ciencias físicas. Nos lo encontramos encuadrado en conjuntos de alumnos unidos por razones de difícil identificación. Entre las investigaciones no experimentales, nuestro trabajo tiene carácter **comparativo** cuando en el problema 3 aborda el efecto del programa formativo en relación con otros períodos docentes. También es **correlacional** cuando trata de establecer relaciones entre variables complejas como el uso de la memoria y la capacidad de aplicación de la teoría a ejercicios o problemas. Además, nuestra investigación tiene el carácter de **ex post facto** cuando trata de identificar los estilos de aprendizaje, por ejemplo, y es **ex ante facto** cuando estudia resultados que tienen origen en el diseño del sistema de evaluación. Por ejemplo cuando se separan clara y expresamente las preguntas relativas a la memoria de las relativas a la comprensión. También esta investigación puede ser calificada como **estudio de caso**, dado que al margen de indagaciones más precisas de detalle, hay una observación global meta-actuante durante el curso en el que se desarrolló por primera vez el programa tanto del programa mismo como del conjunto formado por los alumnos del 2º curso de Ingeniería de Edificación, cuyos resultados se comprueban en el diario del doctorando y en las encuestas de satisfacción de los alumnos. Finalmente, esta investigación comparte rasgos con la investigación no interactiva denominada **analítica** que lleva a cabo la captación de datos de fuentes documentales. Es el caso de la extracción de las bases competenciales del título de Grado en Ingeniería de Edificación. Competencias que proceden del análisis de los documentos que sirven de antecedentes oficiales u oficiosos a la identificación de las competencias asociadas al ejercicio de una profesión regulada por la Administración Estatal por las responsabilidades asumidas por los egresados. Así Loraine Blaxter et al. (2008) dicen:

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Todos, o prácticamente todos, los proyectos de investigación conllevan en mayor o menor medida el uso y análisis de documentos. Se espera que los investigadores lean, comprendan y analicen críticamente lo que otros han escrito, sean investigadores, profesionales o elaboradores de normativas.

Es evidente que un trabajo de investigación supone la lectura de numerosos textos ajenos de los que extraer información con la que el doctorando construye sus propios significados sobre el objeto, metodología, acción y análisis que constituye su tarea. Esta lectura está orientada por los problemas que se pretende resolver y las hipótesis que se hayan enunciado. En este sentido los autores citados supra mencionan el método SQ3R (Survey, Question, Read, Remember, Revision) que implica:

- Inspección y preguntas (al texto)
- Leer para responder a las preguntas
- Repetir y escribir respuestas y resúmenes
- Repasar

En resumen consideramos que nuestra investigación tiene los siguientes rasgos expresivos de su complejidad metodológica por el objeto de su estudio: el diseño, desarrollo y evaluación de un programa formativo.

- **Cualitativa** con sus rasgos:
 - Interactiva por el estudio del caso
 - No interactiva por el análisis de documentos
 - Crítica por su análisis pospuesto para la mejora
- **Cuantitativa** por sus rasgos:
 - Semi-experimental por el carácter no aleatorio
 - Comparativa
 - Correlacional
 - Ex post facto
 - Ex ante facto
- **Evaluativa** por incluir especificaciones de diseño y evaluación
- **Aplicada** por fundarse en teorías pedagógicas y didácticas.

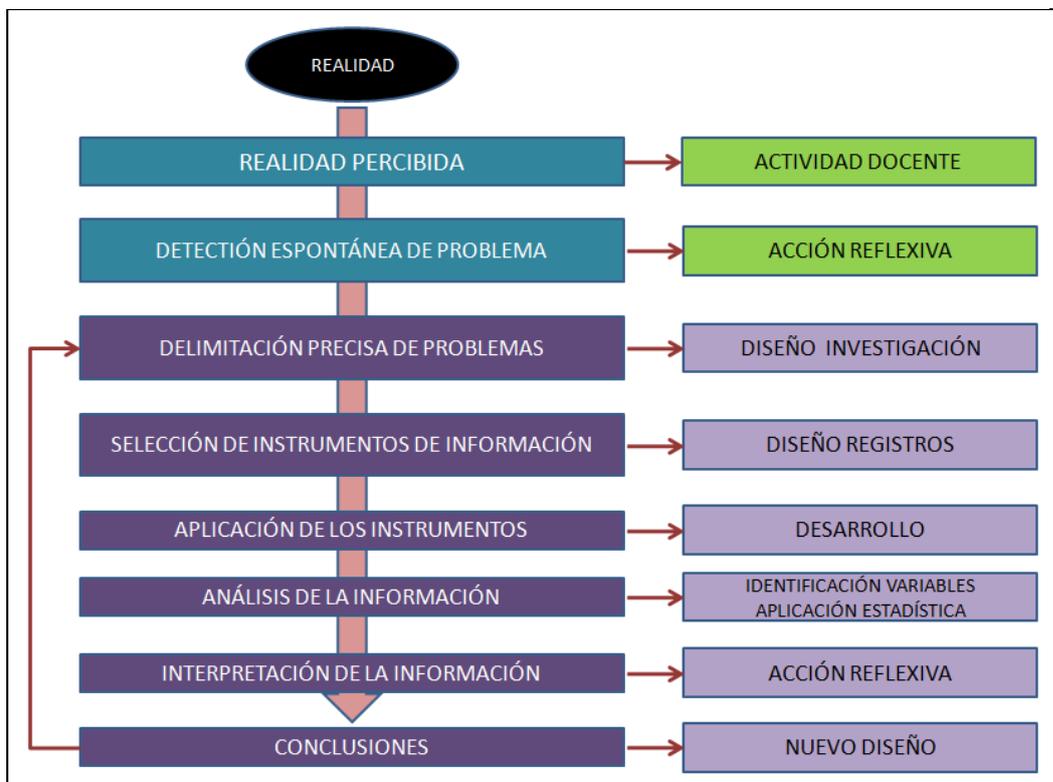
Identificamos el objetivo de nuestra investigación como la resolución de los problemas surgidos de dos fuentes principales: 1) la experiencia docente del doctorando y 2) la necesidad de renovar la programación tradicional para dar respuesta a los planteamientos de la

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

nueva reglamentación de la educación superior. Identificamos el objetivo de nuestra tesis con la elaboración y evaluación durante un ciclo completo de un programa formativo flexible que permita, por aproximaciones sucesivas, alcanzar el objetivo de la adquisición por parte de los alumnos de un conocimiento funcional de los *Materiales de Construcción*. Conocimiento que, en último análisis, se compone de los tipos de conocimiento declarativo, procedimental y condicional al objeto de dotar de sutileza al programa en la elección de objetivos, contenidos y métodos, en el diseño de actividades y en las formas de evaluación de los resultados del aprendizaje. Aspectos que han de estar bien alineados en la intención del diseñador del programa para que se produzca la deseable interacción. En el conocimiento declarativo es necesario añadir que deben ser identificados sus estratos, ya sea en la parte de la Taxonomía de Bloom (Bloom, 1984) dedicada al conocimiento y comprensión o de la Taxonomía SOLO (Structured Observed Learning Outcomes) de John Biggs (2008), que está mejor adaptada a una intención de que tanto el alumno como el profesor adviertan las diferencias de matiz en los sucesivos niveles de comprensión. Añadimos que la taxonomía SOLO incluye a los niveles de comprensión, análisis, síntesis y creación de la taxonomía de Bloom y converge con la propuesta de conseguir un enfoque profundo por parte de los alumnos (Marton y Säljö, 1984). Por ello, se propone una síntesis metodológica en tres niveles: memorístico, cognitivo y pragmático que, en opinión del doctorando, proporciona flexibilidad y abarca lo que de relevante se da en cada propuesta de los investigadores. Finalmente, y como condicionante decisivo, la reforma de la enseñanza emprendida por España desde 2007 en su propósito de implantar los principios del llamado proceso de Bolonia. Principios que son enteramente convergentes con los propósitos detallados en este párrafo.

El objeto global de la investigación es un programa formativo que orientado de forma no dogmática por las propuestas señaladas, al tiempo esté estructurado con la claridad del alineamiento constructivo

Figura 18.- Esquema propio del proceso de investigación



(Biggs, 2008; Brown, 2005) y que sea sometido a evaluación durante el proceso de diseño y desarrollo, así como en sus resultados.

Para la evaluación se han seguido de forma crítica las propuestas de Pérez Juste (2000) y (2006), como quedó expresado en el capítulo 1.

La Figura 18 muestra el proceso de investigación desde la fase espontánea de detección de problemas, sin más cohesión que las creencias previas del profesor, hasta las conclusiones de la investigación. En este esquema la expresión "la realidad" no se refiere a un más allá cognitivo, un "en sí" filosófico frente a la realidad percibida, sino a que si otros puntos de vista percibirían y por tanto describirían los mismos hechos de forma distinta, nuestra propia percepción es vista críticamente.

Se ha partido de una necesidad identificada en la actividad reflexiva del profesor. La necesidad de un cambio en la estructura formal de la docencia propia propiciado simultáneamente (con matices) por el deterioro de los resultados del aprendizaje y la obligatoriedad de adap-

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

tación al marco del EEES. De estas necesidades surgen interrogantes y la metodología que ha adoptado es la que se cree adecuada para responder a tales interrogantes. Dice Bunge (1986):

"...El proceso creador de la ciencia arranca del reconocimiento de problemas y culmina con la construcción de teorías (...) Los problemas son el muelle que impulsa la actividad científica, y el nivel de investigación se mide por la dimensión de los problemas que maneja."

Investigar, por tanto, significa dar respuestas a problemas del conocimiento cuya complejidad epistemológica es reconocida. Pero la naturaleza de los interrogantes está condicionada por el marco intelectual previo del investigador y por la naturaleza construida del objeto. Y el objeto *programa formativo* es un complejo que trata de ordenar la complejidad subyacente de un proceso claramente hermenéutico de interpretación mutua entre profesores y alumnos como respuesta clave a los problemas de la investigación, lo que dificulta la identificación de las variables actuantes y su medición sin caer en simplificaciones que las inhabiliten como portadoras de información significativa. Diseñar un programa formativo es fácil. De hecho se hace todos los años en nuestras universidades aunque se limiten a ser meras relaciones de contenidos específicos. Diseñar un programa formativo y comprobar su viabilidad y eficacia es muy complicado. Para investigar esta complejidad utilizamos una metodología rica y pegada al objeto que varía en las distintas fases del proceso.

No hay que perder de vista que la investigación de la naturaleza es inquisidora, se interesa por el cómo de un objeto *encontrado*. Sin embargo, la investigación de la tecnología es, *a priori*, la búsqueda de un objeto que dé respuesta a una necesidad funcional, lo que requiere la formulación de unas especificaciones que permitan la producción artificial y *a posteriori* de la comprobación procesal o terminal de que tal objeto cumple las especificaciones en términos funcionales o de otro tipo (por ejemplo, estéticos). La investigación que emprendemos en este caso es, en un sentido metafórico, *tecnológica*. Pero, sin olvidar que el logro de captar significados no garantiza la calidad humana de los contenidos. Captamos una necesidad, la traducimos en interrogantes operativos y nos aprestamos a la doble labor de especificar y elaborar el programa formativo, de una parte, y a aplicarlo en el contexto adecuado y comprobar su eficacia, de otra. Naturalmente no se nos escapa que en este caso la dificultad radica en lograr la eficacia cuando las referencias son tan borrosas y el propio objeto de observa-

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

ción tan lábil. Lo que no debe suponer un obstáculo, sino un reto. Desde ese punto de vista sería bueno que con el método de las *mejores prácticas* contáramos con referentes humanos y profesionales. No se nos escapa que la eficacia de la investigación tecnológica es, en cierto grado, histórica, pues nos seducen los resultados actuales porque no conocemos los potenciales. Es fácil, en ese sentido hacer una comprobación retrospectiva para comprobar que, para una misma necesidad, los artefactos concebidos y producidos con anterioridad sólo conservan su valor y aroma nostálgico en su forma. Por el contrario en el ámbito educativo el objeto *programa* es evaluado por la eficacia en transformar una realidad autónoma y compleja a la que sólo puede estimular a un cierto desempeño, pero no obligar por desconocer todos sus parámetros y, más allá, cómo límite infranqueable, por razones éticas. Sin olvidar el hecho de que el propio investigador es sujeto y objeto alterable y alterador en el proceso.

Aceptamos, pues, la necesidad de una pluralidad metodológica para hacer frente a la complejidad presente. Como dice Sánchez Blaco (1997):

"... en cuanto a la metodología de la investigación nos situamos entre aquellos que pensamos que estamos en una auténtica revolución paradigmática. La situación actual normal es la de aceptación de una pluralidad de métodos, cada uno con sus ventajas e inconvenientes, siendo conscientes (de) que el problema de investigación es el que determina cuál es el método más apropiado para darle respuesta, y no al contrario"

Pero la enmarcamos en el propósito general de *mejora continua* del programa, por lo que el proceso investigador que aquí cristaliza en una memoria escrita es un proceso abierto sometido al tormento de Sísifo descrito por Virgilio en su *Eneida*. Es decir, a considerar la cumbre que se alcance como un almacén de energía para un nuevo cambio en el marco intelectual, normativo y didáctico explicitados. En esta fase la pluralidad metodológica es controlada por la evaluación para la toma de decisiones de mejora (Stufflebeam, 2005) del proceso completo y por el objetivo de estimular un enfoque profundo por parte de los estudiantes a partir de los resultados del aprendizaje y la idoneidad presumida para el programa formativo. Este punto de partida implica el utilizar un enfoque cuantitativo como cualitativo para la investigación. Podemos resumir que nuestro enfoque investigador se corresponde con la denominada *Investigación Evaluativa* (Correa, 1996). Se trata, pues, de investigar la viabilidad de un programa elaborado por el propio evaluador, lo que establece definitivamente el marco de nuestra

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

investigación que está contorneado por la Investigación Evaluativa (método evaluativo), la investigación documental (método analítico) y la Investigación-Acción (método activo), al tiempo que se sirve de la investigación cognitiva y pragmática para dar fundamento a las decisiones didácticas.

En coherencia con la pluralidad metodológica aceptada diremos que, durante la fase de diseño del programa, se utiliza el método analítico para la identificación de fuentes y para establecer la cadena que va desde las competencias profesionales establecida por la normativa *ad hoc* de la titulación de Ingeniero de Edificación hasta su expresión en forma de objetivos formativos. Tarea investigadora justificada por la necesidad de interpretar los textos normativos extrayendo sus componentes para su traducción académica. El método activo se emplea para establecer el conocimiento disciplinar. Ambos enfoques están presentes para establecer los métodos docentes, que se fijan en coherencia con los objetivos y las actividades, que se diseñan de acuerdo con los métodos elegidos. La secuencia es deudora del contenido disciplinar y el sistema de evaluación de los objetivos formativos. Al tiempo están continuamente presentes los criterios evaluadores para mantener la coherencia del conjunto. Durante la fase de desarrollo de nuevo están activos los dos métodos. El evaluador controlando la toma de datos y el activo guiando la toma de decisiones. La fase de valoración de resultados es fundamentalmente el campo del método evaluativo, de cuya aplicación se derivarán decisiones de mejora que no son objeto explícito de esta investigación.

2.3.2 Muestra: alumnos y profesores participantes

2.3.2.1 Alumnos

A efectos de la evaluación de la eficacia del programa en lo relativo a los aprendizajes y otras consideraciones, la población es el conjunto de alumnos matriculados en la asignatura *Materiales de Construcción* en el curso 2º de Ingeniería de Edificación en la Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación de la Universidad Politécnica de Cartagena. Está constituida por 40 alumnos. La muestra está constituida por los 26 alumnos que cumplieron todos los registros de evaluación, tanto en el ciclo corto, como en el largo. El resto se clasifican en alumnos que asistieron al aula en los primeros días y aparecen en algunos test de la semana de presentación; alumnos que estaban

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

matriculados pero que, por no tener aprobada la asignatura de cierre en el esquema de incompatibilidad, no se podían presentar y ser evaluados ni en el ciclo corto, ni en el ciclo largo. Otros casos son una alumna procedente de otra universidad que tenía convalidado un cuatrimestre y, finalmente abandonos a lo largo del curso. En total 14 alumnos:

Tabla 6.- Alumnos autoexcluidos de la muestra

Circunstancia	Nº
No aparece desde el principio	7
Aparece y abandona pronto	2
Cursa y no se presenta	3
Incompatibles	2
	14

2.3.2.2 Profesores

Como se indicó en la descripción de la asignatura está es impartida con un criterio horizontal, según el cual, todos los profesores dan clase en todos los grupos. De este modo se elimina las diferencias introducidas por el docente en una misma unidad didáctica.

Tabla 7.- Distribución de tareas de *Materiales de Construcción*

PROFESOR	Semanas		%	TOTAL	OBSERVACIONES	
	Ciclo Corto	Ciclo Largo				
Profesor (AG)	10	20	44,4%	100,0%	Hormigón + PRES-BAL	
Profesor (MP)	9		20,0%		Pétreos-Polímeros	
Profesor (ML)	7		15,6%		Conglomerantes	
Profesor (EM)	2		4,4%		Metales	
Profesor (CP)	2		4,4%		Armaduras	
Profesor (JS)		10	11,1%		Ensayos de laboratorio	
Profesor (ML)		10				
Profesor (CZ)		10				
PRES-BAL son las semanas de presentación y balance (1ª y 30ª)						
El ciclo corto son 2 horas por semana y el ciclo largo 1 hora por semana						
El total de horas del presenciales es de 90						

En el curso 2010-2011 en el que se implantó el programa por primera vez intervinieron ocho profesores para hacer frente a los 26 ECTS de la asignatura y todos los desdoblamientos obligados por las propias normas de la Universidad Politécnica de Cartagena respecto del

tamaño de los grupos en actividades distintas de las clases expositivas. Profesores que en algunos casos reparten su docencia entre varias materias de carácter más general al tiempo que actúan como especialistas en la asignatura *Materiales de Construcción*, El resultado de la distribución de la docencia es el siguiente:

El profesor AG es el doctorando que coordina la asignatura como titular. El programa se ha aplicado a la totalidad de la asignatura bajo la mencionada coordinación.

2.3.3 Instrumentos de recogida de información

Una fase esencial de la investigación es la recogida de información. En nuestro caso, hay tres fases bien definidas de la investigación: el diseño, el desarrollo y la evaluación. Cada una de ellas ha de tener sus propios métodos. En el caso del diseño los datos proceden fundamentalmente de la documentación oficial u oficiosa que sea pertinente. En el caso del desarrollo, los datos proceden de la propia actividad docente y discente y, en el caso de la evaluación, de los resultados del sistema de evaluación del propio programa formativo.

Las técnicas que hemos empleado en la investigación son las siguientes:

- **Observaciones estructuradas** como las de presencia y actividad de los alumnos en los seminarios.
- **Encuestas/Cuestionarios** con los que obtener opiniones y actitudes. Ejemplos son los cuestionarios de satisfacción con distintos aspectos del programa formativo implantado o su actitud ante la asignatura *Materiales de Construcción* o la propia titulación de Ingeniero de Edificación.
- **Test de lápiz y papel** en los que se le pide al alumno o profesor que señale su preferencia ante respuestas prefijadas como VERDADERO o FALSO.
- **Evaluación convencional** en la que el alumno es sometido a exámenes escritos con preguntas cortas o extensas y ejercicios académicos de aplicación de fórmulas o conceptos sobre los contenidos programados.
- **Evaluación alternativa** en los que se pide al alumno que demuestre destrezas o capacidades observables mediante crónicas escritas de visitas a lugares de trabajo, pruebas orales, con ordenadores o en laboratorio.
- **Observaciones de campo** como descripciones detalladas de las circunstancias y comportamientos en los distintos escenarios en los que se produce la docencia.

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- **Examen de documentos** como fuente de información oficial u oficiosa de interés para la tesis. En este caso nos referimos tanto a la bibliografía como a los textos legales específicos para esta tesis

Todas estas técnicas están presentes, con mayor o menor intensidad en el trabajo de recogida de información de esta tesis. Entre las acciones de examen de documentos destaca el análisis de los textos oficiales u oficiosos relacionados con los requisitos sociales del título de Ingeniero de Edificación y la asignatura *Materiales de Construcción*.

2.3.3.1 Documentos oficiales y oficiosos

El diseño de un programa formativo para una asignatura en un Plan de Estudios de una profesión regulada requiere fundarse en los textos legales correspondientes y otros complementarios. La razón estriba en que en ellos residen las indicaciones o preceptos relativos a las competencias que deben adquirir los estudiantes para el ejercicio de la profesión correspondiente. Dado que el título de Ingeniero de Edificación va asociado a un paquete concreto de competencias, es imprescindible la tarea de estudio e interpretación de las correspondientes a la asignatura *Materiales de Construcción* en el contexto de las del título de Ingeniero de Edificación. En este caso la serie fundamental de documentos es la siguiente:

- Libro Blanco de la Ingeniería de Edificación. ANECA,2004
- REAL DECRETO 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales
- ORDEN ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico

Para su estudio utilizamos las técnicas de la **investigación analítica** en su variante de temas políticos que trata de la influencia de las acciones de los gobiernos en forma de leyes, decretos u órdenes ministeriales sobre la educación. En este sentido, los documentos reseñados constituyen una verdadera revolución de las enseñanzas universitarias, en general, y de la profesión regulada relacionada con la ejecución de obras de edificación que el graduado en Ingeniería de Edificación debe ejercer, en particular. Obviamente, en este contexto, no se pretende llevar a cabo un análisis del conjunto de la reforma, sino de aquellos aspectos que condicionan el diseño del programa formativo

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

que nos proponemos realizar y cuya descripción hacemos en el capítulo 3. Utilizamos, por tanto, fuentes directas como los documentos legales o indirectas como los documentos resultados del consenso como el Libro Blanco de la Ingeniería de Edificación.

La validez de los resultados se basará en los propios documentos cuya autoridad no se discute, por razón de su propia naturaleza. Pero sí es necesario llevar a cabo análisis conceptuales como el del concepto de "competencia" que ya ha sido realizado en un apartado específico por su relevancia. Además es necesario interpretar las pretensiones de competencia de los textos legales para poder llevar a

Tabla 8.- Registros del Sistema de Evaluación y la investigación

REF.	REGISTRO	TIPO	PROBLEMA
R_01	Registro de satisfacción de transparencia metodológica	REGISTROS DE LA INVESTIGACIÓN	2
R_02	Registro de aplicación de métodos de ciclo corto		
R_03	Registro de aplicación de métodos de ciclo largo		
R_04	Registro de grado de cumplimiento de los contenidos (CC)		
R_05	Registro de grado de cumplimiento de los contenidos (CL)		
R_06	Registro de grado de cumplimiento de la secuencia (CC)		
R_07	Registro de grado de cumplimiento de la secuencia (CL)		
R_08	Registro de grado de satisfacción de alumnos		
R_09	Registro de grado de satisfacción de profesores		
R_10	Registro de conocimientos previos (estadística - fundamentos)	REGISTROS DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL PROGRAMA	3
R_11	Registro de resultados de la evaluación formativa EDUCLICK		
R_12	Registro de resultados de la evaluación formativa EN CLASE		
R_13	Registro de resultados de la evaluación formativa EXAMEN		
R_14	Registro de evaluación sumativa del CICLO CORTO		
R_15	Registro de resultados de la evaluación sumativa LABORATORIO		
R_16	Registros de evaluación sumativa CICLO LARGO		
R_17	Registro de evaluación de profesionales		
R_18	Test de Felder	REGISTROS DE LA INVESTIGACIÓN	
R_19	Test de Perry		
R_20	Registro de actitud sobre la titulación		
R_21	Registro de actitud sobre la asignatura		
R_22	Registro de asistencia y valoración de las visitas facultativas		
R_23	Registro de atención en clase expositiva		
R_24	Registro de asistencia a Evaluación Formativa		
R_25	Registro de asistencia a Seminarios		
R_26	Registro participación en el seguimiento de tareas (seminario)		
R_27	Registro de impresiones del doctorando (cuaderno de campo)		

cabo su transformación en objetivos formativos, pues pertenecen a planos distintos. Las competencias especificadas por el texto legal autorizan a un ejercicio profesional pleno de responsabilidad social en la profesión en cuestión. El objetivo formativo es la referencia para la acción educativa y evaluadora.

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La validez de los resultados se basará en los propios documentos cuya autoridad no se discute, por razón de su propia naturaleza. Pero sí es necesario llevar a cabo análisis conceptuales como el del concepto de "competencia" que ya ha sido realizado en un apartado específico por su relevancia más arriba. Además es necesario interpretar las pretensiones de competencia de los textos legales para poder llevar a cabo su transformación en objetivos formativos, pues pertenecen a planos distintos. Las competencias especificadas por el texto legal autorizan a un ejercicio profesional pleno de responsabilidad social en la profesión en cuestión. El objetivo formativo es la referencia para la acción educativa y evaluadora. Deben converger, pero lo hacen desde contextos y posibilidades distintas. Y siempre habrá un vacío entre ambas que depende de la insondable resolución de individuo para afrontar tales responsabilidades. Actitud de muy difícil evaluación en las condiciones actuales de la universidad.

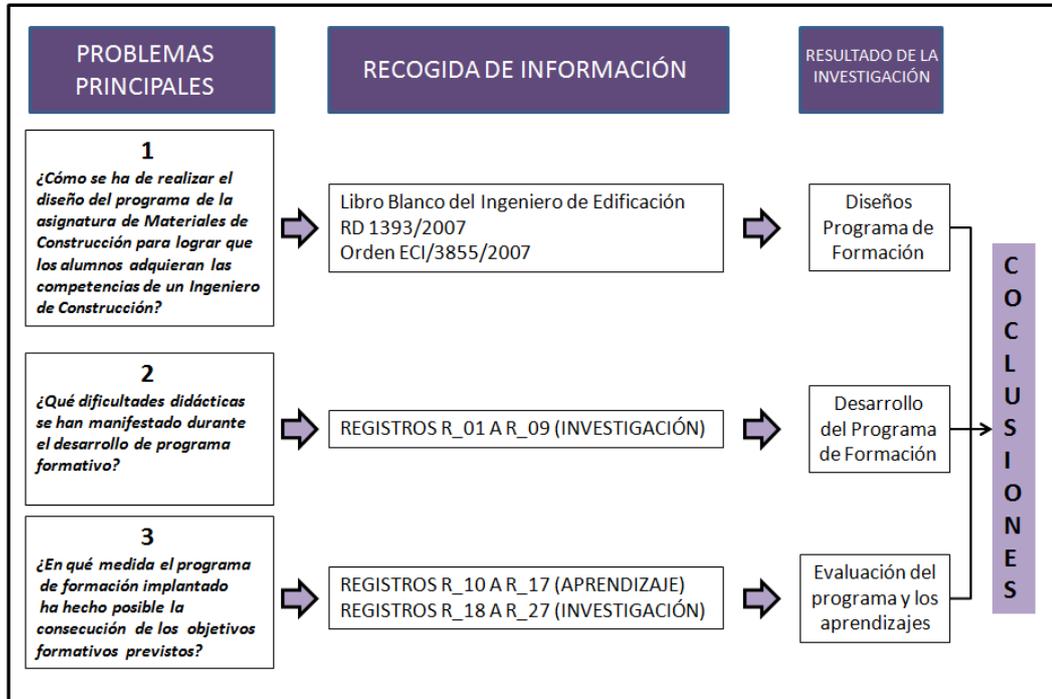
2.3.3.2 Registros de la investigación y del sistema de evaluación

En esta tesis llamamos genéricamente **registros** a todos los procedimientos que permiten captar información. Están constituidos por encuestas, observaciones estructuradas, informes y las evaluaciones continua y final. En la tabla 8 se anticipan los términos "ciclo largo" y "ciclo corto", que serán explicitados en el capítulo 3, para referirse a dos momentos de la secuencia formativa.

En la tabla 8 resume todos los registros que se han activado durante el desarrollo de esta tesis. Están divididos en dos grupos: los que tratan de contribuir a la resolución del problema 2 y los que tratan de contribuir a la resolución del problema 3. El primer grupo responden todos ellos a propósitos de la investigación. Sin embargo, los del problema 3 están constituidos por dos subgrupos: los que responden al mismo propósito investigador y los que se realizarían en cualquier circunstancia de docencia ordinaria para la evaluación de los aprendizajes de los alumnos.

En la Figura 19 se ofrece la relación entre los problemas y las fuentes de información para su resolución

Figura 19.- Relación de problemas y registros de la investigación



2.3.3.2.1 Encuestas/Cuestionarios

La encuesta es un procedimiento de investigación descriptiva para la captación de información. El propósito, en el marco de esta tesis, es la obtención de información de las opiniones y actitudes de los alumnos, tanto para captar el grado de satisfacción con el desarrollo del programa formativo aplicado, como para conocer sus actitudes respecto de cuestiones cruciales como el interés inicial y final por la asignatura o la titulación que se cursa. No es extraño que los alumnos inicien estudios porque no han encontrado alojamiento en aquellas por la que sentían especial vocación y en las que no han sido admitidos.

Al terminar la semana de presentación del curso se pasó una encuesta (R_01) para conocer la opinión de los alumnos sobre esta actividad, que llamamos de transparencia metodológica, en la que se expusieron los objetivos formativos, los métodos, los contenidos y el sistema de evaluación incluidas las calificaciones.

En la encuesta pasada a los alumnos al final del curso se han reunidos distintas cuestiones para no desmotivar y, por tanto, sesgar las respuestas. Se pretendía la valoración de:

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- La estructura de las unidades didácticas (Historia, Características, Especificaciones, Fabricación, Tipos, Usos, Control y Medioambiente) (R_02)
- Las actividades del ciclo largo (en general, elaboración de textos profesionales (R_03)
- Los talleres de seguimiento del ciclo largo (R_03)
- Los contenidos teóricos del Ciclo Corto (R_04)
- Los contenidos de los documentos del Ciclo Largo (R_05)
- El ritmo al que se ha presentado los contenidos de la materia (R_06 y R_07)
- La satisfacción con los recursos empleados (Aula Informática, etc.) (R_08)
- Se solicitaba, además, una opinión libre, que en general fue utilizada para reclamar más prácticas que teoría (R_08)

En la encuesta a los profesores (R_09), éstos opinaron sobre objetivos, métodos, contenidos y sistema de evaluación.

También se registraron mediante cuestionarios la actitud de los alumnos respecto a la titulación de Ingeniero de Edificación (R_20), la asignatura *Materiales de Construcción* (R_21)

Por otra parte, se consideraba importante captar el interés de los alumnos sobre experiencias nuevas como las visitas externas a factorías, almacenes y obras de construcción, lo que se hacía en el registro R_22.

El interés y atención de los alumnos en clase, en las sesiones de evaluación formativa y en los seminarios se captó en los registros R_23 a R_26

Las encuestas/cuestionarios se emplean de forma profusa en la investigación educativa por ser adecuado para recoger información sobre las condiciones de los sujetos, opiniones y actitudes. Entre sus ventajas hay que destacar la capacidad para obtener información de grupos grandes, su coste temporal relativamente pequeño y poder normalizar las instrucciones que reciben los encuestados. Pero tiene algunas desventajas, al ser poco flexible y no poder contemplar las peculiaridades de los individuos que componen el grupo al que se le solicita información, esperando que todos interpreten del mismo modo su contenido. Es también un inconveniente que algunos individuos desdeñen la importancia de una respuesta reflexiva.

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para evitarlo se ha procurado espaciar las encuestas agotando los plazos razonables para el recuerdo de las impresiones que hacen posible la valoración y reuniendo en un único cuestionario preguntas de distintas fases del ciclo educativo. En general los cuestionarios se han diseñado planteando una sola idea por pregunta y evitando la confusión terminológica.

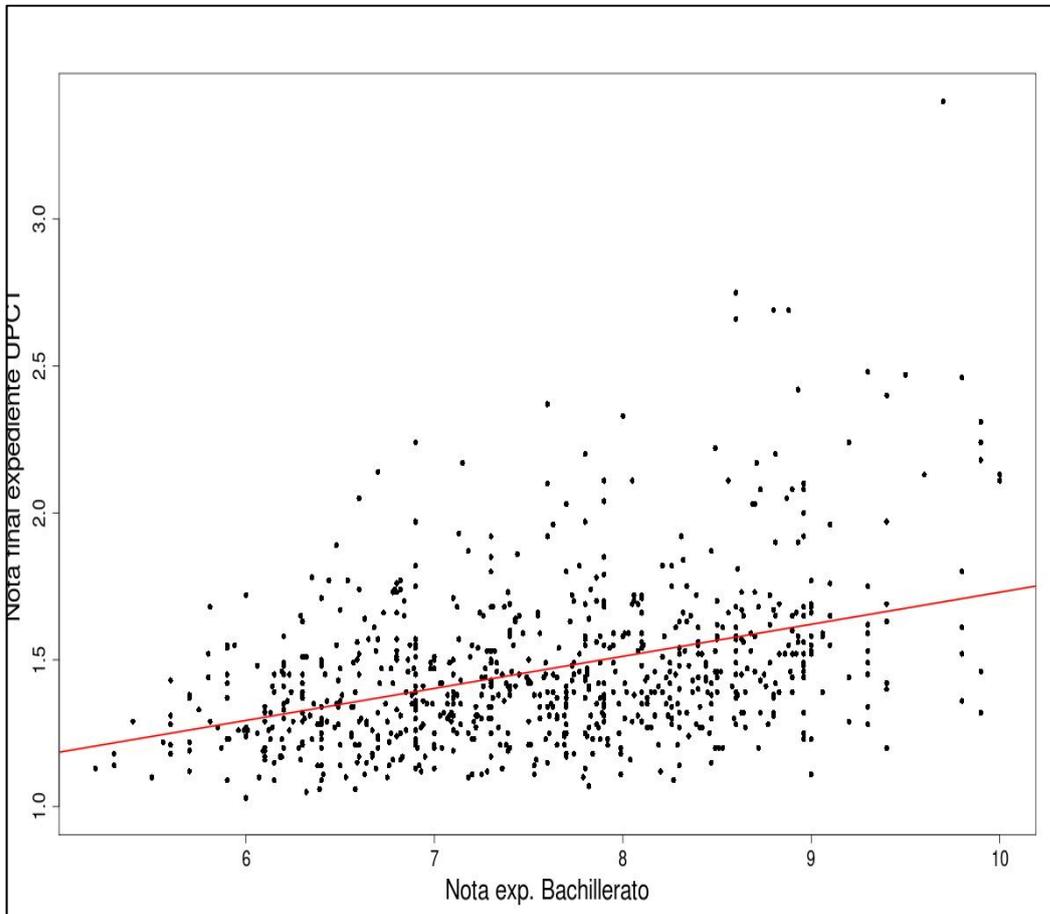
2.3.3.2.2 Conocimientos previos

En educación el diseño de experimentos puro es muy complicado por razones éticas y de mera molestia de alumnos si se pretende organizar grupos experimentales y de control aleatorios. Por tanto se usa una metodología semi-experimental. Entre ellas la de **pretest-postest** con la que se mide una determinada variable antes y después en un grupo no aleatorio.

Dado que la asignatura tiene otra precedente en el plan de estudios denominada *Fundamentos de Materiales de Construcción* en 1º, se consideró de interés conocer a principio de curso qué recordaban estos alumnos y qué relación tenía esta nota con los resultados del aprendizaje. Igual se ha hecho con la asignatura de 1º de carrera denominada *Estadística*. Son dos asignaturas de gran importancia para la de *Materiales de Construcción*. De hecho, ya se venía pasando esa encuesta desde hacía unos dos cursos atrás con resultados parecidos a los observado en esta ocasión con el dato adicional de que los alumnos del curso en que se ha desarrollado el programa objeto de investigación habían cursado y superado 6 ECTS de estadística (R_10).

Por otra parte, se ha considerado de interés conocer la nota media del bachiller de los alumnos para estudiar su relación con los resultados del aprendizaje. La razón estriba en la constatación proporcionada por un estudio realizado en un trabajo Fin de Carrera (Ponce y Ponce, 2009) del que el doctorando fue codirector con el catedrático de estadística Mathieu Kessler. Es este trabajo el estudio con una amplia muestra de alumnos de la Universidad Politécnica de Cartagena hacía patente la relación significativa entre la nota del bachiller y los resultados del aprendizaje, como muestra la Figura 20:

Figura 20.- Correlación entre nota de Bachiller y del aprendizaje

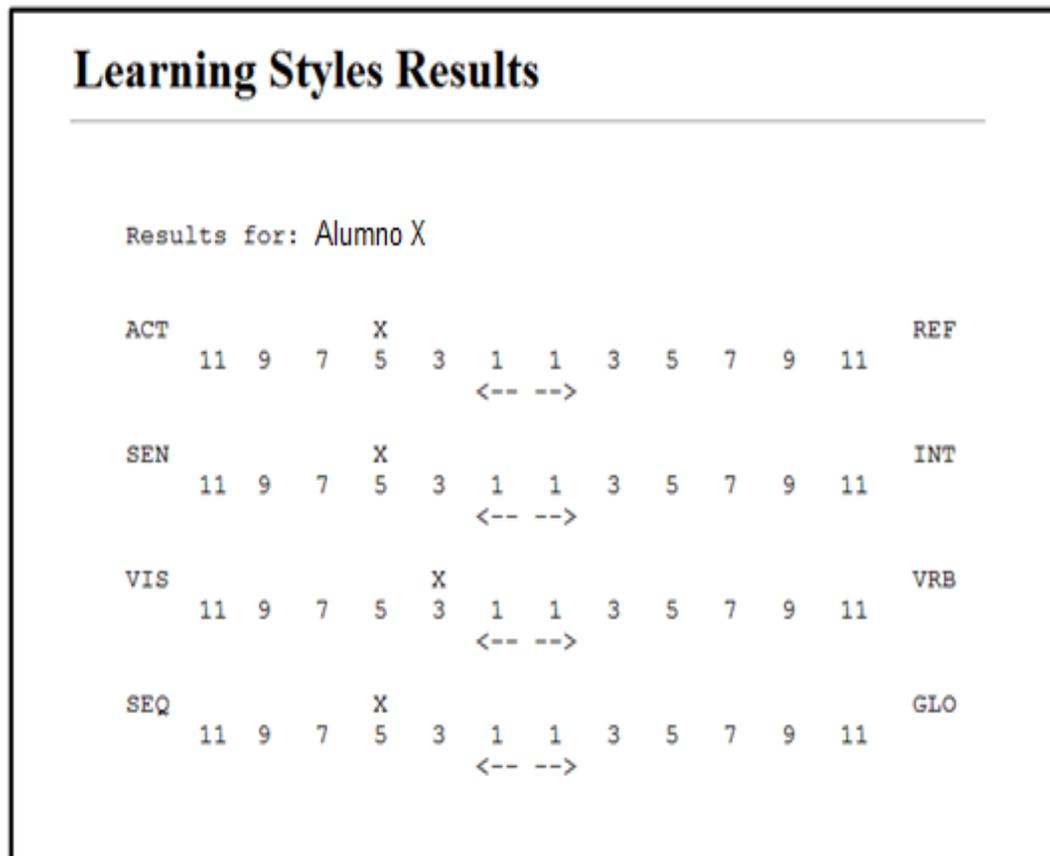


2.3.3.2.3 Cuestionarios especiales (Felder y Perry)

Estos cuestionarios (R_18 y R_19) se encuadran en la investigación *ex post facto* dado que se trata de conocer una característica de la que el alumno es portador al margen de nuestra acción educativa. Al menos esto es completamente cierto con el estilo de aprendizaje del alumno y suficientemente cierto en el caso de la madurez intelectual del alumno, que tiene una posición cierta al principio de la docencia, aunque puede evolucionar durante su desarrollo.

2.3.3.2.3.1 *Test de Felder*

Figura 21.- Ejemplo del resultado del test de Felder



Este test (R_18), diseñado por el profesor Richard Felder (ver test traducido en el anejo 9.3) está a disposición de los interesados en conocer su estilo de aprendizaje, en los términos definidos. Consiste en 44 preguntas para las que se ofrecen dos respuestas alternativas. Se procesa en la aplicación que el propio Felder ofrece en su página WEB de forma libre. (<http://cort.as/19Gg>). Una vez cumplimentado el test, la aplicación devuelve el resultado como se ve en la Figura 21

Como se puede comprobar hay cuatro escalas (dimensiones) con cuatro pares de estilos de aprendizaje opuestos (Felder 1988):

- Activo – Reflexivo
- Sensitivo – Intuitivo
- Visual – Verbal
- Secuencial – Global

Cada escala tiene un centro (equilibrio) asociado al valor 1. Desde ahí la escala crece hacia los extremos hasta alcanzar en ambos un valor de 11. El tipo de preguntas que constituyen el test se puede

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

examinar en el anejo 9.3. Los estilos de aprendizaje tienen el siguiente significado para Felder:

Alumno activo.- Es aquel que se siente más confortable captando la información involucrándose con el mundo exterior. Este alumno no aprende mucho en situaciones didácticas pasivas, como una clase expositiva. Se encuentra cómodo trabajando en grupo. Tiende a experimentar.

Alumno reflexivo.- Es aquel que se siente más confortable examinado y elaborando información introspectivamente. Este alumno no aprende mucho en situaciones muy dinámicas en las que no tiene tiempo para reflexionar. Le gusta trabajar solo. Le gusta establecer teorías.

Alumno sensitivo.- Es el que capta el mundo exclusivamente mediante los sentidos. Prefiere afrontar hechos, datos, experimentos. Le gusta resolver problemas mediante métodos estándar, conocidos, mecánicos. No le gustan las sorpresas. Es paciente con los detalles, pero no le gustan las complicaciones. Le gusta memorizar detalles. Es cuidadoso pero lento. No está cómodo con los símbolos.

Alumno intuitivo.- Es el que capta el mundo, obviamente mediante los sentidos, pero complicando la percepción con reflexiones, corazonadas, imaginación. Prefiere afrontar preguntas, teorías. Le gusta la innovación y no le gusta la repetición. Le aburren los detalles y le da la bienvenida a las complicaciones. Le gusta comprender los nuevos conceptos. Es descuidado pero rápido. Se maneja bien con los símbolos.

Alumno visual.- Es el que prefiere dibujos, diagramas, imágenes en general para aprender. Recuerda eficazmente lo que ve y tiende a olvidar lo que se le dice o lo que lee. En una presentación de información se interesa por las imágenes.

Alumno verbal.- Es el que prefiere textos o discursos hablados. Recuerda eficazmente lo que escucha o lee. Prefiere una explicación verbal a una demostración visual. Aprende eficazmente cuando explica cosas a otros. En una presentación se interesa por los textos.

Alumno secuencial.- Es el que sigue el proceso de razonamiento lineal en que habitualmente se presentan los contenidos. Puede trabajar con trozos de información por pequeños o superficiales que

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

sean. Es fuerte en el pensamiento convergente (el que no se sale de las condiciones iniciales) y en el análisis. Aprende mejor cuando el material se presenta en una progresión estable de complejidad.

Alumno global.- Es el que está perdido con la secuencia, pero madura una explosiva comprensión sin saber explicar cómo sucedió. No puede trabajar si no tiene la visión completa. Es fuerte en el pensamiento divergente (el que encuentra soluciones fuera del contexto inicial) y la síntesis. A veces aprende mejor cuando se salta a etapas más complejas del contenido.

Una cuestión interesante, que, quizá, explicaría muchas cosas, es el estilo de enseñanza de los profesores y su relación con el propio estilo de aprendizaje.

2.3.3.2.3.2 *Test de Perry*

Perry (1999) propuso en 1970 un modelo para conocer el estadio de madurez intelectual de los individuos en base a sus estudios en Harvard con egresados. Según este modelo la actitud intelectual puede ser una ciega aceptación de la autoridad (nivel 1 y 2), es decir, una posición dualista sobre el mundo, en la que todas las cuestiones morales o intelectuales tienen una respuesta correcta. Las autoridades (los profesores) conocen las respuestas y la tarea del estudiante es aceptarla sin cuestionarla y reproducir esta respuesta en los exámenes (Sallas, 2007). En el otro extremo, se daría una gradual aceptación de la multiplicidad de puntos de vista con la consiguiente retirada crítica de la confianza en la autoridad (nivel 3 y 4); un relativismo incipiente en el nivel 5, caracterizado por la creencia de que no hay verdades absolutas ni autoridad confiable (los conocimientos y valores son históricos y contextuales); la conciencia de la necesidad del compromiso en un entorno de incertidumbre (nivel 6) y, finalmente, la comprensión de que tal compromiso necesita de su propia implicación (nivel 7-9). El test empleado en la investigación se proporciona en el anejo 9.3. En este marco se le pide al alumno que valore (R_19) con un 5 la posición que le merece más crédito y con un 1 la que menos.

2.3.3.2.4 Informes

Se le pedirá al delegado del curso que informe sobre el cumplimiento de la secuencia y de la enseñanza de los contenidos previstos. Lo que hará sin incentivo artificial (R_04, R_05, R06, R_07). También

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

el doctorando informa de sus impresiones cualitativas mediante las anotaciones realizadas en el registro R_27.

2.3.4 Tratamiento de los datos

En este apartado se establecen los métodos de tratamiento de la información obtenida durante la investigación. Medir en las ciencias naturales significa la asignación de números a objetos y acontecimientos de acuerdo a determinadas reglas. Sin embargo, en las ciencias sociales medir es del algún modo unir conceptos abstractos con indicadores experimentales. El análisis indicará si hay variables independientes cuya variación explica la variación de otras indicando un grado de causalidad. Los datos servidos por el sistema de recogida y registro tienen que ser transformados para su análisis. Para ellos se ha utilizado en general la hoja de cálculo Excel™ y para el análisis multivariante el programa estadístico SPSS™

2.3.4.1 Análisis de documentos

Los documentos legales oficiales u oficiosos utilizados han sido analizados en tres momentos, uno de atomización de las competencias exigidas reglamentariamente, otro de interpretación y uno final de agrupación según criterios formativos. Para garantizar la trazabilidad se ha utilizado el sistema de codificación que se detalla en el capítulo 3, dado que el despliegue de esta nomenclatura es auto explicativo y solamente instrumental para transitar de los textos legales hasta los objetivos formativos del programa.

2.3.4.2 Datos cualitativos

Se han agrupado en los registros R_01 a R_09 toda la información sobre la satisfacción de los alumnos sobre distintos aspectos del desarrollo del programa. Se han agrupado en los registros R_20 a R_26 todos los potenciales signos de la actitud de los alumnos respecto de distintos aspectos tales como, interés por la titulación, la asignatura, la asistencia a obras, seminarios, participación en los mismos, etc. Las variables cualitativas o categóricas (Tabla 9), son resultado de la aplicación de escalas ordinales, como las del tipo Likert o las que plantean dicotomías tipo Verdadero/Falso o bien ofrecen respuestas trinarías para la selección del encuestado tales como Sin interés/Indiferente/Interesante sin asignación numérica, que serán tratadas mediante tablas de contingencia por ser el método adecuado

para expresar relaciones entre variables cualitativas. La tabla de contingencia es una tabla de doble entrada, donde en cada celda figura la frecuencia absoluta de casos o individuos que poseen un nivel de uno de los factores o características analizadas.

2.3.4.3 Datos cuantitativos

Se han agrupado en los registros R_10 a R_16 (Tabla 10) toda la información propia del curso (al margen de que haya o no una investigación).

El sistema de evaluación del programa formativo proporciona información muy valiosa en dos fases:

- Evaluación formativa
 - Al final de las unidades didácticas con EDUCLICK™ (R_11)
 - Con preguntas al azar en clase (R_12)
 - Con exámenes breves en clase (R_13)
- Evaluación sumativa
 - Con los resultados de los exámenes eliminatorios del Ciclo Corto (R_14)
 - Con los resultados de la experiencia en el laboratorio (R_15)
 - Con los resultados del examen de los documentos y actividades del Ciclo Largo (R_16)

Por otra parte, dos profesionales muy reputados de la Arquitectura Técnica evaluaron el grado en que los alumnos alcanzan los conocimientos funcionales examinando los trabajos del ciclo largo (R_17). Así Díaz Barriga (1999) dice que *"se aprende en el contexto de prácticas de interacción **con quienes saben**"*

Hay tres tipos de registros de evaluación formativa:

- Registros de los cuestionarios de evaluación formativa en pruebas por escrito con la estructura de los objetivos formativos.
- Registro de las respuestas a preguntas a responder en el aula por escrito para valorar el grado de atención en clase. Se trata de una pregunta o ejercicio al principio de la clase que tiene que ver con lo impartido en la anterior clase y preguntas relativas a la clase que se imparte en el momento a alumnos elegidos al azar por el profesor.
- EDUCLICK (Sistema de evaluación directa en el aula) para evaluar la diferencia entre el reconocimiento de la informa-

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

ción y el conocimiento sobre la cuestión planteada. Proporciona retroalimentación inmediata a los alumnos a los que se da la solución nada más acabada la prueba.

Hay dos tipos de registros de evaluación sumativa:

- Del ciclo corto (secuencia de unidades didácticas de cada uno de los materiales). Se recogen en el registro R_14
- De las actividades de laboratorio R_15
- Del ciclo largo (secuencia didáctica que cubre todo el año con actividades diversas para la síntesis de conocimientos). Se recogen en el registro R_15

En general, en las variables cuantitativas buscaremos analizar la varianza en su relación con otras a fin de identificar el grado de causalidad mutua. En esos casos se utilizará el método de mínimos cuadrados porque expresa en una función lineal la relación entre las variables con la menor cantidad de residuos (diferencias entre el valor explicado y el no explicado). Cuando se trate de más de una variable, utilizaremos métodos de análisis multivariante (Martínez, 1999) a las matrices de datos a la búsqueda de Componentes Principales que agrupen el máximo de variación posible para explicar las diferencias entre alumnos (casos). Normalmente se obtienen polinomios en los que las variables pertinentes quedan asociadas a coeficientes que expresan el grado de variabilidad que aportan, es decir, su potencial diferenciador entre casos. De este modo, se pueden extraer información sobre la aportación de las variables, en tanto que expresión de la contribución de distintas variables a la calificación de los alumnos. Se trata de definir variables complejas que permitan ponderar en la nota los distintos tipos de evaluación de actividades conforme a la variación que introducen. Cuando dos variables se muestren como independientes se analizará el gráfico de dispersión por si se muestra fecunda su interpretación. En la mayoría de los casos se incluirán gráficos expresivos de las relaciones y como antecedente de los correspondientes análisis.

2.3.5 Análisis de los datos

Una vez transformados los datos procederemos a su análisis diferenciado. En el caso del problema del diseño los resultados, el criterio fundamental es el de la **congruencia** con los requisitos sociales a través de los objetivos formativos, quedando en suspenso para su puesta a prueba durante el desarrollo y la evaluación. Los resultados del problema del desarrollo se analizan con los criterios de **viabilidad**

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

y **mérito** del programa. Finalmente los resultados del problema de la evaluación se analizan, de una parte, con el criterio de **discrepancia** relativa a otros programas históricos y **congruencia** relativa a los propios objetivos formativos del programa y, de otra parte, con los criterios de **influencia** de determinadas características de los alumnos en los resultados a la búsqueda de conexiones de interés para sucesivas investigaciones. Especialmente en el problema 3 por la profusión de datos que tienen que ser analizados y por su que requiere una preparación más cuidadosa. En concreto en el sub-problema 3.2 es necesario, de una parte, analizar los resultados del aprendizaje comprobando que se alcanzan los objetivos formativos. Pero de otra, es valioso comprobar qué relaciones hay entre las capacidades entre sí para confirmar o no la importancia de cada una para el desempeño de las otras. Finalmente, para resolver el sub-problema 3.3 se estudiarán las relaciones entre determinadas características de los alumnos, que no son habitualmente medidas con los resultados a efectos propedéuticos. También se estudiará cómo abordar matrices de resultados procedentes de un número importante de actividades para una comprensión global del desempeño de los alumnos. Los resultados se verán en la resolución del problema tres en el capítulo 5. Allí se abordará el estudio de la matriz formada por los alumnos y las calificaciones de las distintas actividades de ciclo corto y largo mediante análisis multivariante.

De esta forma se quiere comprobar si resulta una ordenación de la información de interés para comprender el efecto producido por la multiplicación de formas de excitar las capacidades de los alumnos. Todas estas variables se espera que sean portadoras de información sobre la relación que las actitudes de los alumnos, sus formas de abordar el aprendizaje o sus actitudes intelectuales, así como influencia sobre los resultados de la aplicación del programa formativo. El programa formativo es función compleja también de estos aspectos. Las relaciones que se puedan conocer pueden ayudar a interpretar mejor las dificultades que puedan surgir.

Por su parte las variables cuantitativas se espera que nos permitan evaluar al programa a través de las calificaciones que los alumnos obtengan en función de los objetivos fijados. Al fin y al cabo, el mejor de los programas debe ser arrumbado si no se observan cambios en los resultados de los alumnos.

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla 9.- Registros de datos cualitativos

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
R_01	Registro de satisfacción de transparencia metodológica
R_02	Registro de aplicación de métodos de ciclo corto
R_03	Registro de aplicación de métodos de ciclo largo
R_04	Registro de grado de cumplimiento de los contenidos (CC)
R_05	Registro de grado de cumplimiento de los contenidos (CL)
R_06	Registro de grado de cumplimiento de la secuencia (CC)
R_07	Registro de grado de cumplimiento de la secuencia (CL)
R_08	Registro de grado de satisfacción de alumnos
R_09	Registro de grado de satisfacción de profesores
R_16	Registros de evaluación sumativa CICLO LARGO
R_17	Registro de evaluación de profesionales
R_18	Test de Felder
R_19	Test de Perry
R_20	Registro de actitud sobre la titulación
R_21	Registro de actitud sobre la asignatura
R_22	Registro de asistencia y valoración de las visitas facultativas
R_23	Registro de atención en clase expositiva
R_24	Registro de asistencia a Evaluación Formativa
R_25	Registro de asistencia a Seminarios
R_26	Registro participación en el seguimiento de tareas (seminario)
R_27	Registro de impresiones del doctorando (cuaderno de campo)

Tabla 10.- Variables cuantitativas

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
R10_EST	Nota en la encuesta de conocimientos previos de Estadística
R10_FM	Nota en la encuesta de conocimientos previos de Fundamentos
R11_REC	Nota de Reconocimiento con EDUCLICK
R11_CON	Nota de Conocimiento con EDUCLICK
R11_RECON	Relación Reconocimiento/Conocimiento
R12_PCM	Nota de preguntas en clase Memoria
R12_PCC	Nota de preguntas en clase Comprensión
R12_PCA	Nota de preguntas en clase Aplicación
R12_PCMEDIA	Nota de preguntas en clase Media
R13_EFM	Nota Evaluación Formativa Memoria
R13_EFC	Nota Evaluación Formativa Comprensión
R13_EFA	Nota Evaluación Formativa Aplicación
R13_EFMEDIA	Nota Evaluación Formativa Media
R13_EFPOND	Nota Evaluación Formativa Media Ponderada
R14_CCM	Nota Ciclo Corto Memoria
R14_CCC	Nota Ciclo Corto Comprensión
R14_CCA	Nota Ciclo Corto Aplicación
R14_CCMEDIA	Nota Ciclo Corto Media
R14_CCPOND	Nota Ciclo Corto Media Ponderada
R15_LAB	Nota Laboratorio
R16_PLIEGO	Nota Ciclo Largo Pliego
R16_PLAN	Nota Ciclo Largo Plan de Control
R16_PROG	Nota Ciclo Largo Programa de Control
R16_GLO	Nota Ciclo Largo Glosario de Términos
R16_CLMEDIA	Nota Ciclo Largo Media
R16_CLPOND	Nota Ciclo Largo Media Ponderada
R16_ABP	Nota Ciclo Largo Aprendizaje Basado en Proyectos

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3

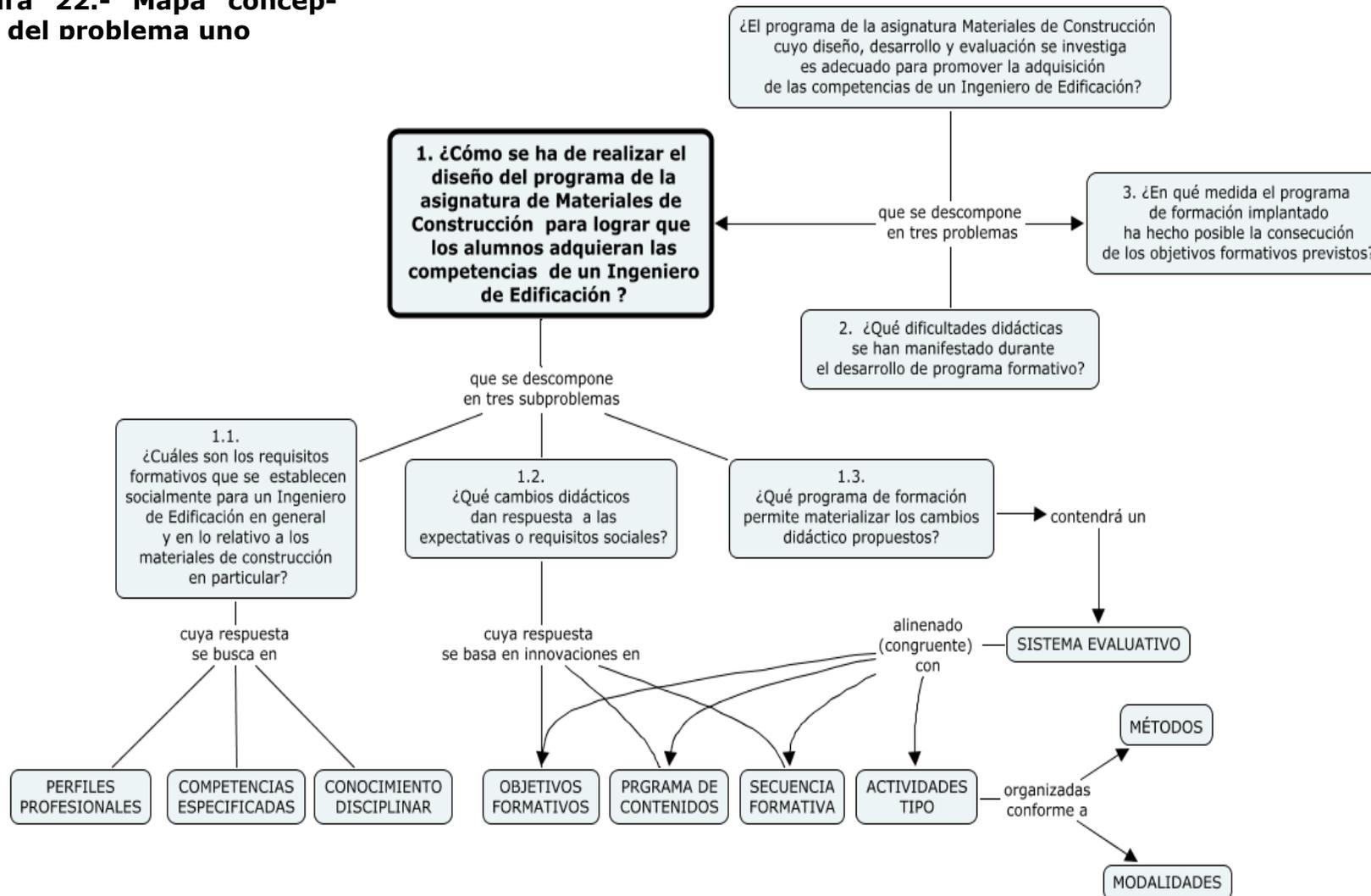
Resultados del problema principal uno. Diseño del programa de formación

*En el principio fue el verbo
(Juan, 1:1:1)*

« ¿Cómo se ha de realizar el diseño del programa de la asignatura de Materiales de Construcción para lograr que los alumnos adquieran las competencias de un Ingeniero de Construcción? »

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

Figura 22.- Mapa conceptual del problema uno



3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

El diseño de un programa formativo requiere la toma de decisiones que pueden resultar arbitrarias sobre el tipo de programa, el modelo teórico en que se base éste, los métodos a emplear, los contenidos o el sistema de evaluación (Álvarez Rojo, (2002). En este apartado presentamos los resultados del diseño del programa formativo que se propone para su desarrollo y validación (Figura 22). Un programa que debe responder al problema principal 1 derivado del problema general (Figura 17)

A su vez, el problema del diseño lo dividimos (Figura 22) en tres sub-problemas como se ha dicho en el capítulo 2:

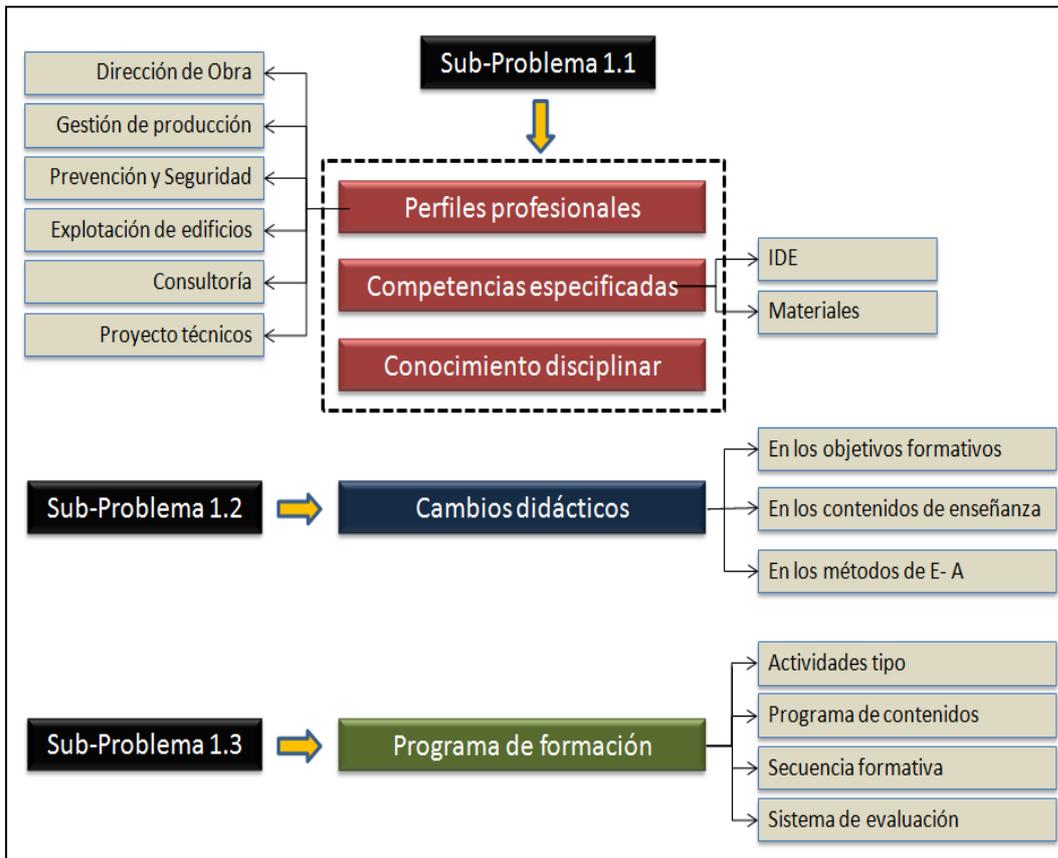
- 1.1. ¿Cuáles son los requisitos formativos que se establecen socialmente para un Ingeniero de Edificación en general y en lo relativo a los *Materiales de Construcción*?
- 1.2. ¿Qué cambios didácticos dan respuesta a las expectativas o requisitos sociales?
- 1.3. ¿Qué programa de formación permite materializar los cambios didácticos propuestos?

Los **perfiles profesionales** del Ingeniero de Edificación son las formas de ejercer la profesión correspondiente. Su definición es resultado de las necesidades sociales en la edificación. El análisis de los perfiles profesionales genera los requisitos sociales en relación con esta especialidad profesional expresados en distintos documentos reglamentarios. Las **competencias especificadas** son resultado de la transformación de los requisitos en exigencias específicas para los profesionales de la ingeniería de edificación, en general, y de los *Materiales de Construcción* en particular. El **conocimiento disciplinar** es el conjunto de saberes teóricos y prácticos sobre *Materiales de Construcción* del que seleccionar el que debe adquirir un Ingeniero de Edificación para el logro de las competencias especificadas. Los **cambios didácticos** son el conjunto de propuestas didácticas diferenciales introducidas en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los que se espera que permitan que el alumno adquiera el conocimiento disciplinar correspondiente. Los cambios didácticos se concretan en esta investigación a través de los objetivos, los contenidos y los métodos del programa de formación. El **programa de formación** es la descripción sistemática del conjunto de actividades de enseñanza y evaluación que pretende que el alumno adquiera en determinado grado las competencias especificadas. El programa formativo incluirá la descripción de las actividades tipos, los contenidos, la secuencia de enseñanza y el sis-

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

tema de evaluación. Las **competencias adquiridas**, permiten al sistema de evaluación, cualificar al alumno y considerarlo en un determinado grado apto o, en su caso, no apto para el ejercicio profesional. Esta cadena de acciones se expresa en la imagen siguiente:

Figura 23.- Esquema de los sub-problemas del problema 1



3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: DISEÑO

3.1 Resultados en relación con el Sub-problema 1.1: los requisitos sociales.

¿Cuáles son los requisitos formativos que se establecen socialmente para un Ingeniero de Edificación en general y en lo relativo a los *Materiales de Construcción* en particular?

Para su resolución se establece la siguiente secuencia de tareas:

1. Identificar los Perfiles Profesionales de la profesión de Ingeniero de Edificación.
2. Identificar las competencias a especificar para dar cumplimiento a los requisitos sociales de los estudios de Ingeniero de Edificación
3. Limitar el conocimiento disciplinar que dota de contenido a las competencias especificadas para un ingeniero de edificación en lo concerniente a los *Materiales de Construcción*.

Estas tareas implican, de acuerdo a la metodología aceptada para la investigación en el Capítulo 2, el análisis documental de los textos oficiales u oficiosos de los que extraer la información necesaria.

3.1.1 Sobre los perfiles profesionales del Ingeniero de Edificación

Se han identificado los siguientes documentos conteniendo información relevante sobre los perfiles profesionales del Ingeniero de Edificación:

- Estudio Internacional comparado sobre las profesiones afines a la de Ingeniero de Edificación (CGATE, 2004)
- Libro Blanco de la ANECA para la titulación de Ingeniero de Edificación (2004)

El libro Blanco pertenece a una serie promovida por la ANECA y elaborados por comisiones mixtas de representantes de los centros en los que se impartían enseñanzas afines al título que se proponía y representantes de organizaciones profesionales relacionadas con los titulados. El Libro Blanco concluyó en el año 2006 en unos determinados perfiles profesionales a partir de la situación en los países europeos y de las principales tareas del ejercicio profesional registradas en la actividad de los arquitectos técnicos, que es el antecedente profesional

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

inmediato del ingeniero de edificación, para llegar a las competencias genéricas y específicas que se proponen para este título. La aportación principal del Libro Blanco, además de las competencias, son los perfiles profesionales:

- Dirección técnica de la obra.
- Gestión de la producción de la obra.
- Prevención y Seguridad y Salud.
- Explotación del edificio.
- Consultoría, Asesoramiento y Auditorías técnicas.
- Redacción y desarrollo de proyectos técnicos

Estos perfiles se justifican por el estudio del mercado real de servicios técnicos prestados por los Ingenieros de Edificación en la práctica del sector de la construcción, así, en opinión del doctorando:

- La dirección técnica de la obra está regulada por la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (LOE) e implica el control cuantitativo y cualitativo de los materiales y procesos de edificación. Este perfil da respuesta a la necesidad de todo promotor de viviendas de contratar un Ingeniero de Edificación para ejercer la función de asegurarse de que el constructor ejecuta la obra conforme a lo establecido en el proyecto.
- La gestión de la producción de la obra es un perfil asociado al proceso de construcción desde el punto de vista del constructor. Actualmente, en su formato de Jefe de Obra está regulado por la LOE y se configura como representante técnico del constructor y el impulsor de los procesos productivos en cada obra de construcción.
- La prevención de seguridad y salud es una responsabilidad futura de los ingenieros de edificación establecida en la misma LOE para dar respuesta a la necesidad de coordinar la acción de las empresas contratistas y subcontratistas desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales.
- La Explotación del edificio está asociada a la acción profesional del Ingeniero de Edificación en la práctica mediante la contratación por parte de las comunidades de propietarios para dar respuesta a las obligaciones establecidas para las mismas en alguna legislación de comunidades autónomas.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: DISEÑO

- La consultoría, asesoramiento y auditorías técnicas son actividades identificadas para el Ingeniero de Edificación en su práctica profesional como consecuencia de sus conocimientos específicos para atender necesidades de conocimiento ante conflictos por fallos de las construcciones.
- La redacción de proyectos técnicos es una atribución de la profesión a ejercer por el Ingeniero de Edificación establecida en la Ley 12/1986 sobre regulación de las atribuciones profesionales de los Arquitectos e Ingenieros Técnicos.

Estos perfiles profesionales del Ingeniero de Edificación han constituido un ejercicio profesional generalistas hasta el presente, pero los profundos cambios relativos a las profesiones reguladas obligan a una creciente especialización del ejercicio profesional, de tal modo que los servicios técnicos y tecnológicos se darán en el futuro, probablemente, en empresas de servicios técnicos que deberán ser capaces de coordinar a los distintos especialistas.

3.1.2 Competencias especificadas para el Ingeniero de Edificación

De los perfiles profesionales se pueden deducir las competencias especificadas para los ingenieros de edificación, en general, y para los *Materiales de Construcción*, en particular. En este caso, al tratarse de una profesión regulada, tales competencias no se dejan al criterio de las universidades, sino que el gobierno de la nación se impone la labor de establecerlas con bastante precisión (matices aparte). No hay que confundir el término "especificada" con "específica". El primero es normativo y se refiere al conjunto de competencias establecidas imperativamente por la legislación y el segundo solamente descriptivo y pretenden distinguir entre competencias aplicables a cualquier asignatura de cualquier titulación y las que son de aplicación en la asignatura concreta de nuestra investigación.

Como resultado de la investigación se han identificado los siguientes dos documentos legislativos que contienen referencias a las competencias pertinentes:

- REAL DECRETO 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

- ORDEN ECI 3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico

El Real Decreto 1393/2007 regula el conjunto de las enseñanzas universitaria y proporciona el marco legal dentro del cual se promulgaron sucesivamente las Órdenes Ministeriales que regulaban las competencias de las distintas profesiones reguladas. Entre ellas la ORDEN ECI 3855/2007, que regula la profesión asociada al título de Ingeniero de Edificación. Pero antes de abordar las competencias específicas queremos dejar constancia de las importantes competencias genéricas que se establecen oficialmente como objetivo.

3.1.2.1 **Competencias genéricas**

Los párrafos del Real Decreto 1393/2007 dedicados a las competencias básicas de un universitario se pueden resumir en los siguientes ítems:

- Adquirir el conocimiento específico
- Aplicar el conocimiento
- Resolver problemas
- Argumentar de forma lógica
- Enjuiciar (evaluar)
- Transmitir conocimiento
- Aprender autónomamente

Son competencias genéricas porque habilitan al estudiante para la adquisición de las competencias específicas. Estas competencias están fuertemente implicadas con las competencias específicas pero deben ser identificadas por separado y calificadas debidamente en el sistema de evaluación (sub-problema 1.3) de los aprendizajes del programa. En la investigación del sub-problema 1.1 estas competencias completan los requisitos formativos de los que se extraen las competencias especificadas que posibilitan el establecimiento de los objetivos formativos, a lo que habría que añadir la inteligencia emocional en la ingeniería (Mo Yi Yi y Dainty, 2007).

Complementariamente, en el RD 1393/2007 se encuentran las siguientes competencias básicas para cualquier universitario:

- Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender **conocimientos** en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio;

- Que los estudiantes sepan **aplicar** sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y **defensa de argumentos** y la **resolución de problemas** dentro de su área de estudio;
- Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para **emitir juicios** que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética;
- Que los estudiantes puedan **transmitir información**, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado;
- Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de **autonomía**.

Estas competencias contribuyen a la resolución del subproblema 1.3 al servir como referencia para el sistema de evaluación y sus calificaciones.

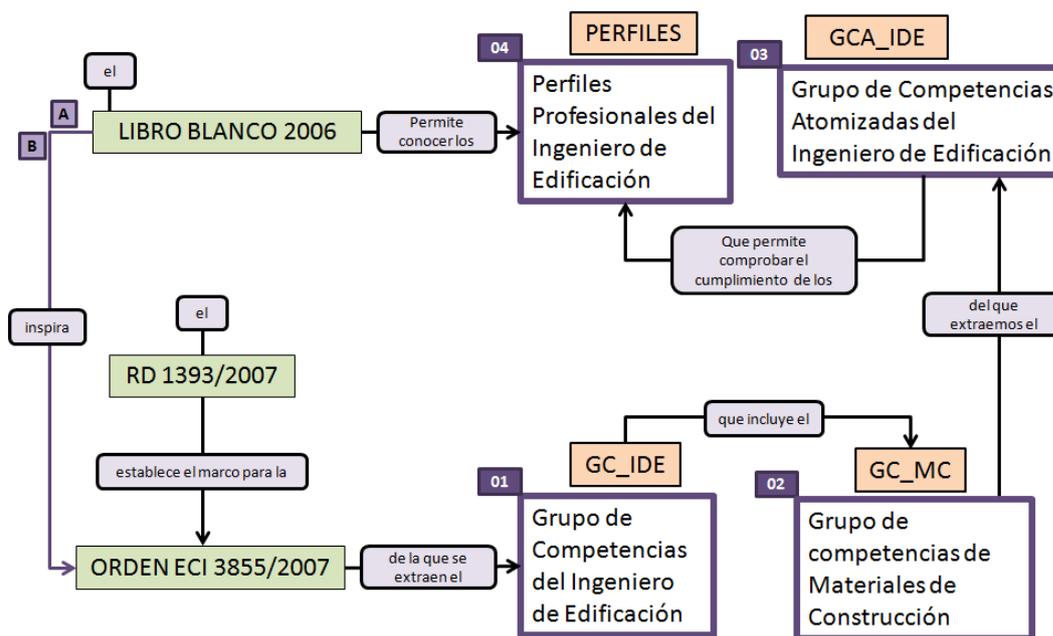
3.1.2.2 **Competencias específicas**

Dado el estilo discursivo necesario para la deducción de las competencias especificadas de la asignatura *Materiales de Construcción*, presentamos el siguiente esquema del proceso de deducción de las mismas:

La Figura 24 se puede interpretar siguiendo las flechas. Un primer itinerario (A) conduce desde el Libro Blanco a los Perfiles Profesionales del Ingeniero de Edificación. El segundo itinerario (B) conduce desde el Libro Blanco a la ORDEN ECI y de esta al Grupo de Competencias Específicas del Ingeniero de Edificación (01). Éstas incluyen al Grupo de Competencias de los *Materiales de Construcción* (02), que son atomizadas para obtener el Grupo de Competencias Atomizadas (03) que, finalmente permite comprobar la conexión con los Profesionales. La ORDEN ECI 3855/2007 exige las siguientes competencias específicas para el título de grado de Ingeniero de Edificación. A este grupo de competencias lo denominamos **GC_IDE** (Grupo de competencias del Ingeniero de Edificación)

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

Figura 24. - Esquema de generación de las Competencias Específicas



1. Dirigir la ejecución material de las obras de edificación, de sus instalaciones y elementos, llevando a cabo el control cualitativo y cuantitativo de lo construido mediante el establecimiento y gestión de los planes de control de materiales, sistemas y ejecución de obra, elaborando los correspondientes registros para su incorporación al Libro del Edificio. Llevar el control económico de la obra elaborando las certificaciones y la liquidación de la obra ejecutada.
2. Redactar estudios y planes de seguridad y salud laboral y coordinar la actividad de las empresas en materia de seguridad y salud laboral en obras de construcción, tanto en fase de proyecto como de ejecución.
3. Llevar a cabo actividades técnicas de cálculo, mediciones, valoraciones, tasaciones y estudios de viabilidad económica; realizar peritaciones, inspecciones, análisis de patología y otros análogos y redactar los informes, dictámenes y documentos técnicos correspondientes; efectuar levantamientos de planos en solares y edificios.
4. Elaborar los proyectos técnicos y desempeñar la dirección de obras de edificación en el ámbito de su habilitación legal.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

5. Gestionar las nuevas tecnologías edificatorias y participar en los procesos de gestión de la calidad en la edificación; realizar análisis, evaluaciones y certificaciones de eficiencia energética así como estudios de sostenibilidad en los edificios.
6. Dirigir y gestionar el uso, conservación y mantenimiento de los edificios, redactando los documentos técnicos. Elaborar estudios del ciclo de vida útil de los materiales, sistemas constructivos y edificios. Gestionar el tratamiento de los residuos de demolición y de la construcción.
7. Asesorar técnicamente en los procesos de fabricación de materiales y elementos utilizados en la construcción de edificios.
8. Gestionar el proceso inmobiliario en su conjunto. Ostentar la representación técnica de las empresas constructoras en las obras de edificación.

En estas competencias hemos subrayado aquellas que tienen un carácter tan general que rozan la condición de perfil profesional como anticipación de una discusión final en este apartado más extensa.

La aportación de los materiales a las competencias generales del Ingeniero de Edificación requiere la especificación de competencias relativas a los *Materiales de Construcción* que son establecidas en la misma ORDEN ECI 3855/2007.

A este conjunto de competencias ABCDE lo denominamos GC_MC (Grupo de competencias de *Materiales de Construcción*)

- A.** Conocimiento de los materiales y sistemas constructivos tradicionales o prefabricados empleados en la edificación, sus variedades y las características físicas y mecánicas que los definen.
- B.** Capacidad para adecuar los *Materiales de Construcción* a la tipología y uso del edificio,
- C.** Gestionar y dirigir la recepción y el control de calidad de los materiales y de la realización de ensayos y pruebas finales.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

La competencia **A** de materiales se aplica a todas las competencias del ingeniero de edificación. Se trata de **conocer** en el sentido más tradicional (terminología, reconocimiento, especificaciones, características...). La competencia **B** señala una consecuencia del conocimiento que es **especificar** los materiales en coherencia con el uso al que se destina la edificación, tomando decisiones. La competencia **C** se refiere a la tercera fase: **controlar** que los materiales especificados son los que se reciben e implementan en la edificación. Esta tríada conocer, especificar, controlar no cubre todas las aplicaciones requeridas en los que concierne a los materiales para las competencias del ingeniero de edificación de la ORDEN ECI 3855/2007 Además, tomamos de la misma ORDEN indicaciones complementarias para los materiales con las siguientes competencias del ingeniero de edificación que lo son también de los materiales:

- D.** Conocimiento de la evaluación del impacto medioambiental de los procesos de edificación y demolición, de la sostenibilidad en la edificación, y de los procedimientos y técnicas para evaluar la eficiencia energética de los edificios.
- E.** Capacidad para aplicar la normativa técnica al proceso de la edificación, y generar documentos de especificación técnica de los procedimientos y métodos constructivos de edificios.

Como se ha comprobado, en este apartado se han obtenido dos paquetes de competencias asociadas a los perfiles profesionales, cada uno con un grado distinto de concreción. El primero, se ocupa de las competencias generales del Ingeniero de Edificación y, el segundo, de las competencias requeridas en relación con los materiales. Además se ha identificado un paquete de competencias básicas de todo universitario que cumplirá un papel en este capítulo más adelante. Como la identificación de competencias es resultado de una búsqueda acrítica, en el apartado que sigue procedemos a analizar el grado de coherencia que se da entre los perfiles profesionales, las competencias del ingeniero de edificación y las competencias específicas acerca de los *Materiales de Construcción*.

3.1.2.3 **Análisis de las competencias específicas**

Conocidos los requisitos profesionales para el Ingeniero de Edificación establecidos por la sociedad a través de la legislación, hacemos

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

un análisis de los mismos para comprobar si de ellos resulta un cuerpo coherente de competencias específicas que traducir a acciones formativas.

El hilo principal de la discusión es la coherencia entre los distintos niveles de la gestación de las competencias especificadas propias del egresado. Empezamos comprobando en qué medida los perfiles profesionales identificados en el Libro Blanco han sido considerados en las competencias especificadas para el Ingeniero de Edificación. En principio, señalábamos más arriba la confusión que supone que la ORDEN ECI 3855/2007 incluya, entre las competencias, propuestas tan generales que se confunden con los perfiles. El ejemplo más claro es la primera de las consideradas competencias:

- Dirigir la ejecución de las obras de edificación.

Pero también es excesivo considerar como competencias a las siguientes expresiones:

- Elaborar los proyectos técnicos
- Gestionar las nuevas tecnologías edificatorias
- Dirigir y gestionar el uso, conservación y mantenimiento de los edificios,
- Gestionar el proceso inmobiliario en su conjunto.

Esta última es especialmente abusiva, pues gestionar la totalidad del proceso inmobiliario es todo un proyecto profesional en sí mismo. Estos comentarios serían suficientes para fundamentar la idea de que los perfiles han inspirado las competencias, pero lo consideramos más un defecto de la formulación de la ORDEN que una ventaja. Por ello rastreamos los perfiles en el contenido de las competencias, exclusión hecha de la *contaminación* aludida. Es decir, estas expresiones confusas son seguidas de suficientes precisiones como para, primero, considerar el contenido como verdaderas competencias especificadas y, segundo, hacer posible la comprobación acerca de la coherencia entre ellas y los perfiles profesionales.

Para ello, atomizamos los grupos de competencias de la ORDEN para mayor claridad del análisis y colocamos junto a ellas los perfiles profesionales satisfechos utilizando la siguiente nomenclatura:

- **DTO.** Dirección técnica de la obra.
- **GPO.** Gestión de la producción de la obra.
- **PSS.** Prevención y Seguridad y Salud.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

- **EDE.** Explotación del edificio.
- **CAA.** Consultoría, Asesoramiento y Auditorías técnicas.
- **RPT.** Redacción y desarrollo de proyectos técnicos

Los párrafos que siguen son resultado de analizar, en el sentido estricto de separar, las competencias que componen el GC_IDE y asociarlas con los perfiles profesionales nominados con las siglas precedentes. A este grupo los denominamos Grupo de Competencias Atomizadas del Ingeniero de Edificación (GCA_IDE):

- **Control** cualitativo y cuantitativo de lo construido mediante el establecimiento y gestión de los planes de control de materiales, sistemas y ejecución de obra, elaborando los correspondientes **registros** para su incorporación al Libro del Edificio. (Perfiles DTO – GPO)
- Llevar el control económico de la obra elaborando las **certificaciones** y la liquidación de la obra ejecutada. (Perfiles DTO – RPT)
- Redactar **estudios y planes de seguridad y salud laboral**. (Perfil PSS - RPT)
- **Coordinar** la actividad de las empresas en materia de seguridad y salud laboral en obras de construcción, tanto en fase de proyecto como de ejecución. (Perfil GPO - PSS)
- Llevar a cabo actividades técnicas de **cálculo, mediciones, valoraciones, tasaciones y estudios de viabilidad económica**. (Perfiles DTO – GPO – EDE – CAA – RPT)
- Realizar **peritaciones, inspecciones, análisis de patología** y otros análogos y redactar los informes, dictámenes y documentos técnicos correspondientes (CAA)
- Efectuar **levantamientos de planos** en solares y edificios. (Perfiles RPT – CAA)
- Participar en los procesos de **gestión de la calidad** en la edificación. (Perfil DTA-GPO)
- Realizar análisis, evaluaciones y **certificaciones de eficiencia energética** así como estudios de sostenibilidad en los edificios redactando los documentos técnicos. (Perfil CAA)
- Elaborar estudios del **ciclo de vida útil de los materiales**, sistemas constructivos y edificios. (Perfil CAA)
- Gestionar el **tratamiento de los residuos** de demolición y de la construcción. (DTO – GPO)
- Asesorar técnicamente en los **procesos de fabricación** de materiales y elementos utilizados en la construcción de edificios. (Perfil CAA)
- Ostentar la representación técnica de las empresas constructoras en las obras de edificación. (Perfil GPO)

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

Una vez comprobado que todas las competencias son relevantes para los perfiles, procede aquí hacerse la pregunta sobre si estas competencias cubren todo lo que implica cada uno de los perfiles. La respuesta es que sí, pues si ponemos juntos los términos destacados en los ítems anteriores:

Se puede comprobar, una vez ordenadas por afinidades, que están consideradas todas las competencias relacionadas con los cinco perfiles como se indica en la tabla 11:

Tabla 11.- Relación Perfiles Profesionales y Competencias Específicas

Ref.	Perfiles	Competencias específicas
DTO	Dirección Técnica de la Obra.	Control de materiales y ejecución; Registros Medición de calidad y Certificación de lo ejecutado
GPO	Gestión de la Producción de la obra.	Gestión de la calidad; mediciones, valoraciones y estudios de viabilidad
PSS	Prevención y Seguridad y Salud.	Redacción de Estudios y Planes de Control y Coordinación de empresas
EDE	Explotación del Edificio.	Estudios del ciclo de vida de materiales
CAA	Consultoría, Asesoramiento y Auditorías técnicas.	Peritaciones y análisis de patologías, tasaciones, certificaciones de eficiencia energética, tratamiento de residuos
RPT	Redacción y Desarrollo de Proyectos Técnicos	Cálculo y levantamiento de planos

Competencias que se activan en los perfiles al ser integradas por acciones como dirección y gestión. Una vez comprobada la coherencia entre los dos niveles (perfiles y competencias específicas del ingeniero de edificación) se estudian las competencias concretas relativas a los *Materiales de Construcción* en el seno de las segundas.

En todas estas competencias especificadas del Ingeniero de Edificación son necesarias las competencias en *Materiales de Construcción* con distintos grados como mostramos a continuación:

- Para la dirección de la ejecución de las obras los materiales son el objeto de su acción, aunque más allá se desarrollen otros aspectos (procesos constructivos o valoraciones económicas) siempre se llevan a cabo sobre el fondo del conocimiento de los materiales.
- En las actividades de cálculo el conocimiento de las características de los materiales son fundamentales, ya se trate de estructuras o instalaciones, pues tales cálculos figuran en sus fórmulas de dimensionamiento. Por lo que respecta a las peritaciones, inspecciones y análisis de patologías con la correspondiente emisión de informes, dictámenes el conocimiento de los materiales, sus características (derivadas de sus sistemas de producción), especificaciones y sistemas de control son parte imprescindible de bagaje del experto que los elabore.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

- Los proyectos técnicos, por su parte, son descripciones, gráficas, literarias, dimensionales, económicas y caracterizadoras del futuro edificio o proceso técnico en ninguna de las cuales están ausente los materiales como objeto de las mismas.
- El control de calidad de la edificación se extiende a todos sus componentes, pero todos ellos están compuestos de materiales que tiene que ser conforme a las especificaciones para que los propios sistemas cumplan sus funciones complejas. Por eso el conocimiento de las técnicas estadísticas de control aplicadas a los *Materiales de Construcción* son fundamentales para el ingeniero de edificación. Especialmente relevante es la formación en las muy dinámicas tecnologías modernas con sus nuevas prestaciones.
- Una vez construidos los edificios es necesario que se lleven a cabo operaciones de conservación y, en determinado momento, de rehabilitación. Tales operaciones involucran siempre a los materiales de los que hay que conocer su vida útil en determinadas condiciones de uso y mantenimiento para la optimización de su contribución a la vida útil del conjunto de edificio.
- El ingeniero de edificación participa en los procesos de fabricación de materiales y sistemas,¹ ocasiones en que su conocimiento de los materiales específicos tiene que alcanzar altas cotas de intensidad.

Estos párrafos permiten determinar qué competencias sobre materiales cubren todas las competencias del Ingeniero de Edificación y las resumimos a continuación:

- Toma de decisiones para la adecuación de los materiales
- Conocimiento de las características de los materiales
- Conocimiento de las especificaciones de los materiales
- Descripción de los materiales en los proyectos técnicos
- Conocimiento de los protocolos de control
- Destreza en el uso de técnicas estadísticas de control
- Estudios de vida útil de los materiales
- Estudios relativos a la sostenibilidad del proceso de construcción
- Conocimiento de los procesos de fabricación

Comprobamos a continuación si estas competencias están incluidas en el Grupo de Competencias de la Asignatura *Materiales de Construcción* (GC_MC) siguientes:

- A.** Conocimiento de los materiales y sistemas constructivos tradicionales o prefabricados empleados en la edificación,

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

sus variedades y las características físicas y mecánicas que los definen.

- B.** Capacidad para adecuar los *Materiales de Construcción* a la tipología y uso del edificio,
- C.** Gestionar y dirigir la recepción y el control de calidad de los materiales y de la realización de ensayos y pruebas finales.
- D.** Conocimiento de la evaluación del impacto medioambiental de los procesos de edificación y demolición, de la sostenibilidad en la edificación, y de los procedimientos y técnicas para evaluar la eficiencia energética de los edificios.
- E.** Capacidad para aplicar la normativa técnica al proceso de la edificación, y generar documentos de especificación técnica de los procedimientos y métodos constructivos de edificios.

Para ello, analizamos el GC_MC:

- En la competencia A, la expresión "... tradicionales o prefabricados" no es pertinente porque "tradicional" se opone a "actual" o a "avanzado" y "prefabricado" a "en obra". En consecuencia debería decirse "*Conocimiento de los materiales tradicionales y avanzados y de los sistemas constructivos en obra o prefabricados, sus variedades y las **características** físicas o mecánicas que los definen*". Así expresada la competencia da cuenta del conocimiento disciplinara teórico con énfasis explícito en sus tipos y características, lo que implícitamente evoca sus sistemas de **fabricación** y sus **tipos**. Esta competencia cubre todas las necesidades teóricas de las 8 competencias del Ingeniero de Edificación.
- En la competencia B, queda bien recogido el **uso** adecuado de los materiales, con lo que se cubren las competencias 1ª – 4ª y 7ª del Ingeniero de Edificación.
- En la competencia C, se ocupa del **control** de calidad por su relevancia, lo que lleva a considerar las **especificaciones** reglamentarias de los *Materiales de Construcción* y cubrir la competencia 1ª del Ingeniero de Edificación
- En la competencia D se recoge el **impacto medioambiental**, lo que permite la conexión con competencia 6ª del Ingeniero de Edificación.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

Es decir, con las propuestas de modificación de la competencia A, todas las competencias de los *Materiales de Construcción* son pertinentes. Pero, además, este mismo análisis muestra que están recogidos todos los aspectos de los materiales (características, especificaciones, fabricación, tipos, uso, control e impacto medioambiental) que reclaman las competencias del GC_IDE. Por último diremos que el verdadero carácter de competencia se adquiere por su referencia a la **dirección, gestión y control** de los distintos procesos asociados a los *Materiales de Construcción*.

3.1.2.4 **Contribución de la asignatura *Materiales de Construcción* al Ingeniero de Edificación**

Cerramos el círculo de las competencias especificadas mostrando la importancia del conocimiento de los materiales para los perfiles profesionales que están en el origen de este apartado:

1. En la **dirección técnica** de la obra el ingeniero de edificación debe tomar **decisiones** de aceptación o rechazo sobre los materiales en función de las especificaciones de sus características en los pliegos de condiciones. Además, debe identificar incompatibilidades entre los materiales especificados y aquellos que la dinámica de la construcción requiera incorporar *ex novo*. Para ello, el director de la obra debe conocer las características pertinentes de los materiales y sus relaciones mutuas; conocer las especificaciones que fijan los valores esperados y planificar las operaciones de control; debe conocer la normativa que establece los procedimientos de ensayo y los criterios estadísticos de aceptación o rechazo y debe ser capaz de tomar decisiones equilibradas en las situaciones límite que se pueden plantear, sin menoscabo de las condiciones de seguridad establecidas en el proyecto.
2. En la **gestión de la producción** de la obra, el ingeniero de edificación debe contar con los distintos conocimientos sobre materiales del director de obra con el matiz de que su aplicación a las circunstancias de la obra se lleva a cabo desde la óptica de la empresa constructora, lo que implica introducir en los criterios de decisión el factor económico.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

3. En la **prevención y seguridad y salud laboral** el conocimiento de los materiales se aplica fundamentalmente a las decisiones sobre los componentes de las medidas de seguridad, tales como redes, cascos, arneses, andamios, etc.
4. En la **explotación del edificio** los materiales son vistos desde la óptica de su conservación en el tiempo (duración) especificado para su vida útil y su resistencia a la acción física y química del medio ambiente (durabilidad). Por ello es necesario que el ingeniero de edificación conozca los procesos de deterioro fundamentales de los materiales y sus métodos de mantenimiento y reparación en su caso.
5. En las tareas de **consultoría y asesoramiento** el conocimiento de materiales va a depender de la cuestión planteada. Cuando esta asesoría se plantea en el terreno judicial y es un pleito en el que los materiales están en el origen de la demanda, es obvio que el conocimiento de los materiales debe ser profundo para dirimir bajo la presión de los intereses en juego. Pero, en otros casos, los materiales resultan irrelevantes o, mejor dicho, constituyen un fondo vago e ilustrativo por tratarse de cuestiones de carácter económico (aunque sea sobre materiales).
6. En la redacción de **proyectos técnicos** el conocimiento de materiales influye de forma distinta según se trate de la descripción económica (mediciones y presupuestos); la descripción gráfica (los planos), la descripción literaria (la memoria), o la descripción técnica (el pliego de condiciones. De todos ellos, es el pliego de condiciones el que mayor conocimiento requiere porque en él se proporcionan las características de los materiales seleccionados para el proyecto en cuestión. Características que permiten seleccionar los materiales concretos entre los ofrecidos por los fabricantes y establecer los umbrales para la toma de decisiones en el control de calidad.

Queda probada la posición central que los *Materiales de Construcción* ocupan en los perfiles profesionales asociados al título de Ingeniero de Edificación directamente y con la mediación de las competencias del Ingeniero de Edificación especificadas por el RD 1393/2007

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: DISEÑO

Tabla 12.- Relación Competencias ECI y Perfiles Profesionales

Los textos que figuran en esta columna proceden de la atomización de las competencias para Ingeniero de Edificación especificadas por la ORDEN ECI 3855/2007		Perfiles Profesionales						
		DTO	GPO	PSS	EDE	CAA	RPT	
Grupo de Competencias atomizadas (GCA_IDE)	1	Control cualitativo y cuantitativo de lo construido mediante el establecimiento y gestión de los planes de control de materiales, sistemas y ejecución de obra, elaborando los correspondientes registros para su incorporación al Libro del Edificio. (Perfiles DTO – GPO)	A-B-C-E	A-B-C-D-E				
	2	Llevar el control económico de la obra elaborando las certificaciones y la liquidación de la obra ejecutada. (Perfiles DTO – RPT)						
	3	Redactar estudios y planes de seguridad y salud laboral. (Perfil PSS - RPT)			A-B-E			A
	4	Coordinar la actividad de las empresas en materia de seguridad y salud laboral en obras de construcción, tanto en fase de proyecto como de ejecución. (Perfil GPO - PSS)						
	5	Llevar a cabo actividades técnicas de cálculo, mediciones, valoraciones, tasaciones y estudios de viabilidad económica. (Perfiles DTO – GPO – EDE – CAA – RPT)	A-B-E				A-B-E	A-E
	6	Realizar peritaciones, inspecciones, análisis de patología y otros análogos y redactar los informes, dictámenes y documentos técnicos correspondientes;					A-B-C-E	
	7	Efectuar levantamientos de planos en solares y edificios. (Perfiles RPT – CAA)						
	8	Participar en los procesos de gestión de la calidad en la edificación. (Perfil DTO-GPO)						
	9	Realizar análisis, evaluaciones y certificaciones de eficiencia energética así como estudios de sostenibilidad en los edificios redactando los documentos técnicos. (Perfil CAA)					A-E	
	10	Elaborar estudios del ciclo de vida útil de los materiales, sistemas constructivos y edificios. (Perfil CAA)					A-B-D-E	
	11	Gestionar el tratamiento de los residuos de demolición y de la construcción. (DTO – GPO)		A-D-E				
	12	Asesorar técnicamente en los procesos de fabricación de materiales y elementos utilizados en la construcción de edificios. (Perfil CAA)					A-B-C-D-E	
	13	Ostentar la representación técnica de las empresas constructoras en las obras de edificación. (Perfil GPO)						
Las letras A-B-C-D-E se corresponden con las competencias especificadas para los materiales por la ORDEN ECI 3855/2007								

En la tabla 12 Se ofrece un resumen de las relaciones entre los Perfiles Profesionales, las Competencias Atomizadas del Ingeniero de Edificación y las Competencias de *Materiales de Construcción*.

3.1.3 Conocimiento disciplinar

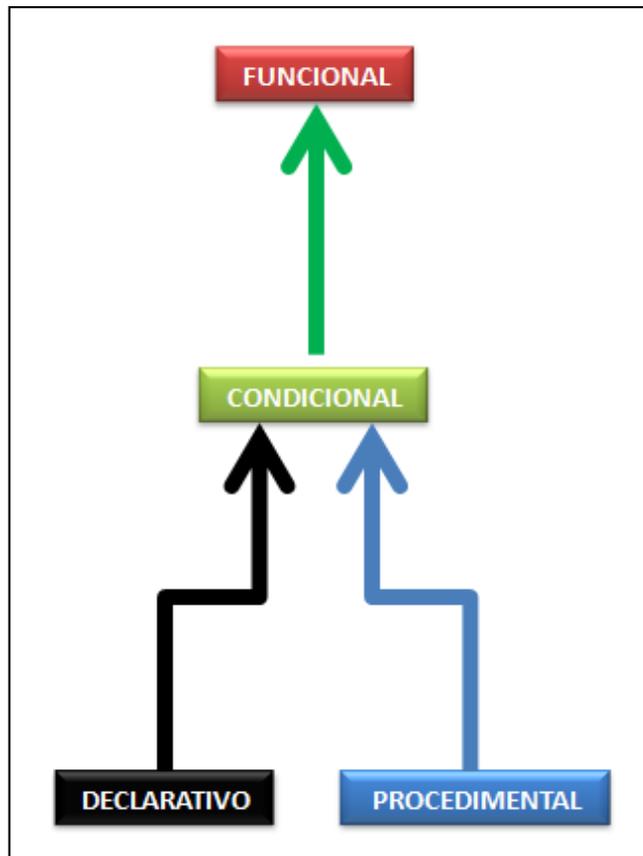
A efectos de la investigación, y con el propósito de darle fundamento a las innovaciones didácticas en lo relativo al contenido, procedemos en esta apartado a presentar el conocimiento disciplinar de la asignatura *Materiales de Construcción* en relación con su aplicación en la Edificación. Este apartado lo organizamos sirviéndonos de las definiciones de Biggs (2008) de los siguientes tipos de conocimiento:

- **Declarativo**
- **Procedimental**
- **Condiciona**

Estos tres tipos de conocimiento hacen posible, cuando converge en la acción, el conocimiento **Funcional**. Un conocimiento éste en el que concurren todas las capacidades necesarias, por lo que su logro se puede considerar equivalente a adquisición de las competencias. La ventaja de traer a colación el concepto de conocimiento funcional es una mejor comprensión de en qué consiste ser competente. A lo que suma la taxonomía SOLO como sutil aclaración de los niveles del conocimiento declarativo, como veremos más adelante.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

Figura 25.- Esquema de los tipos de conocimiento



De este modo vamos más allá de clasificaciones bipolares del tipo:

- Académico – Profesional
- Teórico – Práctico
- Explícito - Implícito

Esta clasificación permite plantear la importante cuestión de la naturaleza del conocimiento disciplinar de la asignatura de materiales en la titulación de Ingeniero de Edificación en un sentido amplio avanzando hacia aquellos aspectos relacionados con la aplicación del conocimiento en condiciones realistas para ser funcional.

3.1.3.1 **Conocimiento declarativo**

El conocimiento declarativo se refiere al **qué** debe saber un alumno acerca de los *Materiales de Construcción*. Se trata del **saber** de las propuestas del proyecto TUNING. El Real Decreto 1393/2007

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

establece en relación con el conocimiento declarativo las siguientes competencias básicas:

"Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio".

Para dar cumplimiento a este mandato en lo referido al conocimiento declarativo vamos a deducirlo de las competencias específicas referidas a los *Materiales de Construcción*.

- A.** *Conocimiento de los materiales y sistemas constructivos tradicionales o prefabricados empleados en la edificación, sus variedades y las características físicas y mecánicas que los definen.* De estas competencias deducimos el conocimiento declarativo de las **características** de los materiales y los **tipos** que se presentan en el mercado, tanto si son resultados de operaciones sobre materiales naturales para su adecuación al uso, como si son resultado de complejas operaciones de análisis, síntesis y transformaciones de materias primas.
- B.** *Capacidad para adecuar los materiales de construcción a la tipología y uso del edificio.* De estas competencias deducimos el conocimiento declarativo relativo a los **criterios** de selección materiales para su adecuación en el seno de sistemas constructivos complejos.
- C.** *Gestionar y dirigir la recepción y el control de calidad de los materiales y de la realización de ensayos y pruebas finales.* De esta competencia se deduce todo el conocimiento declarativo sobre las **especificaciones** normativas donde se especifican los valores mínimos o máximos que deben cumplir los materiales para la adecuación de su uso. Estas especificaciones se presentan en reglamentos específicos para cada material. Para poder estar seguro de que las especificaciones se cumplen es necesario llevar a cabo operaciones de control cuyos protocolos en forma de normas previamente redactadas debe conocer el alumno.
- D.** *Conocimiento de la evaluación del impacto medioambiental de los procesos de edificación y demolición, de la sos-*

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

tenibilidad en la edificación, y de los procedimientos y técnicas para evaluar la eficiencia energética de los edificios. Esta competencia se presenta un tanto confusa para su desarrollo en el plan de estudios de la titulación de Ingeniero de Edificación en la Politécnica de Cartagena porque, aunque se presenta así en la ORDEN ECI 3855/2007, los aspectos relacionados con la sostenibilidad y la eficiencia energética se proporcionan en otras asignaturas. Queda para los materiales lo referente al reciclado de materiales que sí debe incorporarse como conocimiento disciplinar.

- E.** *Capacidad para aplicar la normativa técnica al proceso de la edificación, y generar documentos de especificación técnica de los procedimientos y métodos constructivos de edificios.* Esta competencia tiene un carácter transversal por referirse a todos los documentos normativos que regulan el sector los aspectos técnicos del sector de la construcción de edificios. Pero para su aplicación a los *Materiales de Construcción* se pone el énfasis en el conocimiento de la estructura general de la regulación de la edificación para mostrar el contexto de las normativas específicas sobre los materiales para su especificación, aplicación y control. En cuanto a la generación de documentos con especificaciones técnicas la competencia indica la necesidad de un conocimiento declarativo sobre la redacción de tales documentos para su inclusión en los proyectos técnicos.

Como se puede ver el contenido disciplinar declarativo que se desprende de las competencias se compone de:

1. Características de los materiales (competencia A)
2. Tipos de materiales (competencia A)
3. Criterios para la selección de materiales para su adecuación (competencia B)
4. Especificaciones normativas sobre *Materiales de Construcción C)*
5. Sistemas de reciclado de materiales (competencia D)

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

6. Encaje de la normativa de materiales en la estructura general de la normativa de edificación y elaboración de documentos para la especificación técnica (competencia E)

Entramos, ahora, en detalles:

1.- Las características de los materiales son de tipo químico, físico, mecánico y se dan en dos niveles: como materia prima (por ejemplo, arcilla) y como forma (por ejemplo, ladrillo).

2.- Los tipos de materiales aluden a los resultados de los procesos premeditados de fabricación pero no reclaman explícitamente que tales procesos formen parte del conocimiento disciplinar ni a los usos concretos que les da. Los tipos de materiales atendiendo a criterios y categorías resultado de la experiencia del doctorando dan como resultado la siguiente clasificación:

- Según la forma materiales:
 - Sin forma previa a su recepción en obra (hormigones, morteros)
 - Con forma previa a su recepción en obra (baldosas, ladrillos)
- Según la función materiales:
 - Resistentes
 - Salubres, reciclables
 - Resistentes al fuego
 - Seguros en el uso
 - Aislantes acústicos
 - Aislantes térmicos
- Según el uso materiales para:
 - Cimentaciones
 - Estructuras
 - Fachadas con su carpintería
 - Cubiertas
 - Revestimiento de suelos, paredes y techos
 - Divisiones interiores con su carpintería
 - Instalaciones (conducción de fluidos, información, personas y objetos)
 - Urbanizaciones

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

- Según el estatus del fabricante
 - Certificados
 - No certificados

3.- Los criterios para la selección de materiales es un tipo de conocimiento declarativo que hace posible la aplicación correcta de los materiales para cumplir una función y evitar incompatibilidades. Está constituido por relaciones entre:

- Características y usos
- Materiales compatibles
- Micro estructura y macro estructura
- Micro estructura y propiedades
- Materiales y clima
- Materiales y medioambiente

4.- Las especificaciones normativas sobre *Materiales de Construcción* que contribuyen a su conocimiento disciplinar son documentos de procedencia heterogénea que solamente en la última década ha convergido en un cuerpo coherente y suficientemente encajado en el marco general del llamado Código Técnico de la Edificación. Las especificaciones se clasifican según:

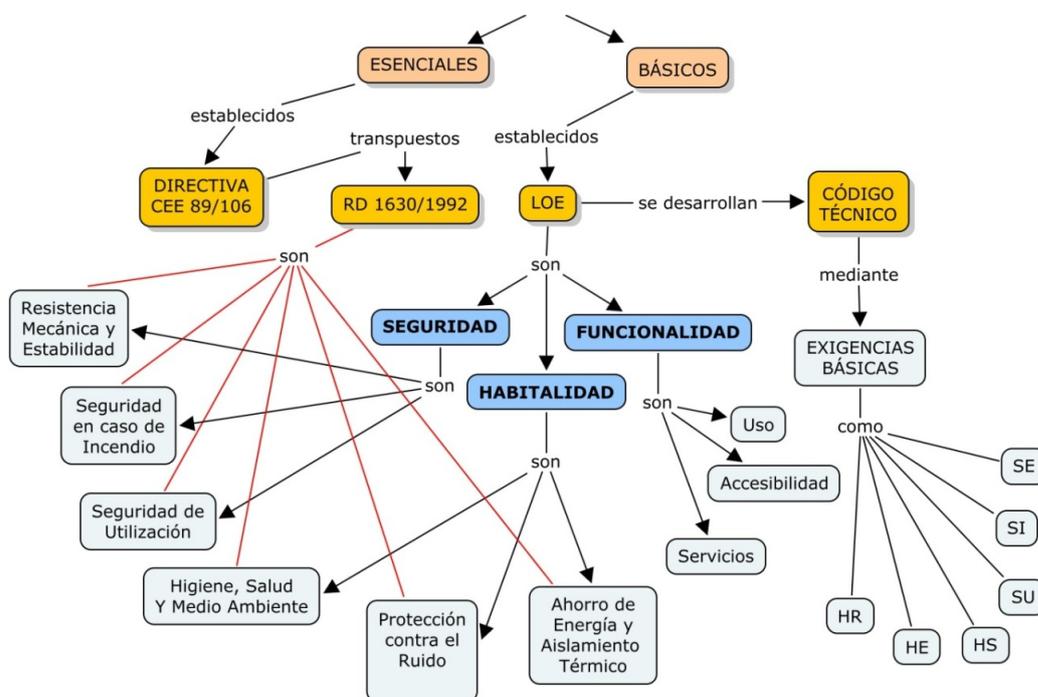
- Obligatoriedad
- Voluntarias
- Normas de producto
- Normas de ensayo
- Documentos de Idoneidad Técnica
- No voluntarias
- Reglamentos
- Instrucciones
- Proyectos
- Tipo de control
- Propias de las certificaciones obligatorias (Marcado CE)
- Propias de las certificaciones voluntarias
- La fase del proceso de los materiales
- De características
- De producción
- De control

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

5.- En relación con el reciclado de materiales, el conocimiento disciplinar se reduce a la organización en obra de los residuos del proceso de ejecución o de los materiales procedentes de una demolición para su posterior traslado a plantas de procesado.

6.- En cuanto al encaje de la normativa de materiales del punto 4 en el marco general de la normativa de la edificación constituye un conocimiento disciplinar que esta asignatura se presenta de forma esquemática por ser su tratamiento en profundidad objeto de otras asignaturas de la titulación. La Figura 26 presenta un mapa conceptual relativo a tal conexión.

Figura 26.- Mapa conceptual de Requisitos Normativos



Por otra parte, el conocimiento declarativo de los *Materiales de Construcción* para el cual se predica la competencia en la titulación de Ingeniero de Edificación puede ser clasificado, de acuerdo con tendencias procedentes de las universidades de Massachusset (MIT) y Cambridge son los siguientes (Fernández, 2006; Ashby 2007; Pohl, 2011; Prieto, 2000):

- **Cerámicos** (Arcilla cocida, Hormigón, Pétreos, Vidrio)
- **Metálicos** (Férreos, no Férreos)
- **Polímeros** (Termoplásticos, Termoendurecibles, Elastómeros)

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

- **Compuestos** (Polímeros reforzados con fibra de vidrio o de carbono)
- **Naturales** (Madera, Fibras naturales, Biopolímeros, Materiales térreos)

Con estos distintos puntos de vista organizativos es posible tener un panorama completo de los materiales modernos de construcción.

3.1.3.2 **Conocimiento procedimental, condicional y funcional**

Una vez establecido el conocimiento disciplinar declarativo abordamos el procedimental. Un tipo de conocimiento que conlleva conocer el **cómo** de las operaciones descritas en los documentos normativos operacionales relacionados en el apartado anterior para demostrar la destreza de su ejecución. Es el **saber hacer** del proyecto TUNING. El conocimiento procedimental debe integrar las habilidades y destrezas necesarias para la realización de este tipo de operaciones. Por eso el Real Decreto 1393/2007 establece las siguientes competencias básicas:

"Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio".

Para la determinación del conocimiento procedimental de esta disciplina acudimos, en primer lugar, a las competencias relativas a los materiales como hemos hecho para establecer el conocimiento declarativo. Conocimiento que, por otra parte está en la base implícitamente (características de los materiales) o explícitamente (normas de ensayo) del conocimiento procedimental.

- A.** Conocimiento de los materiales y sistemas constructivos tradicionales o prefabricados empleados en la edificación, sus variedades y las características físicas y mecánicas que los definen.
 - De estas competencias se deduce el conocimiento procedimental de la realización de experimentos en laboratorio que muestren el cómo se miden las características de los materiales y cómo se controla la incertidumbre de medida y cómo la heterogeneidad de los materiales explica la aleatoriedad asociada a sus prestaciones.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

- B.** Capacidad para adecuar los *Materiales de Construcción* a la tipología y uso del edificio.
 - De estas competencias deducimos el conocimiento procedimental que permita la destreza de la identificación de materiales de forma organoléptica y la realización e interpretación de documentos con datos experimentales.
- C.** Gestionar y dirigir la recepción y el control de calidad de los materiales y de la realización de ensayos y pruebas finales.
 - De esta competencia se deduce todo el conocimiento procedimental relacionado con la realización de ensayos.
- D.** Conocimiento de la evaluación del impacto medioambiental de los procesos de edificación y demolición, de la sostenibilidad en la edificación, y de los procedimientos y técnicas para evaluar la eficiencia energética de los edificios.
 - Esta competencia no justifica en el momento actual conocimiento procedimental.
- E.** Capacidad para aplicar la normativa técnica al proceso de la edificación, y generar documentos de especificación técnica de los procedimientos y métodos constructivos de edificios.
 - De esta competencia se deduce el conocimiento procedimental que permita la elaboración competente de documentos técnicos, tales como pliegos de condiciones, Planes de Control y Programas de Control e Informes de Control.

En resumen el conocimiento procedimental resultante del análisis es el siguiente:

- **Identificación** experimental de materiales por sus características observables. (Competencia A)
- **Caracterización** experimental de los materiales por sus cualidades no observables. (Competencia A y E)
- **Realización** de ensayos normalizados en laboratorio para el control de los materiales que constituyen el conocimiento disciplinar (Competencia C y E).

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

- **Elaboración** de documentos técnicos específicos de carácter finalista establecidos por los reglamentos (Competencia B y E)

Estas acciones del conocimiento procedimental implican una forma profunda del conocimiento declarativo.

En el marco del EEES no basta con contar con niveles que se consideren aceptables de conocimiento declarativo o procedimental. Por eso, entre las competencias especificadas para los ingenieros de edificación en lo referido a los *Materiales de Construcción* se incluyen en la Orden ECI 3855/2007 literalmente las siguientes competencias:

- Capacidad para adecuar los *Materiales de Construcción* a la tipología y uso del edificio (Competencia B).
- Gestionar y dirigir la recepción y el control de calidad de los materiales y de la realización de ensayos y pruebas finales (Competencia C).

Unas competencias cuya adquisición se dejaban en el pasado para el ajuste del egresado en el tejido profesional en el paradigma anterior y ahora se trasladan al ámbito académico. Aquí reside, precisamente, el reto de la reforma en el EEES en lo relativo al conocimiento y su transmisión al alumno.

Estas competencias de **adecuación** de los *Materiales de Construcción* y de **gestión** y **dirección** de procesos exigen actitudes y habilidades para anticipar **cuándo** y **por qué** hay que emplear este o aquel material o hay que rechazar este o aquel lote de materiales servido a determinada obra. A este conjunto de competencias las denominamos conocimiento **condicional**.

La razón de decidir una opción y el momento de implementarla son los rasgos fundamentales del conocimiento condicional. Un conocimiento que implica actitud y habilidad personal, pues compromete al que decide. Es un conocimiento que no puede aplicarse sin un conocimiento declarativo profundo y procedimental diestro, pero que va más allá al obligar al sujeto a reflexionar sobre los conocimientos específicos a la luz de la responsabilidad.

A estos efectos, el conocimiento disciplinar debe incluir situaciones verosímiles en las que el conocimiento de los materiales no sea visto como un conjunto de recetas de conocimiento con los bordes bien definidos, sino como un complejo cuyo uso está condicionado por fac-

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

tores que introducen incertidumbre que él debe salvar con su actitud y sus decisiones.

Este tipo de conocimiento está anticipado en las siguientes competencias básicas del Real Decreto 1393/2007:

"Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética"

"Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado"

En resumen el conocimiento condicional resultante del análisis es el siguiente:

- **Identificar problemas** en los procesos de edificación
- **Argumentar** sobre las soluciones propuestas
- **Tomar decisiones** de adecuación de los materiales a las tipologías y usos del edificio fundados en las características propias y las de los materiales que han de estar en contacto con ellos (Competencia B)
- **Resolver problemas** planteados por la recepción de materiales, sus ensayos y pruebas finales en condiciones de realidad verosímil (Competencia C)

Estas dos acciones propias del conocimiento condicional implican una forma profunda del conocimiento declarativo y una destreza demostrada en el conocimiento procedimental.

El conocimiento **funcional**, por su parte, es el que se adquiere cuando los conocimientos anteriores se funden en una acción competente. De esta forma se alcanza el propósito del proyecto TUNING que da respaldo a los aspectos propiamente formativos del EEES conectando con el concepto de competencias, entendidas como conjuntos complejos y dinámicos de conocimientos (entendidos en un sentido restrictivo), actitudes, habilidades y destrezas.

Hoy en día, son los sistemas de simulación los que, dando respuesta al conocimiento funcional, favorecen la síntesis de conocimientos necesaria para un futuro profesional (ELLIS, R. et al., 2006 y NAVARRO, E. et al., 2003). De esta forma se podrá afrontar el gran reto de Bolonia y el más complejo aspecto de su éxito. En el desarrollo del programa formativo que es objeto de investigación en esta tesis se

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

utilizarán modestas aproximaciones a la simulación mediante hojas de cálculo.

El conocimiento funcional consistirá, en este contexto en:

- Especificar materiales en un proyecto
- Elaborar pliegos de condiciones de materiales
- Elaborar Planes de control de materiales
- Elaborar Programas de control de materiales
- Tomar decisiones de aceptación y rechazo de materiales

El conocimiento funcional es el nexo con los objetivos académicos de la asignatura, pues en un contexto anterior a Bolonia se esperaba que el alumno adquiriese tal conocimiento en el ejercicio profesional y ahora se espera que la síntesis de conocimientos declarativo, procedimental y condicional se produzca en el marco académico, incluyendo las actitudes.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

3.2 Resultados en relación con el sub-problema 1.2: Los cambios didácticos

Veamos ahora los aspectos referidos a las innovaciones que hay que introducir en los objetivos formativos, en el programa de contenidos y en los métodos para nuestro propósito de innovación del programa formativo de la asignatura *Materiales de Construcción*. Los cambios didácticos que se proponen están motivados por el hecho fundamental que supone pasar de una enseñanza centrada en la actividad del profesor a una **centrada en el aprendizaje del alumno** y que este aprendizaje ha de ser profundo para hacer posible la autonomía del alumno en el futuro, tal y como se establece en el Real Decreto 1393/2007:

*«Por otra parte, la nueva organización de las enseñanzas universitarias responde no sólo a un cambio estructural sino que además impulsa un cambio en las metodologías docentes, que centra el objetivo en el **proceso de aprendizaje del estudiante**, en un contexto que se extiende ahora **a lo largo de la vida**»*

"Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía"

Los cambios didácticos se aplican al proceso de enseñanza y aprendizaje del conocimiento disciplinar identificado como consecuencia de los requisitos sociales. A efectos de la investigación de ese propósito se consideran oportuno llevar a cabo las siguientes tareas:

- Determinar los **objetivos** formativos necesarios para que los estudiantes adquieran los conocimientos disciplinares que se demandan en los requisitos sociales.
- Establecer qué cambios deben introducirse en los **contenidos** de enseñanza para alcanzar los objetivos formativos
- Establecer qué **métodos** de enseñanza y aprendizaje son necesarios para una mejor transferencia de los contenidos de enseñanza

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

3.2.1 Cambios didácticos en los objetivos formativos de la asignatura *Materiales de Construcción*

Figura 27.- Programa convencional

1	1 (A)	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	Materiales de Construcción I	15T + 1,5A 7,5+ 1,5A	10,5 6	6 3	- Tecnología de materiales - Química aplicada	- Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica - Construcciones Arquitectónicas - Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras - Tecnología del Medio Ambiente
	2 (1° C)		Materiales de Construcción II	7,5	4,5	3	- Ensayos - Control - Impacto medio-ambiental - Normativas	

Tradicionalmente las carreras técnicas y, en especial, las que habilitan para el ejercicio de profesiones reguladas, han sido planificadas a partir de los llamados descriptores publicados en el Plan de Estudios, un ejemplo de los cuales se muestra en la Figura 27 para la asignatura *Materiales de Construcción* en el Plan de Estudios oficial para la titulación de Arquitecto Técnico en la Universidad Politécnica de Cartagena:

Como se puede comprobar, en la segunda columna por la derecha, son unas meras referencias a algunos de los aspectos de los materiales como Tecnología de los materiales, Química aplicada, Ensayos, Control, Impacto medioambiental y Normativa enunciados de forma un tanto desorganizada.

Por otra parte a partir de aquí se establecían algunos objetivos, como los que se ejemplifican en la cita que sigue, procedente de la ficha de una asignatura de física:

"Dotar al alumno de los fundamentos y herramientas físicas que le permitan afrontar asignaturas técnicas de su carrera y contenidos de su vida profesional desde una perspectiva científica"

Con estas débiles premisas se desarrollaban programas, cuya factura se ejemplifica a continuación:

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

PROGRAMA DE TEORÍA

- Tema I. Conceptos generales.
- Tema II. Propiedades generales de los materiales.
- Tema III. Determinación de las propiedades. Ensayos.
- Tema IV. Materiales pétreos naturales.
- Tema V. Maderas.
- Tema VI. Materiales de la tierra.
- Tema VII. Materiales pétreos artificiales. Cerámicos y vidrios.
- Tema VIII. Conglomerantes.
- Tema IX. Conglomerados. Pastas, morteros y preliminares del hormigón.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Pliego general de condiciones para la recepción de yesos y escayolas. RY-85.
- Pliego para la recepción de cementos RC-97.
- Instrucción para la recepción de cales en obras de estabilización de suelos. RCA-92.
- Pliego general de condiciones técnicas para la recepción de ladrillos cerámicos en las obras de construcción. RL-88.
- NBE-FL90. Muros resistentes de fábrica de ladrillo.
- *Ana I. Vázquez Martínez y otros.- Materiales de construcción-Apuntes. 2 Tomos. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Sevilla.*
- *Juan Manuel Valiente Soler.- Pétreos Naturales. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.*
- *Juan Manuel Valiente Soler. Yesos, cales y cementos. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.*
- *Arilla Agorritz E, Ayats SALT C. y Juan Manuel Valiente Soler. Ejercicios de materiales de construcción.*
- *Rafael Capuz Lladró. Materiales Orgánicos. Maderas.*
- *CITAV. Manual del vidrio.*
- *Guía de la baldosa cerámica.*
- *Francisco Arredondo y Verdú. Generalidades sobre materiales de construcción.*
- *Francisco Arredondo y Verdú. Pétreos, cerámicos y vidrios.*
- *Francisco Arredondo y Verdú. Madera y corcho.*
- *Francisco Arredondo y Verdú. Cales y yesos.*
- *Francisco Arredondo y Verdú. Conglomerantes hidráulicos.*

Figura 28 Ejemplo de Programa Formativo conven-

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

Como se puede comprobar, es una mera relación de los materiales que lo componen y de la bibliografía recomendada. En este planteamiento se escapan importantes matices que vamos a destacar en nuestra propuesta.

Empezamos definiendo a los objetivos de una asignatura. Se consideran objetivos formativos para la asignatura *Materiales de Construcción* al conjunto de logros del estudiante en términos de capacidades relativas al conocimiento disciplinar en sus dimensiones de declarativo, procedimental, condicional y funcional, detallados en el apartado anterior. Para deducir los objetivos innovadores que precisamos, empezaremos estudiando desde otro punto de vista las competencias especificadas correspondientes que han resultado de la investigación del apartado 3.1

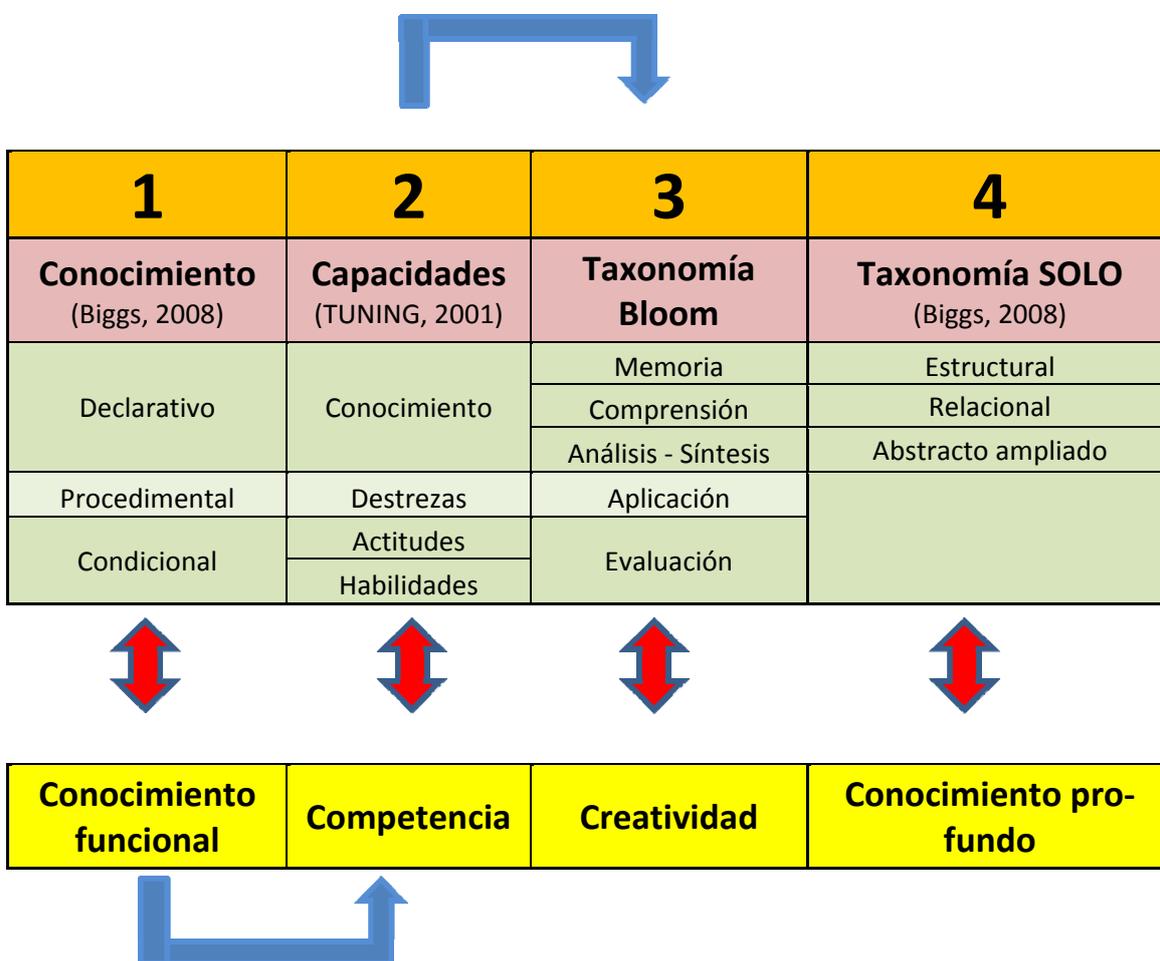
Pero antes, para clarificar el establecimiento de los objetivos vamos a analizar la relación entre algunas taxonomías de distintos autores sobre el conocimiento (Figura 29). Partimos de la que ya hemos utilizado para caracterizar el conocimiento disciplinar (columna 1). Como se sugiere en la figura que sigue, el conocimiento funcional es equivalente al que se entiende en el marco del EEES como competencia.

Estas taxonomías cobran nuevos matices en contraste con la conocida de Benjamin Bloom, que es utilizada posteriormente para estructurar los objetivos formativos. También se contrasta con la sutil taxonomía del conocimiento declarativo propuesta por John Biggs para poder calificar los distintos niveles identificados como superficial o profundo. Entre los primeros se encuentran los niveles Preestructural y Uniestructural y entre los segundos los niveles Multiestructural, Relacional y Abstracto Ampliado.

Todas son esquemas para la comprensión de las sutilezas del conocimiento que resultan útiles a la hora de estructurar la reflexión del docente y, por tanto, con influencia decisiva en su enfoque a la hora de diseñar el programa formativo.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

Figura 29.- Taxonomías de conocimiento y su relación



Es decir, dos formas de denominar, en el final de un proceso de enseñanza y aprendizaje, al desempeño eficaz de determinadas operaciones por parte de un aprendiz. Esta afinidad entre conocimiento funcional y competencia permite utilizar la taxonomía 2 en la que se recupera un concepto de conocimiento más restrictivo que es complementario de las actitudes, las habilidades y las destrezas del aprendiz para obtener el nivel de competencia. Un paso ulterior, nos permite obtener matices sobre el conocimiento que nos traslada en la taxonomía 3 (la de Bloom) al ámbito del aprendizaje y correlativamente al de la enseñanza favoreciendo una precisa identificación de objetivos, como veremos más adelante. Para establecer una lista de objetivos partimos de la taxonomía de Bloom que, una vez justificado su uso y relacionada con la estructura del conocimiento disciplinar y con las capacidades

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

del proyecto TUNING, es la que muestra más matices para un estudio sutil de los objetivos. En ella, como se sabe, se establece una jerarquía de relevancia creciente de modos de relación entre el alumno y el conocimiento. Se parte de la **memoria** como la respuesta más elemental de la mente a la necesidad de retención de información. Un nivel que dio un método al aprendizaje tradicional durante siglos. Se continúa con otro nivel más complejo, cual es la **comprensión** significativa de los conceptos y proposiciones, un nivel que se ha propuesto como objetivo a partir de la segunda mitad del siglo XX. Esta capacidad va ligada a operaciones intelectuales como el **análisis** y la **síntesis**. A partir de aquí la taxonomía lleva sus propuestas hacia niveles más complejos relacionados con la acción en condiciones realistas, hasta llegar a la emisión de juicios, **evaluación** o toma de decisiones. Finalmente en versiones más recientes de la Taxonomía se incorpora la **creatividad** como cumbre de la capacidad deseable para un universitario.

A partir de aquí se genera una lista completa de objetivos formativos que exponemos a continuación organizados por la taxonomía de Bloom /Capacidades de TUNING/Tipos de conocimiento de Biggs de la que extraeremos los objetivos del programa en la resolución del sub-problema 1.3. Cada uno de los objetivos se justifica por la competencia de *Materiales de Construcción* que lo fundamenta que se indica con su nomenclatura propia entre paréntesis.

MEMORIA/CONOCIMIENTO/DECLARATIVO

- I. Conocer memorísticamente** la nomenclatura y terminología específica de los *Materiales de Construcción*. Un objetivo que relacionamos con la competencia A (GC_MC)
- II. Identificar** materiales por su aspecto y por sus características observables y conceptos en cuestionarios de preguntas alternativas acompañadas de imágenes. Un objetivo que relacionamos con la competencia A (GC_MC)

COMPRENSIÓN/CONOCIMIENTO/DECLARATIVO

- III. Definir significativamente** conceptos escogidos por el alumno entre los que resulten nuevos para él en el contexto de los *Materiales de Construcción*. Un objetivo que relacionamos con la competencia A y B (GC_MC)

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

- IV. Conocer significativamente** la historia, características, especificaciones, sistemas de fabricación, tipos, usos, sistemas de control e impacto medioambiental de los materiales. Este objetivo se desarrolla en el marco de la teoría de la asimilación de Ausubel. Un objetivo que relacionamos con la competencia A, B, D y E (GC_MC)

ANÁLISIS-SÍNTESIS/CONOCIMIENTO/DECLARATIVO

- V. Sintetizar – Analizar** conceptualmente información procedente de una determinada fuente Un objetivo que relacionamos con la competencia B (GC_MC)

APLICACIÓN/DESTREZAS/PROCEDIMENTAL

- VI. Aplicar** los conocimientos a ejercicios y problemas abiertos. Un objetivo que relacionamos con la competencia B y C (GC_MC)
- VII. Caracterizar** materiales experimentalmente. Un objetivo que relacionamos con la competencia C (GC_MC)
- VIII. Realizar** ensayos de materiales. Un objetivo que relacionamos con la competencia C (GC_MC)
- IX. Elaborar** Pliegos de Condiciones de materiales teniendo en cuenta todos los requisitos básicos del Código Técnico de la Edificación con un propósito de durabilidad, duración y sostenibilidad de las soluciones adoptadas. Planes de Control de materiales teniendo en cuenta las condiciones previstas para la fase de ejecución. Programas de Control de materiales teniendo en cuenta el Plan de Control y el Pliego de Condiciones del Proyecto. Un objetivo que relacionamos con la competencia C y E (GC_MC)
- X. Diseñar** hojas de cálculo para las operaciones de cálculo de los Planes y Programas de Control, la dosificación de materiales y el control de operaciones. Un objetivo que relacionamos con la competencia C y E (GC_MC)
- XI. Interpretar** ensayos de materiales y datos Un objetivo que relacionamos con la competencia C y E (GC_MC)

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

EVALUACIÓN ACTITUDES-HABILIDADES/CONDICIONAL

- XII. Evaluar** los resultados de los procesos de fabricación. la aceptación o rechazo de materiales a partir de los resultados de operaciones de control. Un objetivo que relacionamos con la competencia A, C y E (GC_MC)
- XIII. Exponer y Transmitir** por escrito u oralmente información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado. Un objetivo que relacionamos con la competencia C (GC_MC)
- XIV. Colaborar** en el trabajo en equipo. Un objetivo que relacionamos con la competencia C (GC_MC)
- XV. Seleccionar** contenidos bibliográficos Un objetivo que relacionamos con la competencia A y E (GC_MC)
- XVI. Defender** argumentos por escrito u oralmente. Un objetivo que relacionamos con la competencia C (GC_MC)
- XVII. Transferir** esquemas a problemas distintos.
- XVIII. Emitir** juicios sobre textos de *Materiales de Construcción* y sus procesos que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética. Un objetivo que relacionamos con la competencia C (GC_MC)
- XIX. Auto aprender** independizando el aprendizaje de la enseñanza utilizando procesos de meta cognición.
- XX. Liderar** tentativamente los equipos. Un objetivo que relacionamos con la competencia C (GC_MC)

En relación con una graduación de objetivos de la lista extensa, se consideran verbos de nivel suficiente los de **conocer** (memorísticamente) e **Identificar**. Se consideran verbos de nivel intermedio los de **definir, conocer** (significativamente), **Sintetizar-Analizar, Aplicar, Caracterizar, Realizar ensayos**. Por fin, se consideran verbos de alto nivel de desempeño los de **Elaborar, Diseñar, Interpretar datos, Evaluar**.

En relación con las capacidades genéricas, se consideran acciones de nivel suficiente los de **Exponer y Transmitir, Colaborar y Seleccionar material bibliográfico**; de medio nivel los de **defender**

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: DISEÑO

argumentos. Finalmente, se consideran las acciones de **Transferir, Emitir juicios, Auto aprender y Liderar.**

Esta jerarquización se lleva a cabo a efectos del alineamiento ulterior con el sistema de evaluación para conseguir la congruencia completa con los objetivos formativos. En cuanto a la gradación del conocimiento declarativo se utiliza como referencia la taxonomía SOLO (Biggs, 2008) por su claridad selectiva de los distintos niveles de articulación de un discurso significativo por parte del alumno. Taxonomía cuyos niveles matizan al hallazgo de la dicotomía conocimiento superficial/profundo como se explicó en el capítulo 1

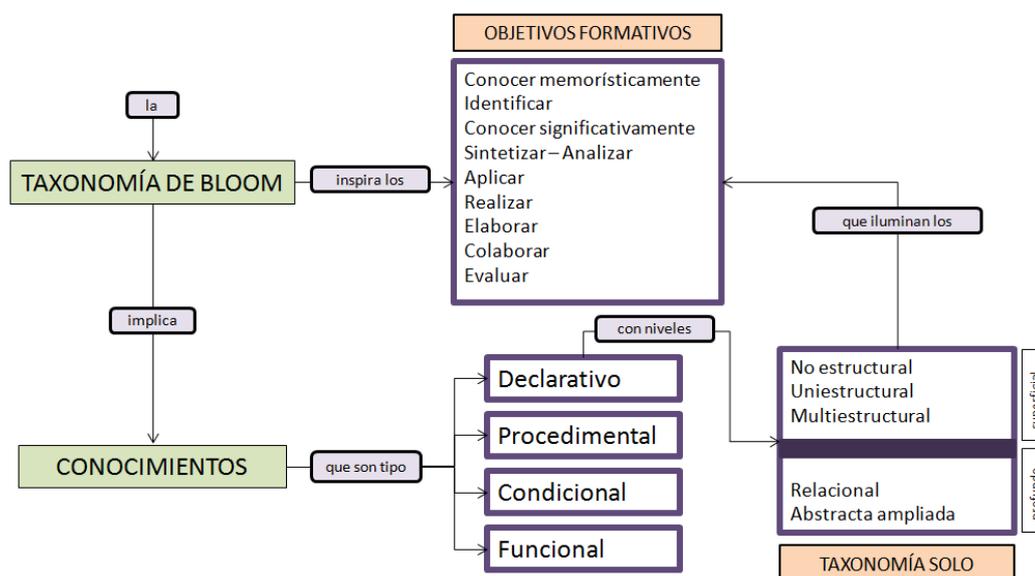
3.2.2 Cambios didácticos en los contenidos de enseñanza: conocimiento declarativo, procedimental y condicional.

En el apartado 3.1.5.1.1 se trataba el conocimiento disciplinar de carácter declarativo. Allí se desplegaba de forma sumaria todos los materiales de interés para un Ingeniero de Edificación. Se trataba de contenidos desde un punto de vista neutro. Ahora se trata de elegir qué contenidos se seleccionan para el programa de estudios y además, desde el punto de vista didáctico, cómo se ha de estructurar y presentar los contenidos de forma innovadora para cumplir con los objetivos establecidos en el apartado. Habitualmente en esta asignatura el contenido disciplinar se presentaba atendiendo principalmente a las características de los materiales con poco énfasis en otros aspectos como las especificaciones, el control de calidad o los aspectos medioambientales. También es un rasgo del modo tradicional de establecer los contenidos el carácter exhaustivo del programa con la pretensión de presentar todos los *Materiales de Construcción* con la misma densidad y extensión. Por otra parte, no se ponía suficiente énfasis en la estructuración de los contenidos para que contribuyese a la formación del alumno.

Una vez tratadas las innovaciones en los objetivos del programa es procedente establecer gráficamente sus relaciones con las taxonomías empleadas. Lo que hacemos con el siguiente esquema, que incluye la propuesta de Taxonomía de Biggs denominada SOLO, como vimos en 1.2.1:

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: DISEÑO

Figura 30.- Relación Objetivos y tipos de conocimientos



Acerca de los cambios en el contenidos relacionados con el conocimiento declarativo

Adelantamos que con la innovación que se propone se pretende estructurar el contenido de tal forma que, en las actividades de enseñanza el alumno perciba un ritmo de fondo que organice su aprendizaje. Por otra parte esta estructura de los contenidos favorece una poderosa alineación de los objetivos y las actividades con la evaluación de los conocimientos de tipo declarativo, procedimental, condicional y funcional. Y ello porque, dada la tendencia del alumno a organizar su esfuerzo desde la forma de evaluación, la estructuración de los contenidos disciplinares con el eje HISTORIA-CARACTERÍSTICAS-ESPECIFICACIONES-FABRICACIÓN-TIPOS-USOS-CONTROL-MEDIOAMBIENTE se ofrece para componer un campo de referencia con el eje de la jerarquía de capacidades establecida por los objetivos (MEMORIA-COMPRENSIÓN-APLICACIÓN). Esta relación entre objetivos y contenidos se refuerza si, como se pretende, la estructura de la evaluación sumativa de los conocimientos declarativos es la misma con la que se presentan en el marco de las actividades de Enseñanza. Actividades que cierran el polígono al diseñarse a partir de los verbos de acción asociados a los objetivos.

De las competencias especificadas para los *Materiales de Construcción* (GC_MC) se deducía en el apartado 1.1.2 los siguientes aspectos de los materiales:

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

- Fabricación
- Tipos
- Características
- Usos
- Control
- Especificaciones
- Impacto medioambiental

Estos aspectos **debidamente transformados** constituyen un buen punto de partida para ordenar la enseñanza del conocimiento disciplinar.

Estos conceptos admiten una interesante articulación y resumen en la definición. En efecto, la definición permite introducir al alumno en el material con un denso resumen de todo lo relevante si se sigue el heurístico de la Figura 31.

El heurístico cubre todos los aspectos que informan de la referencia del concepto. Entendemos por concepto, en este contexto, a una representación mental de la referencia de la palabra que da nom-

Figura 31.- Mapa conceptual de un heurístico para definir



bre al concepto. Una representación mental de las características que todos los ejemplares de una especie tienen en común. Para completar el cuadro se añade el género al que el concepto pertenece, es decir, la familia más próxima de conceptos a la que pertenece el concepto tratado (una mesa **es** un mueble), el origen del concepto y su sentido, utilidad o destino. Veamos un ejemplo:

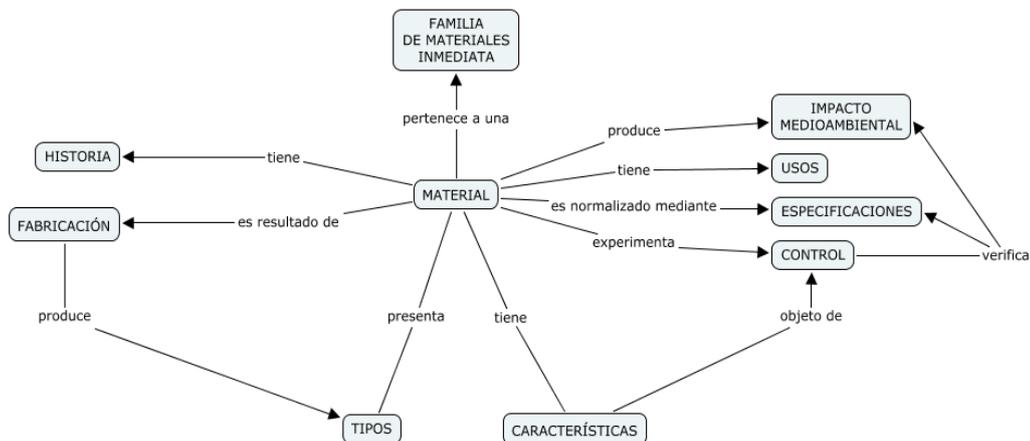
3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

El Hormigón

- **Género:** es un conglomerado (piedra artificial)
- **Origen:** con origen histórico en los compuestos con cal o puzolanas y origen industrial en las instalaciones denominadas centrales de obra o de hormigón preparado.
- **Destino:** se utiliza fundamentalmente para construir estructuras que han de contar con resistencia, durabilidad y sostenibilidad.
- **Componentes/características:** se compone de cemento, áridos y agua, habiendo incorporado desde los años noventa del siglo XX adiciones de ceniza volante o humo de sílice. Además modifica sus propiedades en estado fresco o endurecido mediante el uso de aditivos. Aditivos y adiciones que permiten la fabricación de hormigones especiales.

De esta forma se habitúa al alumno a ordenar su conocimiento conceptual evitando el desorden en las definiciones espontáneas, que lleva a expresiones del tipo (tal cosa «**es cuando...**»). Así, el alumno aprende a situar un determinado concepto en su entorno conceptual y a discriminar en su estructura, origen y destino.

Figura 32.- Aplicación del heurístico a los materiales



En el mapa conceptual (Novak, 1988; González García, 2008) que sigue se puede comprobar el efecto articulador que produce el heurístico sobre los conceptos estructurantes de la asignatura:

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

La segunda transformación consiste en ordenar por razones didácticas los conceptos estructurantes, que quedarían del siguiente modo:

- Historia
- Características
- Especificaciones
- Fabricación
- Tipos
- Usos
- Control
- Impacto medioambiental

La razón es la siguiente: Primero el alumno debe conocer la **historia** del material para situar las razones de su aparición. "*La mejor manera de comprender la educación es verla como un proceso en el que... se recapitula... la historia*" Egan (2000); después debe conocer sus **características**; a continuación sus **especificaciones** distinguiéndolas con claridad de las características por su carácter convencional. De este modo estará en condiciones de afrontar el conocimiento de los procesos de **fabricación**. De esta se deducen con naturalidad los **tipos** y formas comerciales derivados y los **usos** a que se destinan utilizando el conocimiento adquirido en la asignatura *Fundamentos de Materiales de Construcción*. Una vez fabricados los materiales, procede afrontar su **control de calidad** para comprobar que sus características cumplen las especificaciones. Finalmente se estudia su **impacto medioambiental** con su correlato el reciclado de materiales.

El contenido declarativo seleccionado para la asignatura es el siguiente:

- Pétreos para la construcción
 - Rocas (volcánicas y sedimentarias)
 - Mármoles (metamórficas)
 - Granitos
 - Maderas
 - Duras
 - Blandas
- Conglomerantes
 - Cal
 - Yeso

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

- Cemento
- Adhesivos
- Resinas
- Conglomerados
 - Morteros
 - Hormigones
 - Composites
- Cerámicas
 - De gran formato
 - Delgada
- Metales y sus aleaciones
 - Hierro
 - Cobre
 - Zinc
 - Aluminio
 - Plomo
- Vidrios
 - Planos
 - Curvos
 - Resistentes
- Polímeros
 - Fibras sintéticas
 - Elastómeros
 - Resinas

Esta relación permite establecer la serie de unidades didácticas con una duración en función del énfasis (en términos de duración) que es necesario poner a lo largo de los cursos en cada material por la evolución de la tecnología de los materiales y las tendencias en su uso. También influye la importancia relativa que los materiales tienen como consecuencia de su función en el conjunto del edificio. Así los hormigones y el acero por su función estructural reciben más atención que, por ejemplo los Composites. Por esa razón se podrá comprobar cómo las unidades didácticas se constituyen a partir tanto del primer nivel (familias) como del segundo (tipos).

Este es, pues, el conocimiento disciplinar en su dimensión declarativa. Más adelante se hará la selección que constituya el contenido

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: DISEÑO

formativo del programa en la resolución del sub-problema 1.3 (Programa formativo).

3.2.2.1 Acerca de los cambios en los contenidos relacionados con el conocimiento procedimental, condicional y funcional

En los contenidos relativos al conocimiento procedimental, la innovación reside en la realización con destreza de los ensayos descritos en la normativa profesional vigente. Hasta este momento se seguían los procedimientos interpretados y resumidos por el profesor. Ahora se propone utilizar los mismos reglamentos y normas que utilizan los profesionales para que el alumno pueda utilizarlos con naturalidad a partir de la finalización de la docencia.

Respecto del contenido de los procedimientos, se centra fundamentalmente en los protocolos de ensayos de materiales y las rutinas de realización de documentos finalistas, que no hay que confundir con el conocimiento funcional para su concepción y elaboración. El contenido estará constituido por las rutinas de identificación y realización de documentos de planificación y programación. En relación con los ensayos de materiales el contenido estará constituido por las acciones de realización de ensayos relevantes que proporcionan los resultados que permiten tomar decisiones de aceptación y rechazo de los materiales. En concreto son los siguientes:

Reglamentos y Normas

- EHE ARTÍCULO 79 apartado 1º Plan y Programa de Control
- UNE-EN 10002-1:2002. Materiales metálicos. Ensayos de tracción. Parte 1. Método de ensayo a temperatura ambiente.
- UNE-EN 12390-2:2001 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2: Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia
- UNE-EN 12390-3:2003. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3. Determinación de la resistencia a compresión de probetas.
- UNE-EN 12504-2:2002 Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 2. Ensayos no destructivos. Determinación del índice de rebote.
- UNE-EN 12504-4:2006 Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 4. Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

- UNE-EN 12620:2003 Áridos para hormigón
- UNE-EN 12620/AC:2004 Áridos para hormigón
- UNE-EN 12696:2001 Protección catódica del acero en el hormigón

Documentos finalistas

- Procedimiento para elaborar un Pliego de Condiciones
- Procedimiento para elaborar un Plan de Control
- Procedimiento para elaborar un Programa de Control
- Procedimiento para elaborar una síntesis de visita facultativa
- Procedimiento para elaborar un glosario de términos
- Procedimiento para realizar un catálogo de materiales

Es decir el conocimiento disciplinar en su dimensión procedimental cubre las acciones relacionadas con la realización de los ensayos normalizados y los documentos que figuran más arriba, de las que se hará una selección para la resolución del sub-problema 1.3 (Programa formativo)

Acerca de los cambios en los contenidos relacionados con el conocimiento condicional

Las situaciones que plantean los contenidos de carácter condicional son completamente nuevas para la materia. Nunca hasta ahora se había puesto a alumno ante la necesidad de mostrar su capacidad de juicio para elegir el momento de utilización de un determinado material o para argumentar las razones de su elección para un proyecto o su sustitución en una obra determinada.

Respecto del conocimiento condicional el contenido se centra en la toma de decisiones en las situaciones propias de un Ingeniero de Edificación en acción. El contenido estará compuesto por situaciones en las que el alumno debe decidir cuándo debe actuarse y por qué se ha de tomar una determinada decisión.

- En visitas facultativas reales o simuladas en el aula
- En situaciones del laboratorio
- En la selección de materiales del catálogo
- En situaciones problemáticas verosímiles

Esta es una lista no exhaustiva de situaciones reproducibles para que el alumno adquiera conocimiento condicional, de la que se hará

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

una selección para la resolución del sub-problema 1.3 (Programa formativo)

Por otra parte, si la incorporación del conocimiento condicional es una novedad absoluta, es de resaltar el impacto que se espera de la emergencia de las antiguas prácticas en forma de conocimiento funcional al ofrecer como modelo al alumno documentos procedentes del ejercicio profesional para que realicen por sí mismos documentos equivalentes **debidamente fundados desde el punto de vista técnico y científico.**

Respecto del conocimiento funcional los contenidos están constituidos por los siguientes encargos:

- Concepción y realización de prácticas de laboratorio que incluyan
 - Diseño de un material conforme a especificaciones
 - Fabricación del material
 - Caracterización mediante experimentos normalizados
 - Aceptación o Rechazo tras la evaluación de la relación entre características y especificaciones.
 - Concepción y realización de un proyecto real:
 - Realización de un pliego de condiciones
 - Realización de un Plan de Control
 - Realización de un Programa de Control
 - Realización de un glosario de 50 términos con sus definiciones
 - Realización de catálogo de materiales con 25 fichas
 - Decisiones a tomar en caso de deflación de resistencias
 - Decisiones a tomar en caso de ensayos de información
 - Decisiones a tomar en caso de pruebas de carga

Esta es una lista no exhaustiva de acciones realistas para que el alumno muestre conocimiento funcional, de la que se hará una selección para la resolución del sub-problema 1.3 (Programa formativo)

3.2.3 Acerca de los cambios didácticos en los métodos a aplicar en la asignatura *Materiales de Construcción*

A la hora de abordar los cambios didácticos, es en la metodología empleada donde éstos se hacen más evidentes para los alumnos.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

Los métodos son servidores de los objetivos e inspiradores de los contenidos, pero caracterizan el escenario del aula. Y, sobre todo, los métodos son el soporte del enfoque que ha de caracterizar el cambio propugnado por el EEES en términos de aprendizaje centrado en el alumno. Por otra parte, los métodos son el proceso más flexible y dependientes de los resultados obtenidos, pues deberán sufrir modificaciones en caso de que éstos no se alcancen. En el capítulo 1 se presentaron las opciones más adecuadas para el caso en lo relativo a los métodos.

Las actividades tradicionales en la presentación de los contenidos formativos de este tipo de asignatura han sido la clase expositiva y las prácticas de aula y laboratorio como ilustración de la teoría y el complemento de las tutorías individuales. Por otra parte, no se hacían explícitos los objetivos ni los sistemas de evaluación más allá de la captura que los alumnos hiciesen de exámenes anteriores, bien por vías irregulares o como oferta del profesor. Las clases expositivas agotaban el tiempo disponible para la relación presencial entre profesor y alumno. En ellas fundamentalmente se presentaban los contenidos teóricos, sin relación explícita con conocimientos procedimentales y, mucho menos, de carácter condicional. Estamos ante un panorama de clases de recepción pasiva de contenidos sin control de evolución del aprendizaje hasta el final del curso. Las clases prácticas, en muchos casos, tenían un nexo confuso con las clases teóricas por el condicionamiento impuesto por los recursos disponibles en los laboratorios.

Dada la probada conveniencia de centrar la actividad docente en el aprendizaje del alumno es necesario *descentrar* los polos que, hasta ahora, hipnotizaban al alumno: la actividad del profesor; los apuntes como compendio del saber y los exámenes escritos finales y de carácter sumativo. Descentrar no quiere decir eliminar, sino resituarlo en la red de percepciones que jerarquizan sus intereses. Hay que conseguir que el alumno se comprometa con su propio aprendizaje liderando la consecución de los objetivos, que deben ser conocidos de antemano por él. Hay, pues, que cambiar la escenografía para que alumno perciba que:

- Las presentaciones de contenidos por parte del profesor son una guía para evitar dispersiones en la selección de los materiales y sus aspectos principales avalados por la experiencia de aquel.
- Las presentaciones del profesor se recortan convencionalmente sobre un fondo ilimitado de datos presentes en la bi-

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

biografía tradicional y en Internet o procedentes de sus propias investigaciones

- Las presentaciones de material por parte del profesor son la antesala de la acción discente que debe comenzar desde el primer encuentro en el aula.
- Desde el primer día hay que acabar con cualquier esperanza del alumno de que puede llegar al aula a una confortable escucha en la que él regula el interés que presta.
- El alumno debe comprender y no hilvanar leve y fragmentariamente. Hay que acostumbrarlo a continuo y socrático preguntar.
- El tiempo presencial en el aula o en la tutoría es un tiempo para la coordinación del aprendizaje liderado por el alumno:
 - Señalando nuevos contenidos imprescindibles para las actividades
 - Señalando nuevas actividades
 - Proporcionando herramientas para el aprendizaje
 - Mapas conceptuales
 - Funciones de cálculo informático
 - Búsquedas en Internet
 - Simuladores de acontecimientos
 - Aplicaciones informáticas finalistas
 - Controlando el progreso mediante evaluación formativa y fijando nuevos ejercicios de auto aprendizaje
- Las actividades son el motor del aprendizaje para que el alumno salga de la somnolencia que le produce la escucha unilateral.
- Las actividades tienen que estar diseñadas de tal forma que obliguen al alumno a reclamar conocimiento **declarativo** para poder llevar a cabo su acción (conocimiento **funcional**).
- En un momento determinado del proceso, cuando la acción discente haya consolidado el conocimiento procedimental (cuando el alumno conozca a cierto nivel habilidades y destrezas) se le puede enfrentar a problemas abiertos donde ponga a prueba su capacidad de tomar decisiones, es decir, de adquirir y aplicar el conocimiento **condicional**.
- Para que la actividad no caiga exclusivamente en la fijación de recetas, imágenes o pautas de validez a corto plazo, incapacitando al alumno para llevar a cabo operaciones de transferencia a nuevas situaciones es necesario que el conocimiento declarativo adquirido significativamente sirva de sistema estabilizador. De ahí la necesidad de llevar a cabo actividades de evaluación formativa que permitan comprobar al alumno el grado de claridad conceptual alcanzado.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

- En este sentido es, a priori, fundamental la organización de los contenidos descritos en el apartado anterior, de tal forma que el alumno con cada material aprehendido en todos sus aspectos, mejore su capacidad de abordar el siguiente y cualquier otro que se le presente en el futuro, lo que es favorecido por la repetición de los conceptos estructurantes.

En resumen, las innovaciones en los métodos consisten en la acción conjunta de todos aquellos que se precisan en cada caso para alcanzar los objetivos formativos expresados en el lenguaje de la taxonomía de Bloom articulados con los cuatro tipos de conocimiento propuestos por Biggs. Es decir se pasa de una situación monótona desde el punto de vista metodológico a otra de gran riqueza.

Para ello partimos del catálogo completo de métodos y modalidad que nos propone De Miguel y que hemos presentado en el apartado 1.3.3 y 1.3.4. En la resolución del sub-problema 1.3 escogeremos los adecuados para que den respaldo a las actividades del programa formativo que se propondrá en el apartado 3.3:

- **Lección magistral/Método expositivo** para la presentación de contenidos disciplinares para el conocimiento declarativo.
- **Aprendizaje orientado a Proyectos** para la síntesis del conocimiento declarativo y aprendizaje del conocimiento condicional y funcional en la ejecución de un proceso conducente a la elaboración de un documento complejo o a la producción de un objeto. En el caso de la asignatura *Materiales de Construcción* se trata de especificar, fabricar, caracterizar y controlar un determinado material a escala experimental. Se incluyen las visitas a factorías para conocer procesos complejos en acción.
- **Resolución de ejercicios y problemas** tanto de carácter cerrado como abierto, con la mayor verosimilitud posible.
- **Aprendizaje orientado a problemas** para que emerja la capacidad de evaluación y toma de decisiones del alumno.
- **Aprendizaje cooperativo** para el aprendizaje de conocimientos tipo procedimental, condicional y funcional en el marco de las relaciones entre alumnos.
- Que son puestos en acción con las siguientes modalidades:
- **Clases teóricas** para la presentación del conocimiento declarativos. Esta modalidad compartirá las horas presenciales con el resto de las modalidades presenciales, perdiendo la hegemonía que mantenía hasta ahora. Entre los recursos más innovadores a emplear destacan los simuladores de acontecimientos.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

- **Clases prácticas** en aula convencional, aula informática o laboratorio para la aplicación del conocimiento declarativo y despliegue del conocimiento procedimental y funcional. Estas clases tendrá un carácter especialmente interesante por el empleo sistemático de funciones de Excel™ para la comprensión activa de las fórmulas relacionadas con los conceptos estructurantes.
- **Prácticas externas** para anticipar al alumno el conocimiento funcional y estimular la realización de análisis y síntesis de acciones complejas. Se llevarán a cabo mediante visitas a factorías de fabricación de materiales para que el alumno aprenda a identificar los procesos subyacentes y a almacenes de materiales para que tenga una visión amplia de los *Materiales de Construcción* con mayor uso en la edificación de la región.
- **Tutorías programadas** para evaluar el progreso del aprendizaje de los alumnos. Se citará a los alumnos por grupos para mantener una sesión de aclaración de conceptos y seguimiento del aprendizaje.
- **Estudio y trabajo en grupo** para activar las capacidades instrumentales, interpersonales y sistémicas del alumno. Esta modalidad se aplica fundamentalmente a los métodos de aprendizaje basado en proyectos y en procesos. El primero se desarrollará en torno a un **proyecto** de arquitectura real del que se realizará su Pliego de Condiciones y Plan de Control. El segundo estará basado en un proceso a escala de fabricación de un material en el laboratorio con objeto del que los alumnos del grupo lleven un proceso de aprendizaje
- **Seminarios** para alentar la discusión seminal en torno a conceptos que se muestren especialmente difíciles de comprensión.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

3.3 Resultados relativos al sub-problema 1.3: El Programa formativo

Una vez establecidas las innovaciones en lo relativo a objetivos formativos, contenidos y métodos, procedemos a concretar el diseño del programa formativo en sus partes fundamentales de **actividades tipo**, programa de **contenidos**, **secuencia** formativa y sistema de **evaluación**, que será tratado especialmente en el apartado 3.4 La resolución del sub-problema 3.3 implica seleccionar con criterio los aspectos considerados más relevantes para el programa que se quiere desarrollar y evaluar.

Empezamos ese proceso estableciendo los objetivos formativos para el programa como resultado de una síntesis de los que resultaron el análisis extenso realizado en el apartado 3.2.1 Naturalmente se hace sin perder el vínculo con las competencias correspondientes, como allí se indicaba.

La lista abreviada nos proporciona una relación más compacta de objetivos:

CONOCER

- I. **Conocer memorísticamente** la nomenclatura específica de los *Materiales de Construcción*.
- II. **Identificar** materiales por su aspecto y por sus características observables y conceptos en cuestionarios de preguntas alternativas.

COMPRENDER

- III. **Conocer significativamente** la historia, características, especificaciones, sistemas de fabricación, tipos, usos, sistemas de control e impacto medioambiental de los materiales. Esta competencia se desarrolla en el marco de la teoría de la asimilación de Ausubel.
- IV. **Sintetizar – Analizar** información procedente de una determinada fuente.
- V. **Aplicar** los conocimientos a ejercicios cerrados

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

APLICAR

- VI. **Aplicar** los conocimientos a ejercicios y problemas abiertos.
- VII. **Realizar** ensayos de materiales.
- VIII. **Elaborar** Pliegos de Condiciones de materiales teniendo en cuenta todos los requisitos básicos del Código Técnico de la Edificación con un propósito de durabilidad, duración y sostenibilidad de las soluciones adoptadas. Planes de Control de materiales teniendo en cuenta las condiciones previstas para la fase de ejecución. Programas de Control de materiales teniendo en cuenta el Plan de Control y el Pliego de Condiciones del Proyecto.
- IX. **Colaborar** en el trabajo en equipo.
- X. **Evaluar** trabajos complejos

3.3.1 Actividades tipo

Glosando a Valcárcel y Sánchez (2008) las actividades son un conjunto de tareas diferenciadas que se realiza en torno a un objeto de estudio con una intencionalidad didáctica en una fase determinada de la secuencia de enseñanza y modelo didáctico adoptado. Concretando más, en nuestro programa, las actividades En el presente Programa de Formación se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- Clases expositivas de 2 horas en cada semana durante 28 semanas en un aula convencional con proyector de imágenes desde el ordenador, en las que presentan todas las unidades didácticas teóricas con los contenidos teóricos siguiendo los conceptos estructurantes. Además de la presentación de los contenidos mediante la expresión oral del profesor, durante estas clases:
 - Se llevan a cabo proyecciones de vídeos seleccionados por el profesor por su oportunidad y expresividad.
 - Se realizan preguntas a alumnos elegidos al azar sobre el concepto estructurante que se esté impartiendo y los detalles de su comprensión
 - Se improvisan debates a partir de las respuestas obtenidas si presentan aspectos ambiguos que lo hacen posible
- Clases prácticas de 1 hora durante 7 semanas distribuidas en el curso, en un aula informática con proyector de imágenes desde el ordenador del profesor y conmutación para los ordenadores de los alumnos. En estas sesiones el profesor va

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

proponiendo un ejercicio cuya fundamentación teórica se conoce por las clases expositivas. Se usa software convencional (hoja Excel™) o específico (aplicación profesional). También se utilizan simuladores para generar datos de partida para los ejercicios.

- 8 sesiones en el laboratorio en las que se trabaja en grupos en el conocimiento procedimental entorno a un ensayo siguiendo la secuencia:
 - Elaboración del objeto a ensayar
 - Realización del ensayo
 - Interpretación de los resultados
- Seminarios de 1 hora durante 5 semanas para la discusión de un contenido monográfico sobre el que se profundiza mediante la discusión participativa de los alumnos durante 7 semanas.
- Elaboración de un proyecto, entendido como un proceso que incluye concepción, realización y control de un material para que el alumno experimente la relación entre la idea sobre un material de construcción y sus características y su realización con la consiguiente reflexión sobre las desviaciones potenciales. El alumno emplea su tiempo de estudio autónomo para la concepción, los seminarios para el afinamiento, las tutorías para las dudas y dos sesiones de laboratorio para la elaboración y ensayos final.
- Actividades de evaluación formativa durante el curso de corta duración (15 minutos) al final de cada unidad didáctica.

A tal fin se emplearán los siguientes recursos:

- **Aula informática** para la aplicación de conocimientos declarativos y la realización de prácticas con el Aula@Virtual y los simuladores.
- **Aula@Virtual** para poner a disposición de los alumnos toda la información relacionada con el curso y facilitar la evaluación formativa mediante cuestiones, ejercicios y problemas.
- **CES- Edupack** para facilitar las relaciones entre características de los distintos materiales a efectos de establecer agrupamiento con interés didáctico y profesional.
- **CMap Tool (Software para realizar mapas conceptuales)** para que el profesor pueda presentar contenidos de cualquier tipo de conocimiento disciplinar y el alumno pueda explicitar su conocimiento en tutorías y evaluaciones.
- **DVD** para la presentación de procesos reales complejos y a profesionales de distintos perfiles profesionales en acción
- **EDUCLICK** para controlar la evaluación del aprendizaje mediante el procesado inmediato de cuestionarios. Es una herramienta ideal para la retroalimentación de alumnos y profesores en el proceso final de una lección.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

- **Laboratorio** para realizar los ensayos con *Materiales de Construcción*
- **Lápiz y papel** para desarrollar y aclarar cuestiones en las tutorías programadas.
- **Pizarra** para el desarrollo o aclaración matemática o gráfica de determinadas cuestiones presentadas en PowerPoint.
- **Polimedia** para facilitar el conocimiento declarativo de clases perdidas
- **Porfolio** para facilitar el aprendizaje por parte del alumno de capacidades instrumentales relacionadas con la generación y clasificación de los resultados de su aprendizaje autónomo (Zimmerman, 2006)
- **PowerPoint** para la presentación de contenidos de forma ordenada en el aula o en seminarios
- **Simuladores (Hoja de cálculo)** para generar acontecimientos sobre los que realizar operaciones de aplicación de algoritmos de control de calidad
- **Aplicaciones informáticas Ad Hoc.** Para que el alumno conozca y utilice las mismas que se va a encontrar en el ejercicio profesional.
- **Guía Docente** que incluye toda la información e instrucciones para llevar a cabo las actividades.

Nos preparamos para que el alumno ante estas innovaciones responda con cierta perplejidad al descubrir que el *trabajo* discente conlleva la lectura de textos organizativos donde se les presentan las actividades en su contexto metodológico. Por eso, las Guías Docentes de la asignatura *Materiales de Construcción* deben ser documentos sumarios para facilitar su lectura y comprensión, pero sin perder la riqueza de matices que conlleva el desarrollo del programa formativo. En este sentido se utilizan dos instrumentos: una guía normalizada establecida por la Universidad y una guía docente más libre elaborada por el doctorando como coordinador de la asignatura. Ambos textos figuran en los anejo 9.5 de esta tesis. La duplicidad se entiende al comparar los dos documentos, uno escueto y literario y el otro más amplio y gráfico. Se ofrecen con carácter complementario y su coordinación exige tiempo y el paso de varios cursos como ciclos de mejora. Dado que las actividades se llevan a cabo de acuerdo con modalidades que materializan los métodos y que su ejecución requiere de recursos didácticos especializados, su articulación es compleja. Por eso, se presenta su relación en la tabla 13.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

Tabla 13.- Métodos y modalidades con los recursos didácticos

MODALIDADES	MÉTODOS						RECURSOS DIDÁCTICOS											
	Clase expositiva	Aprendizaje basado en Proyectos	Aprendizaje basado en problemas	Aprendizaje cooperativo	Estudio del caso	Evaluación por pares	Aula Informática	Aula@Virtual	CES-EUDPACK	CMAPTOOL	DVD	EDUCLICK	LABORATORIO	LÁPIZ Y PAPEL	PIZZARRA	POLIMEDIA	POWERPOINT	SIMULADORES
Clase teórica																		
Clases prácticas de aula																		
Clases prácticas de laboratorio																		
Prácticas externas																		
Tutorías programadas																		
Estudio y trabajo en grupo																		
Seminarios																		

3.3.2 Programa de contenidos

Los contenidos escogidos para el programa del catálogo ofrecido por el conocimiento disciplinar y en congruencia con los objetivos formativos es el siguiente, entre los materiales tradicionales de la construcción (anteriores al siglo XIX):

- Materiales pétreos
- Maderas
- Cal
- Yeso
- Bituminosos
- Cerámicos
- Vidrio

Y entre los materiales modernos (a partir del siglo XIX):

- Cementos
- Morteros
- Hormigones
- Metales
- Polímeros
- Pinturas

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: DISEÑO

Esta selección se ha hecho con el objetivo de proporcionar un panorama amplio de los *Materiales de Construcción* con una jerarquía entre ellos que viene señalada por el número de lecciones dedicadas a cada unidad didáctica. Entendiendo que cada Unidad didáctica está compuesta por el contenido relativo a cada concepto estructurante en cada material.

Estos contenidos, que constituyen las unidades didácticas, se presentan en lecciones que coinciden con cada uno de los conceptos estructurantes. A pesar de que cada unidad didáctica tiene su estructura interna, en los seminarios se tratará la unidad de grado superior que supone, por ejemplo, el carácter natural o artificial del material, el origen próximo remoto de todos ellos en la corteza terrestre (todavía) o la relación entre sus propiedades y las necesidades de los usuarios expresadas en los proyectos de ejecución de las obras de edificación.

De las tres horas presenciales de que se dispone en cada semana, dos están dedicadas a la presentación del contenido para la adquisición del conocimiento declarativo de cada material. Dado que los conceptos estructurantes que articulan la unidad didáctica precisan de duraciones distintas en función de la importancia relativa dada a cada material, la distribución del tiempo asignado queda como sigue:

3.3.3 Secuencia formativa

La secuencia formativa es un proceso ordenado lógicamente y temporalmente de actividades de enseñanza – aprendizaje y evaluación que responde a los objetivos. Este planteamiento obliga a una continua reflexión sobre la verdadera eficacia de las acciones programadas. En el apartado 1.3.3 pudimos comprobar la relación jerarquizada entre los métodos, las actividades y la secuencia en los términos propuestos por Valcárcel y Sánchez (2008). La secuencia formativa cubre todo el tiempo presencial ordenando anticipadamente todas las situaciones que se pretenda crear en el aula para promover el aprendizaje. Tendrán tres fases: inicial, desarrollo y cierre. En la fase inicial se presenta la oportunidad de que los alumnos capten los objetivos y se motiven para que su esfuerzo se dirija hacia los mismos.

La fase de desarrollo es la clave para activar las acciones que favorezcan un conocimiento significativo (Shuell, 1990) que sea el fundamento de la autonomía del alumno para el aprendizaje de nuevos contenidos sobre *Materiales de Construcción*. En la fase de cierre se

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

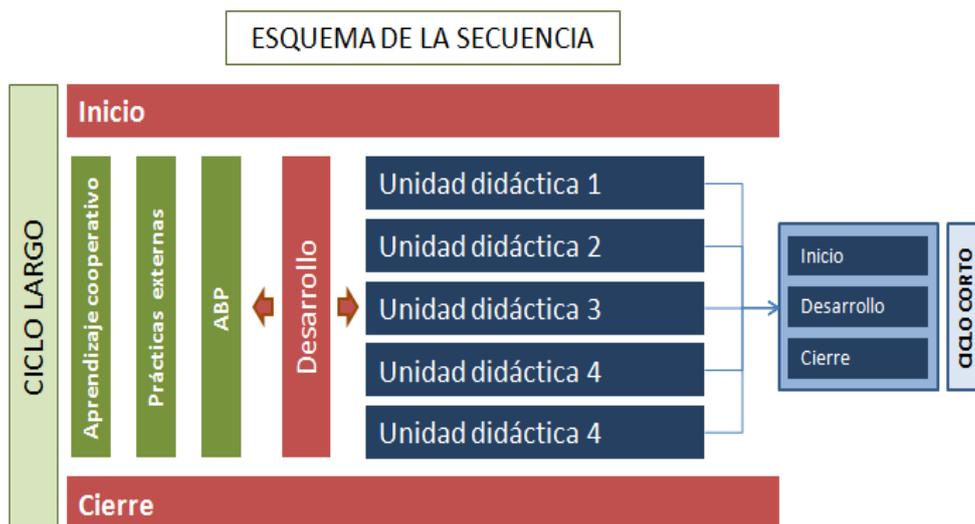
concluye con una síntesis y se evalúa de forma sumaria el aprendizaje producido. Para evitar que el alumno perciba el proceso de enseñanza – aprendizaje como un todo monótono y desmotivador se unen al ritmo de la secuencia, que debe ser debidamente enfatizado por el profesor, la variedad bien fundamentada de actividades que debe conducir al alumno de la escucha a la acción y de la acción a la pasión. Para ello, se debe aprovechar la fase de cierre para la realimentación del alumno mediante un sistema rápido de evaluación. La secuencia se organiza con dos ciclos de amplitud distinta. El **ciclo corto** que comienza para cada unidad didáctica con la presentación, continúa con la presentación de los conceptos estructurantes y termina con un resumen final de los más relevante de la unidad o material tratado. El **ciclo largo** cubre todo el curso. Comienza con una semana de presentación de la asignatura, su guía docente, los métodos, los ritmos, etc. Continúa con la celebración de seminarios, prácticas externas, actividades experimentales en laboratorio, etc. Período en el que se invita al alumno a que lleve a cabo la síntesis de los conocimientos declarativos que se les presenta en las clases expositivas, adquiera las destrezas asociadas al conocimiento procedimental y se ejercite en la toma de decisiones asociadas al conocimiento condicional (Figura 33)

Al cabo, la fase de cierre compuesta por una síntesis global de la asignatura y su relación con el ejercicio profesional, incluye la evaluación sumativa de los distintos tipos de conocimiento. La inserción en los ciclos de la evaluación es una de las innovaciones más relevante para esta asignatura en la medida en que tradicionalmente, los contenidos eran presentados en una continua y monótona serie que sólo era interrumpida por la naturaleza del contenido o el final del tiempo disponible.

El ritmo impuesto por la secuencia no debe afectar sólo a la adquisición de conocimientos declarativos en el ciclo corto, en los que solamente se vea reclamada la memoria y comprensión del alumno. Muy al contrario. Las actividades en que se aborda la resolución de problemas, la realización de proyectos o procesos en el ciclo largo, deben ser igualmente estructuradas por su

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

Figura 33.- Esquema de los ciclos de la asignatura de materiales



fase inicial, en la que la práctica en aula informática, el proyecto a realizar, o el proceso a emprender son relacionados con los objetivos de la asignatura, los correspondientes procedimientos son presentados. Por su fase de desarrollo, en la que el profesor procurará controlar las desviaciones respecto de los procedimientos previamente establecidos y, finalmente, la fase final, en la que el profesor realimentará a los alumnos respecto de los resultados de su trabajo.

El **ciclo corto** de la secuencia, que se aplica fundamentalmente a las unidades didácticas (del tipo que sean) debe ser articulado con el ciclo largo que compone una fase inicial de diagnósticos de la situación de partida de los alumnos, una fase de desarrollo compuesta por el proceso de enseñanza – aprendizaje a través de las actividades finalistas

Las unidades didácticas de conocimiento declarativo se complementan (horizontalmente) con las clases prácticas de laboratorio o en el aula informática para de cada material estableciendo el necesario diálogo entre el conocimiento declarativo y el procedimental. El desarrollo incluye tanto al ciclo corto para cada material como el ciclo largo en el que se aplican los métodos que ocupan a los alumnos de forma continua durante todo el curso y que concentra la actividad sobre un determinado proceso documental o experimental de carácter finalista.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

Desarrollamos a continuación la secuencia en términos de actividades programadas para los dos ciclos mencionados.

3.3.3.1 **Ciclo largo**

Al inicio se dedica una semana nominal a las siguientes actividades:

- Presentación de la asignatura y formación de grupos
 - Contexto EEES
 - Contexto Plan de Estudios
 - Asignatura
 - Objetivos
 - Contenidos
 - Métodos
- Evaluación inicial para captar los conocimientos previos que permitan ligeras correcciones en el desarrollo del ciclo.
- Encuestas
 - Sobre interés de la asignatura
 - Sobre estilos de aprendizaje (test de Felder)
- Sobre madurez intelectual (test de Perry)
- Presentación de los distintos ámbitos (laboratorio, aula informática) y recursos didácticos con prácticas sobre su empleo eficaz.
- Seminario de discusión sobre los *Materiales de Construcción* y su importancia en el arte, la arquitectura y la construcción de edificios para la motivación de los alumnos y *evaluación* del grado de interés provocado en los alumnos. Realimentación respecto de los resultados de la evaluación inicial.

Durante el desarrollo del ciclo largo se lleva a cabo el despliegue y seguimiento de los trabajos en los que se aplica métodos cuyo desarrollo exige gran parte del curso. Los métodos son:

- **Aprendizaje cooperativo** desarrollado para la adquisición de esta competencia en la realización de trabajos de interés profesional en grupo favoreciendo la discusión entre colaboradores y con el profesor en las sesiones de seminario que permiten orientar las tareas.
- **Aprendizaje basado en proyectos** para contribuir a que los alumnos sinteticen los conocimientos en la realización de un trabajo con *Materiales de Construcción* que cubra todo el ciclo que va desde la concepción hasta la comprobación experimental de que se han logrado los objetivos.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

- **Prácticas externas** para que el alumno perciba la fabricación de materiales en toda su complejidad industrial. Estas visitas se preparan con vídeos y explicaciones para que los alumnos interpreten los procesos que observarán en la visita.

Esta actividad es apoyada en la Guía Docente con cronogramas, formularios, referencias a recursos utilizables y textos procedimentales.

Este desarrollo es simultáneo con el despliegue del ciclo corto en el que para cada material se aplica la secuencia inicio-desarrollo-cierre hasta completar el catálogo de los materiales propuestos como contenido

El ciclo largo se cierra con una semana de balance en la que se hace un resumen de lo tratado en el desarrollo de los distintos métodos, se analizan los resultados de las distintas evaluaciones de carácter continuo y formativo. Se termina con un seminario abierto para la discusión sobre contenidos y docencia.

3.3.3.2 **Ciclo corto**

Como se ha dicho, el ciclo corto se repita para cada uno de los materiales. Comienza con una sesión de 30 minutos en la que se presenta el contenido principal y las actividades a llevar a cabo en seminarios, laboratorio y aula informática. Continúa con la presentación de los contenidos organizados por los conceptos estructurantes en las distintas modalidades y finaliza con un balance conceptual del material que se trate. Este ciclo tiene una duración proporcional a la importancia dada la material. Importancia que debe ser reconsiderada en función de la evolución del sector de la construcción. Es de esperar que en un futuro próximo las necesidades de control energético, y las nuevas soluciones aportada por la industria proveedora y la necesidad de reducir radicalmente la relación con el medio ambiente cambiará radicalmente las prioridades . Ello obligará a que la parte del programa dedicada a los contenidos se reoriente para dar respuesta a las nuevas situaciones. En la tabla que sigue se presentan los materiales en el orden en que se presentan y con las semanas en que se impartirá la docencia.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

Tabla 14.- Distribución de los contenidos del ciclo corto

Partes del curso	Semanas de estudio	Orden	Material	Nº Se- manas	Peso	Semanas	
Primera	14	1	Cal	1	4%	2	2
		2	Yeso	1	4%	3	3
		3	Cemento	2	7%	4	5
		4	Morteros	2	7%	6	7
		5	Hormigón	8	29%	8	15
Segunda	14	6	Metales	2	7%	16	17
		7	Armaduras	2	7%	18	19
		8	Pétreos	2	7%	20	21
		9	Cerámicas	1	4%	22	22
		10	Vidrio	1	4%	23	23
		11	Polímeros	2	7%	24	25
		12	Maderas	1	4%	26	26
		13	Bituminosos	1	4%	27	27
		14	Pinturas	1	4%	28	28
		15	Composites	1	4%	29	29
				28	100%		

Dada la complejidad de la superposición y complementariedad simultáneas de ciclos, métodos, modalidades, recursos, ámbitos y contenidos a lo largo de un curso se ha elaborado una tabla 15 que recoja toda la secuencia.

Esta tabla está adaptada al curso 2010-2011 incorporando el calendario oficial de la universidad para que se pueda comprobar cómo se relacionan los distintos aspectos de la secuencia.

Esta tabla actúa como un regulador a priori de la actividad completa del alumno, lo que incluye su propia programación.

Este cronograma articula las actividades de ciclo corto y ciclo largo, junto con las evaluaciones durante el curso. También figuran las fecha de las entregas situando el lunes de cada semana en correspondencia con el calendario oficial del curso publicado por la universidad.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

CICLO CORTO				CICLO LARGO				
SEM	FECHA	CONTENIDOS CC	PROFESOR	PROFESOR	ACTIVIDADES DE CICLO LARGO	LUGAR	EVALUACIÓN CL-ENTREGAS	LUGAR
1	20-sep	Presentación	Garrido	Garrido	Presentación "Materiales y Edificación"	AULA		
2	27-sep	Cal	Lanzón	Garrido	Presentación "Materiales y Edificación"	AULA		
3	04-oct	Yeso	Lanzón	Garrido	Presentación "Familias-Clases-Ejemplares"	AULA		
4	11-oct	Cemento	Lanzón	Garrido	Práctica de definiciones	AI		
5	18-oct	Cemento	Lanzón	Garrido	Práctica de Mapas Conceptuales	AI		
6	25-oct	Morteros	Lanzón	Garrido	Práctica de Mapas Conceptuales	AI		
7	01-nov	Morteros	Lanzón	S-L-Z	Cementos	LABOR		
8	08-nov	Hormigón	Garrido	S-L-Z	Granulometría	LABOR		
9	15-nov	Hormigón	Garrido	S-L-Z	Cerámicos	LABOR		
10	22-nov	Hormigón	Garrido	S-L-Z	Yesos	LABOR		
11	29-nov	Hormigón	Garrido	S-L-Z	Rotura CEM	LABOR	Glosario-Mapas conceptuales	ENTREGA
12	06-dic	Hormigón	Garrido	S-L-Z	Rotura YESO	LABOR		
13	13-dic	Hormigón	Garrido	Garrido	Visita distribuidor de materiales	ALMACÉN	Evaluación formativa hormigón	
14	20-dic	Hormigón	Garrido	Garrido	Búsqueda en Internet - Catálogos	AI	Crónica de visita almacén	ENTREGA
SNL	VACIONES DE NAVIDAD							
SNL								
15	10-ene	Hormigón (HAP)	Garrido	Garrido	Preparación para el ABP	AI		
SNL	EXÁMENES							
SNL								
SNL								
SNL								

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

16	14-feb	Metales	Conesa	Garrido	Seminario sobre Perfiles Técnicos	AI	Evaluación final Unidad Didáctica	AULA
17	21-feb	Metales	Conesa	S-L-Z	Hormigón I (ABP)	LABOR		
18	28-feb	Armaduras	Parra	S-L-Z	Aceros	LABOR	Evaluación formativa	AI
19	07-mar	Armaduras	Parra	S-L-Z	Aceros	LABOR		
20	14-mar	Pétreos	Peña	Garrido	Visita a obra de construcción	OBRA		
21	21-mar	Pétreos	Peña	S-L-Z	Hormigón II (ABP)	LABOR		
22	28-mar	Ceravidrios	Peña	Garrido	Seminarios sobre Perfiles Técnicos	AI	Crónica visita a obra	ENTREGA
23	04-abr	Ceravidrios	Peña	Garrido	Seminarios sobre Perfiles Técnicos	AI		
24	11-abr	Polímeros	Peña	Garrido	Seminario sobre Plan de Control	AI	Pliego de Condiciones	ENTREGA
SNL	VACIONES DE SEMANA SANTA							
SNL								
25	02-may	Polímeros	Peña	Garrido	Seminario sobre Plan de Control	AI		
26	09-may	Maderas	Peña	Garrido	Seminario sobre Plan de Control	AI		
27	16-may	Bituminosos	Peña	Garrido	Seminario sobre Plan de Control	AI		
28	23-may	Pinturas	Peña	Garrido	Preparación visita Factoría de Pinturas	AULA	Informe ABP	ENTREGA
29	30-may	Composite	Lanzón	Garrido	Visita a factoría de pinturas	FACT	Plan y Programa de Control	ENTREGA
30	06-jun	Balance	Garrido	Garrido	Reconocimiento de imágenes		Crónica visita a factoría	ENTREGA

Tabla 15.- Cronograma de actividades del alumno en el curso 2010-2011

S-L-Z Serrano – López – Zamora (Profesores de prácticas)

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: DISEÑO

3.3.4 Sistema de evaluación del programa formativo

Llegamos al último segmento del problema del diseño del programa: el sistema de evaluación. Tradicionalmente la evaluación en esta asignatura ha tenido carácter sumativo y ha consistido en el planteamiento al alumno de 10 preguntas de respuesta corta, cuatro ejercicios con solución exacta y treinta preguntas de respuesta alternativa. Las preguntas teóricas eran tomadas al azar (intuido por el profesor) del contenido presentado durante el curso. Los ejercicios eran estereotipados y respondían a la pretensión de comprobar que el alumno había comprendido aquellos aspectos importantes del contenido que se habían presentado en forma matemática.

3.3.4.1 Criterios de evaluación para la asignatura *Materiales de Construcción*

Los componentes fundamentales de la evaluación (Pérez Juste, 2000) son:

- Contenidos a evaluar
- La información a recoger (registros)
- La valoración de la información basada en criterios y referencias
- Finalidad

Establecido el contenido y estando clara la finalidad de mejora continua de la evaluación, tanto *dentro del programa* (resultados del aprendizaje) como *del programa* es necesario tratar con los criterios de evaluación y la valoración de la información registrada durante el desarrollo. Los criterios de los resultados del aprendizaje han de proceder de los objetivos formativos para garantizar la alineación (congruencia) de ambos. Es decir, ahora se pretende una fuerte alineación (Biggs, 2008) entre la evaluación y los objetivos con el nexo necesario de las actividades de enseñanza – aprendizaje. Para ello, es necesario que las competencias estén presentes en los objetivos y que los objetivos estén presentes en las evaluaciones, de modo que el resultado sea que alcanzar los objetivos suponga alcanzar la competencia especificada en un cierto grado. En definitiva, la alineación entre objetivos y evaluación

En el apartado 3.2.1 de Cambios didácticos en los objetivos formativos se decía lo siguiente:

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

*"En relación con una graduación de objetivos de la lista extensa, se consideran verbos de nivel suficiente los de **conocer** (memorísticamente), **aplicar a ejercicios**, **Identificar** y **realizar ensayos normalizados**. Se consideran verbos de nivel intermedio los de **definir**, **conocer** (significativamente), **Sintetizar-Analizar**, **Aplicar a problemas**, **Caracterizar**. Por fin, se consideran verbos de alto nivel de desempeño los de **Diseñar (especificar)**, **elaborar**, **Interpretar datos** y **Evaluar**. En relación con las capacidades genéricas, se consideran acciones de nivel suficiente los de **Exponer y Transmitir**, **Colaborar** y **Seleccionar material bibliográfico**; de medio nivel los de **defender argumentos**. Finalmente, se consideran las acciones de **Transferir**, **Emitir juicios**, **Auto aprender** y **Liderar**. Esta jerarquización se lleva a cabo a efectos del alineamiento ulterior con el sistema de evaluación."*

Esta jerarquización de objetivos está expresada de forma que permite contar con dos grupos de capacidades que tendrán a su vez tres niveles de interés formativo (Tabla 16).

Capacidades específicas

- Nivel I: conocer memorísticamente, identificar *Materiales de Construcción*, aplicar a ejercicios algorítmicos y realizar ensayos normalizados
- Nivel II: definir, conocer significativamente, sintetizar-analizar, aplicar a problemas abiertos y caracterizar *Materiales de Construcción*
- Nivel III: diseñar (especificar), elaborar documentos, interpretar datos y evaluar *Materiales de Construcción*.

Capacidades genéricas

- Nivel I: exponer y transmitir información, colaborar en el trabajo en grupo y seleccionar eficazmente material bibliográfico
- Nivel II: defender posiciones con argumentos, transferir estructuras de conocimiento declarativo y procedimental
- Nivel III: emitir juicios sobre situaciones complejas, ser autónomo en el estudio y liderar equipos.

Este enfoque supone aceptar que no todos los alumnos alcanzan el nivel competencial máximo, lo que no es diferente respecto de los métodos actuales. Pero, ahora, el nivel de apto garantiza los objetivos anteriores pero añade la posibilidad de evaluar capacidades de alto interés para los perfiles profesionales establecidos.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

Tabla 16.- Relación capacidades y objetivos formativos

Tipo de capacidad	Capacidad principal a adquirir	Nivel formativo	Competencia ORDEN ECI 3855/2007	Objetivos formativos	Calificación RD 1125/2003
Capacidades específicas	Conocer	I	A-E	Conocer memorísticamente, identificar <i>Materiales de Construcción</i> , aplicar a ejercicios algorítmicos y realizar ensayos normalizados	APROBADO
	Comprender	II	B	Definir, conocer significativamente (comprender), sintetizar-analizar, aplicar a problemas abiertos y caracterizar <i>Materiales de Construcción</i>	NOTABLE
	Aplicar	III	C	Aplicar conocimientos, diseñar (especificar), elaborar, interpretar datos y evaluar <i>Materiales de Construcción</i>	SOBRESALIENTE
Capacidades genéricas	Declarar	I	A-C-E	Exponer y transmitir información, colaborar en el trabajo en grupo y seleccionar eficazmente material bibliográfico	APROBADO
	Argumentar	II	C-D-E	Defender posiciones con argumentos, Transferir estructuras de conocimiento declarativo y procedimental	NOTABLE
	Evaluar	III	C-E	Emitir juicios sobre situaciones complejas, ser autónomo en el aprendizaje y liderar equipos.	SOBRESALIENTE

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

El sistema de evaluación anterior era ciego a las capacidades ahora identificadas, apreciando solamente capacidades del nivel inferior del sistema propuesto (Nivel C) en lo relativo al conocimiento disciplinar y no identificando metódicamente ninguna de las capacidades genéricas. En realidad estas capacidades se expresaban en la hipertrofia de resultados de conocimiento declarativo de alumnos brillantes a los que no se ponía ante el reto de mostrar sus capacidades en los aspectos relativos al conocimiento procedimental, condicional o funcional. Capacidades que estos alumnos aplicaban de forma confusa para el evaluador a los exámenes convencionales. Lo que hacían a pesar de la estrechez del marco evaluativo. Para establecer la relación entre las calificaciones formales y los niveles se procede del siguiente modo con los distintos aspectos considerados (Tabla 17). Por ejemplo, el APROBADO (5-6,9) se asocia al nivel I de capacidades específicas y genéricas, en las que el alumno ha de conseguir al menos un 50 % en la evaluación. Para que el alumno conozca el nivel que puede alcanzar debe saber de antemano:

- Que se le va a juzgar por un complejo de cualidades expresadas con una conducta observable asociada a verbos de acción que van desde un bajo nivel cognitivo a un nivel alto de abstracción y aplicación a casos reales.
- Que las actividades programadas durante el curso promueven la adquisición de estas capacidades que los convierten en competente en *Materiales de Construcción*.
- Que las actividades durante el curso se alinean con los objetivos y el

En esta tabla las competencias específicas adquiridas en forma de conocimiento declarativo durante el Ciclo Corto son valoradas en un 40 %. Por su parte las competencias específicas y genéricas adquiridas en forma de conocimiento procedimental, condicional y funciona durante el Ciclo Largo son valoradas en un 60 %, como se puede comprobar en la tabla 17.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: DISEÑO

Tabla 17.- Ponderación de las distintas partes del contenido de los ciclos

Tipo de capacidad competencial	Peso	Capacidad principal a evaluar de ciclo corto	Peso	Actividad a evaluar de Ciclo Corto para cada material	Peso	Objetivos formativos Ciclo Corto	Objetivos formativos Ciclo Largo	Peso	Actividad a evaluar de Ciclo Largo	Modalidad	Peso	Capacidad principal a evaluar de ciclo largo	Peso		
Específicas	40%	Conocer	20%	Definición	2%	Conocer memorísticamente identificar materiales definir conceptos aplicar a ejercicios algorítmicos conocer métodos de ensayos	El catálogo incluirá las características justificadas por el uso habitual del material El glosario de términos incluirá alfabéticamente las definiciones conformes al heurístico propuesto. La plenitud de la calificación se consigue si los trabajos alcanzan, al menos un 75 % de aprobación.	10%	Elaboración de:	En grupo	20%	Conocer haciendo	50%		
				Historia	5%									Catálogo de 25 materiales	Individualmente
				Características	15%									Glosario de 50 términos	
		Comprender	30%	Especificaciones	15%	Conocer significativamente sintetizar-analizar realizar ensayos de materiales caracterizar materiales	El pliego de condiciones permitirá encontrar en el mercado materiales que se ajusten a sus especificaciones El Plan permitirá elaborar el Programa y el programa llevar a cabo el control. El alumno habrá acreditado saber realizar al menos tres ensayos completos. La visita a la factoría generará una crónica técnica sintética con el guión de la columna de actividad del ciclo corto. La plenitud de la calificación se consigue si los trabajos alcanzan al menos un 75 % de la aprobación.	10%	Elaboración de:	En grupo	40%	Comprender haciendo	50%		
Fabricación	20%			Pliego de condiciones	En grupo										
Tipos	10%			Plano de control	En grupo										
		Aplicar	50%	Usos	10%	Aplicar conocimientos a problemas abiertos, realizar el proceso: diseñar interpretar datos-evaluar materiales	La actividad de juzgará por la memoria del proceso que responderá a criterios de originalidad y claridad. La memoria será presentada por el grupo en un seminario ad hoc en el que se discutirá la calidad y utilidad del trabajo. La plenitud de la calificación se conseguirá si el proceso alcanza al menos un 75 % de aprobación	15%	Ciclo completo de:	En grupo	40%	Aplicar diseñando y evaluando	50%		
Control	20%			Diseño (especificación)	En grupo										
Medioambiente	3%			Fabricación	En grupo										
Genéricas				Definición	2%	Mostrar un actitud positiva en clase mediante el seguimiento de las exposiciones juzgadas por preguntas a alumnos escogidos al azar. Exponer y transmitir información, colaborar en el trabajo en grupo y seleccionar eficazmente material bibliográfico	La actividad de juzgará por la memoria del proceso que responderá a criterios de originalidad y claridad. La memoria será presentada por el grupo en un seminario ad hoc en el que se discutirá la calidad y utilidad del trabajo. La plenitud de la calificación se conseguirá si el proceso alcanza al menos un 75 % de aprobación	10%	Diseño (especificación)	En grupo	20%	Declarar	10%		
				Historia	5%									Fabricación	En grupo
				Características	15%									Control	En grupo
				Especificaciones	15%	Actitud de interés por la verdad. Defender posiciones con argumentos, Transferir estructuras de conocimiento declarativo y procedimental	Actitud de juzgará por la memoria del proceso que responderá a criterios de originalidad y claridad. La memoria será presentada por el grupo en un seminario ad hoc en el que se discutirá la calidad y utilidad del trabajo. La plenitud de la calificación se conseguirá si el proceso alcanza al menos un 75 % de aprobación	10%	Caracterización	En grupo	30%	Argumentar	10%		
Fabricación	20%	Actitud respetuosa con el trabajo de los demás. Emitir juicios sobre situaciones complejas, aprendizaje autónomo. Liderar equipos	SOBRESALIENTE	10%	Control									En grupo	
Tipos	10%														
Usos	10%														
				Control	20%										
				Medioambiente	3%										

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

3.3.4.2 **Instrumentos de recogida de información dentro del sistema de evaluación**

En este apartado vamos a describir el sistema de captación de información de la evaluación dentro del programa, es decir, la evaluación de los aprendizajes. Fundamentalmente son de dos tipos en el contexto de este Programa Formativo:

- Exámenes escritos para el conocimiento declarativo adquirido en el ciclo corto
- Valoración de los proyectos desarrollados en el ciclo largo

La normativa de evaluación de la Universidad Politécnica de Cartagena establece en su artículo 5º lo siguiente:

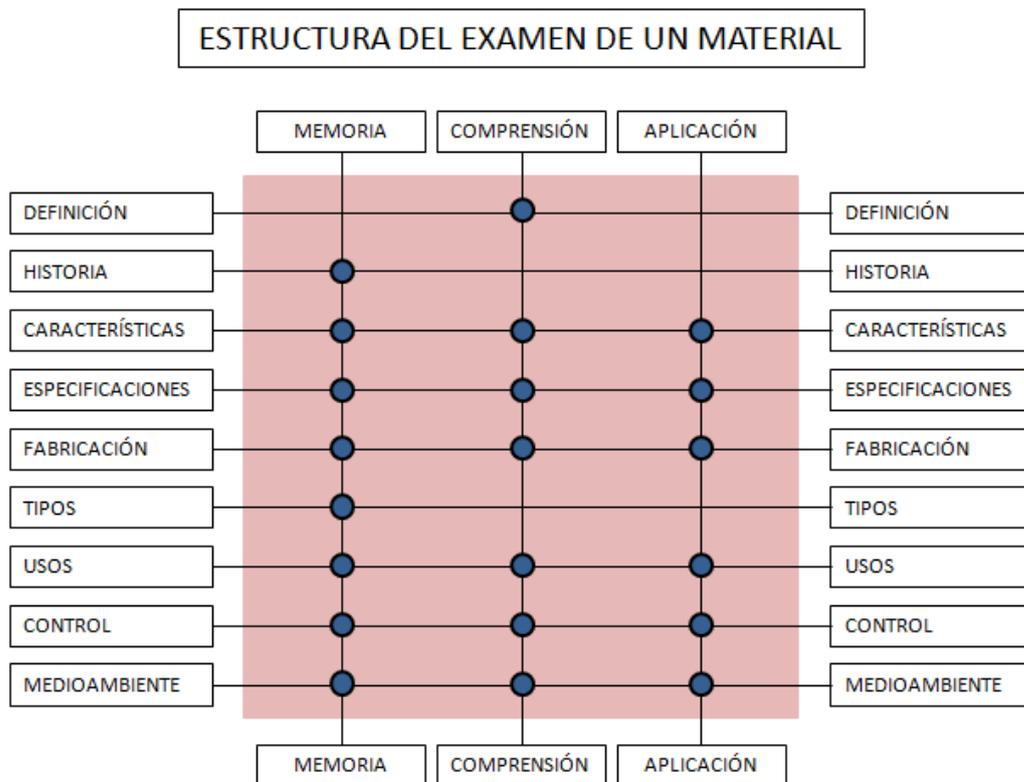
*"En el desarrollo de las asignaturas deberán preverse fórmulas que permitan al estudiante estar informado sobre su rendimiento. **En las asignaturas anuales deberá existir, al menos, una evaluación parcial.***

*La evaluación de los estudiantes se realizará mediante exámenes u otros sistemas de evaluación, tanto escritos como de otra naturaleza, que puedan dar lugar a una evaluación continua, pruebas parciales y una prueba final. En cualquier caso, y de acuerdo con los criterios de evaluación **el estudiante podrá acogerse a la realización de una prueba final de la totalidad de la asignatura, sin menoscabo de los requisitos de asistencia a prácticas establecidos.***

Como se indica en la tabla 18 de la página siguiente, la primera parte del curso se evaluará el conocimiento declarativo de los materiales impartidos en las semanas 2ª a 15ª y la segunda el resto. Los exámenes de conocimiento declarativo constarán de cuestiones relativas a unidades didácticas (materiales) completas. Dichas cuestiones tendrán la estructura de la Figura 34. Como se puede comprobar el examen cubre el campo formado por la dimensión de los conceptos estructurantes y la dimensión de las familias de objetivos formativos (Anejo 9.6)

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

Figura 34.- Estructura de los exámenes



- La definición de un concepto conforme al heurístico expuesto más arriba
- Un ensayo sobre una parte de la historia del material
- Tres cuestiones sobre las características, las especificaciones y la fabricación del material seleccionado que interpelen al alumno por su memoria, su comprensión y la aplicación de lo comprendido. Las tres cuestiones versarán sobre el mismo objeto.
- Una pregunta sobre tipos o formas comerciales resultantes de los procesos industriales
- Tres cuestiones sobre el control y el impacto medioambiental del material seleccionado que interpelen al alumno por su memoria, su comprensión y la aplicación de lo comprendido. Las tres cuestiones versarán sobre el mismo objeto.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

Tabla 18.- Distribución del contenido y ponderación para el ciclo corto

Partes del curso	Semanas de estudio	Orden	Material	Nº Semanas	Peso	Semanas	
Primera	14	1	Cal	1	4%	2	2
		2	Yeso	1	4%	3	3
		3	Cemento	2	7%	4	5
		4	Morteros	2	7%	6	7
		5	Hormigón	8	29%	8	15
Segunda	14	6	Metales	2	7%	16	17
		7	Armaduras	2	7%	18	19
		8	Pétreos	2	7%	20	21
		9	Cerámicas	1	4%	22	22
		10	Vidrio	1	4%	23	23
		11	Polímeros	2	7%	24	25
		12	Maderas	1	4%	26	26
		13	Bituminosos	1	4%	27	27
		14	Pinturas	1	4%	28	28
		15	Composite	1	4%	29	29
				28	100%		

En coherencia con la normativa de la universidad, el curso, en lo relativo al conocimiento declarativo, se divide en dos partes que se evaluarán por separado.

En los exámenes parciales los alumnos tendrán que abordar dos unidades didácticas (dos *Materiales de Construcción*) elegidos al azar entre los impartidos. A final de curso los alumnos que hayan aprobado el primer parcial sólo tendrán que hacer el examen sobre las dos unidades didácticas seleccionadas de la segunda parte del curso. La calificación de los parciales se conservará durante las convocatorias de junio y septiembre para el primero y de septiembre y febrero para el segundo. En caso de no superar los dos parciales en estas convocatorias se deberá cursar de nuevo todo el curso completo.

Las actividades de ciclo largo serán evaluadas, pero su peso en la nota no será considerado hasta que se alcance, al menos, la calificación de APROBADO en los exámenes de conocimiento declarativo. Durante el curso se realizarán exámenes de evaluación formativa del conocimiento declarativo, tal y como es establece en la programación anual. Respecto de las actividades de ciclo largo serán evaluadas me-

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

diante la valoración de los contenidos de las memorias correspondientes y las notas sobre actitud y formas de expresar por escrito y oralmente los contenidos, argumentar en las discusiones y valorar el trabajo de otros grupos y condiscípulos.

Para la mecánica de calificación es necesario empezar considerando la jerarquización de los objetivos para poder correlacionar los resultados con las obligadas calificaciones establecidas por el Real Decreto 1125/2003, de 5 de septiembre, por el que se establece el sistema europeo de créditos y el sistema de calificaciones en las titulaciones universitarias de carácter oficial y validez en todo el territorio nacional, que dice en su artículo 5:

Artículo 5. Sistema de calificaciones.

1. La obtención de los créditos correspondientes a una materia comportará haber superado los exámenes o pruebas de evaluación correspondientes.

2. El nivel de aprendizaje conseguido por los estudiantes se expresará con calificaciones numéricas que se reflejarán en su expediente académico junto con el porcentaje de distribución de estas calificaciones sobre el total de alumnos que hayan cursado los estudios de la titulación en cada curso académico.

3. La media del expediente académico de cada alumno será el resultado de la aplicación de la siguiente fórmula: suma de los créditos obtenidos por el alumno multiplicados cada uno de ellos por el valor de las calificaciones que correspondan, y dividida por el número de créditos totales obtenidos por el alumno.

4. Los resultados obtenidos por el alumno en cada una de las materias del plan de estudios se calificarán en función de la siguiente escala numérica de 0 a 10, con expresión de un decimal, a la que podrá añadirse su correspondiente calificación cualitativa:

0-4,9: Suspenso (SS).

5,0-6,9: Aprobado (AP).

7,0-8,9: Notable (NT).

9,0-10: Sobresaliente (SB).

5. Los créditos obtenidos por reconocimiento de créditos correspondientes a actividades formativas no integradas en el plan de estudios no serán calificados numéricamente ni computarán a efectos de cómputo de la media del expediente académico.

6. La mención de Matrícula de Honor podrá ser otorgada a alumnos que hayan obtenido una calificación igual o superior a 9.0. Su

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

número no podrá exceder del cinco por ciento de los alumnos matriculados en una materia en el correspondiente curso académico, salvo que el número de alumnos matriculados sea inferior a 20, en cuyo caso se podrá conceder una sola Matrícula de Honor.

A pesar de ser una norma inserta formalmente en el sistema de créditos europeos mantiene la tradicional forma de calificar. Además, la expresión «haber superado los exámenes o pruebas de evaluación correspondientes» es poco coherente con la pretensión de la evaluación de competencias. En todo caso, es necesario encontrar el modo de armonizar las calificaciones con cifras (con un decimal) con la valoración de objetivos que, a menudo, tienen un carácter holístico y complejo. Por ello, la valoración intrínseca de una respuesta o conducta relativa a cualquiera de los tipos de conocimiento será mediante un tanto por cien. Después a estos valores se le irán aplicando los distintos sistemas de ponderación que transformen la valoración aislada en el marco general de la evaluación de las competencias y, finalmente, traducir a las calificaciones numéricas. En el primer periodo de exámenes el profesor prepara un examen parcial de conocimiento declarativo de los contenidos presentados en las semanas 2ª a 15ª siguiendo la siguiente secuencia:

Sortear las semanas para extraer dos de ellas mediante la función ALEATORIO.ENTRE(2;14) de Excel™

- Las dos semanas seleccionadas al azar se corresponden con dos Unidades Didácticas entre las de Cal (1), Yeso (1), Cemento (2), Morteros (2), Hormigones (6) y HAC (1). Como es natural el hormigón tiene más probabilidades de salir en el sorteo, seguido del cemento y los morteros.
- De cada una de las unidades didácticas (materiales) seleccionadas se confecciona un examen que tendrá la estructura de la Figura 34

Una vez realizado el examen, se califica con la hoja de cálculo 1 y 2 de la tabla 19, (Balfour, 2007).

Las hojas muestran el caso de un alumno en los dos parciales. La valoración de cada cuestión puede ser 1, 0,5 y 0. La nota media de cada uno de los bloques de objetivos formativos (MEMORIA-COMPREENSIÓN-APLICACIÓN) se calcula con la de las unidades didácticas (materiales) que iguale o supere el 40 %. La nota del examen se consigue con la siguiente forma:

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

- Si la valoración con los criterios asociados a la MEMORIA es igual o superior al **60 %** el alumno se considera **APROBADO** y su nota numérica será el resultado de sumar al 5 (nota más baja del aprobado) el resultado de la siguiente fórmula: $(\% \text{Valoración de la memoria} - 50) * 1,9 / 50$. (Ejemplo, 85% equivale a un 6,3)
- Si el alumno está aprobado y su valoración de la COMPRENSIÓN es igual o superior al **70 %**, alcanza la calificación de **NOTABLE** y su nota numérica será el resultado de sumar al 7 (nota más baja del notable) el resultado de la siguiente fórmula: $(\% \text{Valoración de la comprensión} - 50) * 1,9 / 50$. (Ejemplo, 88 % equivale a un 8,5)
- Si el alumno ha sacado un notable y su valoración de la APLICACIÓN es igual o superior al **80 %**, alcanza la calificación de **SOBRESALIENTE** y su nota numérica será el resultado de sumar al 9 (nota más baja del sobresaliente) el resultado de la siguiente fórmula: $(\% \text{Valoración de la APLICACIÓN} - 50) * 1 / 50$. (Ejemplo, 82% equivale a un 9,6).

Todos los niveles llevarán incluidas cuestiones que prueben la comprensión de las actividades del ciclo largo. Los cálculos se hacen automáticamente en la hoja 3 de la tabla 20, que muestra los resultados de un ejemplo. La nota media del examen parcial de que se trate se incluye en la columna de "Nota Media de la evaluación en las Unidades Didácticas" Nota que se traslada a una hoja global que recoge a todos los alumnos del curso para su publicación y estadísticas en la hoja 4. Los alumnos pueden aprobar por separado los parciales del conocimiento declarativo, pero, para no perder el curso, deben aprobar el primer parcial como muy tarde en la convocatoria de septiembre y el segundo parcial en la convocatoria de febrero. De este modo cada parcia cuenta con tres oportunidades para ser superado.

Quedando la memoria asociada exclusivamente a la posibilidad de obtener una calificación de aprobado, tiene la ventaja de no premiar el recuerdo sin significado. Pero, al mismo tiempo, tiene la ventaja de que el notable y el sobresaliente pasa por la aceptación de que la memoria de datos e información constituye el sustrato sobre el que la comprensión se hace operativa y la acción significativa. Un conocimiento significativo sin vocabulario o sin datos sobre los que operar es el desperdicio del talento perezoso que quiere resolver con tautologías. Y una acción sin datos o sin comprensión no puede ser premiada con el sobresaliente porque es un conocimiento recetario que no puede afrontar situaciones nueva.

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

Tabla 19.- Hoja de cálculo para determinar la nota de cada examen

Alumno		Cuadro de notas para cada unidad didáctica del examen del primer parcial del ciclo corto																				Nota %						
		Definición	Historia	Características			Especificaciones			Fabricación			Tipos		Usos		Control			Medioambiente								
Materiales seleccionados		2%	5%	15%			15%			20%			10%		10%		20%			3%			M	C	A			
		C	M	M	C	A	M	C	A	M	C	A	M	M	C	A	M	C	A	M	C	A	M	C	A			
Perico de los Palotes Muñoz	Hormigón	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	100%	100%
	Cal	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	80%	80%	58%
																										90%	90%	79%

Alumno		Cuadro de notas para cada unidad didáctica del examen del segundo parcial del ciclo corto																				Nota %						
		Definición	Historia	Características			Especificaciones			Fabricación			Tipos		Usos		Control			Medioambiente								
Materiales seleccionados		2%	5%	15%			15%			20%			10%		10%		20%			3%			M	C	A			
		C	M	M	C	A	M	C	A	M	C	A	M	M	C	A	M	C	A	M	C	A	M	C	A	M	C	A
Perico de los Palotes Muñoz	Polímeros	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	59%	88%	82%
	Pinturas	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	44%	88%	82%
																										52%	88%	82%

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: DISEÑO

Tabla 20.- Hoja de cálculo de la nota final del alumno

3

Ciclo		Ingeniero de Edificación			DISTRIBUCIÓN DE LA NOTA DEL CURSO					
Tipo	Peso	Evaluación	Tipo de conocimiento	Ámbito	% Grupo	Actividad evaluada	Capacidad	Nota bruta	%	Nota transformada
Corto	40%	Sumativa Parcial I	Declarativo (SABER)	Aula@Virtual	20%	Estudio autónomo de contenidos de las semanas 2ª a 14ª	Memoria	100%	6,9	2,0
							Comprensión	100%	8,9	
							Aplicación	100%	10,0	
		Sumativa ciclo corto Parcial II	Declarativo (SABER)	Aula@Virtual	20%	Estudio autónomo de contenidos de las semanas 15ª a 28ª	Memoria	100%	6,9	2,0
Comprensión	100%	8,9								
Aplicación	100%	10,0								
Largo	60%	Sumativa ciclo largo	Procedimental (SABER CÓMO)	Casa -Taller	15%	Elaboración de un Catálogo de Materiales	100%	25,0%	0,4	
				Casa -Taller			Elaboración de un Glosario de Materiales	100%	25,0%	0,4
				Laboratorio			Prácticas de laboratorio	100%	50,0%	0,8
			Actitudinal (SABER SER)	Aula	5%	Atención en clase	100%	5,0%	0,0	
				Seminario		Actitudes e intervenciones declarando	100%	15,0%	0,1	
				Seminario		Actitudes e intervenciones argumentando	100%	30,0%	0,2	
				Seminario		Actitudes y ejecución de juicios de valor	100%	50,0%	0,3	
			Condicional Funcional (SABER HACER)	Casa -Taller	40%	Elaboración de un Pliego de Condiciones	100%	30,0%	1,2	
				Casa -Taller		Elaboración de un Plan/Programa de Control	100%	30,0%	1,2	
				Visita-Casa		Crónicas de visitas a empresas	100%	10,0%	0,4	
				Lab-Casa		Proceso completo de fabricación de material	100%	30,0%	1,2	

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

Tabla 21.- Cuadro en la que se transponen para todos los alumno los resultados del cuadro 3 de la tabla 20

		4		Ingeniero de Edificación		2010-2011		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN												
				Ciclo tipo		Corto		Largo												
		Peso del ciclo		40%		60%														
		Evaluación		Sumativa Parcial I		Sumativa ciclo corto Parcial II		Sumativa ciclo largo												
Tipo de conocimiento		Declarativo (SABER)		Declarativo (SABER)		Procedimental (SABER CÓMO)			Actitudinal (SABER SER)			Condiciona Funcional (SABER HACER)								
Ámbito		Aula@Virtual		Aula@Virtual		Casa Taller	Casa Taller	Lab	Aula	Seminario	Seminario	Seminario	Casa Taller	Casa Taller	Visita Casa	Lab Casa				
% Grupo		20%		20%		20%			10%			30%								
CONVOCATORIA FEBRERO DE 2011		Actividad evaluada		Estudio autónomo de contenidos de las semanas 2ª a 14ª		Estudio autónomo de contenidos de las semanas 14ª a 29ª		Elaboración de un Catálogo de Materiales	Elaboración de un Glosario de Materiales	Prácticas de laboratorio	Atención en clase	Actitudes e intervenciones declarando	Actitudes e intervenciones argumentando	Actitudes y ejecución de juicios de valor	Elaboración de un Pliego de Condiciones	Elaboración de un Plan de Control	Crónicas de visitas a empresas	Proceso completo de fabricación de material		
Alumno		Capacidad		Memoria	Comprensión	Aplicación	Memoria	Comprensión	Aplicación	Elaboración de un Catálogo de Materiales	Elaboración de un Glosario de Materiales	Prácticas de laboratorio	Atención en clase	Actitudes e intervenciones declarando	Actitudes e intervenciones argumentando	Actitudes y ejecución de juicios de valor	Elaboración de un Pliego de Condiciones	Elaboración de un Plan de Control	Crónicas de visitas a empresas	Proceso completo de fabricación de material
Palotes Muñoz, Perico De Los		1,9		1,1		0,3	0,3	0,5	0,0	0,1	0,2	0,3	0,9	0,9	0,3	0,9	7,6	NOTABLE		

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

A las notas del ciclo CORTO se sumarán las calificaciones en la misma columna de las distintas actividades de ciclo LARGO con todos los matices de valoración que se detallan a continuación:

Las ponderaciones presentadas en estas hojas son susceptibles de modificación en función de la experiencia en el seno del grupo de profesores de la asignatura. Experiencia que ayudará a establecer el peso de las distintas capacidades de los alumnos de acuerdo con los objetivos formativos.

Los criterios utilizados a modo de rúbrica de evaluación de los distintos documentos del ciclo largo son los siguientes.

- Catálogo de materiales:
 - Fidelidad al modelo proporcionado 10 %
 - Fotografía del material realizada por el propio grupo 20 %
 - Valores de las características con sus unidades relacionadas con el uso del material en la construcción 70 %
- Glosario de materiales:
 - Orden alfabético de los términos y su definición 10 %
 - Definiciones correctas construidas mediante el heurístico modelo 80 %
 - Términos relacionados con el pliego de condiciones del proyecto de referencia 10 %
- Prácticas de laboratorio:
 - Destreza en la realización de ensayos 70 %
 - Conocimiento de normas de ensayo relativas a los materiales del curso 30 %
- Atención en clase:
 - Respuesta correcta a preguntas a alumnos elegidos al azar durante la exposición de contenidos 100 %
- Exposición de trabajos
 - Claridad de dicción y sintaxis 10 %
 - Calidad de la presentación de apoyo 30 %
 - Autonomía de las fuentes de los contenidos presentados 30 %
 - Actitud 30

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

- Argumentación
 - Elusión de falacias 80 %
 - Actitud 20 %
- Juicios de valor de trabajos ajenos
 - Criterios empleados para emitir el juicio 80 %
 - Organización del trabajo 20 %
- Pliego de condiciones
 - Exhaustividad de la selección de materiales 30 %
 - Rigor de las especificaciones 60 %
 - Rigor de las referencias reglamentarias 10 %
- Plan/Programa de control
 - Ajuste a los criterios de la EHE 50 %
 - Ajuste al proyecto de referencia 50 %
- Crónica de visita
 - Grado de ajuste de la crónica a la realidad de la factoría 80 %
 - Grado de ajuste a los criterios del documento 20 %
- Proceso completo de fabricación
 - Ordenación del documento 10 %
 - Rigor en la descripción del proceso 60 %
 - Coherencia de las conclusiones 30 %

La aplicación de estos criterios se expresa en forma de tanto por cien que será modulado por los pesos del tipo de conocimiento en el total y de la actividad concreta en su grupo de conocimiento (tabla 20)

Destacamos finalmente que el sistema de evaluación propuesto tiene las siguientes características:

- Está completamente alineado con los objetivos y las actividades del curso
- Se puede aprobar solamente alcanzando los objetivos formativos agrupados bajo el epígrafe «MEMORIA» (Conocer memorísticamente, identificar materiales, definir conceptos, aplicar a ejercicios algorítmicos y conocer métodos de ensayos), pero con esta capacidad no se puede alcanzar en los exámenes una nota superior a 6,9 y sólo cuando se alcance un 75 % de la valoración.
- Para tener un notable en los exámenes es necesario alcanzar el 75 % de los objetivos formativos asociados bajo el epígrafe «COMPRENSIÓN» (Conocer significativamente, sintetizar-

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: **DISEÑO**

analizar, realizar ensayos de materiales, caracterizar materiales), pero con esta capacidad no se puede alcanzar en los exámenes una nota superior a 8,9 y sólo cuando se alcance un 75 % de la valoración.

- Para tener un sobresaliente en los exámenes es necesario alcanzar el 75 % de los objetivos formativos asociados bajo el epígrafe «APLICACIÓN» (Aplicar conocimientos a problemas abiertos, realizar el proceso: diseñar-interpretar datos-evaluar materiales).

Como se ha dicho, todos los cálculos descritos son realizados automáticamente por la hoja 3 de la tabla 20. Es pertinente aclarar que el peso que tienen las actividades de ciclo largo, es decir, dirigidas fundamentalmente a la adquisición de conocimiento procedimental y condicional, permite gran flexibilidad para alumnos que no pueden asistir regularmente a clase (estudiando en los apuntes oficiales de la asignatura), pero sí a sesiones de seguimiento de trabajos. Aunque, probablemente, el sistema de calificación refleje tal situación al no permitirles superar el aprobado en el conocimiento declarativo (memoria fundamentalmente) o no poder alcanzar niveles significativos en el conocimiento procedimental y condicional. La cuestión de la conciliación entre trabajo y estudio de grado en las carreras tecnológicas está por resolverse, pero el e-learning avanza con gran rapidez.

Finalmente, diremos que la finalidad del sistema de evaluación propuesto dentro del sistema es la comprobación de la competencia de los alumnos conforme a los objetivos y **al margen de esta investigación**. Si los resultados son o no los esperados se analizarán en el marco de la evaluación del propio programa en el capítulo 5 incluyendo en el análisis, tanto los registros generados por el sistema de evaluación del aprendizaje como los establecidos por demanda de la investigación.

3.3.4.3 **Calificación complementaria**

Con carácter complementario, no como alternativa se incluye en el sistema de evaluación la herramienta estadística de **componentes principales** que permite tratar con los datos directos de la evaluación sin ningún tipo de ponderación para contar con una visión más completa de la respuesta del estudiante. De esta forma se puede discriminar con más precisión el efecto producido por los distintos métodos y su correlato las actividades sobre cada uno de los alumnos, lo que tiene una gran utilidad para orientar las tutorías individuales. También se llevará a cabo sesiones rápidas de preguntas en clase (Gross, 1993).

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: DISEÑO

3.4 Resumen de la resolución del problema 1

Este capítulo ha pretendido resolver el primer problema de la investigación, el del diseño de un programa formativo que dé respuesta a los requisitos sociales que debe cumplir un Ingeniero de Edificación. El resultado de la investigación es un programa formativo que incluye un sistema de evaluación alineado con los objetivos formativos y las actividades a desarrollar durante el curso. Pero los objetivos formativos, a su vez, son resultado de un cuidadoso estudio de los requisitos sociales expresado en forma de competencias especificadas por los documentos legales que regulan la titulación de Ingeniero de Edificación. El programa formativo resultante responde a innovaciones resultado de una investigación cuidadosa del paso entre el ámbito del ejercicio profesional regulado y su expresión en forma de objetivos formativos. Objetivos que inspiran la selección de los métodos a aplicar, de los contenidos a presentar y del sistema de evaluación que verifique, cerrando el círculo, que se cumplen los objetivos y, por consiguiente, que los alumnos adquieren las competencias requeridas. Es necesario destacar las innovaciones principales: De una parte, en los objetivos formativos la estructura basada en la taxonomía de Bloom que permite pasar de un lenguaje de competencias a otro de acciones de enseñanza y aprendizaje con toda naturalidad. De otra parte, las innovaciones en los métodos trascienden los hábitos convencionales para poner a prueba nuevas formas de estimular los aprendizajes de los alumnos para cumplir con las distintas dimensiones de los objetivos. Además, los contenidos formativos son seleccionados cuidadosamente de los conocimientos disciplinares procedentes de los centros más reputados de investigación en *Materiales de Construcción*. Estos contenidos están organizados mediante ocho conceptos estructurantes con origen en un heurístico muy eficaz para la definición exhaustiva del concepto de un material. Finalmente todo el conjunto es puesto a prueba con un sistema de evaluación, igualmente innovador, que escruta los aprendizajes al mismo nivel de definición que el alcanzado en los objetivos. De una parte, se discrimina entre memoria, comprensión y aplicación siguiendo la estructura de los objetivos en una secuencia cíclica de corta duración (ciclo corto) compuesta de unidades didácticas referidas a los distintos *Materiales de Construcción* y, de otra, un conjunto de evaluaciones complejas de actividades innovadoras que con la semana de presentación y la de balance forma un único ciclo que dura todo el curso y permite activar las capacidades más complejas de los alumnos

3 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL UNO: DISEÑO

incluyendo aquellas que permiten alcanzar las competencias genéricas y básicas propuestas por la reforma universitaria vigente.

En consecuencia los resultados de la investigación del problema del diseño es un programa compacto y sutil que recoge todos los aspectos considerados de interés ofrecidos por la investigación en los últimos veinte años. Un programa que puede guiar la acción docente de forma eficaz, pues responde a criterios más complejos que los habitualmente presentados en los departamentos pero lo hace de forma sencilla porque va directa a las cuestiones esenciales: métodos, contenidos y sistema de evaluación. Esta programación no sólo vertebra todo el curso sino permite elaborar con gran facilidad la guía docente normalizada establecida por la universidad Politécnica de Cartagena y mejorarlo a partir de la experiencia de cursos sucesivos.

Es especialmente novedoso el formato de ciclo corto y largo, pues permite desplegar de forma proporcionada las oportunidades de desplegar los distintos tipos de conocimientos descritos por Biggs. Con este programa los alumnos probablemente tendrán la percepción de un cambio cualitativo respecto de sus experiencias con programas explícitos o implícitos del curso anterior. Todo lo dicho queda a expensas de los resultados de la investigación del problema sobre el desarrollo del programa diseñado.

4

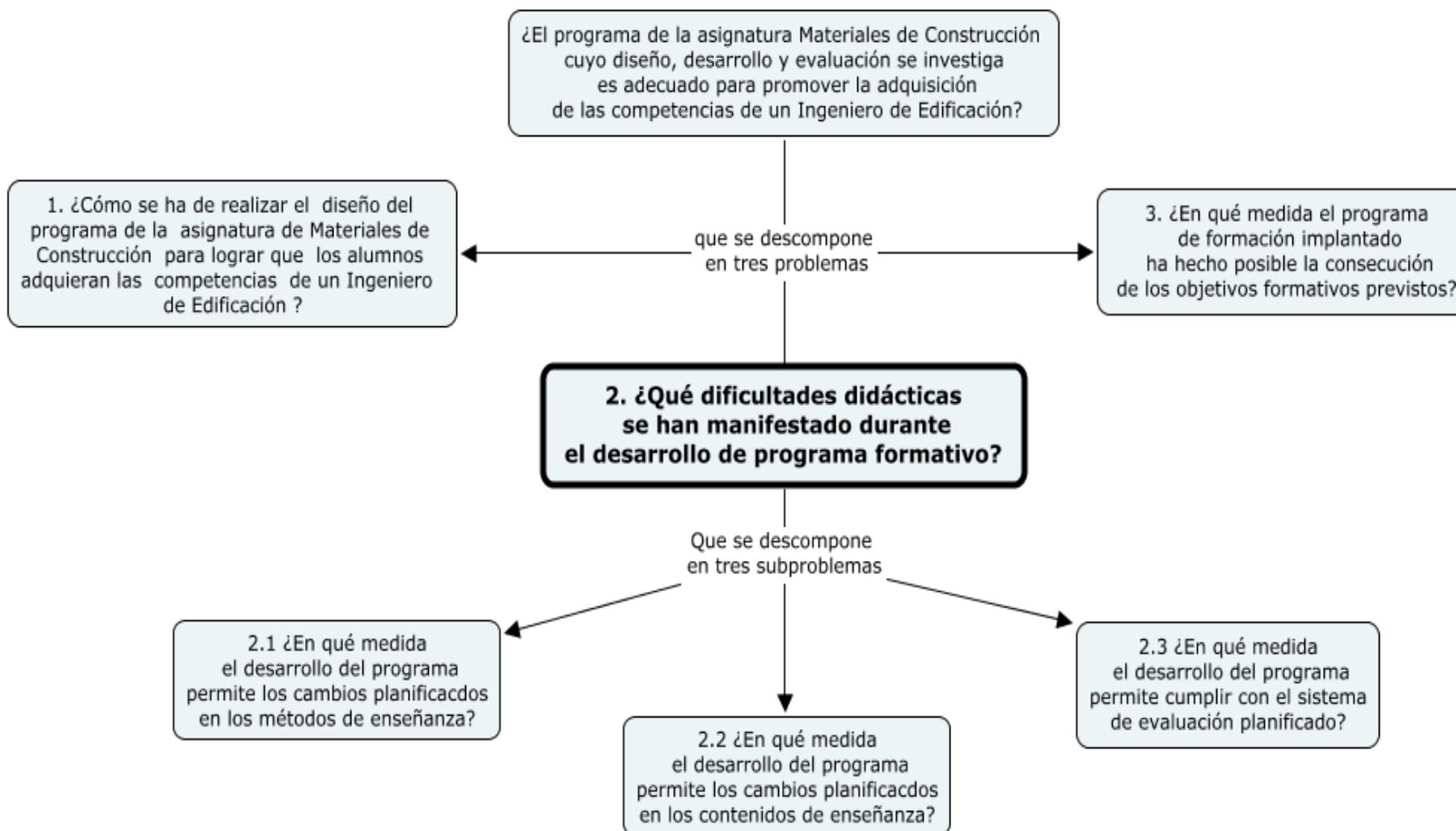
Resultados del problema principal dos. Desarrollo del programa de formación

Facta, non verba
(anónimo latino)

Per aspera ad astra
(anónimo latino)

« ¿Qué dificultades didácticas se han manifestado durante el desarrollo de programa formativo? »

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**



4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

El desarrollo es un momento muy importante de la investigación, dado que en él se pasa del planteamiento teórico a su aplicación para comprobar en qué medida es viable el programa formativo diseñado. El problema 2 es el de la viabilidad del programa formativo. El problema se resuelve si su implantación es posible y si lo es de forma satisfactoria para alumnos y profesores. Por tanto, los **criterios** que nos permiten asegurarnos de que ha quedado resuelto son los de **viabilidad** y **mérito** apreciado por los actores directos. El **procedimiento** empleado para esta comprobación es el registro de determinados parámetros del desarrollo mediante la realización de **encuestas** y la solicitud de **informes**, además de la propia experiencia vívida del doctorando.

El desarrollo es el momento en el que la idea trata de ordenar el entorno institucional y didáctico para su materialización. Objetivo que se puede alcanzar sin lograr que los resultados formativos sean los esperados. Es decir se comprueba la implantación del programa y se pospone el análisis de resultados de tal implantación. Naturalmente, la investigación en la fase del desarrollo registra e indaga sobre las dificultades que puedan surgir en la aplicación del programa formativo. Para ello centra su atención sobre la implantación de las innovaciones realizadas en el diseño. Es decir, sobre los cambios en los métodos, en los contenidos y en el sistema de evaluación.

Para entender algunas características del desarrollo de este programa concreto hay que aclarar que las innovaciones propuestas se realizan en una asignatura, los *Materiales de Construcción* en la Ingeniería de Edificación, que requiere, antes de cualquier consideración relativa a las competencias genéricas, una alta especialización de los docentes del conocimiento declarativo. Y ello, por el alto número de materiales para cubrir razonablemente el conocimiento disciplinar. Para hacer frente a este problema se ha tomado la decisión, como se explica *supra*, de que los profesores intervengan "horizontalmente" en su especialidad en vez de ocuparse de un grupo de alumnos para impartir todos los contenidos. Este enfoque obliga a un alto grado de coordinación del equipo de profesores (cinco para conocimiento declarativo y tres para el conocimiento procedimental). Esta responsabilidad la ejerce el doctorando que es titular de la asignatura. Esta estructuración de la docencia es previa al planteamiento de la investigación de esta tesis y se ha venido realizando desde el curso 2008-2009 con las dificulta-

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

des asociadas a la mentalidad establecida que hace complicado que un profesor (aún asociado) acepte indicaciones.

Para mantener la coherencia de la docencia el titular se ocupa de dar la docencia relativa al conocimiento declarativo durante 7 semanas (hormigón estructural) y también se ocupa del ciclo largo completo. Además coordina el sorteo de las unidades didácticas que salen a examen en los dos parciales y la coordinación de la preparación de los exámenes conforme al modelo propuesto en esta tesis, para finalmente establecer las calificaciones globales y redactar las actas con las calificaciones. Ocuparse del ciclo largo supone coordinar la semana 1ª (presentación) y 30ª (balance) y, sobre todo, coordinar el seguimiento de los trabajos de ciclo largo en sesiones de seminario de una hora semanal en la que se procura ayudar al estudiante a que sintetice el conocimiento declarativo presentado en las clases expositivas y el procedente del aula informática y del laboratorio mediante discusiones semanales y realización de documentos con niveles de exigencia profesional. De este modo, se aspira a mantener la unidad de propósito de toda la compleja red de actividades para que sirva al alumno en su aprendizaje significativo y competencial al tiempo que se le invita explícitamente a la autonomía cognitiva al ofrecérsele un modelo de gestión de la adquisición del conocimiento. Como se ha dicho más arriba, el ciclo largo se distribuye temporalmente entre las semanas de presentación y balance; las semanas de seminarios y las de laboratorio. El doctorando se ocupa en solitario de las etapas de presentación, balance y seminarios. La fase de laboratorio la comparte con los profesores de prácticas. La tabla 22 muestra en cifras esta distribución:

Tabla 22.- Distribución del Ciclo Largo

Etapas del ciclo largo	Semanas
Semana de presentación	1
Seminarios	18
Laboratorio	10
Semana de balance	1

Las innovaciones introducidas en el programa diseñado en el capítulo 3 cubren todos los aspectos del programa. A saber:

- Estructuración del conocimiento disciplinar conforme a los tipos de conocimientos (Biggs, 2008)
- Fijación de los objetivos a partir de los perfiles profesionales y las competencias especificadas para el graduado en Ingeniería de Edificación.

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

- Estructuración de los objetivos a partir de verbos que permiten establecer una clara conexión con el sistema de evaluación
- Estructuración del contenido siguiendo una secuencia lógica para todos los *Materiales de Construcción*.
- Selección de los contenidos de carácter declarativo en coherencia con el resto de contenidos (procedimentales, condicionales y funcionales)
- Orientación clara hacia métodos activos (ABP, AOP) y metodologías activas (seminarios, aula informática, laboratorios, visitas a factoría)
- Un sistema de evaluación alineado completamente con los objetivos, que incluye un sistema de calificación que utiliza la obligada forma tradicional basada en puntuación para asociarla con los niveles de objetivos formativos.
- Información a los alumnos de la estructuración de la docencia en dos ciclos. El ciclo corto se organiza en torno a dos ejes fundamentales: el primero, los conceptos estructurantes de los contenidos y, el segundo, la coherencia entre los objetivos y la evaluación al enfatizarse las diferencias relativas al conocimiento memorístico, la comprensión y la aplicación de los contenidos de la asignatura tanto en uno como en otra.

Potencialmente, las principales dificultades durante el desarrollo pueden provenir de la consecución del ritmo de actividades en profesores y alumnos. Los primeros porque estamos acostumbrados a la mera presentación de contenidos "hasta donde permita el tiempo y las interrupciones" sin mayor preocupación por los acontecimientos de aprendizaje de los alumnos, a los que se cita meses después para que rindan cuentas de su secreto proceso de estudio memorístico y fragmentario desde el punto de vista de la adquisición de significados (Porlán et al. 1997 y 1998; Prieto, 2007). Los estudiantes porque no parecen esperar otra cosa que cumplir con la asistencia a clase "para mantener el control sobre los contenidos prioritarios para el profesor" y porque consideran a la universidad como un ámbito de libertad para desorganizarse el trabajo a voluntad. Es decir, la principal dificultad no proviene de una supuesta lógica interna del programa formativo, sino de su asunción por los agentes humanos, como no podía ser de otro modo.

La viabilidad metodológica del programa que se propone empieza por la comprobación de que los métodos se desarrollan conforme a su naturaleza y en qué grado. La viabilidad del desarrollo en relación con los contenidos está relacionada con su ampliación, más allá de su condición de declarativos, a su condición de procedimentales, condi-

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: DESARROLLO

cionales y funcionales. Por su parte, la viabilidad del sistema de evaluación está relacionada, también, con su novedosa organización en torno a los conceptos estructurantes.

Finalmente, como se puede comprobar en la tabla 8, todos los registros para la resolución del problema 2 y, por tanto, de los distintos sub-problemas nacen de las necesidades de la investigación.

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

4.1 Resultados en relación con el sub-problema 2.1: Respecto de los métodos de enseñanza

*¿En qué medida el desarrollo del programa permite los cambios planificados en los **métodos** de enseñanza?*

Para verificar la implantación de los cambios en los métodos, además de la percepción del doctorando en las distintas fases, se utilizaron registros de las opiniones de alumnos y profesores cuyos resultados proceden de una misma encuesta pasada dos veces (una en cada cuatrimestre). También se solicitó un informe del delegado del curso. El contenido de la encuesta se separó en función del aspecto objeto de valoración, quedando los siguientes registros establecidos para su análisis:

Tabla 23.- Registros del sub problema 2.1

REF.	REGISTRO
R_01	Registro de satisfacción de transparencia metodológica
R_02	Registro de aplicación de métodos de ciclo corto
R_03	Registro de aplicación de métodos de ciclo largo
R_06	Registro de grado de cumplimiento de la secuencia (CC)
R_07	Registro de grado de cumplimiento de la secuencia (CL)
R_08	Registro de grado de satisfacción de alumnos
R_09	Registro de grado de satisfacción de profesores

Las respuestas expresan la opinión del alumno tras la presentación del programa en la semana inicial y transcurrido el curso las cuestiones versan sobre los métodos, los contenidos y el sistema de evaluación de los aprendizajes.

4.1.1 Análisis de los resultados

El sub-problema 2.1 se ha abordado con la medición de variables cualitativas relacionadas en general con la percepción por parte de los estudiantes y profesores participantes, aunque al usar escalas tipo Likert tengan aspecto cuantitativo. Dado que los registros para juzgar la viabilidad del programa formativo han sido pensados para la investigación y no proceden del sistema de evaluación, se ha procurado encontrar un equilibrio entre la aplicación de los sistemas de obtención de información y la necesidad de no perturbar en exceso la marcha normal del curso.

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

El problema del desarrollo en sus aspectos metodológicos se ha abordado mediante encuestas cualitativas puntuales a los alumnos y profesores y el seguimiento del doctorando en su cuaderno de campo.

La presentación de la asignatura se realizó a lo largo de las tres horas semanales previstas (dos para el ciclo corto y una para el ciclo largo). En este tiempo se utilizó la Guía Docente como documento de apoyo. Documento que los alumnos tienen en el Aula@Virtual de la asignatura. La secuencia seguida durante la presentación fue la siguiente:

- Presentación general sobre los *Materiales de Construcción* sus tipos y usos a modo de organizador previo. Se incluyen dos mapas conceptuales
- Realización del test de Felder y discusión posterior sobre los estilos de aprendizaje y cómo optimizarlos dado su carácter idiosincrático.
- Realización del test de Perry y discusión posterior sobre creencias científico-tecnológicas y cómo afrontar las discrepancias
- Presentación del código ético de la ingeniería del ABET y discusión posterior sobre su implementación durante la carrera y en el ejercicio profesional
- Presentación de la Guía Docente con discusión sobre los objetivos, métodos y sistema de evaluación.

Una vez realizadas las encuestas sobre los métodos se comprueba que los alumnos dan un nota de 4 a 5 sobre 5 a la claridad y amplitud de la presentación de la asignatura durante la primera semana del curso. Esta nota se ve corroborada por la dada a la cuestión "*la información sobre la actividad docente está disponible y ha sido expuesta con claridad*" en la encuesta oficial realizada por el Servicio de Gestión de la Calidad (ver anejo 9.2), que es un 8 sobre 10.

También declaran haber comprendido los objetivos de la asignatura. Sin dejar de dar una buena nota, se muestran menos firmes respecto de la comprensión del sistema de evaluación, en especial con la atomización de la nota entre las distintas actividades evaluadas. A este respecto en la encuesta oficial valoran que:

- Hay relación entre las actividades planificadas en la guía docente y los objetivos de la asignatura con un 7,5
- Existe una adecuada relación entre la teoría y las prácticas de la asignatura, en caso de darse con un 7,6

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

- El profesor parece dominar la asignatura que imparte con un 8,7
- El profesor prepara bien las actividades del aula y prácticas exteriores con un 8
- El profesor explica con claridad con un 7,9
- El profesor utiliza adecuadamente los recursos didácticos (aula virtual, laboratorios...) con un 8,6

Declararon apreciar que el ciclo largo tuviera más peso que el ciclo corto. El 7,5 % de los encuestados consideran el examen "de toda la vida" como la mejor opción; el 42,3 % se muestran neutrales y el 50 % se muestran favorables claramente al planteamiento innovador. Sin embargo, el 77 % se muestran favorables al uso de un proyecto real para poner a prueba la adquisición de competencias en la materia. Es decir los alumnos aprecian en su mayoría el aumento de tiempo dedicado a actividades distintas de la pasiva recepción de información.

En relación con la opinión de los alumnos sobre la aplicación de la nueva metodología en los conocimientos declarativos durante el ciclo corto por parte de los distintos profesores que dan docencia en la asignatura se puso el énfasis en que el alumno valorara las novedades aplicadas, organizada según conceptos estructurantes. No se pregunta por el método (clase magistral) ni la modalidad en sí mismos (clase expositiva) dado que son el modo tradicional de presentación. Sin em-

Fotografía 1.- Grupo del ABP en plena acción de fabricación



4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

bargo, en las preguntas abiertas los alumnos no han perdido la ocasión de mostrarse críticos como se verá más adelante con la aplicación del programa por un profesor concreto.

Fotografía 2 Trabajo de corrección de dosificación



Esta queja es consecuencia del sistema de reparto horizontal de la asignatura por materiales y no por grupos. Ya se comprende que con el segundo procedimiento uno de los grupos sufriría todo el curso la docencia que rechazan. Es un problema que, obviamente debe ser resuelto en una instancia superior como es el departamento. El coordinador de la asignatura deberá comunicar al profesor el problema. En todo caso, cada año al comienzo de la asignatura se mantiene una reunión de coordinación en la que se explica a los profesores cómo deben estructurar los contenidos con los conceptos estructurantes y se les dan indicaciones sobre el modo de presentar la materia.

El ciclo largo es la novedad más importante que se implantaba y en la encuesta todas las actividades aprueban. Pero hay que destacar la actividad que se etiqueta como "fabricación" por su extraordinaria valoración por parte de los alumnos. Esta actividad consiste en la aplicación del método de Aprendizaje Basado en Proyectos al diseño, fabricación y control de un hormigón por los propios alumnos. Al tiempo se activó el método de trabajo cooperativo formando grupos de seis alumnos que tenían el encargo de especificar un hormigón estructural

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

atendiendo a los requerimientos de la Instrucción Española de Hormigón Estructural para establecer la consigna de fabricación. Consigna que los mismos alumnos debían aplicar en el laboratorio para fabricar el hormigón y, tras el periodo de curado y maduración, comprobar experimentalmente si habían conseguido el objetivo. Con esta actividad se pretendía que los alumnos sintetizaran y aplicaran los conocimientos declarativos de cinco de los ocho conceptos estructurantes que dan forma al ciclo corto: características, especificaciones, fabricación tipos y control. También activan el conocimiento procedimental adquirido durante las prácticas de laboratorio a lo largo del curso. El grado de motivación y satisfacción fue muy alto como refleja la nota dada al métodos aplicado (4,5 sobre 5).

En las Fotografías 2 y 3 aparecen dos grupos en plena acción durante la fabricación del hormigón diseñado en el laboratorio. Se puede observar el alto grado de implicación. Esta fase es complementada con las correcciones de la dosificación a tenor del resultado en las características del hormigón fresco determinadas con el método del Cono de Abrams. Correcciones que se llevaban a cabo con el ordenador personal de los estudiantes.

Fotografía 3.- Visita a obra de los alumnos



4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

El resto de los trabajos que tienen una valoración suficiente se ha llevado a cabo con normalidad, pero con menos entusiasmo por su carácter burocrático aunque necesario para el ejercicio profesional. Carácter que los métodos empleados han dulcificado con la experiencia directa de los alumnos visitando obras de construcción en las fases que correspondía a la aplicación de estos documentos. Podemos considerar que la implantación de las innovaciones metodológicas ha sido completa y con una amplia aceptación por parte de los alumnos.

Por otra parte, el ciclo largo se ha podido implementar con normalidad con el efecto pretendido y logrado de que no fuera percibido como un período de prácticas en el que se aplica de forma más o menos armónica el conocimiento teórico. La pretensión era que los alumnos elaborasen documentos profesionales y fueran conscientes de ello. Por eso, se ha utilizado un proyecto real que obliga al estudiante a su estudio. Estudio del que debe extraer los datos que le permitan realizar los documentos. En la semana de presentación se utilizó para que los alumnos tuvieran oportunidad de conocer qué y cómo se iba a desarrollar la docencia y para tratar todas las dudas que los alumnos acumulan a pesar del carácter explícito de la guía docente presentada a principio de curso. Los seminarios resultaron interesantes por la actividad de los alumnos organizados en grupos.

En cuanto a las visitas a factorías, en general los alumnos declararon su satisfacción con la que, en muchos casos, era su primer contacto con una obra de construcción. Se realizaron dos salidas. Una de ellas en la obra en construcción en la plaza Castilla de Murcia por invitación de su jefe de obra Juan Antonio Serrano y la cortesía de la empresa TRESSA™ (Fotografía 7). En esta visita los alumnos descubrieron la complejidad de una obra de construcción en pleno acción. Dada la extensión de la obra fue posible tener la experiencia de la ejecución de estructuras de hormigón armado en todas sus fases, incluyendo el proceso del resultado de la excavación de cinco sótanos en un solar rodeado de edificios habitados. Así pudieron observar el replanteo, erección de pilares, la preparación de armaduras, el hormigonado, el curado del hormigón endurecido y la retirada de elementos de encofrado. Estas experiencias se complementaron con la actividad de toma de muestras para los ensayos de control de calidad. Los alumnos declaran su satisfacción con la experiencia. El propio Jefe de Obra les informa con fotografías de los trabajos de excavación y consolidación de los sótanos del edificio (Fotografía 5) Unas semanas después se realizó

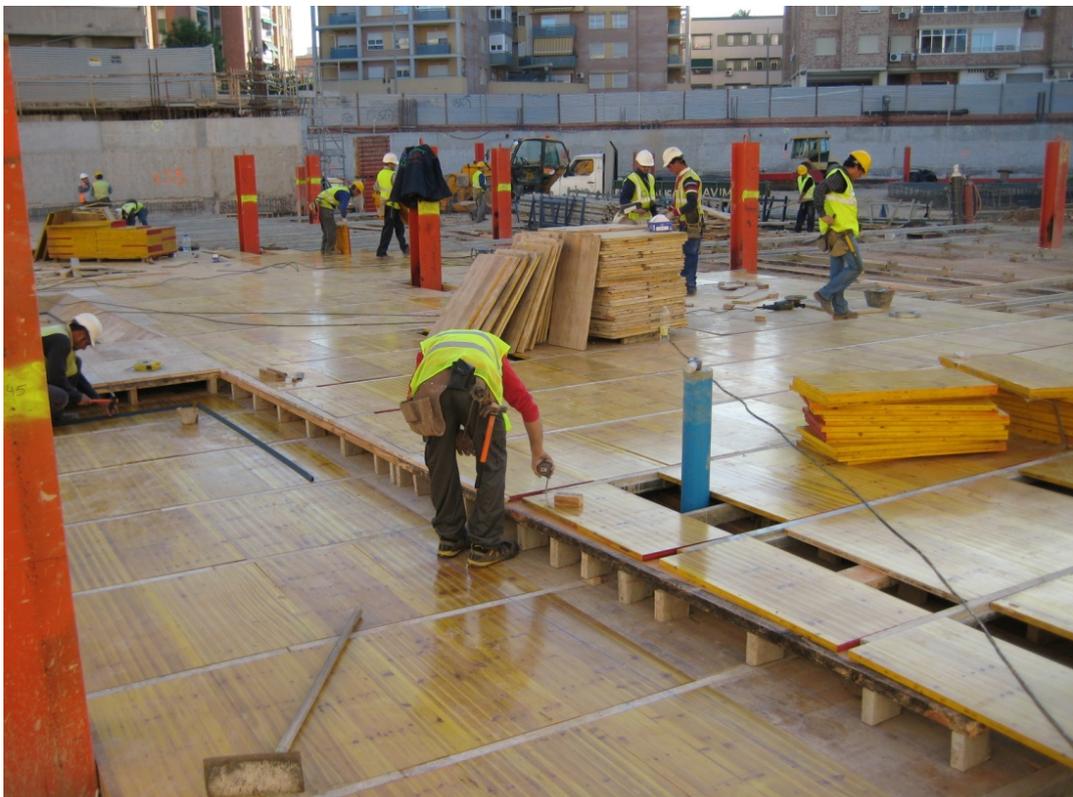
4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

una visita al almacén de la franquicia BIGMAT™ (Fotografía 6) en la localidad de Balsicas (Murcia). En esta última, los alumnos tomaron contacto con prácticamente todos los materiales de las obras convencionales, tanto los componentes de partes que quedan ocultas como las más conspicuas del edificio. Se escucharon explicaciones del profesor (el doctorando) con los materiales en la mano, su uso más habitual, características, incompatibilidades, defectos potenciales y variedades comerciales más relevantes. Los alumnos se muestran satisfechos reclaman más experiencias del mismo tipo. Se programa una posterior para una factoría de revestimientos en base a cemento. De estas visitas, el alumno debe hacer una crónica que resuma su experiencia con texto sintético, mapas conceptuales y fotografías.

En definitiva los métodos desarrollados han sido:

- **Lección magistral/Método expositivo** para la presentación de contenidos disciplinares para el conocimiento declarativo.
- **Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)** para la síntesis del conocimiento declarativo y aprendizaje del conocimiento condicional y funcional en la ejecución de un proceso condu-

Fotografía 4.- Imagen de evolución de la obra visitada



4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

cente a la elaboración de un documento complejo o a la producción de un objeto. En el caso de la asignatura *Materiales de Construcción* se trata de especificar, fabricar, caracterizar y controlar un determinado material a escala experimental. Se incluyen las visitas a factorías para conocer procesos complejos en acción.

- **Resolución de ejercicios y problemas** para fijar el empleo de fórmulas y conceptos.
- **Aprendizaje Orientado a problemas (AOP)** para que emerja la capacidad de evaluación y toma de decisiones del alumno.
- **Aprendizaje cooperativo** para el aprendizaje de conocimientos tipo procedimental, condicional y funcional en el marco de las relaciones entre alumnos.

Estos métodos se han aplicado en todas las modalidades propuestas. En especial los métodos de Aprendizaje Orientado a Proyectos y Aprendizaje Basado en Problemas se han activado conjuntamente entorno al diseño, elaboración y control de un hormigón contando con una alta motivación de los alumnos.

El método de clase expositiva ha sido aplicado sin dificultad alguna contando con los medios ya tradicionales de ordenador, proyector y pantalla. Las presentaciones eran conocidas por los alumnos con antelación, pues estaban a su disposición en el Aula Virtual. En la semana de presentación se le aconsejó que llegaran al aula con la lección leída para un mejor aprovechamiento, lo que se comprobaba con las preguntas al azar durante la clase.

En cuanto al Ciclo Largo no se ha establecido un registro formalmente, pues no era imprescindible dado el alto grado de coordinación existente. La secuencia de tratamiento y desarrollo de los distintos trabajos profesionales del ciclo se ha desarrollado sin mayor incidencia. La mayoría de los alumnos estuvieron en la semana de presentación, lo que permite valorar sus opiniones sobre la misma. Respecto de la información recibida, es decir, sobre los ítems de los que se trató en torno a la Guía Docente se considera que es suficiente. Pero, en ese momento declaran no haber percibido con claridad su papel como actores centrales del proceso que comenzaba. Esta cuestión fue tratada ampliamente en los seminarios, concluyéndose que para los alumnos resultaba muy novedoso el planteamiento. Dado que la encuesta relativa a este registro se realizó en enero y junio, el resto de ítems de la misma son pertinentes

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

Fotografía 5.- Visita al almacén de materiales



La estructuración de las unidades didáctica es, de nuevo, considerada adecuada, aunque creen que el ritmo es rápido (se ofrecía en la encuesta una opción de "muy rápido" que no ha sido seleccionada). Esta es una cuestión didácticamente importante que será debatida con los profesores para evaluar la oportunidad de un ajuste en este sentido.

El valor de los seminarios, a pesar de que cuentan con un apoyo mayoritario (65 %), presenta un cierto rechazo (35 %) que fue tratado con los alumnos en la semana de balance. Se pudo comprobar que la posición de los que lo calificaron como "inútil" se fundaba en el hábito de acudir al contacto con el profesor a recibir información no a proporcionarla o a discutir sobre cuestiones estudiadas previamente por ellos. Otros argumentaron que les resultó muy interesante poder plantear y discutir en público cuestiones cuya dificultad atribuían a carencias propias. Tal parece que, al no haber hábito de discusión técnica abierta, hay un cierto rechazo inicial que puede ser modulado con la práctica de esta metodología. La evaluación formativa sí recibe un claro apoyo que llega hasta el 95 %. Apreciaron *in voce* el hacer un examen y reci-

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

bir información de referencia inmediatamente después de someterse a los proceso cognitivos de resolución con sus propios recursos. En la semana de balance reconocían que este ejercicio de retroalimentación aumentaba su seguridad y autoestima. Complementariamente se les pidió que declarasen el tiempo dedicado a la asignatura fuera del aula o laboratorio. La respuesta mayoritaria (2-4 horas semanales) es inferior al tiempo oficial previsto para la distribución del crédito ECTS que son seis horas si se toma como base las 30 semanas lectivas. En todo caso, **es gratificante constatar que el interés por la asignatura crece desde un 59 % hasta un 86% tras cursarla.**

En cuanto a los recursos es una sorpresa que el único que suspende por poco, pero suspende, es el mapa conceptual. Y eso, a pesar de que "*Los mapas conceptuales permiten evaluar la evolución del conocimiento de los alumnos constituyendo una expresión gráfica de procesos de interrelación*" (Costamagna, 2001). La distribución de opiniones expresadas de 1 a 5 ha sido la siguiente: 17 % 1-2; 48 % 3; 35 % 4-5. Tratado el asunto con los alumnos, los que se posicionan de forma negativa declaran su incomodidad con la herramienta tanto para estudiar como para expresar lo que saben. Aseguran encontrar graves dificultades con las frases de enlace y que se ven obligados a un esfuerzo grande para lograr la coherencia y jerarquía de conceptos. Los que han encontrado interesante la herramienta aseguran que les ayuda a organizar el conocimiento y aprecian especialmente el heurístico que se les proporciona para poder hacer mapas conceptuales (Trifone, 2006). Es también alentador que una proporción semejante de los mapas conceptuales de los exámenes de los estudiantes son muy correctos.

Hay que destacar también la buena nota del laboratorio y las calificaciones de "notable" alcanzadas por las presentaciones en pantalla (recurso convencional) y por los simuladores de Monte Carlo proporcionados para la autoevaluación (recurso innovador). Estos simuladores consisten en una hoja de cálculo que mediante funciones aleatorias genera en cada nuevo ciclo un ejercicio distinto con su solución. De esta forma el alumno puede autoevaluarse intentando realizar el ejercicio por sí mismo y contratando su resultado con el proporcionado por el simulador. Un ejemplo de fórmula para la selección aleatoria es:

```
ELEGIR.ALEATORIO.ENTRE(1;7);"I";"IIa";"IIb";"IIIa";"IIIb";"IIIc";"IV")
```

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

Escuchando la propia voz de los alumnos expresada en la pregunta libre de la encuesta de satisfacción podemos leer lo siguiente (información completa en el anejo 9.6):

"La asignatura está muy bien organizada"

"En la parte del ciclo largo faltaría síntesis. Los temas son con mucho contenidos teóricos con poca orientación práctica y visual"

"Es una asignatura bastante interesante. En mi opinión estaría bien tener clases más prácticas que teóricas (ejercicios, problemas, laboratorio) donde poder ver lo que estamos dando"

"La asignatura de materiales me parece interesante aunque es mucha teoría. Con respecto al trabajo, he de decir que es un trabajo complejo y al que hay que dedicarle muchas horas que junto con las horas que dedico a la teoría son demasiadas"

"En cuanto a la organización de la asignatura, en mi opinión, ha sido óptimo. El único detalle que quizá debería ser revisado es el tiempo de duración de las explicaciones de ciertos materiales. Ha habido algunos que sí han sido muy bien explicados y con tiempo de sobra, pero otros creo que precisan ser corregidos en la duración y en el método. A pesar de ser una asignatura divertida y entretenida, muchas veces es difícil atender y entender si lo único que se hace el profesor es para explicar es leer diapositivas de PowerPoint. Otra cosa que quizá se podría mejorar es el número de visitas a obras, ya que hay veces que con la teoría no es suficiente y se necesita una práctica. En general, la manera de impartir la asignatura, quitando pequeñas incomodidades, ha sido satisfactoria"

"Mi opinión acerca de la asignatura, en general, es muy positiva. Tanto el ciclo corto como el ciclo largo me parecen adecuados para completar mi formación de los materiales de construcción más empleados. Respecto a los profesores, en mayor o menor medida, conocen bastante sobre el material del que hablan. También es una gran idea la fabricación de materiales en el laboratorio ya que en ninguna asignatura se lleva a la práctica tan eficientemente la teoría"

"Mi opinión sobre el ciclo corto de la asignatura es muy positivo, ya que gracias a él estamos conociendo todos los materiales que vamos a emplear en obra y las patologías que pueden causar. En cuanto al ciclo largo, creo que es muy útil, pero no tenemos mucha idea de cómo avanzar en él"

"Me parece una de las asignaturas de la carrera más importante y útil para la formación de nuestra futura profesión"

"En mi opinión la asignatura está bastante bien preparada, aunque no todos los profesores que la imparten la han preparado igual de bien"

Las opiniones de los alumnos apuntan a:

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

1. Tratar de mejorar la eficacia de los seminarios
2. Corregir la intervención de uno de los profesores
3. Estimular el empleo de recursos menos valorados como el Aula Informática, EDUCLICK o POLIMEDIA mejorando sus prestaciones.
4. Atención especial merece el mapa conceptual por el interés potencial de este recurso para que los alumnos tengan su ayuda en el estudio. En necesario aumentar la proporción de alumnos interesados.

El segundo punto es muy controvertido, pero hay que considerar que una de las quejas habituales de los alumnos es que contribuyen a la valoración de los profesores en las encuestas oficiales realizadas por los servicios de Gestión de la Calidad de la Universidad pero que nunca tiene noticias de los resultados, lo que, en verdad resulta incomprensible. En este sentido es habitual el absentismo de los alumnos en las encuestas cuando los datos se recogen con monitores y el desinterés absoluto si la encuesta se realiza mediante votación electrónica en una página web preparada a tal efecto. Es hora de que la evaluación de los profesores por parte de los alumnos cumpla su función correctora, aunque tenga que ser matizada con otras dimensiones de la compleja labor docente. En el siglo XIX en Alemania la continuidad de los profesores universitarios dependían de la asistencia a clase de los alumnos a los cursos propuestos. Es notorio el caso de Schopenhauer que tuvo que abandonar sus cursos en la Universidad de Berlín por falta de audiencia, en contraste con el éxito de Hegel.

El sistema EDUCLICK™ tiene la virtud de dinamizar la clase y ofrecer una rápida respuesta a una serie de cuestiones proporcionando una retroalimentación inmediata a cada alumno en particular y al propio profesor que dispone en pocos segundos de un histograma con las respuestas. Así, se tiene la oportunidad de una discusión sobre contenidos, métodos y estilos de aprendizaje que suele resultar muy enriquecedora. En todo caso los alumnos lo celebran mucho, por la fuerte ruptura que supone respecto de la rutina diaria. Éste sistema se utiliza dos veces en el curso.

Los mapas conceptuales forman un caso aparte por su doble condición de mecanismo potente para el análisis-síntesis del alumno y su capacidad de expresión de conocimientos. Su moderado rechazo por

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: DESARROLLO

parte de los alumnos, obliga a una reflexión sobre el adiestramiento necesario para la comprensión de su importancia.

Los profesores también opinaron y entre sus opiniones destaca el "no" del profesor 4 a la adecuación de la estructura de las unidades didáctica. Se explica porque, éste profesor, ha sido el último en incorporarse al grupo y provenir de una tradición muy conservadora de la enseñanza. Pero, en general, los profesores parecen encontrarse cómodo con el programa formativo desarrollado. Naturalmente hay que promocionar el uso de los recursos entre ellos de forma voluntaria, dado que no se cuenta con mecanismo alguno para su imposición por parte del coordinador. Lo que, por otra parte, sería contraproducente dada la necesidad de compromiso que la docencia requiere.

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

4.2 Resultados en relación con el sub-problema 2.2: respecto de los contenidos de enseñanza

*¿En qué medida el desarrollo del programa permite los cambios planificados en los **contenidos** de enseñanza?*

Como ya se puede comprender a estas alturas de la tesis, cuando decimos contenidos en esta tesis no nos referimos exclusivamente al tradicional conocimiento memorístico o, ni siquiera a uno compuesto de memoria y comprensión y aplicación, que hemos llamada conocimiento declarativo, sino, también, a aquellas otras dimensiones del conocimiento humano que implican la acción (conocimiento procedimental) y la decisión (conocimiento condicional). Por eso, los resultados relativos al sub-problema dos se refieren a todos estos tipos de conocimientos.

Para ello haremos, previamente, referencia a los distintos aspectos programados en el capítulo 3 para cada tipo de conocimiento y a los modos en que se registró su cumplimiento en mayor o menor grado.

Conocimiento declarativo

La enseñanza de este tipo de conocimiento se manifiesta en los siguientes aspectos:

- Explicitación de las dimensiones memorística, comprensiva y aplicativa, matizadas por la taxonomía SOLO (Biggs, 2008)
- Estructuración de las unidades didácticas con los conceptos estructurantes.
- Estructuración de los conceptos de los materiales con un heurístico ad hoc.
- Pretensión de presentar trece materiales diferentes con distintas extensiones

Conocimiento procedimental

La enseñanza de este tipo de conocimiento implica acciones por parte del alumno que son observables en un contexto operativo en contacto con ordenadores en el aula informática o con instrumentos en el laboratorio. Todo ello en acciones reguladas por procedimientos normalizados, bien con origen en instituciones de reglamentación y normalización o en la propia acción de los profesores. De esta acción

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

observable y la valoración de los resultados cabe inducir el grado de dominio alcanzado.

Conocimiento condicional

Este tipo de conocimiento se manifiesta en las decisiones que el alumno toma durante la resolución de problemas complejos. La valoración se basa en los seminarios para la resolución de problemas relacionados con los documentos del ciclo largo y la observación estructurada durante algunas de las fases de la aplicación del método de Aprendizaje Basado en Proyectos.

Las variables utilizadas son el grado de cumplimiento de los propósitos definidos en el programa formativo medido a través del testimonio del delegado de curso y el propio doctorando.

4.2.1 Análisis de resultados

Para comprobar que los cambios planificados en la presentación de los contenidos de conocimiento declarativo se había cumplido se pidió al delegado del curso que informara al respecto al profesor encargado de la coordinación de la asignatura mediante un estadillo de seguimiento. En cuanto al ciclo largo, fase en la que el conocimiento procedimental y condicional puede adquirirse y expresarse, como el doctorando se ocupó de su coordinación y control es el testimonio la referencia. Para la comprobación del sub problema 2.2, por tanto, se ha utilizado los siguientes registros:

Tabla 24.- Registros del sub problema 2.2

REF.	REGISTRO
R_04	Registro de grado de cumplimiento de los contenidos (CC)
R_05	Registro de grado de cumplimiento de los contenidos (CL)

4.2.1.1 **Cumplimiento del conocimiento declarativo**

En lo relativo al conocimiento declarativo, que proporciona la mayoría de los contenidos (aproximadamente el 65 %), dado su formato más convencional, no ha habido problemas especiales. Las presentaciones de PowerPoint estaban organizadas por cada profesor conforme a los conceptos estructurantes sin excepción, tal y como se planificó en el programa. Las excepciones ha sido de fase de control en algunos materiales que se explican por los escasos desarrollos del con-

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

tenido disciplinar, de una parte, y a que serán tratados en extenso en la asignatura de Control de Calidad que se imparte en el tercer curso de la titulación. Esta circunstancia no fue advertida en las primeras semanas, dado que aún no se había planificado la asignatura de Control de Calidad por estar el Plan de Estudios aún en fase de implantación. Siendo el curso 2010-2011 la primera vez que se impartía la asignatura *Materiales de Construcción* en el Grado de Ingeniería de Edificación.

En el ciclo corto se pudo completar la presentación de las unidades didácticas (materiales) de todos los materiales menos la de Materiales Compuestos (1 semana) por estar el profesor en una estancia en el extranjero. La confirmación de este viaje surgió sin tiempo para reprogramar.

Los materiales como se ha visto se imparten en módulos de una semana y cada profesor tiene la obligación de organizar su docencia en el número de semanas que le es asignado desde el principio. Este mecanismo favorece el cumplimiento del orden y de los contenidos. La extensión de las unidades didácticas se adaptó sin problemas al tiempo previsto, cuyo módulo era de una semana. Veamos con un ejemplo el proceso de cumplimiento. El hormigón es el material que más semanas emplea en ser presentado. Durante siete semanas se despliegan los conceptos estructurantes dando forma al contenido. Se empieza por la definición del hormigón utilizando el heurístico presentado en la Figura 31. Este heurístico, además, permite generar los conceptos estructurantes como se vio en la figura 32.

En el caso del hormigón el resultado es la siguiente definición:

*"El **Hormigón** es un conglomerado (piedra artificial con origen histórico en los compuestos con cal o puzolanas y origen industrial en las instalaciones denominadas centrales de obra o de hormigón preparado. Se utiliza fundamentalmente para construir estructuras que han de contar con resistencia, durabilidad y sostenibilidad. Se compone de cemento, áridos y agua, habiendo incorporado desde los años noventa del siglo XX adiciones de ceniza volante o humo de sílice. Además modifica sus propiedades en estado fresco o endurecido mediante el uso de aditivos. Aditivos y adiciones que permiten la fabricación de hormigones especiales."*

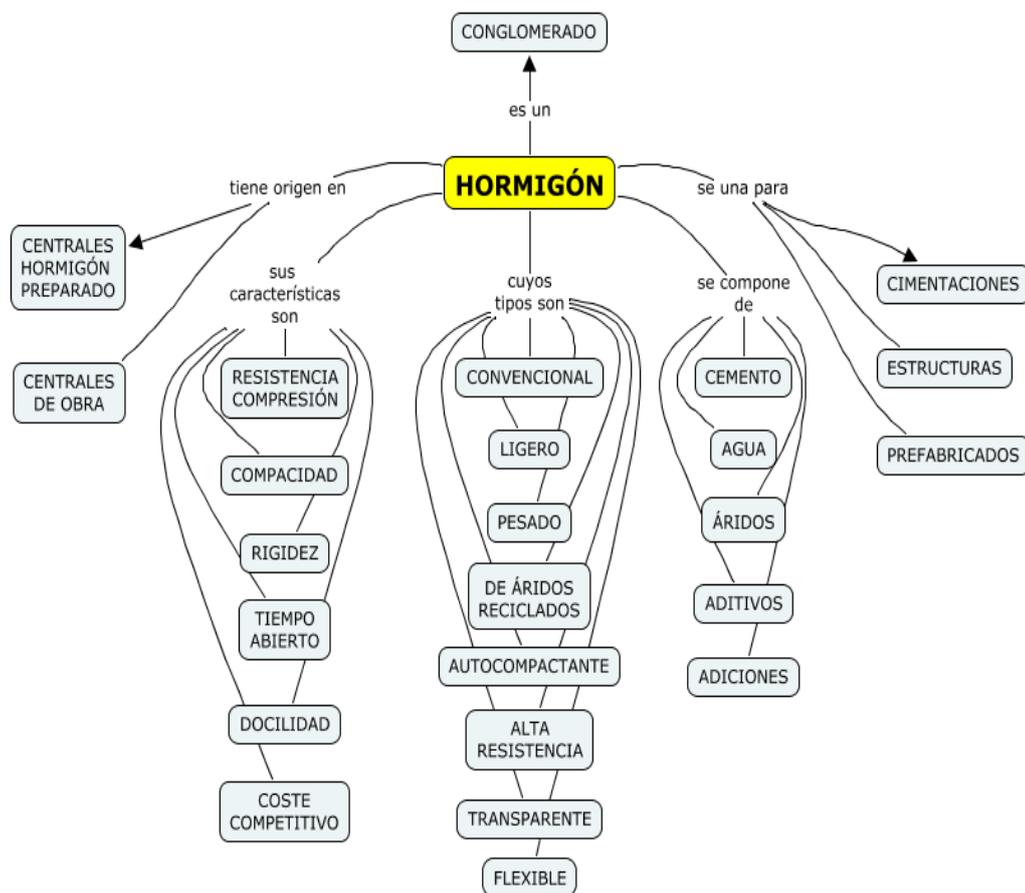
La **definición** se completa con un mapa conceptual del hormigón constituido a partir, igualmente, del heurístico. Este mapa conceptual proporciona de un vistazo todo lo que el estudiante de grado

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

necesita saber sobre el hormigón estructural. Así el hormigón se comprende desde:

- La familia de materiales a la que pertenece
- Su origen industrial
- Su función
- Sus tipos
- Sus características
- Sus componentes

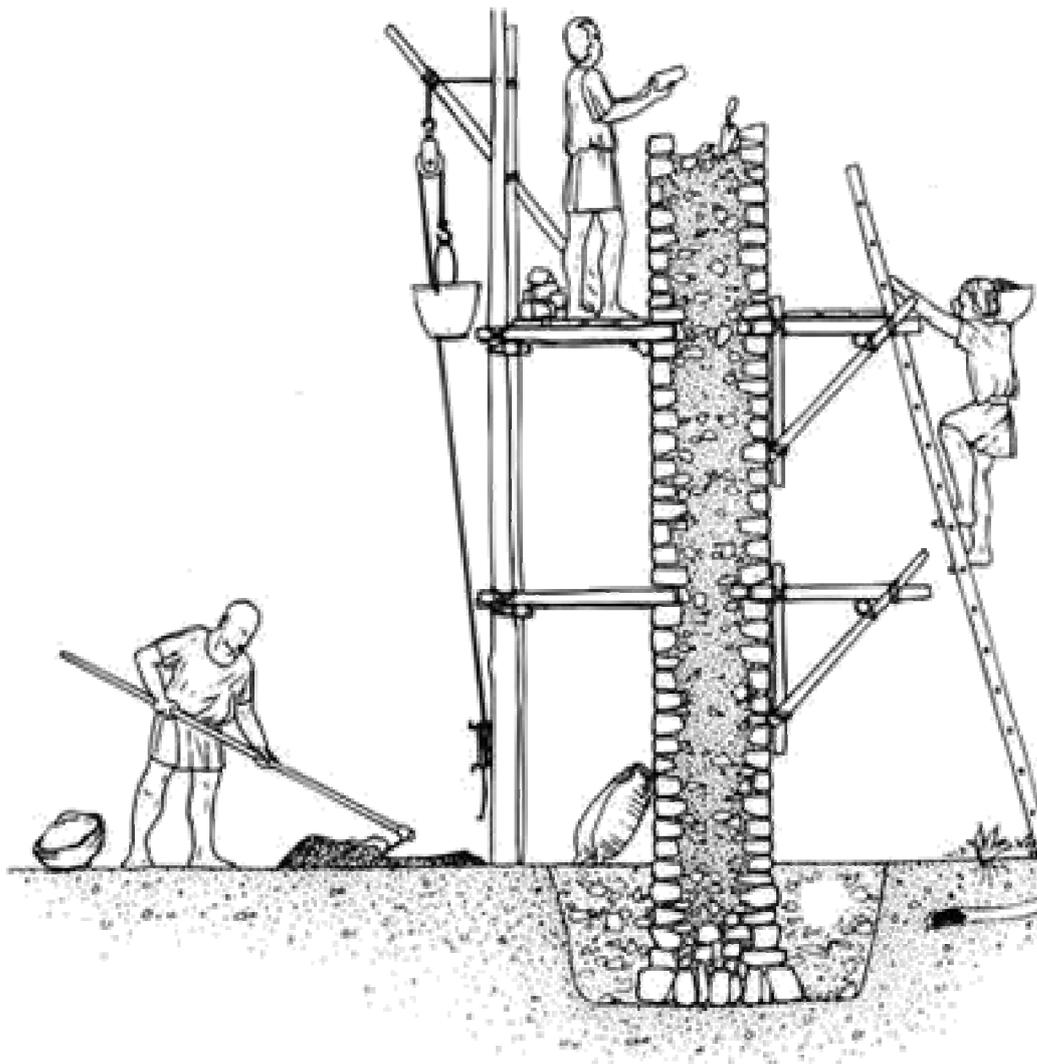
Figura 36.- Heurístico aplicado al hormigón



4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

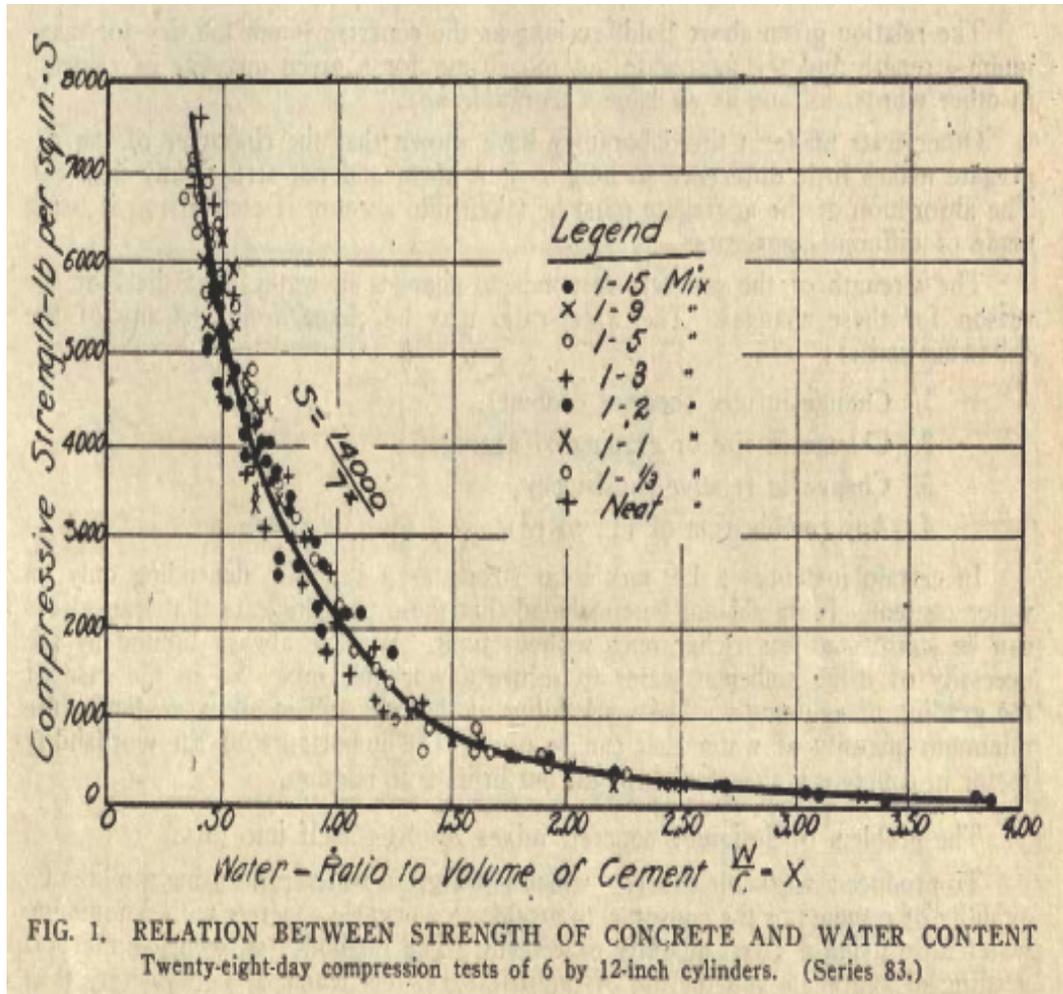
A continuación se presente la **historia** del hormigón insiendiendo en las razones técnicas y funcionales de su origen con especial énfasis en su uso primario por parte de los romanos, que constituye tanto un avance como una cumbre con el uso de los materiales cementicios de origen volcánico en la localidad de Puzzoli en las proximidades de Nápoles y en las faldas del Vesubio. Cumbre constructiva y obstáculo tecnológico que no se remueve hasta que se dan nuevas necesidades a final del siglo XVIII. Smeaton mezcla arcillas y calizas de forma eficaz estableciendo las bases del cemento moderno fabricado por primera vez por Aspdin en 1824.

Figura 37.- El hormigón romano



4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: DESARROLLO

Figura 38.- Origen del concepto de relación agua/cemento (1932)



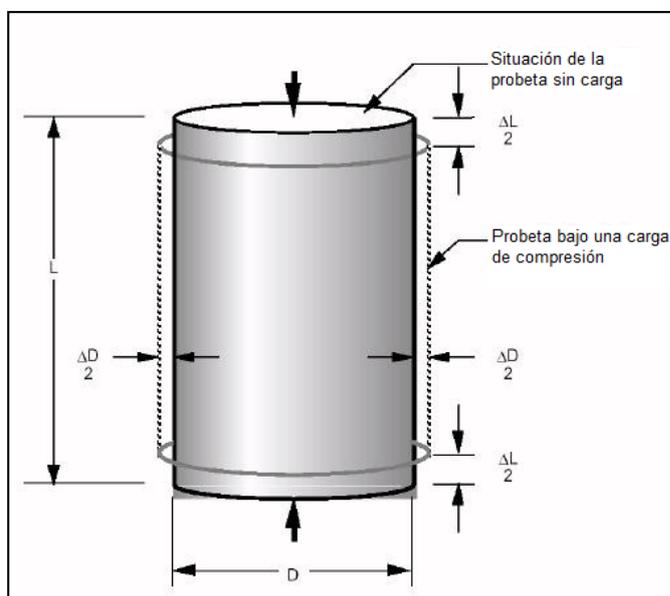
Los alumnos reciben con interés el relato histórico que enlaza con los rápidos avances en el siglo XIX y XX desde el más elemental hormigón armado hasta el sofisticado hormigón pretensado de armaduras postesas. Se aprovecha la historia para que el alumno relacione los conceptos que se le van a presentar más adelante con las necesidades que lo hicieron aparecer y, al mismo tiempo, que comprueben como el descubrimiento genial del hormigón armado hace posible los desarrollos posteriores. Especialmente interesante les resultó la fase en la que la necesidad de perfeccionar la primera intuición de Monier llevó a los ingenieros a desarrollar técnicas de medición de características para optimizar las mezclas de acuerdo a los distintos usos. Las imágenes de la fase histórica aparecerán después para enlazar con esta. En este momento se recuerda, de una parte que el relato recién

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

producido requiere de memoria de fechas y nombres, pero también de la comprensión de la aparición de las novedades en sus circunstancias.

A continuación se presentaron las **características** del hormigón, pidiéndoles a los alumnos que, a partir de ahora deben acentuar su capacidad de comprensión para captar, primero, la idea misma de característica de un material, que es un rasgo inherente del mismo. Idea que le será muy útil para ponerla en contraste con el concepto de especificación que aparecerá posteriormente, que es una característica deseada. Así se presentaron las características físicas como la densidad, explicando su origen, dado que es un material compuesto; las características del hormigón fresco, como la consistencia o las características reológicas, como la deformación. Se pide a los alumnos que utilicen los mapas conceptuales para relacionar las características entre sí en un examen al finalizar este apartado que inaugura la serie de pruebas de evaluación continua y formativa. Pruebas con las que el doctorando trataba de comprobar en qué medida el alumno iba construyendo los significados propios de los conceptos relativos al hor-

Figura 39.- Representación gráfica del efecto Poisson



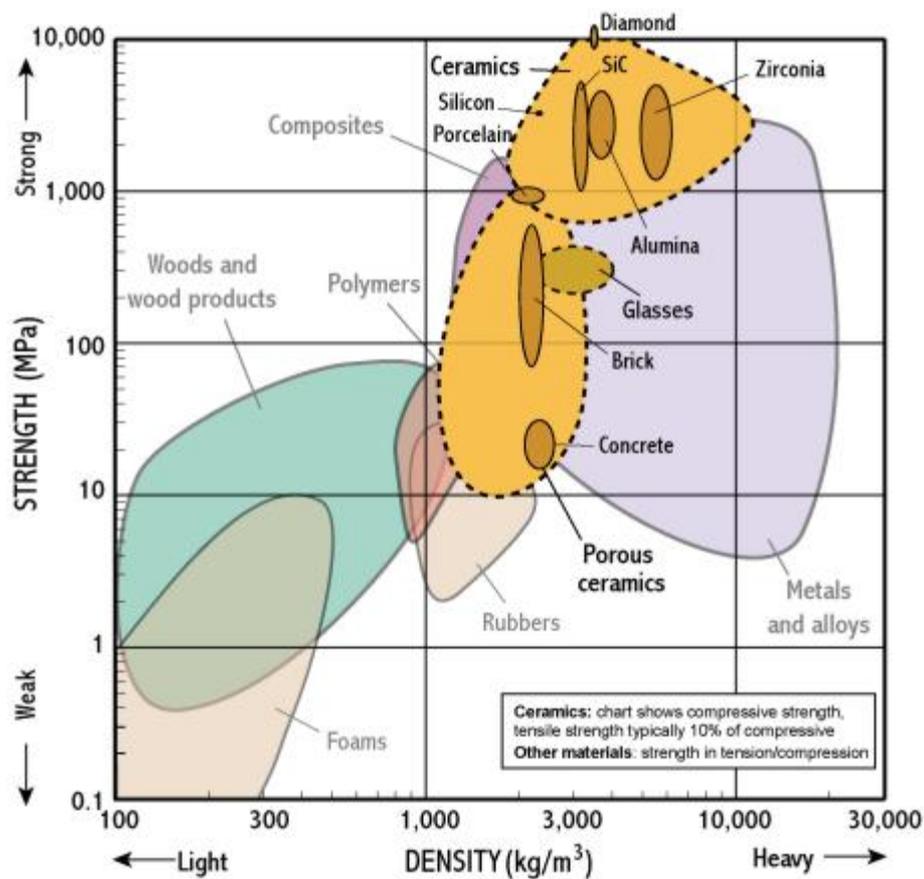
migón. Resultó especialmente complicado para los alumnos el concepto de coeficiente de Poisson por el carácter doblemente relativo del mismo. Este concepto se utilizó más adelante como razón de determinados comportamientos del hormigón durante su empleo para reforzar

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

su comprensión. Incluyendo ejemplos tan cercanos a lo cotidiano como la confección al *ranglán*.

Para que los alumnos situaran las características del hormigón en relación a otros materiales se utilizan los magníficos gráficos de Ashby (2011).

Figura 40.- Gráfico Densidad- Resistencia. Ashby (2002)



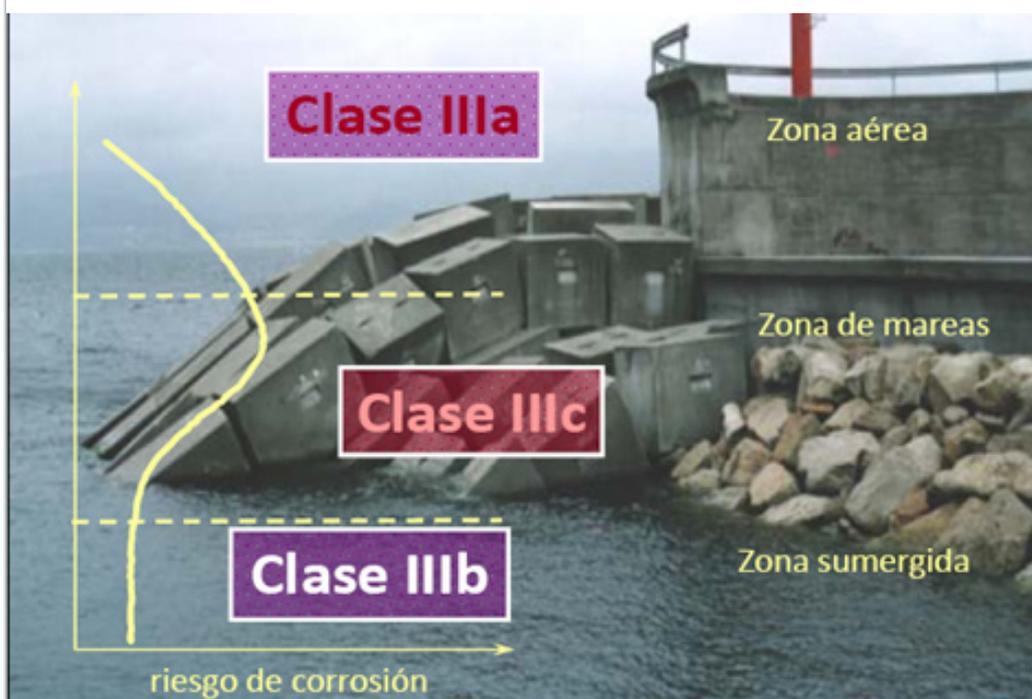
Todas estas contextualizaciones ayudan a los alumnos, como pone de manifiesto las respuestas correctas realizadas al azar durante las exposiciones declarativas. Como se ha indicado más atrás, al finalizar la exposición de las características se procedió a realizar una prueba corta distinguiendo entre cuestiones para la memoria, la comprensión y la aplicación.

A continuación se presentó el concepto estructurante de **especificación** aplicado al hormigón. Para ellos se utilizó la Instrucción Española de Hormigón Estructural EHE-08 que proporciona el resultado del

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

pacto social entre administraciones, fabricantes y usuarios, enfatizando la condición de pacto de las características deseadas. Dadas las necesidades modernas de que las construcciones prolonguen en el tiempo su capacidad de resistir el deterioro de su seguridad y funcionalidad. Por ejemplo se presentó el modo en que se especifican las características del hormigón para su durabilidad en la costa, situación muy habitual en nuestro país.

Figura 41.- Clases de exposición general del hormigón



Se enfatizó el paso desde la clasificación de ambientes potencialmente agresivos para el hormigón hasta la características física, mecánica o geométrica que es deseable que posea para su durabilidad.

Establecidas las especificaciones, el siguiente paso que se dio fue el de mostrar a los alumnos cómo se debe fabricar un hormigón para que las posea. Este concepto estructurante es muy poderoso en esta asignatura porque sintetiza y articula el conocimiento al obligar a poner a prueba el conocimiento declarativo en la aplicación en la fase procedimental, como se verá más adelante. Los alumnos se encontraron cómodos en esta fase de las clases expositivas por el carácter magnético que tiene para ellos la operación matemática por su concreción en números comprobables. Números que, aunque sea artificialmente, les hacen creer que dominan la materia y, al tiempo, les permite probarlo ante el profesor. El proceso de elaboración de una tabla de

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

dosificación del hormigón es largo y requiere mantener bajo control muchas variables. Por eso se divide el proceso en 10 pasos, cada uno de los cuales condiciona a los siguientes:

1. Determinación de la designación del hormigón
2. Determinación de la resistencia media
3. Cálculo de la concentración de la pasta
4. Determinación del contenido mínimo de cemento
5. Cálculo de la cantidad de ceniza volante
6. Cálculo de la cantidad de aditivo
7. Cálculo del volumen de áridos
8. Cálculo de las proporciones de áridos
9. Cálculo de los volúmenes de los componentes
10. Determinación de los pesos de los componentes.

Una vez establecida la mecánica, siguiendo el consejo de Stenhouse se realizaron ejercicios de consolidación y una prueba de comprensión de los conceptos de aportación de cada material a las características deseadas para el hormigón fabricado.

Se pasó a continuación al concepto estructurante de **tipos de hormigón** con el que los alumnos tuvieron una panorámica de las posibilidades del hormigón cuando se transfiere el conocimiento a nuevas situaciones. Así se presentaron los siguientes hormigones:

- Hormigón ligero, basado en los áridos ligeros
- Hormigón pesado, basado en los áridos metálicos
- Hormigón de áridos reciclados basado en operaciones de reutilización
- Hormigón con fibras (de fibras de acero o polipropileno)
- Hormigón Autocompactante basado en aditivos de altas prestaciones
- Hormigón Autocurable y flexible basado en la carbonatación
- Hormigón de Altas Prestaciones (especialmente resistencia)
- Hormigón no estructural de bajas prestaciones controladas

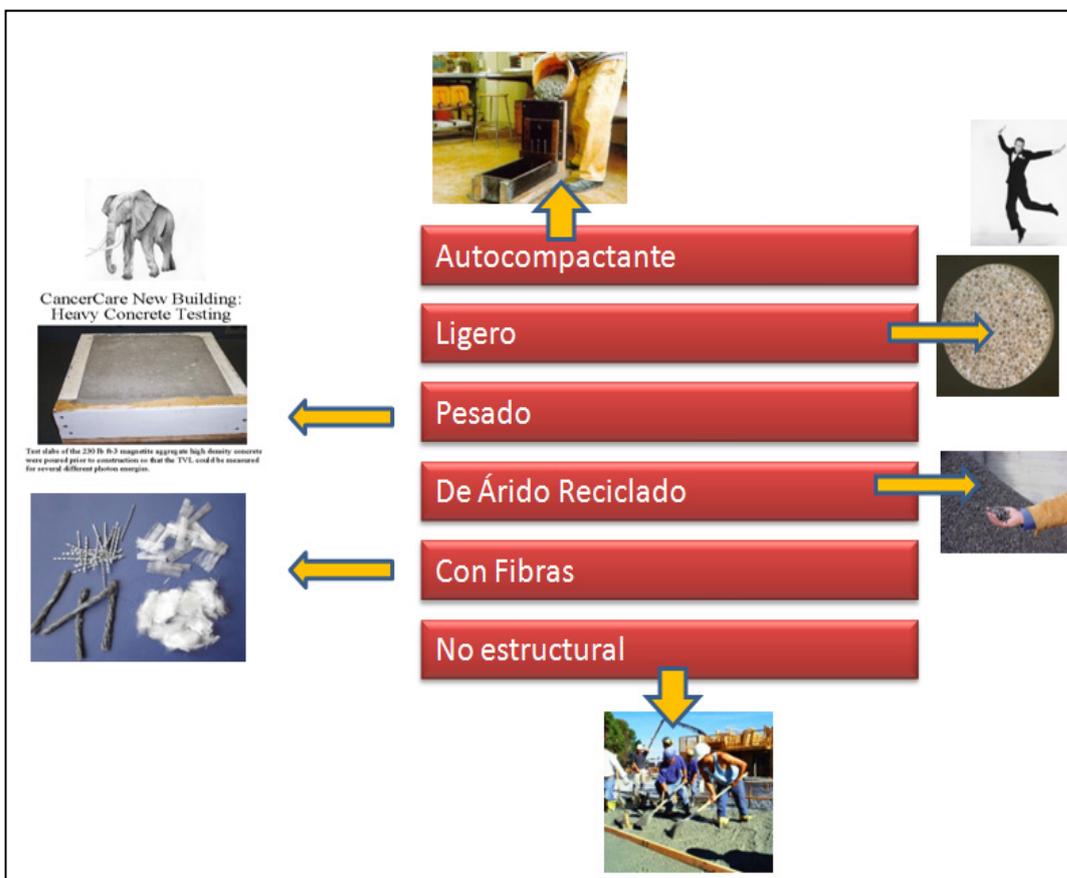
Esta es una fase amable en la que los alumnos amplían su catálogo de variantes del hormigón que les prepara para una potencial es-

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

pecialización en el posgrado. Se les explicaron las características principales que hacían diferentes e interesantes estos hormigones.

A continuación (Figura 43) se presentó a los alumnos los **usos** del hormigón. Una fase, igualmente amable, que servía de tránsito hacia la fase de control, que aunque es solamente introductoria, es más compleja por las necesidad de conocimiento estadístico. Los usos se presentan en cada una de las partes de una construcción.

Figura 42.- Tipos de hormigón



Si los dos conceptos estructurantes anteriores aplicados al hormigón reclaman fundamentalmente del uso de la memoria, el penúltimo capítulo recupera la necesidad de la concentración en el concepto. Se trató de la presentación de los procedimientos que la Instrucción EHE-08 establece para tomar decisiones de aceptación o rechazo de un hormigón estructural.

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

Es una fase en la que se pone de manifiesto el interés de forzar al conocimiento previo de los alumnos de la asignatura de Estadística. Lo que justifica el establecimiento de incompatibilidades entre esta asignatura y la que nos ocupa. Dado que en el curso tercero hay una asignatura denominada Control de Calidad de *Materiales de Construcción*, que imparte el doctorando, en este concepto estructurante en la asignatura *Materiales de Construcción* se hace una introducción especial para el hormigón que sirva de transición. En concreto se había planificado presentar los criterios de aceptación y rechazo siguientes:

Figura 43.- Usos del hormigón

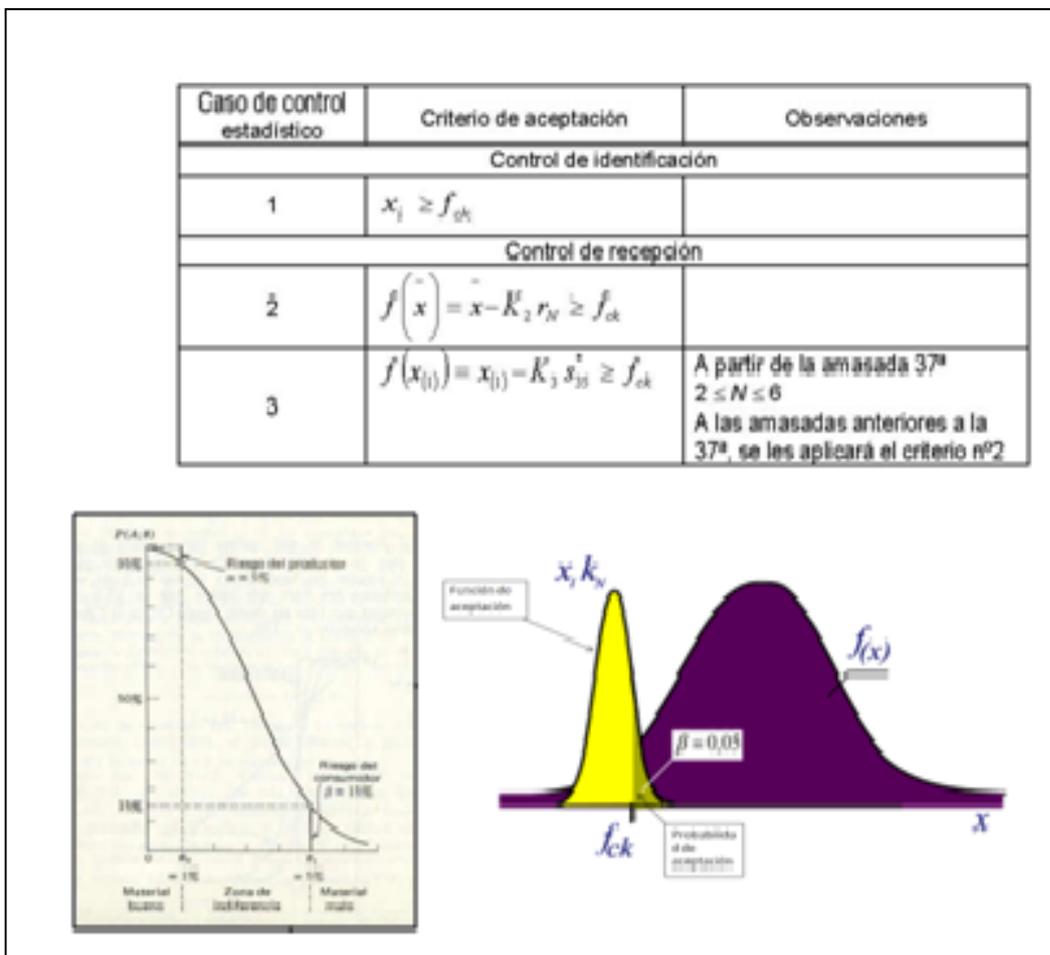
Cimentaciones
Estructuras
Muros
Tejados
Pavimentos
Tuberías
Novedades



Esta fase necesitó de repaso cuidadoso que refrescara los conceptos de estadística de los alumnos, dados los irregulares resultados del test realizado en la semana de presentación. Se realizó un prueba final que resultó un tanto decepcionante en los conceptual, aunque eficaz en los operativo. Se realizaron dos seminarios de intensificación coincidiendo con la elaboración del Plan de Control del ciclo Largo. Para ello se utilizó un simulador de resultados en una hoja de cálculo. De este modo se pudo conseguir un número indefinido de resultados para comprobar la naturaleza de los estimadores y comprobar sus efectos.

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: DESARROLLO

Figura 44.- Criterio de aceptación y rechazo de la EHE-08



Finalmente se presentó el concepto estructural de impacto medioambiental del hormigón sin ambages. La industria del hormigón es muy contaminante y ha producido algunas grandes transformaciones del paisaje por la extracción de áridos. Se hizo ver a los alumnos la importancia del reciclado de áridos y sus limitaciones. Se les presentaron las razones económicas del éxito del hormigón con un gráfico de Ashby (2002), donde se puede comprobar el bajo costo relativo del hormigón en relación a su resistencia, desvelando que esto es posible por la escasa repercusión sobre la industria del deterioro producido (Figura 45).

Para completar los resultados de este sub-problema se informa de que el delegado del curso presentó la siguiente tabla del cumplimiento del conocimiento declarativo (tabla 25):

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: DESARROLLO

Figura 45.- Relación coste – resistencia de Ashby (2009)

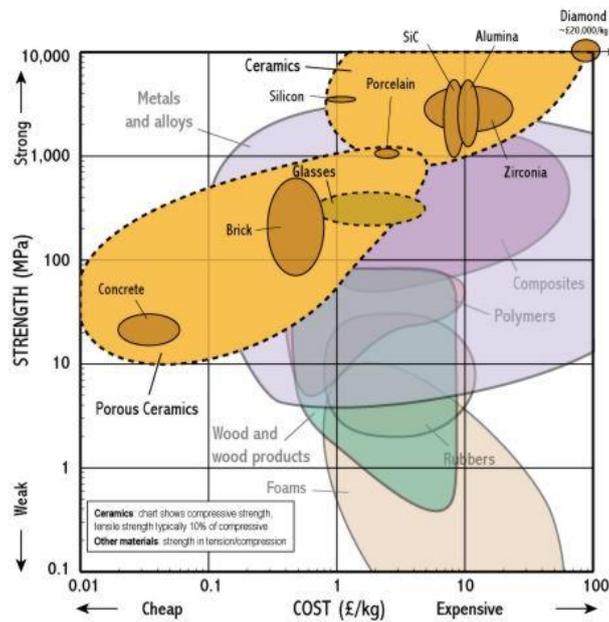


Tabla 25.- Cumplimiento del conocimiento declarativo

Concepto	Presentación	Definición	Historia	Características	Especificaciones	Fabricación	Tipos	Usos	Control	Medioambiente	Resumen
Materiales	CUMPLIMIENTO EN %										
Maderas	100	100	90	100	90	95	100	100	90	95	95
Cal	100	95	90	95	90	90	95	95	90	90	92
Yeso	100	100	100	100	100	100	100	95	95	90	97
Cemento	100	100	90	100	90	95	100	100	0	95	95
Morteros	100	100	100	100	100	100	100	95	0	90	95
Hormigones	100	100	100	100	95	100	85	95	100	100	100
Metales	100	100	100	100	100	100	90	95	80	90	95
Armaduras	100	100	100	100	100	100	90	95	80	90	95
Pétreos	100	100	100	100	100	100	100	100	95	95	95
Cerámicos	100	100	100	100	100	100	90	95	20	90	95
Vidrio	100	100	100	100	100	100	100	100	0	95	95
Polímeros	100	100	95	95	90	100	85	95	0	100	95
Bituminosos	100	100	95	95	90	100	85	95	10	100	95
Maderas	100	100	95	95	90	100	85	95	10	100	95
Bituminosos	100	100	95	95	90	100	85	95	10	100	95
Pinturas	100	100	95	95	90	100	85	95	10	100	95
Composites	NO SE PUDO IMPARTIR LAS CLASES DE CICLO CORTO										

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

4.2.1.2 **Cumplimiento del conocimiento procedimental**

El conocimiento procedimental se desarrolló en las siguientes actividades:

- En las prácticas de laboratorio
- En la elaboración de documentos de ciclo largo siguiendo procedimientos establecidos en la planificación de la asignatura

Figura 46.- Pruebas de adquisición de conocimiento procedimental



Las prácticas de laboratorio se programaron de forma que se llevaran a cabo dos semanas después de presentado el conocimiento declarativo para los conocimientos del material hormigón, como hemos hecho en el conocimiento declarativo por ser el material en el que más tiempo se emplea. El laboratorio se centró fundamentalmente en las características del hormigón, en especial:

- Consistencia (medida con el cono de Abrams)
- Compacidad (medida con la velocidad de ultrasonido)
- Resistencia (medida con ensayos de compresión)
- Dureza (determinada con esclerómetro)

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

De este modo los alumnos pudieron realizar por sí mismo de forma normalizada un experimento que les permite comprobar cómo el cambio de la relación agua-cemento modifica las condiciones de deformación del hormigón fresco.

Toda esta actividad estuvo regulada por los objetivos formativos formulados en el Programa diseñado, especialmente por los referidos al bloque de la aplicación. En concreto:

- I. Aplicar** los conocimientos a ejercicios y problemas abiertos. Un objetivo que relacionamos con la competencia B y C (GC_MC)
- II. Caracterizar** materiales experimentalmente. Un objetivo que relacionamos con la competencia C (GC_MC)
- III. Realizar** ensayos de materiales. Un objetivo que relacionamos con la competencia C (GC_MC)
- IV. Elaborar** Pliegos de Condiciones de materiales teniendo en cuenta todos los requisitos básicos del Código Técnico de la Edificación con un propósito de durabilidad, duración y sostenibilidad de las soluciones adoptadas. Planes de Control de materiales teniendo en cuenta las condiciones previstas para la fase de ejecución. Programas de Control de materiales teniendo en cuenta el Plan de Control y el Pliego de Condiciones del Proyecto. Un objetivo que relacionamos con la competencia C y E (GC_MC)
- V. Diseñar** hojas de cálculo para las operaciones de cálculo de los Planes y Programas de Control, la dosificación de materiales y el control de operaciones. Un objetivo que relacionamos con la competencia C y E (GC_MC)
- VI. Interpretar** ensayos de materiales y datos Un objetivo que relacionamos con la competencia C y E (GC_MC)

Estos objetivos formativos, relacionados directamente con las competencias establecidas por la legislación, como se comprobó en la investigación que dio solución la problema uno sobre el diseño del programa formativo, estuvieron presentes en todas las acciones del ciclo largo relativas a la adquisición de conocimientos procedimentales.

El desarrollo del Glosario de Términos relativos a los *Materiales de Construcción* fue seguido de forma disciplinada por los alumnos que

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

utilizaron como referencia para sus definiciones el heurístico propuesto. Esta referencia permitía identificar con rapidez aquellas definiciones que eran resultado de un copia y pega desde Internet o del descuido en la organización de la información sobre los materiales.

El desarrollo del Pliego de Condiciones fue seguido por la mayoría de los alumnos sirviéndose de la hoja de cálculo Excel™ como portfolio electrónico. El método establecido mostraba a los alumnos la forma de asociar características especificadas a los distintos materiales, a referir las fuentes de esta información y a establecer la nomenclatura correspondiente. En la figura siguiente se muestra un ejemplo de una hoja del Pliego de Condiciones:

Figura 47.- Hoja de Pliego de Condiciones

Perfil Técnico de Materiales



Barras de acero soldable

Exigencia Básica que satisface

Seguridad Estructural

Nomenclatura

B500SD

Parte de la obra en la que se ubicará

Cimentación

Fuentes normativas o reglamentarias

EHE-08; UNE 36065:2000 EX; UNE-EN 10080:2006

Propiedades Físicas	Valor	Unidades
Densidad 7850	7850	Kg/m ³
Propiedades Mecánicas		Unidades
Límite elástico (f _y)	≥ 500	N/mm ²
Carga unitaria de rotura (f _s)	≥ 550	N/mm ²
Alargamiento de rotura (ε _{u,5})	≥ 16	%
Alargamiento total bajo carga máxima (ε _{max})	≥ 7,5	%
Relación (f _s)/(f _y)	1,15 ≤ f _s /f _y ≤ 1,35	Adimensional
Relación (f _{real})/(f _{nominal})	≤ 1,25	Adimensional

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: DESARROLLO

El Plan y Programa de Control se realizó siguiendo las indicaciones de la EHE-08 (escasas pero desarrolladas por la guía de la asignatura). Esta actividad permitió que los alumnos adquiriesen la habilidad de elaborar documentos en los que quedaba plasmada la planificación y programación de la obra expresada en un proyecto real de construcción. Los únicos problemas que se presentaron tuvieron más que ver con los plazos de entrega que con el desarrollo de los contenidos.

El R_04. registra la actividad durante los seminarios. No hubo que suspender ninguno y se coordinaron sin problemas especiales con la realización de las prácticas de laboratorio. Se ha constatado que los seminarios-taller son una magnífica modalidad para mantener la coherencia de una asignatura profusa en contenidos y compleja en organización de recursos y personas. Sin embargo, la presentación de los contenidos de ciclo largo en una sola sesión para su posterior desarrollo por parte de los alumnos con el compromiso de una presentación conjunta la final de curso, se reveló como una propuesta equivocada porque favoreció cierta precipitación en la redacción de algunos de los trabajos. Lo razonable sería distribuir las entregas durante todo el curso.

4.2.1.3 Cumplimiento del conocimiento condicional

El conocimiento condicional se refiere, como quedó dicho más arriba, a la capacidad de tomar decisiones fundadas y oportunas. Es decir capacidad de responder ¿cuándo? Y ¿por qué? se ha de llevar a cabo una determinada acción. El programa formativo había planificado la adquisición de este conocimiento mediante la realización de un proyecto que siguiera las pautas del método de Aprendizaje Basado en Proyectos. El proyecto que se propuso fue el diseño, elaboración y verificación de las características del material hormigón. Con este proyecto el alumno se vio en la obligación de:

- Decidir un determinado tipo de hormigón
- Decidir las características deseadas
- Calcular los componentes del hormigón especificado y sus proporciones
- Fabricar el hormigón decidiendo las modificaciones que la experiencia real haga necesario
- Comprobar experimentalmente que se han alcanzado las características especificadas
- Elaborar un informe final que describa todo el proceso

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: DESARROLLO

Este proyecto implica a todos los conocimientos, pero su progreso es una cadena de decisiones que ponen a prueba la capacidad de tomarlas y, además, en el seno de un grupo, lo que ayuda que despliegue su capacidad de trabajo cooperativo. Sin perjuicio de sus resultados, la tarea se pudo desplegar sin problemas dignos de mención. Quizá los alumnos tienen más problemas con el cuándo empezar, que con las decisiones técnicas que tuvieron que tomar. Les cuesta arrancar, quizá acuciados por otras demandas docentes en asignaturas del mismo curso. Una cuestión ésta no bien resuelta debido a la escasa cultura de coordinación horizontal. Una cuestión que no puede ser eludida más tiempo dada la cantidad de tareas prácticas que los alumnos acumulan como consecuencia de programaciones descoordinadas de las distintas asignaturas.

El proyecto se materializó mediante la siguiente secuencia:

- I.** El profesor formó los grupos de seis alumnos
- II.** El profesor presentó el proyecto a lo largo de cuatro seminarios de una hora con discusiones sobre el método
- III.** Los alumnos se reunieron en los grupos trasladando dudas hasta que dejaron elaborado el proyecto de material.
- IV.** El resultado se trasladó al profesor que lo archivaba para comprobar los resultados una vez acabadas las comprobaciones
- V.** Se llevó a cabo la operación de fabricación del material de cada grupo. Se grabaron vídeos de la actividad
- VI.** Los alumnos se llevaron sus notas para presentar la dosificación realmente empleada
- VII.** Los alumnos vuelven al laboratorio a determinar experimentalmente en presencia del profesor las características del hormigón fabricado. Los alumnos elaboran y entregan un informe final al profesor.
- VIII.** Este informe incluye material gráfico y la memoria de las decisiones tomadas a lo largo del proceso.

Una vez recibidos los informes se mantuvo un seminario de re-alimentación en el que se discutió los detalles de cada informe de los grupos de trabajo. La primera cuestión fue si se habían alcanzado los objetivos en las propiedades del hormigón. En el caso de los informes

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

que no habían conseguido los objetivos se analizaron las razones y en qué punto se había producido el error de juicio que había desviado el propósito. Se destacó que el hecho de que cuanto más aguas arriba se encontraba el error más graves eran los errores y más difícil de corregir. Los alumnos destacaron el interés de la experiencia por la oportunidad de fijar conceptos teóricos.

Fotografía 6.- Un grupo de trabajo de ABP



4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

4.3 Resultados en relación con el sub-problema 2.3: respecto del sistema de evaluación

*¿En qué medida el desarrollo del programa permite cumplir con el **sistema de evaluación** planificado?*

Para resolver la cuestión atenderemos a todos los aspectos que presenta el sistema de evaluación previsto en el programa formativo diseñado. Estos aspectos son los siguientes:

- Alineación con los objetivos formativos atendiendo a los grupos relativos a la memoria, comprensión y aplicación
- Estructuración conforme a los conceptos estructurantes
- Ponderación del ciclo corto y el ciclo largo
- Ponderación de cada parte de las cuestiones de ciclo corto y de cada actividad del ciclo largo.
- Percepción de los alumnos

Las variables utilizadas son el grado de satisfacción expresada por profesores y alumnos incluidas en los siguientes registros:

Tabla 26.- Registros para el sistema de evaluación

R_08	Registro de grado de satisfacción de alumnos
R_09	Registro de grado de satisfacción de profesores

Además utilizamos el registro externo resultado de la encuesta del Servicio de Gestión de Calidad de la Universidad que se ofrece en el anejo 9.7

El sistema de evaluación planificado tiene las siguientes características:

- La evaluación es de tipo formativo y sumativo
- La evaluación formativa consumía tiempo del ciclo largo
- La evaluación sumativa se aplicaba en las fechas señaladas por el calendario de exámenes
- Su presentación está organizada siguiendo a los conceptos estructurantes.
- Las calificaciones se ponderan atendiendo a:
 - Los objetivos formativos
 - Los ciclos de enseñanza
 - Los tipos de competencias

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: DESARROLLO

Este enfoque genera una cierta complejidad que es resuelta en la fase de desarrollo:

- Con una innovadora presentación de los exámenes separados por el material escogido al azar ponderado por el tiempo empleado en su presentación.
- Con la ayuda de hojas de cálculo para la determinación de la calificación resultante.

Para que los alumnos entendieran la nueva propuesta se colgaron exámenes en el Aula@Virtual con la estructura anunciada y se les adiestraba en el nuevo tipo explicitando la distinción entre cuestiones destinadas a la memoria, comprensión y aplicación respectivamente. Los alumnos apreciaron especialmente la distribución de la nota final en una 40 % para el conocimiento declarativo y un 60 % para el resto.

Por su parte la evaluación formativa permitió ensayar la nueva estructura de los exámenes, además de servir para una novedosa (para los alumnos) realimentación a partir de la discusión en seminarios de las respuestas, tanto de carácter cerrado, como abierto que se habían presentado.

El sistema de evaluación se aplicó sin dificultad digna de mención. Las revisiones de exámenes no dieron lugar a ninguna incidencia, pues las hojas de cálculo permitían, junto con el examen, aclarar cualquier duda sobre la calificación de cualquier cuestión hasta el menor de los detalles, como prueba la buena nota (8,0) dada por los alumnos a su aprendizaje.

4.3.1 Análisis de resultados

4.3.1.1 Aplicación de la alineación con los objetivos formativos

El cumplimiento de los objetivos formativos en el ciclo largo se comprobó mediante la comprobación de determinadas características de los documentos acabados. En especial se trató de comprobar los objetivos formativos relativos al grupo agrupados bajo el epígrafe de APLICACIÓN. No fue especialmente complicado mediante una rúbrica hacer el seguimiento de la aplicación del sistema de evaluación de competencias genéricas durante los seminarios y durante las prácticas de laboratorio.

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

El propósito de alineamiento del sistema de evaluación con los objetivos formativos se llevó a cabo proponiendo tres cuestiones dentro del bloque de conceptos estructurantes. Cada cuestión reclama respectivamente del alumno su capacidad de memoria, de comprensión y de aplicación. Naturalmente esto se hizo con facilidad con la evaluación del conocimiento declarativo. Conocimiento que se evaluó sumativamente con dos parciales que cuentan con tres convocatorias para ser superados, de acuerdo con el siguiente criterio gráfico:

4.3.1.2 **Estructuración conforme a los conceptos estructurantes**

Figura 48.- Criterios para la superación por curso

	FEBRERO	JUNIO	SEPTIEMBRE	FEBRERO	
○	○	□			Apto
●	●	○ □			Apto
●	●	○ ■	■	□	Apto
●	●	● ■	○ ■	■	La nota parcial caduca
●	●	● ■	● □		La nota parcial caduca

Dado que los alumnos estaban advertido por el doctorando en la semana de presentación, les resultaba familiar la estructuración de los exámenes en las conocidas partes del conocimiento declarativo:

- Definición
- Historia
- Características
- Especificaciones
- Fabricación

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

- Tipos
- Usos
- Control
- Impacto medioambiental

Esta forma del examen fue repetida durante los exámenes parciales y finales, sin especiales dificultades. Al tiempo los conceptos estructurantes servían también para articular los trabajos del ciclo largo porque éstos eran versiones monográficas y aplicadas de:

- Las definiciones (en el Glosario de Términos)
- Las características (en el Pliego de Condiciones)
- Las especificaciones (en el Pliego de Condiciones)
- La fabricación (en el Proyecto de fabricación y comprobación)
- Los tipos (en las Visitas Externas)
- El control (en la Planificación y Programación del Control)

4.3.1.3 **Ponderaciones de la evaluación**

Las distintas ponderaciones actuaban sobre:

- La importancia relativa de la memoria, comprensión y aplicación
- Los distintos conceptos estructurantes
- El ciclo corto respecto del largo y viceversa
- Las distintas actividades de ciclo largo

Como se indicó en la resolución del sub-problema 1.3 se elaboró un hoja de cálculo que hacía las operaciones para proporcionar la nota a partir de las valoraciones en términos porcentuales de las respuestas a las cuestiones atómicas. Cuestiones que seguía el ciclo Memoria-Comprensión-Aplicación para cada concepto estructurante. Por ejemplo:

- Propiedades del hormigón
- ¿Por qué se inclinan a 45° las grietas de rotura a compresión de una probeta ensayada en una prensa convencional?
- Cuánto se aumenta en milímetros transversalmente una probeta cilíndrica de 15×30 cm x cm si el coeficiente de Poisson del hormigón es 0,2

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: DESARROLLO

4.3.1.4 Percepción de los alumnos

Para este aspecto del sistema de evaluación se utiliza la encuesta realizada por el Servicio de Gestión de la Calidad de la Universidad. Las cuestiones relevantes a los efectos de comprobación de la aplicación del sistema de evaluación son las siguientes:

- *"Los contenidos de los exámenes/trabajos se corresponden con lo desarrollado en clase"* con un 7,5 sobre 10
- *"El profesor aplica los criterios de evaluación según lo anticipado en la guía docente"* con un 7,9
- *"El aprendizaje conseguido por el alumno es satisfactorio"* con un 8,0

Siendo la nota global dada a la docencia del curso un 8,4.

La última cuestión referida al aprendizaje sería más propio presentarla en la resolución del problema 3 y, más concretamente, del sub-problema, pero no hemos querido separarla de su lugar natural.

Como se puede comprobar las encuestas independientes realizadas fuera del marco establecido por la investigación corroboran en el informe del doctorando, el alto grado de satisfacción de los alumnos con la combinación de programación de la asignatura. Se recuerda que esta nota es superior a las del resto de los conjuntos constituido por el departamento, el centro y la universidad.

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

4.4 Resumen de la resolución del problema 2

El problema del desarrollo ha sido resuelto porque el programa ha podido ser implantado sin grandes dificultades. Tanto en las innovaciones metodológicas como en lo referente a los contenidos y el sistema de evaluación. Naturalmente con los matices que se aprecian en los apartados siguientes.

Los métodos han podido ser implantados. Alumnos y profesores han aceptado y valorado positivamente, en términos generales, las innovaciones metodológicas. Los alumnos, en especial, aseguran que encuentran bien organizada la asignatura refiriéndose al conjunto estructural explícito que articula el desarrollo mediante:

- La relación entre clase expositiva y seminarios
- La relación entre el ciclo corto y el ciclo largo
- Los conceptos estructurantes que organizan el contenido declarativo
- El carácter explícito de las diferencias entre las capacidades de memoria-comprensión y aplicación en los objetivos y durante el desarrollo
- La sinergia del trabajo en grupo

Pero lo que en mayor medida ha captado el interés de los alumnos ha sido la aplicación del método de Aprendizaje Basado en Proyectos en forma de proceso de diseño, elaboración y ensayo de un material completamente ejecutado **como síntesis metodológica** de todos los demás aspectos del desarrollo del programa.

En general, las innovaciones metodológicas se pudieron implantar adecuadamente dotando de significado y dinamismo a la docencia impartida. Los alumnos se hicieron pronto con la terminología y aceptaron con naturalidad las distintas metodologías y los espacios en los que se llevaban a cabo: aula, laboratorio, aula informática, aula virtual y factorías externas. Una variedad de situaciones relacionada con una variedad de métodos que dotaban de dinamismo y atractivo a la asignatura como muestran las encuestas.

Sin embargo se dieron algunas dificultades, que son corregibles, que pasamos a enunciar:

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: **DESARROLLO**

- Dificultades de ajuste entre la división del contenido declarativo en conceptos estructurantes y la duración de las clases.
- Dificultades en la formación de grupos con alumnos escogidos por el profesor que no están acostumbrados a trabajar con *extraños*.
- Dificultades en la discusión en los seminarios cuando los componentes de algunos grupos no acudían de forma sistemática o sentían incomodidad al participar en los debates.
- Necesidad de cebar las discusiones por la falta de método de los alumnos para participar de forma activa.
- Incumplimiento de plazos por parte de los alumnos en las entregas de los distintos documentos del ciclo largo.

En resumen, las innovaciones metodológicas se implantaron completamente probando que este aspecto del problema del desarrollo es viable. Los métodos innovadores fueron recibidos con curiosidad y cooperación con los alumnos que pronto se adaptaron a la secuencia ciclo corto, ciclo largo y sus procesos respectivos de clases expositivas con proyecciones, vídeos y evaluación continua y de prácticas de laboratorio, visitas de factorías, aula informática y seminarios. En definitiva, desde el punto de vista de los métodos, se puede decir que los resultados son suficientes, pues se han podido desplegar sin especiales dificultades. En algunos casos se puede hablar de un éxito notable por las virtudes puestas de manifiesto por el método de Aprendizaje Basado en Proyectos aplicado al hormigón. Incluso se puede decir que las clases expositivas como modalidad del método de clase magistral han resultado innovadoras por la aplicación de los conceptos estructurantes y la animación introducida con los distintos recursos empleados, tales como vídeos, preguntas en clase o EDUCLICK como sistema de evaluación y realimentación rápida.

La estructuración de los contenidos conforme al heurístico propuesto en definición, historia, características, especificación, fabricación, tipos, usos, control e impacto medioambiental, fue entendida por los alumnos y apreciado el carácter unificador que se conseguía por servir tanto para las presentaciones de conocimiento declarativo como para conformar los exámenes.

El desarrollo de los contenidos ha resultado el esperado gracias a la división del curso en dos ciclos y a la coordinación que en el ciclo largo realizó el doctorando usando profusamente mapas conceptuales y conceptos muy inclusivos que ayudaba a que los alumnos llevaran a cabo una síntesis suficiente de los conocimientos declarativos. En este

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: DESARROLLO

sentido, los alumnos consideraron especialmente interesante las visitas a obra por el impacto que producía en su percepción de la materialización de sus conocimientos declarativo o procedimental.

En cuanto al sistema de evaluación, se puede decir que, en general, a pesar de las novedades introducidas, los alumnos aceptaron con naturalidad el modo en que se estructuraron los exámenes y apreciaron especialmente la concordancia entre la estructura de las presentaciones, la de los exámenes de evaluación formativa y los exámenes de evaluación sumativa. Esta coherencia les permitía centrarse en el estudio de contenidos, su comprensión y aplicación. Los resultados, desde el punto de vista del transcurrir de los exámenes, fueron muy satisfactorios porque se realizó simultáneamente con alumnos de nueva matriculación y repetidores, entendiendo cada grupo el modo en que debían abordar los cuatro exámenes que se les presentaban para seleccionar dos de ellos o los cuatro según hubiesen aprobado o no por cursos el primer cuatrimestre.

Los conocimientos procedimentales fueron evaluados en el propio laboratorio por parte de los profesores de prácticas. Los alumnos adquirieron conocimiento procedimental sobre elaboración de morteros de cal o cemento, ensayos de cerámicas y acero de armar el hormigón, con ensayos comparados con otros metales como el acero inoxidable o el aluminio.

Por lo que se refiere al conocimiento condicional, fue evaluado durante los veinte seminarios celebrados con intensas discusiones sobre cómo llevar a cabo cada uno de los documentos casi profesionales que debieron elaborar. Estos documentos estaban muy reglados en su procedimiento de elaboración en la Guía Docente que se presenta en el anejo 9.5

Dado que los conceptos estructurantes conectan con el modo en que los objetivos formativos están organizados a través de la identificación de las distintas capacidades (memoria, comprensión y aplicación), los alumnos han apreciada tal conexión y que declaran que les ayudó a organizar el estudio.

Finalmente, hay que decir que el sistema de calificaciones resultó fácil de implementar mediante una hoja de cálculo que recibía las valoraciones del profesor al corregir cada cuestión atómica y se ocupaba de las distintas ponderaciones. En las revisiones de examen no

4 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL DOS: DESARROLLO

hubo ninguna discusión al respecto. La hoja de cálculo era mostrada a los alumnos que la solicitaban sin que se produjera incidente alguno.

El sistema evaluativo fue implantado con facilidad, que se explica por el conocimiento reiterado que los alumnos tenían de su estructura, lo que ayudó a la organización de tarea de estudio según declararon en la semana de balance. El sistema de calificación establecido permitió que los exámenes fueran corregidos de un modo rápido cumpliendo con los plazos del calendario oficial de la universidad sin gran problema. Y ello, a pesar de la dificultad añadida de tener que consolidar las notas de los cinco profesores que se ocuparon del conocimiento declarativo en el aula y los tres que se ocuparon del conocimiento procedimental (especialmente) en el laboratorio.

En resumen el resultado del problema del diseño ha sido resuelto de forma satisfactoria compatible con el propósito de hacer mejoras a partir de la experiencia de este y otros cursos en que se aplique.

5

Resultados del problema principal tres. Evaluación del programa de formación.

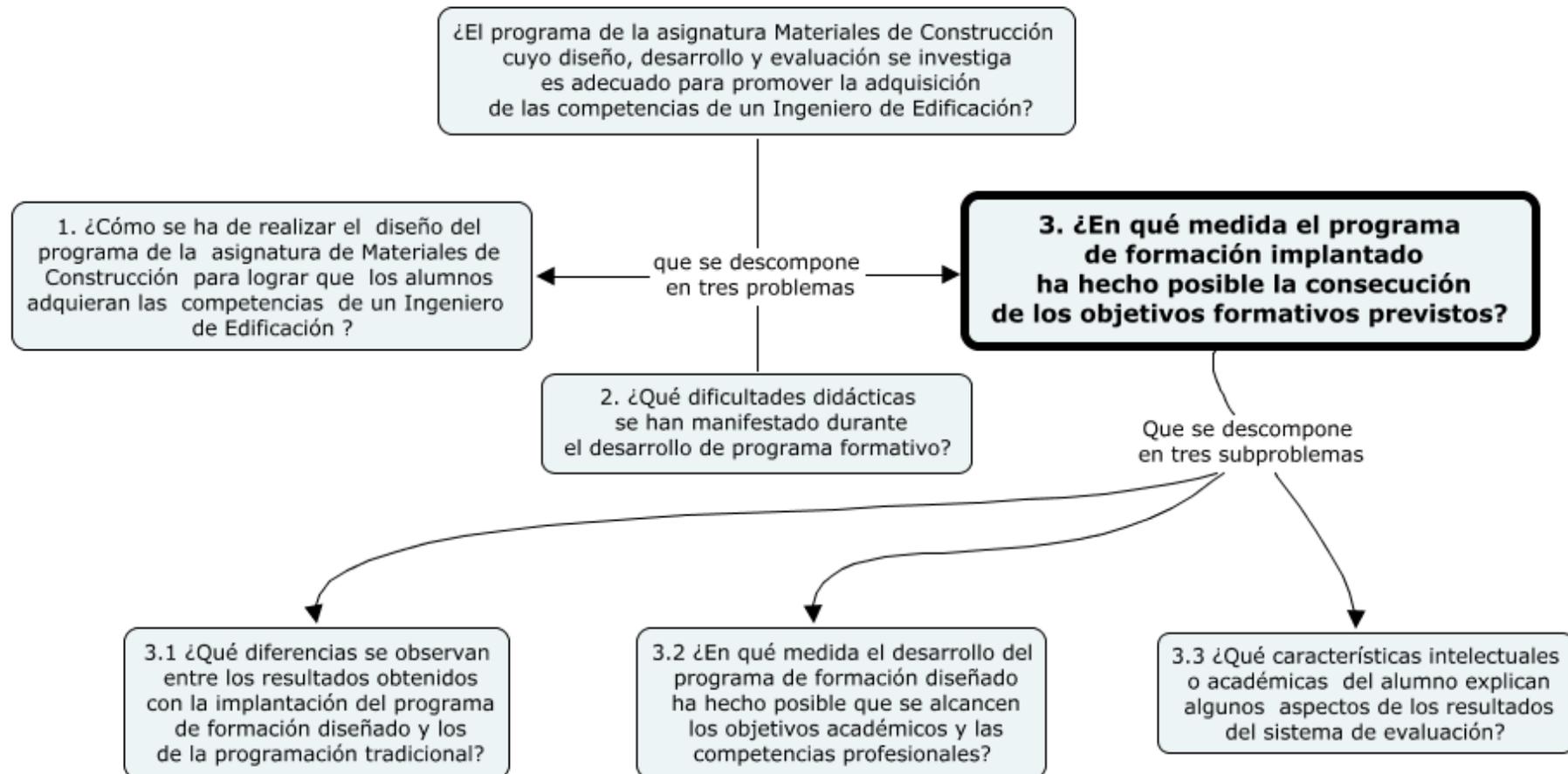
If we wish to discover the truth about an educational system, we must look into its assessment procedures
(Derek Rowntree)

The most important thing to keep in mind is that students adapt to the requirement they perceive teaches expect of them (Paul Ramsden)

« ¿En qué medida el programa de formación implantado ha hecho posible la consecución de los objetivos formativos previstos? »

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Figura 49.- Mapa conceptual del problema 3



5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

En teoría de Gestión de la Calidad (Norma ISO 9000, 2005) se distingue entre **verificación** y **validación**. Tras un proceso determinado, la verificación comprueba que se han cumplido los requisitos de entrada, pero la validación va más allá ocupándose de comprobar que tal cumplimiento de requisitos habilita para un uso determinado, lo que respondería a las expectativas del destinatario, que en nuestro caso sería, las autoridades, la sociedad o el sector económico en el que el egresado deberá ejercer su profesión. El problema tres es el más relevante de todos, porque, más allá de las intenciones y más allá de la aplicación funcional del programa formativo durante el desarrollo, será el logro con los alumnos el juez de la eficacia del programa.

El contenido de este capítulo es más complicado que los precedentes por la profusión de datos, tablas y gráficos. Fundamentalmente se trata de solución directa e indirecta al problema de la eficacia general del programa diseñado en el capítulo 3. Para ello, sus tres sub-problemas comprueban tal eficacia en relación con programas anteriores, con los propios objetivos del programa diseñado y en relación con diversas capacidades de los alumnos, tales como su estilo de aprendizaje o su desarrollo intelectual. De la resolución de este problema se derivará en ciclos de aplicación sucesivos las mejoras que deben implementarse para el ajuste de los fallos observados, incluida la capacidad de los gestores del programa de establecer mecanismos de fácil aplicación para la renovación de métodos, contenidos y sistemas de evaluación.

En general se van a presentar los datos en gráficos y tablas. Los del sub-problema 3.1 en forma de serie temporal para relacionar los distintos períodos comparados. En el sub-problema 3.2 se emplean tablas y gráficos de dispersión que incluyen el cálculo de la ecuación de regresión y el coeficiente de determinación R^2 como indicador de la fuerza de la relación entre el ciclo corto y el ciclo largo de una parte, y del ciclo corto con los resultados de la evaluación continua y formativa para explorar la evolución de los aprendizajes a los largo del curso. Para control de significación se usan los valores críticos de R (Jiménez y Pérez Juste, 2009). Siendo R^2 :

$$R^2 = \frac{S_{xy}^2}{S_x^2 S_y^2}$$

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: EVALUACIÓN

5.1 Resultados en relación con el sub-problema 3.1: respecto a las calificaciones de la programación tradicional.

¿Qué diferencias se observan entre los resultados obtenidos con la implantación del programa de formación diseñado y los de programación tradicional?

La resolución de este problema se va a enfocar desde dos tipos de referencias:

- Cursos anteriores al evaluado sin ciclo largo (2001-2002/2005-2006).
- Cursos anteriores al evaluado con ciclo largo (2006-2007/2009-2010).

Naturalmente, cuando en este contexto se dice "ciclo largo" se hace a efectos de homogeneidad de terminología, pero en estos períodos el término empleado era el de "actividades prácticas". Se analiza en este punto los efectos del diseño y desarrollo del programa sobre las calificaciones como expresión de los resultados del aprendizaje de los alumnos. Al objeto de contar con una referencia, se utilizan resultados de dos etapas de la experiencia del doctorando en la asignatura objeto de la tesis. La primera etapa se refiere al período comprendido entre 2001-2002 y 2005-2006. Es la etapa naif del doctorando como profesor. La segunda etapa se refiere al período 2006-2007 a 2009-2010 en el que paulatinamente introdujo propuestas didácticas innovadoras que produjeron determinados efectos sobre el aprendizaje y las actitudes de los alumnos, pero siempre antes de la implantación del programa objeto de esta tesis en el curso 2010-2011. También debe aclararse que hasta el curso 2009-2010 la docencia se impartía en la titulación de Arquitectura Técnica.

Los datos para este estudio comparativo proceden de los archivos del doctorando y de las calificaciones del curso en que se ha aplicado el programa formativo. Para su análisis, la expresión gráfica de los datos en los distintos períodos se ha elaborado dos únicos gráficos. Cada uno cuenta con tres áreas, denominadas "ventanas". De esta forma es posible comparar los períodos teniendo a la vista la tendencia de los datos. Las variables manejadas son, de una parte, No presentados, Aptos y Suspensos y, de otra, Aprobados, Notables y Sobresalientes. El primer grupo informa del absentismo y el éxito en la primera convocatoria de cada curso y el segundo de la calidad de los Aptos.

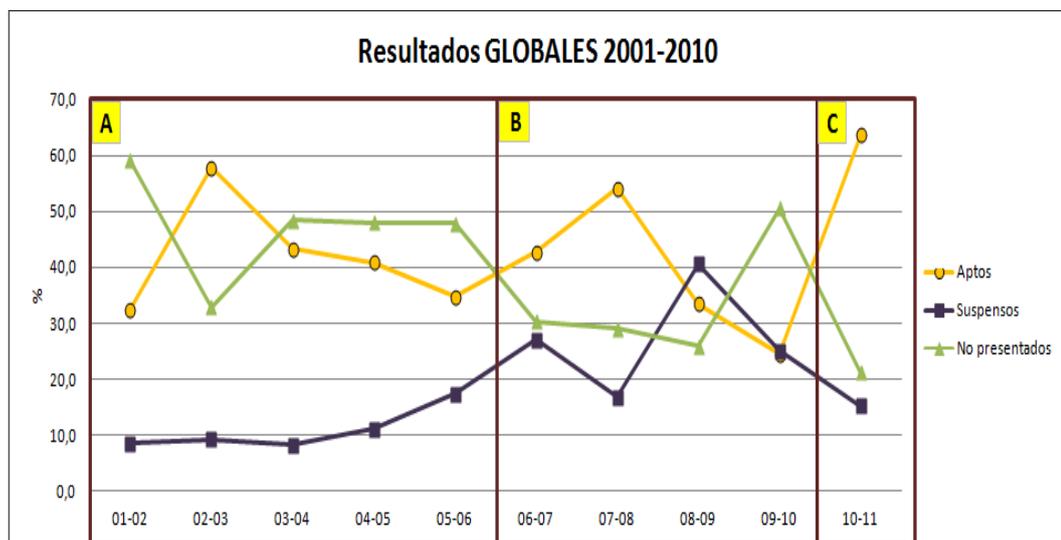
5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

5.1.1 Análisis de los resultados

5.1.1.1 Estudio respecto a los cursos sin ciclo largo (2001-2002/2005-2006). Ventana A

En este periodo la docencia no usaba otro método que la exposición de clases teóricas y la realización de ejercicios en el aula. La asignatura era cuatrimestral y se impartía por el doctorando en todo su contenido que era formalmente tan extenso como en la actualidad, pues incluían 5 horas semanales con un total de 75 en quince semanas exclusivamente dedicadas a los contenidos que, ahora, llamamos de ciclo corto. Son 15 horas más que las actuales, pues de las 90 totales se dedican 30 a los seminarios, laboratorios y visitas del ciclo largo. Los exámenes constaban de 10 preguntas de teoría para respuesta extensa que versaban aleatoriamente sobre cualquier aspecto de cualquiera de los materiales del contenido y 4 ejercicios sobre hormigón, metales y polímeros. Los alumnos no percibían la asignatura estructurada como una secuencia de contenidos sobre materiales.

Figura 50.- Resultados GLOBALES 2001-2010



Dado que en el Plan de Estudios no se impartían enseñanzas sobre estadística explícitamente, se daban unas lecciones iniciales para poder aplicarlas a las partes dedicadas especialmente al control de calidad del hormigón. Durante estos años los resultados globales, en términos aptos, suspensos y no presentados fueron los que muestra la ventana A de la Figura 50:

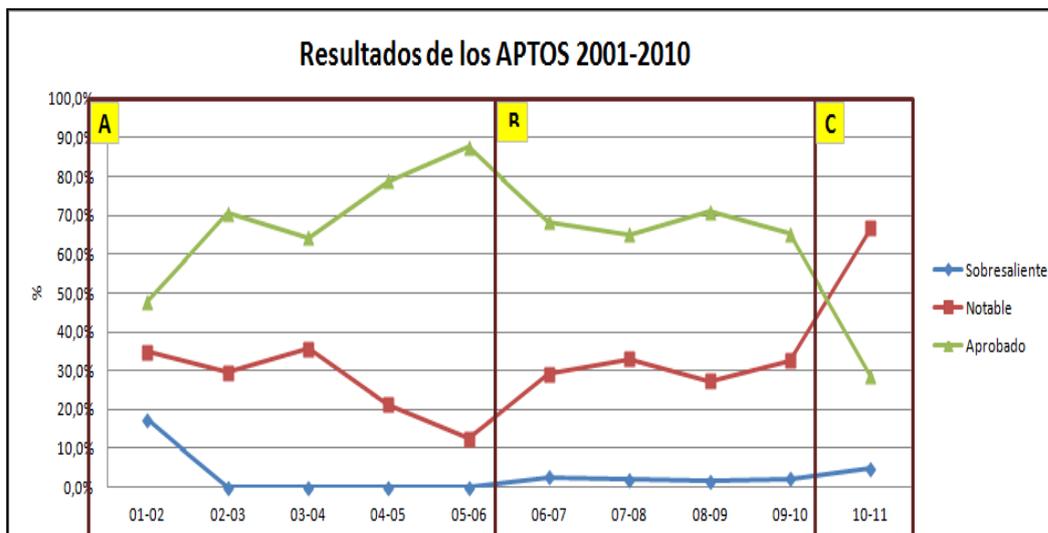
5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Además, durante estos años, como se puede comprobar se presenta varios rasgos preocupantes: el incremento de los suspensos, y la constancia de la cifra de no presentados. En la Figura 51, en este período, se puede comprobar la baja calidad de los aptos con un descenso de los notables y una práctica inexistencia de sobresalientes.

5.1.1.2 **Estudio respecto a los cursos con ciclo largo (2006-2007/2009-2010).**

A partir del curso 2006-2007 se introdujeron cambios en la docencia a la búsqueda de mejores resultados y una menor tasa de absentismo en los exámenes oficiales. El cambio consistió en actividades precursoras del actual ciclo largo. Así, se introdujeron visitas a factorías, trabajos monográficos, etc. que se valoraban sustantivamente aunque dejando para el examen convencional (que mantenía la forma del examen del período anterior) el 70 % de la nota. Los resultados fueron los que muestra la ventana B en las Figuras 50 y 51.

Figura 51.- Resultados de los APTOS 2001--2010



Los resultados del curso 2006-2007 (primero del período) provocaron un descenso de casi el 20 % en el número de No Presentados. Situación que dura tres cursos hasta la vuelta a la tasa del 50 % en el último curso con docencia presencial de la titulación de Arquitecto Técnico (2009-2010). El tanto por cien de suspensos sigue su línea ascendente en este curso motivado, quizá, por el incremento de presentados. El de notables sigue oscilando en torno a una media del 30 % y el número de aptos desciende en general.

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

5.1.2 Análisis comparado de los resultados respecto de anteriores Programaciones.

Hemos realizado un análisis comparativo según el cual resulta que el período *naif* de 2001-2005 se caracteriza por el incremento de suspensos y por mantener una baja calidad de los aptos medido en términos de tanto por cien de calificaciones de notable y que el período 2006-2009 se caracteriza por una disminución del absentismo en el examen y la continuidad del descenso de aptos. Lo primero es atribuible a que los alumnos trataran de utilizar la nota conseguida en las actividades previa al examen y lo segundo a que la naturaleza de los exámenes no había cambiado respecto del período anterior. En consecuencia, los alumnos estimulados solamente por el reclamo de estas actividades no conseguían superar el examen convencional.

Tabla 27.- Calificaciones entre los aptos

curso	Sobresaliente	Notable	Aprobado	
01-02	17,4%	34,8%	47,8%	
02-03	0,0%	29,5%	70,5%	
03-04	0,0%	35,7%	64,3%	
04-05	0,0%	21,2%	78,8%	
05-06	0,0%	12,5%	87,5%	
06-07	2,5%	29,1%	68,4%	
07-08	1,9%	33,0%	65,1%	
08-09	1,6%	27,4%	71,0%	
09-10	2,2%	32,6%	65,2%	
IDE	10-11	4,8%	66,7%	28,6%
	Media 01-09	2,4%	28,6%	68,9%

Veamos ahora el impacto del desarrollo del programa formativo propuesto en esta tesis sobre los resultados y su relación con los precedentes en los dos períodos considerados en las ventanas A y B de las figuras 50 y 51. Para ello, prestaremos atención a la ventana C de las mismas figuras en la que los valores relativos de Aprobados, Notables y Sobresalientes se han establecido a partir de los valores medios sin ningún tipo de ponderación. Como se puede comprobar, todos los indicadores de los resultados comparables de conocimiento declarativo han mejorado. De una parte se ha recuperado el descenso del absentismo, se confirma el descenso de suspensos y, sobre todo, aumenta la calidad de los alumnos aptos en términos de tanto por cien de alumnos con la calificación de notable y sobresaliente, que pasan, respectivamente, del una media de 28,6 % (ver tabla 27) a un 66,7 % de los aptos y de un media del 2,4 % de los aptos al 4,8 %. Estos son cam-

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: EVALUACIÓN

bios cualitativos muy alentadores que permiten decir que el programa diseñado ha producido un efecto notable en las tendencias de los resultados cuya consolidación debe ser observada en cursos posteriores.

En resumen, el impacto del programa implantado sobre las calificaciones en relación a los resultados de programas formativos anteriores es muy importante, lo que es coherente con las valoraciones sobre los aprendizajes que los propios alumnos hicieron en este mismo curso 2010-2011 en un momento que aún no se había realizado el examen del ciclo corto ni se habían hecho las entregas del ciclo largo. Opinión que se presentó en el apartado 4.3.4.

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

5.2 Resultados en relación con sub-problema 3.2. Respecto a los objetivos formativos y las competencias profesionales

¿En qué medida el desarrollo del programa de formación diseñado ha hecho posible que se alcancen los objetivos académicos y las competencias profesionales?

Para la resolución de este sub-problema se comprueba la relación entre los resultados del aprendizaje y las distintas variables relacionadas con los objetivos formativos y su clasificación en términos de conocimiento memorístico (conocer), conocimiento significativo (comprender) y conocimiento aplicado (aplicar). Esta comprobación se hace para los dos ciclos. En el caso del ciclo corto para el conocimiento declarativo y en el ciclo largo, fundamentalmente para el conocimiento procedimental y condicional. Al objeto de facilitar la interpretación se presentan los objetivos formativos, tal y como han sido formulados en el capítulo 3.

CONOCER

- I. **Conocer memorísticamente** la nomenclatura específica de los *Materiales de Construcción*.
- II. **Identificar** materiales por su aspecto y por sus características observables.

COMPRENDER

- III. **Conocer significativamente** la historia, características, especificaciones, sistemas de fabricación, tipos, usos, sistemas de control e impacto medioambiental de los materiales.
- IV. **Sintetizar – Analizar** información procedente de una determinada fuente.
- V. **Aplicar** los conocimientos a ejercicios cerrados.

APLICAR

- VI. **Aplicar** los conocimientos a ejercicios y problemas abiertos.
- VII. **Realizar** ensayos de materiales.

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

- VIII. **Elaborar** Documentos propios del ejercicio profesional.
- IX. **Colaborar** en el trabajo en equipo.
- X. **Evaluar** trabajos complejos.

Por otra parte, la enunciada alineación entre objetivos, métodos y evaluación, dio lugar, como se expuso más arriba, a una estructura de examen que permite conocer los resultados por separado de cada grupo de objetivos (Conocer, Comprender y Aplicar). Este enfoque permite identificar variables separadas dentro de un mismo examen para conocer sus relaciones e implicaciones en relación con el diseño del programa.

CONOCER

- **Conocer memorísticamente.-** Este objetivo se ha evaluado mediante cuestiones específicas que reclaman de alumnos el uso de la memoria literal en los exámenes de evaluación formativa y evaluación sumativa del ciclo corto. De este modo se ha conseguido aislar la variable memoria (M) para estudiar sus relaciones con otras capacidades del alumno. Esta variable se extrae de todas las actividades de evaluación formativa o sumativa que se han llevado a cabo. Las preguntas para la memoria se extienden a todas las partes del conocimiento declarativo, es decir, desde la historia del material al control del mismo.
- **Identificar materiales.-** Para ello se activaron las visitas facultativas, especialmente la dedicada a un almacén de materiales de la construcción. Visita en la que los alumnos tuvieron contacto directo con numerosos materiales que debían reconocer en la mano a partir del conocimiento proporcionado por las experiencias en laboratorio y las imágenes y datos proporcionados en el aula.

COMPRENDER

- **Conocer significativamente** la historia, características, especificaciones, sistemas de fabricación, tipos, usos, sistemas de control e impacto medioambiental de los materiales implica ser capaz de responder y organizar los conceptos jerárquicamente. Para ello, en los exámenes se plantean cuestiones que comienzan en general con un "¿por qué...?" obligando al alumno a explicar el aspecto considerado. Esta cuestión se plantea en el marco de un concepto estructurante (características, especificaciones...) y sobre el mismo aspecto que versó la pregunta de memoria. El resultado de las respuestas de los alumnos a este tipo de cuestiones en los exámenes se les considera, junto con los resultados del siguiente objetivo como la variable de Comprensión (C). Esta variable se extrae de todas las actividades de evaluación formativa o sumativa que se han llevado a cabo

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

- **Sintetizar – Analizar** información procedente de una determinada fuente. Este objetivo, en lo relativo a la síntesis, se evalúa mediante cuestiones que presentan al alumno conceptos sin aparente relación para que mediante mapas conceptuales encuentren las relaciones y el concepto supra ordenado. En lo relativo al análisis, también se invita al alumno a que, a partir de un concepto complejo, lleve a cabo la separación ordenada y justificada de sus componentes conceptuales.
- **Aplicar** los conocimientos a ejercicios cerrados. Este objetivo se considera la variable de aplicación en los estudios posteriores, reconocible como la variable aplicación (A). Esta variable se extrae de todas las actividades de evaluación formativa o sumativa que se han llevado a cabo

APLICAR

- **Aplicar** los conocimientos a ejercicios y problemas abiertos.- Este objetivo se evalúa a partir de los resultados de la aplicación del método de Aprendizaje Basado en Proyectos concretado en el diseño, fabricación y control de un material. Implica al conocimiento declarativo, procedimiento y condicional, dado que los alumnos han de tomar numerosas decisiones que han, además, de consensuar con sus compañeros. El resultado del aprendizaje en este objetivo se constituye en una variable a analizar.
- **Realizar** ensayos de materiales. Este objetivo tiene que ver con el conocimiento procedimental y se evalúa con los resultados de los experimentos realizados en el laboratorio. También este objetivo dio lugar a una actividad formativa, a unos resultados y, por tanto, a una variable a estudiar.
- **Elaborar** Pliegos de Condiciones de materiales teniendo en cuenta todos los requisitos básicos del Código Técnico de la Edificación con un propósito de durabilidad, duración y sostenibilidad de las soluciones adoptadas. Planes de Control de materiales teniendo en cuenta las condiciones previstas para la fase de ejecución. Programas de Control de materiales teniendo en cuenta el Plan de Control y el Pliego de Condiciones del Proyecto. Estos objetivos se evalúan a partir de los resultados del examen de los documentos elaborados. También este objetivo dio lugar a una actividad formativa, a unos resultados y, por tanto, a una variable a estudiar.
- **Colaborar** en el trabajo en equipo. Este objetivo no ha sido evaluado directamente. Se tienen percepciones de grupos que han trabajado en armonía y el caso de un grupo que se ha deshecho por falta de cooperación de dos de sus miembros, que se han desinteresado.
- **Evaluar** trabajos complejos. Este objetivo no ha sido posible evaluarlo porque no fue posible proponer a los alumnos actividades de evaluación.

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Los registros empleados para el conjunto de este sub-problema son los de la tabla 28. El propósito es comprobar que se cumplen los objetivos formativos en los mismos términos formulados en el programa formativo, tanto en el ciclo corto, como en el largo. Además se verán las implicaciones de interés que se deriven de las relaciones entre los distintos niveles de los objetivos formativos.

Tabla 28.- Registros de la evaluación

R_11	Registro de resultados de la evaluación formativa EDUCLICK
R_12	Registro de resultados de la evaluación formativa EN CLASE
R_13	Registro de resultados de la evaluación formativa EXAMEN
R_14	Registro de evaluación sumativa del CICLO CORTO
R_15	Registro de resultados de la evaluación LABORATORIO
R_16	Registros de evaluación sumativa CICLO LARGO

Las variables empleadas para el Ciclo Corto, son, respectivamente, las calificaciones de las cuestiones que reclaman de los alumnos el empleo de la capacidad de la memoria, comprensión y aplicación en ámbito académico sobre el material presentado con las modalidades de Clase Expositiva y Realización de Ejercicios y Problemas. Para el ciclo largo se emplean como variables las calificaciones de los trabajos en los que se aplican las modalidades de Trabajo en Grupo, Aprendizaje Orientado a Problemas y Aprendizaje Basado en Proyectos. Los trabajos calificados son la realización de un Glosario de Términos sobre *Materiales de Construcción*, la realización de un Pliego de Condiciones y el Plan y Programa de Control de una obra sobre un proyecto real. Todas las variables están incluidas en los registros mencionados.

5.2.1 Análisis de los resultados

5.2.1.1 Resultados de la evaluación sumativa de CICLO CORTO (R_14)

Las notas de la tabla anterior están basadas en la media de las notas de cada una de las capacidades (memoria, comprensión, aplicación) evaluadas sin ponderaciones. Como se puede comprobar el 92 % de los alumnos superan el objetivo del conocimiento declarativo de carácter memorístico, el 81 % de los alumnos superan el objetivo del conocimiento declarativo de carácter significativo y el 88 % de los alumnos superan el objetivo del conocimiento declarativo aplicado.

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Tabla 29.- Resultados del Ciclo Corto SIN PONDERAR (R_14)

Ref.	M	C	A
A01	2,9	1,7	3,3
A03	3,6	3,3	5,7
A05	5,0	8,0	6,3
A14	5,3	4,0	6,3
A27	5,3	4,0	3,3
A30	5,9	6,0	6,0
A21	6,3	7,0	5,7
A19	6,4	2,0	6,3
A02	6,4	8,0	6,7
A35	6,4	5,0	3,0
A20	6,9	6,0	8,0
A33	7,0	8,0	6,7
A23	7,1	10,0	6,3
A36	7,3	10,0	6,3
A26	7,6	5,0	6,7
A37	7,7	9,0	6,7
A28	7,8	7,0	6,3
A10	8,0	9,0	6,7
A38	8,3	7,0	6,0
A08	8,3	8,0	8,3
A18	8,6	6,0	6,0
A34	8,6	7,0	6,7
A31	8,8	8,0	6,7
A25	9,2	10,0	6,7
A17	9,4	10,0	8,3
A16	10,0	10,0	6,7

Especialmente importante es la traslación de estas notas a las calificaciones del criterio propuesto en el diseño del sistema de evaluación, para asociar el aprobado al conocimiento memorístico, el notable al conocimiento significativo (comprensión) y el sobresaliente al conocimiento aplicado. Mostramos a continuación las calificaciones que se desprenden de la tabla 29 cuando se les aplican los siguientes criterios.

Notas sin ponderar:

$$nota = \frac{m+c+a}{3} \quad (1)$$

Notas ponderadas

De acuerdo con el sistema de evaluación para aprobar exclusivamente con la **memoria** es necesario alcanzar una nota de 6; para tener un notable es necesario aprobar y sacar un 7 en comprensión y para obtener un **sobresaliente** es necesario, además de contar con un notable alcanzar un 8 en **aplicación**. (2)

También comprobamos esta fórmula para comparar:

$$0,2m + 0,3c + 0,5a \quad (3)$$

Siendo m.- memoria; c.- comprensión; a.- aplicación

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Tabla 30 Resumen de calificaciones con los distintos sistemas

1	RESUMEN DE APTOS CON NOTAS MEDIAS	
	$(m+c+a)/3$	
	Aprobados	6 28,6%
	Notables	14 66,7%
	Sobresalientes	1 4,8%
		21 100%

2	RESUMEN DE APTOS CON NOTAS PROGRAMADAS	
	6 para m; 7 para n; 8 para s	
	Aprobados	4 19,0%
	Notables	14 66,7%
	Sobresalientes	3 14,3%
		21 100%

3	RESUMEN DE APTOS CON NOTAS PONDERADAS	
	$0,2*m+0,3*c+0,5*a$	
	Aprobados	9 40,9%
	Notables	12 54,5%
	Sobresalientes	1 4,5%
		22 100%

4	RESUMEN CON NOTAS MEDIAS	
	$(m+c+a)/3$	
	Aprobados	6 28,6%
	Notables	14 66,7%
	Sobresalientes	1 4,8%
		21 100%

Como se puede comprobar, la aplicación del sistema de calificación del sistema de evaluación no modifica el número de notables, aunque sí el de aprobados y sobresalientes y como es natural la ponderación creciente de las capacidades (fórmula 3) aumenta el tanto por cien de aprobados y se reduce el de notables y sobresalientes.

5.2.1.2 **Resultado de la evaluación sumativa CICLO LARGO (R_16)**

El ciclo largo posibilita los aprendizajes de conocimientos distintos de los declarativos. El ciclo largo es, además, una estrategia para que los alumnos encuentren en la asignatura una dinámica que los mantenga activos en vez de acumular apuntes en el Aula@Virtual o en clase a la espera de unas cuantas noches en una biblioteca para salvar la asignatura. Los alumnos durante el ciclo largo tienen siempre una tarea que estimule su capacidad de síntesis de los contenidos del ciclo corto. Al ser una actividad continua con una hora semanal dedicada al despliegue de todos los métodos y modalidad distintos de la clase expositiva, crea un clima de acción muy positivo. En todo caso, es necesario no sobrepasar con las tareas encargadas las horas previstas en la distribución del tiempo de los créditos de la asignatura.

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Tabla 31 Resultados de la evaluación del CICLO LARGO (r_16)

Ref.	PLIEGO	PLAN	PROGRAMA	GLOSARIO	FABRICACIÓN HORMIGÓN	NOTA CL	NOTA CC	NOTA
	12,0%	6,0%	6,0%	3,8%	20,0%	PONDERADA.	MEDIA	60%-40%
A27	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,2	4,7
A01	7,0	8,0	9,0	7,0	4,5	6,3	2,6	4,9
A03	5,0	9,0	6,0	8,0	7,0	6,7	4,2	5,7
A21	6,0	1,0	0,0	4,0	9,0	5,7	6,3	6,0
A26	6,0	1,0	0,0	4,0	9,0	5,7	6,4	6,0
A14	6,0	7,0	4,0	5,0	8,0	6,6	5,2	6,1
A35	7,0	8,0	9,0	7,0	6,5	7,2	4,8	6,2
A28	6,0	1,0	0,0	4,0	9,0	5,7	7,0	6,2
A30	5,0	9,0	0,0	0,0	10,0	6,6	6,0	6,3
A05	6,0	8,0	6,0	8,0	7,0	6,8	6,4	6,7
A38	5,0	9,0	0,0	0,0	10,0	6,6	7,1	6,8
A02	7,0	8,0	9,0	7,0	6,0	7,0	7,0	7,0
A19	10,0	9,0	6,0	9,0	8,0	8,5	4,9	7,0
A37	6,0	7,0	4,0	5,0	8,0	6,6	7,8	7,1
A10	5,0	9,0	6,0	8,0	7,0	6,7	7,9	7,2
A18	6,0	9,0	6,0	9,0	8,0	7,5	6,9	7,2
A33	6,0	8,0	8,0	0,0	9,0	7,3	7,2	7,3
A36	6,0	8,0	8,0	0,0	9,0	7,3	7,9	7,5
A25	6,0	8,0	6,0	8,0	7,0	6,8	8,6	7,6
A23	7,0	9,0	0,0	9,0	10,0	7,8	7,8	7,8
A20	10,0	9,0	6,0	9,0	8,0	8,5	7,0	7,9
A34	10,0	9,0	6,0	9,0	8,0	8,5	7,4	8,0
A08	7,0	10,0	7,0	10,0	8,0	8,0	8,2	8,1
A16	7,0	9,0	0,0	9,0	10,0	7,8	8,9	8,2
A17	7,0	9,0	0,0	9,0	10,0	7,8	9,2	8,4
A31	10,0	9,0	10,0	10,0	8,0	9,0	8,9	9,0
MEDIA	6,7	7,5	4,7	6,3	8,0	7,1	6,8	7,0

Con el siguiente resumen:

Tabla 32.- Resumen de resultados de ambos ciclos

Suspensos	2	7,7%
Aprobados	9	34,6%
Notables	14	53,8%
Sobresaliente	1	3,8%

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

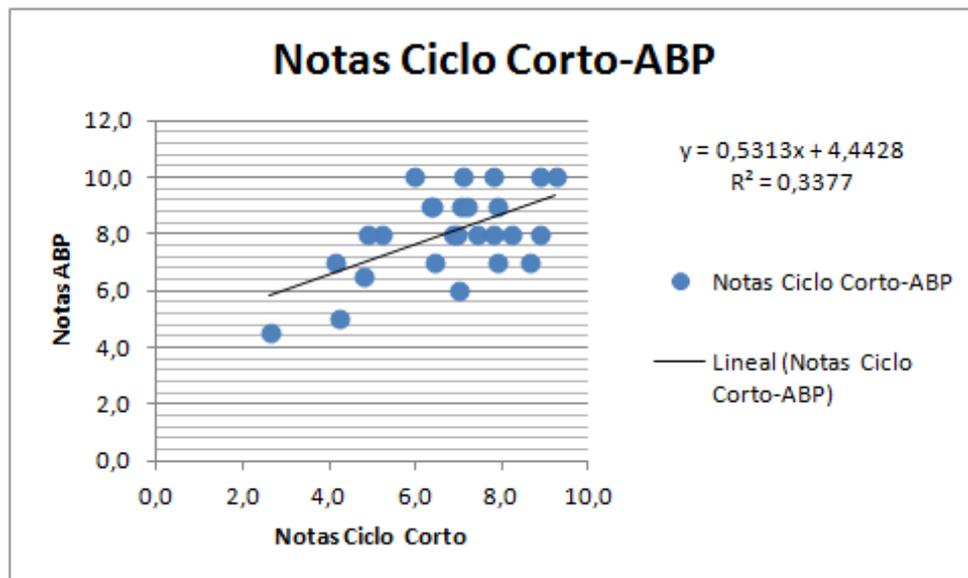
Como se puede comprobar en las actividades del ciclo largo los alumnos alcanzan buenas notas con la excepción del PROGRAMA. Esto último encuentra explicación en que se trata de una actividad muy próxima al ejercicio profesional con el empleo de planos de cierta complejidad que no han podido abordar completamente por no haber sido precedido su empleo de las clases correspondientes en asignaturas complementarias como construcción. Es de destacar la buena nota media de la actividad de diseño, fabricación y control del hormigón, que constituye el núcleo del método de Aprendizaje Basado en Proyectos.

Por otra parte, los resultado completos, incluyendo el ciclo corto y el ciclo largo resultan muy alentadores, como ya adelantaba la comparativa con los programas precedentes en lo referente al conocimiento declarativo. En especial el aumento de la calidad de los aptos expresado en el número de calificaciones de NOTABLE, que llegan hasta el 53,8 % respecto de otros programas en los que no superaban el 30 %. Entre las posible relaciones a explorar entre los dos ciclos se muestra especialmente interesante la que se establece entre las notas del ciclo corto y los resultados del método de Aprendizaje Basado en Proyectos por el carácter complejo de éste último que moviliza conocimiento declarativo, procedimental y condicional. En la Figura 52 se ve la relación, que se valora con el coeficiente de determinación R^2 que, como se ha dicho más arriba, expresa el grado en que las dos variables varían simultáneamente en función del producto de sus varianzas.

Se puede afirmar que la combinación de los dos ciclos ha permitido alcanzar los objetivos formativos, pues han cubierto satisfactoriamente los tres niveles de los mismos (memoria, comprensión y aplicación).

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Figura 52.- Relación Ciclo Corto- ABP (Hormigón)



5.2.1.3 Resultado de la Evaluación de las competencias profesionales (R_17)

En el capítulo 3, donde se resolvía el problema uno referido al diseño se establecieron las competencias que debían adquirir los alumnos de la asignatura *Materiales de Construcción*. Fundamentalmente se agrupaban en "específicas"; "genéricas" y "básicas". Las primeras relativas a la futura acción profesional de los egresados de la titulación de Ingeniero de Edificación en lo relativo a los *Materiales de Construcción*. Las competencias específicas se resumen a continuación.

- A.** Conocimiento de los materiales y sistemas constructivos tradicionales o prefabricados empleados en la edificación, sus variedades y las características físicas que los definen.
- B.** Capacidad para adecuar los *Materiales de Construcción* a la tipología y uso del edificio,
- C.** Gestionar y dirigir la recepción y el control de calidad de los materiales y de la realización de ensayos y pruebas finales.
- D.** Conocimiento de la evaluación del impacto medioambiental de los procesos de edificación y demolición, de la sostenibilidad en la edificación, y de los procedimientos y

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

técnicas para evaluar la eficiencia energética de los edificios.

- E.** Capacidad para aplicar la normativa técnica al proceso de la edificación, y generar documentos de especificación técnica de los procedimientos y métodos constructivos de edificios.

Su adquisición en un determinado grado ha sido comprobada en este apartado 5.2 con la mediación de los objetivos formativos, tanto en el ciclo corto como en el largo. Es decir se ha probado que hay una conexión bien establecida entre las competencias específicas y el sistema de evaluación con sus calificaciones con la mediación de los objetivos formativos como traducción de los requisitos sociales en términos académicos para su activación en el desarrollo del programa.

Por lo que se refiere a las competencias genéricas, por su naturaleza, van íntimamente asociadas a las específicas. Se podría decir que si se alcanzan las competencias específicas es porque se han desarrollado correctamente las competencias genéricas, como se puede comprobar por su enunciado:

- Adquirir el conocimiento específico
- Aplicar el conocimiento
- Resolver problemas
- Argumentar de forma lógica
- Enjuiciar (evaluar)
- Transmitir conocimiento
- Aprender autónomamente

Otra cosa son las competencias básicas, especialmente por lo que se refiere a la aplicación profesional, la capacidad de emitir juicios y, la competencia para transmitir información. En efecto, estas competencias no pueden ser comprobadas en el desarrollo del ciclo corto. Es en la elaboración de documentos de factura profesional, en el trabajo cooperativo en grupos de trabajo y en las discusiones propias de los seminarios, es decir, en el ciclo largo, donde se pudieron desplegar las actividades que permiten que los alumnos tomen contacto con situaciones que les permiten adquirir las habilidades asociadas a estas competencias.

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Por esta razón se programó el desarrollo del ciclo largo con su colofón en forma de evaluación general por parte de dos reputados profesionales en el ejercicio libre, que ejercieron también los cargos de Vicepresidente y Contador de su colegio profesional, procedieron a evaluar los trabajos del ciclo largo en una sesión de cinco horas. Los resultados certificados de su evaluación son los siguientes:

Buena orientación profesional de los documentos reseñados:

- Se observa un trabajo intenso del alumno de carácter práctico que les permite fijar los conceptos teóricos por la investigación que el alumno debe llevar a cabo para completar los documentos.
- Se percibe la destreza en la composición de los documentos que anticipa el ejercicio profesional.
- Se aprecia la importancia del trabajo cooperativo llevado a cabo por los alumnos y el modo en que se forman los grupos al margen de afinidades personales.

Se valora muy positivamente las visitas a obra y empresas del sector por su importancia en la comprensión práctica de la materia

Finalmente declaran que:

"Globalmente los abajo firmantes consideran que la orientación general de los trabajos prácticos de esta asignatura cumplen con las expectativas para la actividad profesional"

5.2.2 Contribuciones indirectas a los objetivos formativos

Verificado el cumplimiento de los objetivos formativos en la evaluación sumativa en los términos en que estos se propusieron siguiendo la taxonomía de Bloom, la investigación expresa los registros en que se fundamenta tal resultado mediante la exploración crítica de las relaciones entre algunas variables medidas durante el proceso de investigación y los resultados del ciclo corto sin ponderación alguna.

5.2.2.1 Resultados de la evaluación formativa EDUCLICK™ (R_11)

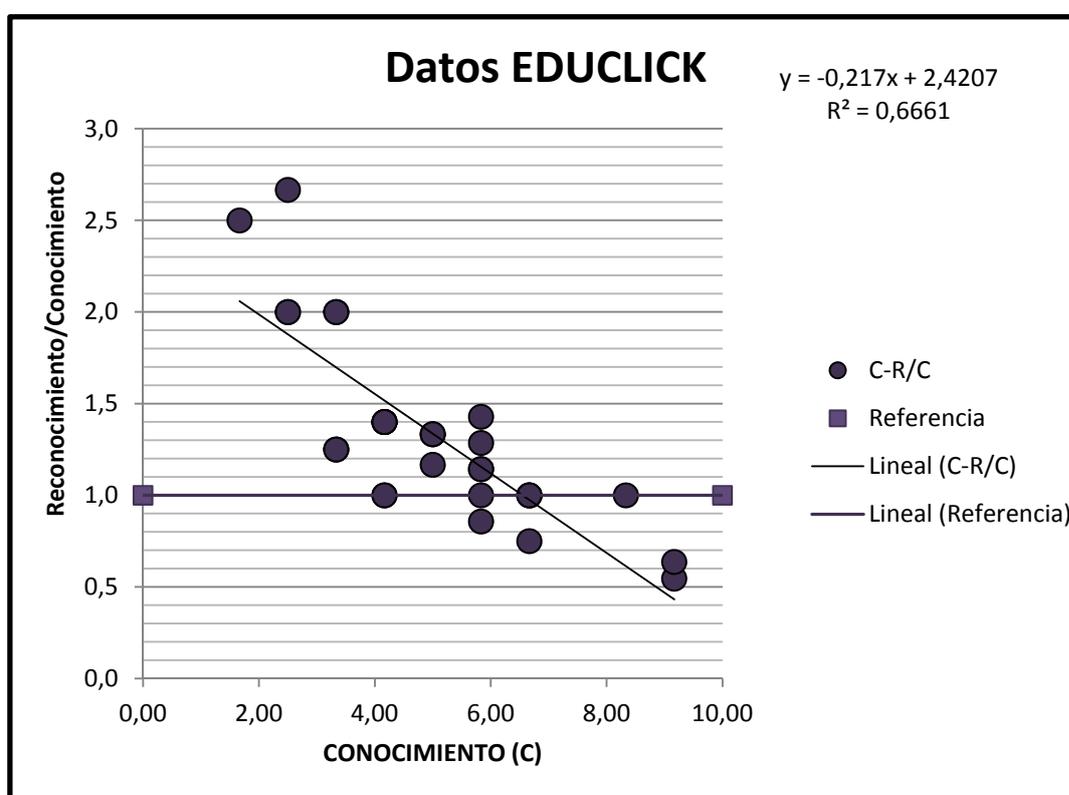
EDUCLICK™ es un sistema de evaluación rápida de conocimientos basado en preguntas con respuestas alternativas. Su ventaja reside en la inmediatez de la evaluación que permite reaccionar en el aula a los errores de comprensión. Dado que cognitivamente funciona como un test de preguntas alternativas, se aplica después de hacer a los alumnos las mismas preguntas pero con carácter abierto, sin ofrecerles

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

ninguna respuesta para su **reconocimiento (R)**. A esta opción la llamamos **conocimiento (C)**.

la Figura 53 se muestra la relación entre las notas en el test de conocimiento y la ratio R/C . Esta relación indica que en general, los alumnos reconocen mejor que conocen, pues, en la figura se puede observar con claridad esta circunstancia por el carácter negativo de la relación entre conocimiento y la ratio definida.

Figura 53.- Datos EDUCLICK



5.2.2.2 **Resultados de la evaluación continua al comienzo de cada unidad didáctica (R_12)**

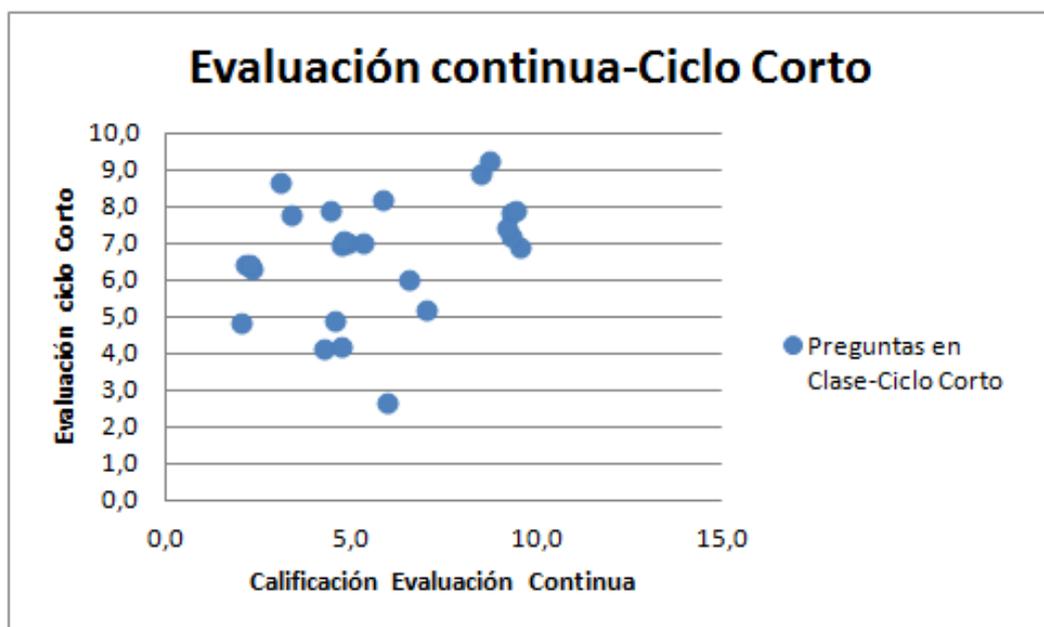
Veamos ahora qué relación existe entre la evaluación formativa en forma de preguntas antes de la exposición en clase y la sumativa de Ciclo Corto. Durante el desarrollo se hacían preguntas al comienzo de cada clase relativas a los contenidos de la clase anterior. Los alumnos eran advertidos y el propósito era obligar a la lectura atenta de las unidades didácticas para preparar mejor la clase, de forma que los

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

alumnos mantuviesen un recuerdo vivo de la lógica interna de los contenidos. Como se puede comprobar en la Figura 54 las preguntas a lo largo del curso y los resultados posteriores en la evaluación sumativa del Ciclo Corto se muestran como variables prácticamente independientes. Se atribuye a que estas preguntas no generaron en el alumno el grado de atención que la evaluación sumativa y los resultados dependían, por tanto, no de un estudio sistemático,

Se atribuye a que estas preguntas no generaron en el alumno el grado de atención que la evaluación sumativa y los resultados dependían, por tanto, no de un estudio sistemático, sino de la atención casual prestada en la clase anterior o el interés despertado por este o aquel contenido. Parece una muestra de la forma asistemática con la que los alumnos siguen el curso.

Figura 54.- Relación Evaluación continua – Ciclo Corto



5.2.2.3 Resultados de la evaluación formativa puntual (R_13)

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

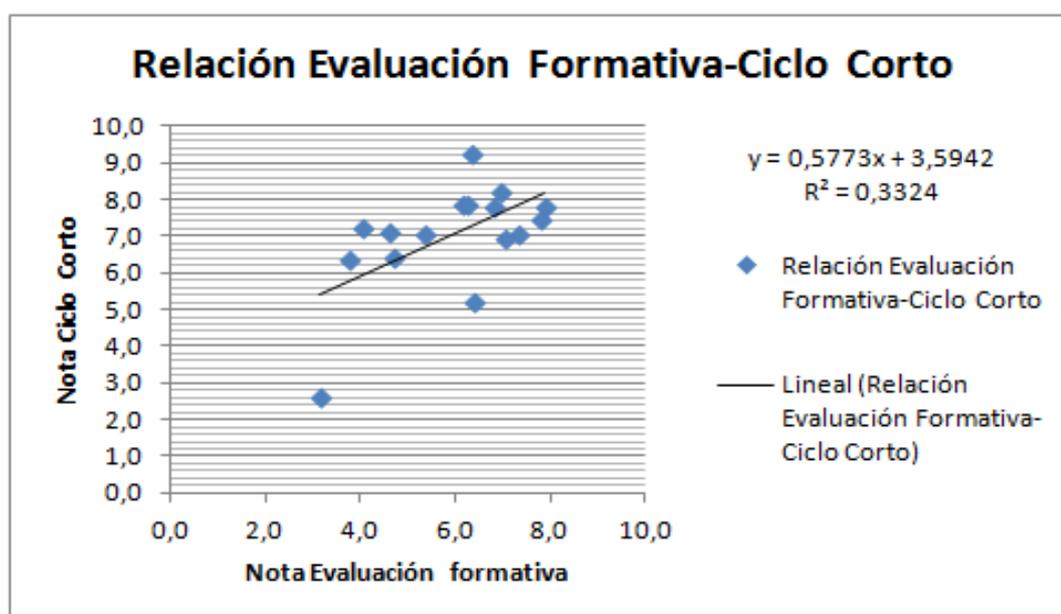
Tabla 33.- Resultados de la Evaluación Formativa y Sumativa

Ref.	Nota Evaluación Formativa	Evaluación Ciclo Corto
A01	3,2	2,6
A02	7,4	7,0
A05	4,7	6,4
A08	7,0	8,2
A10	6,2	7,9
A14	6,4	5,2
A17	6,4	9,2
A20	7,0	7,0
A21	3,8	6,3
A23	7,9	7,8
A25	1,3	8,6
A28	5,4	7,0
A31	6,8	7,8
A33	4,1	7,2
A34	7,8	7,4
A36	6,3	7,9
A38	4,6	7,1

En este contexto se entiende como evaluación formativa puntual a la realización de un examen con la estructura del que se pondría el día de la evaluación sumativa. La tabla 33 muestra los resultados y la Figura 55 la relación entre los valores. Esta relación es más clara que la encontrada en el apartado anterior para la relación entre las preguntas de clase y las notas del Ciclo Corto. Encontramos como explicación que los alumnos han afrontado este examen, que tenía la misma estructura del examen final y se realizó en un ambiente parecido y durante un tiempo semejante, con mayor concentración. En efecto, nos encontramos con un gradual aumento de la atención del alumno a la prueba y, por tanto, con una creciente mejora en las relaciones entre variables.

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Figura 55.- Relación Evaluación Formativa Puntual – Ciclo Corto



5.2.2.4 Resultado de la aplicación del análisis multivariante a las calificaciones del curso

Como se estableció en la resolución del problema 1, el sistema de evaluación incluye la previsión de un sistema de evaluación compleja de las calificaciones para tener en cuenta la respuesta de los alumnos al conjunto de métodos y su traducción en forma de actividades diversas. El informe Burgess (2007) precisamente propone:

"capture a blend of knowledge, skills and experience acquired through a wide range of higher education experiences."

Esta sistema es el de componentes principales. Un sistema de análisis multivariante muy poderoso, que permite el estudio simultáneo de todas las variables que se considereN pertinentes.

De la aplicación de la técnica estadística de componentes principales resulta lo siguiente:

$$Z_1 = 0,844R16_{ABP} + 0,839R14_{CCM} + 0,790R14_{CCA} + 0,785R14_{CCC} + 0,079R16_{PLIEGO} + 0,071R16_{PLAN} - 0,002R16_{GLO} - 0,541R16_{PROG}$$

$$Z_2 = 0,789R16_{GLO} + 0,749R16_{PLIEGO} + 0,673R16_{PLAN} + 0,630R16_{PROG} + 0,295R14_{CCA} + 0,219R16_{CCM} + 0,087R16_{CCC} - 0,296R16_{ABP}$$

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Con los estos significados:

- R16_{ABP}.- Aprendizaje Basado en Proyectos (Ciclo Largo)
- R14_{CCM}.- Resultados de la memoria en el Ciclo Corto
- R14_{CCA}.- Resultados de la aplicación en el Ciclo Corto
- R14_{CCC}.- Resultados de la comprensión en el Ciclo Corto
- R16_{PLIEGO}.- Resultados del Pliego de Condiciones (Ciclo Largo)
- R16_{PLAN}.- Resultados del Plan de Control (Ciclo Largo)
- R16_{GLO}.- Resultados del Glosario (Ciclo Largo)
- R16_{PROG}.- Resultados del Programa de Control (Ciclo Largo)

Esta propuesta supone otra forma de comprobar los resultados del sistema de evaluación. Los componentes principales recogen a través de sus coeficientes aquellas actividades que más variación incorporan.

El primer componente (Z_1) muestra la importante aportación del método de Aprendizaje Basado en Proyectos, muy relacionado con las competencias de los alumnos, seguido de cerca por los componentes del conocimiento declarativo en el siguiente orden: memoria, aplicación y comprensión con pequeñas diferencias entre sí.

En el segundo componente (Z_2) presentan influencia notable cuatro actividades del ciclo largo, que también se proponen a los alumnos por su proximidad a las competencias profesionales. Fundamentalmente son el glosario de términos, que pretende que el alumno defina correcta y completamente los *Materiales de Construcción*; el pliego de condiciones, que es el documento que fija las características de los materiales y el plan y programa de control que permiten controlar los procesos profesionales relacionado con el cumplimiento de características por parte de los materiales en la recepción en obra.

El coeficiente que acompaña a cada variable en el polinomio Z_1 y Z_2 hay que entenderlo como la capacidad que tiene esa variable para distinguir a unos alumnos de otros desde el punto de vista de las actividades asociadas.

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Componentes Principales

Z₂

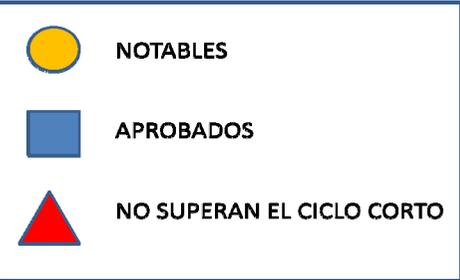
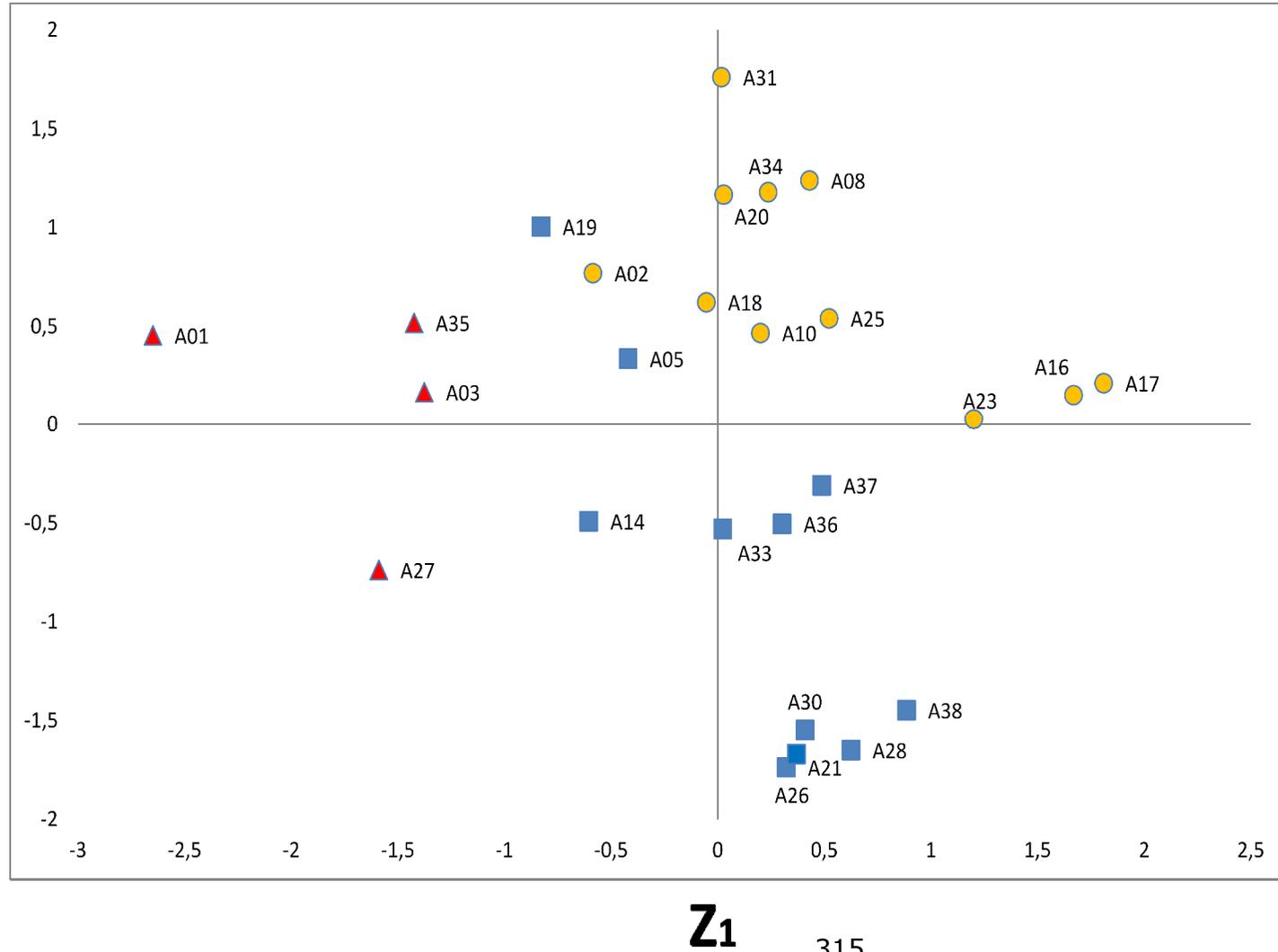


Figura 56.- Resultado del análisis de componentes

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

El gráfico de la Figura 56 expresa de forma sumaria la complejidad de las relaciones establecidas entre las calificaciones de las distintas actividades de aprendizaje.

En este gráfico los valores de Z_1 y Z_2 están tipificados, lo que explica que haya valores positivos y negativos. En el cuadro se puede comprobar qué alumnos tienen carencias relativas parciales (cuadrantes superior/izquierda e inferior/derecha), cuales tienen un perfil equilibrado, cuales destacan en las dos dimensiones propuestas (cuadrante superior/derecha) y cuales tienen dificultades en ambos aspectos del aprendizaje. Y todo ello con matices individualizados que permiten valoraciones más precisas. Obviamente las dos variables complejas no presentan correlación entre sí, dado que la independencia mutua es la condición de partida del método. No debe escaparse que este diagrama presenta a los alumnos referidos a la propia cohorte (evaluación con referencia a norma). Naturalmente habría que superponer unos ejes que refieran a criterio, es decir a los objetivos formativos del programa.

En definitiva con el resultado del análisis multivariante fue posible una comprobación más sutil del cumplimiento de los objetivos del sistema de evaluación, un mejor análisis de los resultados del curso y se contaba, simultáneamente, con una herramienta interesante para la revisión de exámenes y las tutorías con los no aptos.

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: EVALUACIÓN

5.3 Resultados en relación con el sub-problema 3.3. Respecto a las características del alumno.

¿Qué características intelectuales o académicas del alumno explican algunos aspectos de los resultados del sistema de evaluación?

La resolución de este sub-problema respecto del problema principal de evaluación del programa formativo es indirecta. Se trata de comprobar si la viabilidad de dicho programa se ve dificultada o potenciada por determinadas características de los alumnos que les son inherentes en el momento de comenzar su contacto con las actividades que desarrollan en el programa formativo diseñado. Para ello, cuando es posible, se buscan relaciones entre variables que describen al alumno, como estilo de aprendizaje, desarrollo intelectual, actitud ante el marco académico elegido o actitud en el desarrollo de las actividades con los resultados de la evaluación en el ciclo corto por si, primero, explican los resultados y, segundo, permiten predecirlos.

Las variables utilizadas son las siguientes:

- Conocimiento previo en estadística
- Conocimiento previo en Fundamentos de Materiales
- Estilo de aprendizaje según el test de Felder
- Desarrollo intelectual según el test de Perry
- Motivación del alumno sobre distintos aspectos.

En este último aspecto se pide a los alumnos que expresen su interés por la titulación y la asignatura y se comprueba por observación estructurada su motivación en los seminarios y actividades del curso.

Este sub-problema trata de resolver o apuntar la solución de la relación de distintas variables identificadas como de influencia potencial o de influencia debida.

Los registros que involucran a las distintas variables mencionadas utilizados para la resolución del sub-problema 3.3 son los siguientes:

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Tabla 34.- Registros del sub-problema 3.3

R_18	Test de Felder
R_19	Test de Perry
R_20	Registro de actitud sobre la titulación
R_21	Registro de actitud sobre la asignatura
R_22	Registro de asistencia y valoración de las visitas facultativas
R_23	Registro de atención en clase expositiva
R_24	Registro de asistencia a Evaluación Formativa
R_25	Registro de asistencia a Seminarios
R_26	Registro participación en el seguimiento de tareas (seminario)
R_27	Registro de impresiones del doctorando (cuaderno de campo)

Además se ha utilizado el registro procedente del Sistema de Evaluación R_10 sobre conocimientos previos.

La resolución de este sub-problema trata de dar respuesta a multitud de dificultades identificadas, tales como:

- Los alumnos no conocen el hecho de que su situación de salida a la hora de afrontar los estudios es diferente en función de su estilo de aprendizaje. En consecuencia no regulan sus esfuerzos eligiendo las circunstancias más adecuadas a su forma de afrontar el aprendizaje.
- Los alumnos no han reflexionado nunca sobre su posición intelectual en relación con la verdad científica y tecnológica. Es decir, no reflexionan sobre el objeto de conocimiento que aspiran a dominar y su relación con él.
- La potencial desubicación de los alumnos o el oportunismo en relación con la titulación de Ingeniero de Edificación.
- Los potenciales problemas en relación con la asignatura que siendo obligatoria no pueden eludir.
- Los seminarios son, quizá, la actividad que más esfuerzos de generación de un clima favorable requieren. Al alumno le cuesta dejar su papel de espectador para convertirse en un actor que sabe expresar sus reflexiones y progresos y teme el debate técnico.
- El alumno precisa adquirir una competencia como tal que le permita dominar ciertas herramientas de orden organizativo (planificar), meta cognitivo (reflexionar), cognitivo (comprender) y ejecutivo (actuar). Se advierte que más allá del orden o limpieza en apuntes los alumnos no cuentan con un plan de ataque a la tarea de aprobar 30 ECTS por cuatrimestre.

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: EVALUACIÓN

El programa aquí presentado sólo puede suplir desde fuera las carencias de estrategias del alumno. Su virtualidad será plena en la medida en que el alumno tenga su propio programa de acción.

En general las dificultades de aprendizaje tienen su origen en el carácter privado de las estrategias de los alumnos. En este sentido el método de contrato de aprendizaje puede ser explorado para explicitar el compromiso de los alumnos.

No es fácil encontrar relaciones entre la información que proporcionan los registros de este sub-problema y los resultados de los aprendizajes de los alumnos, pero esto no resta interés a su inclusión en la tesis por las posibilidades que pueden presentar para posteriores investigaciones.

5.3.1 Análisis de los resultados

5.3.1.1 Resultado del test de conocimientos previos (R_10)

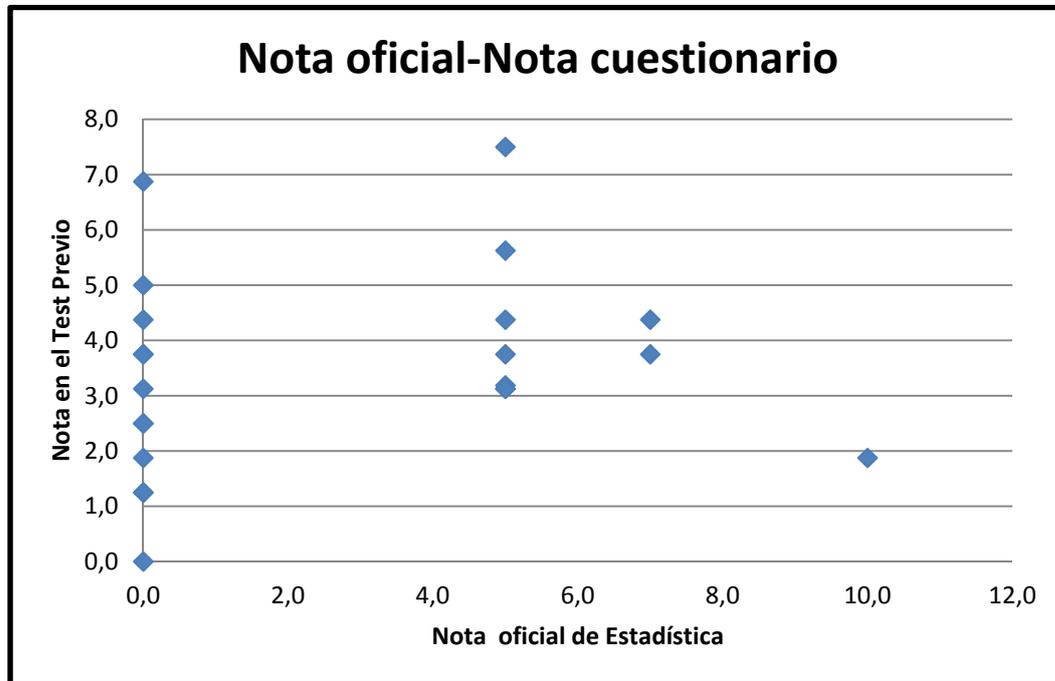
5.3.1.1.1 Estadística

En los antecedentes de la acción docente se sitúan los test que permiten comprobar qué retienen los alumnos de los aprendizajes de asignaturas relevantes para la asignatura *Materiales de Construcción*. En este caso hemos considerado de interés la relación entre la nota obtenida en la asignatura antecedente y el resultado de la prueba realizada en la semana de presentación del curso. Sea cual sea el resultado esta prueba permite entablar fecundos intercambios con los profesores de las asignaturas en cuestión para realizar el mejor ajuste entre los objetivos formativos de ambas, además de favorecer la reflexión sobre el papel que el olvido representa en los itinerarios de los alumnos a lo largo de la carrera. Olvido que siendo inevitable en los detalles no debe impedir una rápida recuperación de la competencia con determinados estímulos no bien conocidos.

En la semana de presentación del curso se pasaron dos cuestionarios para situar a los nuevos alumnos en relación a dos materias esenciales para la nuestra: la Estadística y Fundamentos de *Materiales de Construcción*. Las cuestiones planteadas son elementales y se considera el recuerdo más vago que se puede retener después de haber cursado una asignatura de estadística:

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Figura 57.- Nota oficial-Nota cuestionario



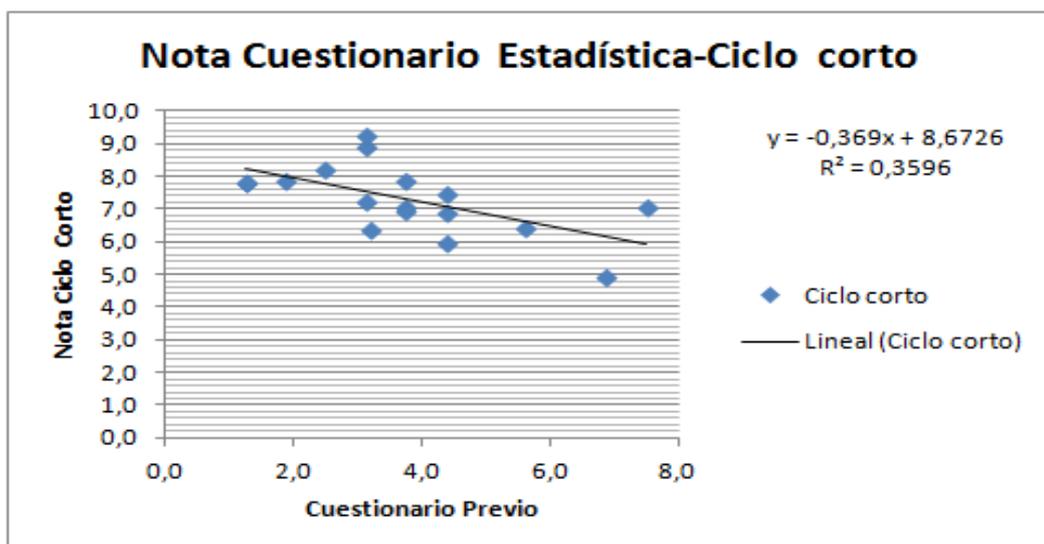
- ¿Qué es una variable aleatoria?
- ¿Qué es un histograma de densidad?
- Calcular la frecuencia absoluta, relativa y densidad en un histograma
- ¿Qué es la distribución normal (DN)?
- ¿Qué es la distribución normal tipificada (DNT)?
- ¿Cuál es la ecuación de transformación entre la DN y la DNT?
- ¿Qué probabilidad hay de superar o igualar la media en una DN?
- ¿Qué probabilidad hay de superar o igualar la media en una DNT?

Los resultados en relación con la nota oficial del examen de la asignatura de Estadística en el curso anterior son los expresados en la figura 57.

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Como se puede comprobar, el resultado no es muy alentador. Los alumnos que han aprobado Estadística dan respuestas muy erráticas a preguntas elementales sobre esta disciplina que son relevantes para *Materiales de Construcción*. Por otra parte, está el extraño caso de un alumno que recibió una matrícula de honor y obtiene un sorprendente resultado de 1,9 puntos sobre 10 en el test previo. También, en el otro extremo, resulta interesante que dos alumnos que no habían superado (en ese momento) la asignatura de estadística, que se cursa en primero de la titulación, hayan superado el test e incluso, uno de ellos, con un notable. Otra posible explicación es que las preguntas del cuestionario no hayan sido objeto de atención en el transcurso de la docencia en estadística, lo que sería sorprendente dado el carácter básico de las mismas. El doctorando está considerando la posibilidad de solicitar a sus colegas permiso para asistir a sus clases y contar con la oportunidad de analizar los problemas que plantea el olvido en los alumnos y, sobre todo, cómo establecer métodos de mantenimiento de los significados fundamentales en esquemas que permitan mantenerlos hasta instalarlos mediante sucesivos repasos en la memoria a largo plazo y convertirlos en parte del acervo de conocimientos familiares, casi automáticos, de los alumnos. En este sentido el doctorando trabaja desde su asignatura de Metodología del Aprendizaje en determinadas líneas de convergencia de conocimientos en un bloque esencial que lo acompañe durante toda su vida profesional en lo que a los *Materiales de Construcción* se refiere.

Figura 58.- Relación Cuestionario Previo-Ciclo Corto



5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

De nuevo una paradoja, cuanto mejor es la nota en el cuestionario previo sobre estadística (Figura 58) menor es la nota en el Ciclo Corto. Lo que se puede conjeturar por el hecho de que la estadística sólo está relacionada con un concepto estructurante: el control de calidad.

5.3.1.1.2 *Fundamentos de Materiales de Construcción*

Respecto a la asignatura *Fundamentos de Materiales de Construcción* los resultados son los siguientes:

Tabla 35.- Resultados con Fundamentos de Materiales

APTOS EN FUNDAMENTOS	NOTA TEST
SI	5,0 - 8,04
NO	1,95 - 4,9

En este caso, que se contó con 17 alumnos, la proximidad entre los contenidos de las asignaturas hace posible una cierta correlación, como muestra la tabla de contingencia 35. Hay que añadir que el profesor de esta asignatura da clase en *Materiales de Construcción* conociendo sus objetivos y compartiendo sus métodos. Además *Materiales de Construcción* no puede ser aprobada sin que se haya obtenido el apto en *Fundamentos de Materiales de Construcción*.

El contraste con la situación de la asignatura de Estadística pone de manifiesto el interés de activar la coordinación entre asignaturas. Coordinación que debía someterse a los objetivos comunes del Plan de Estudio. Un tipo de alineamiento siempre pendiente, dada la falta de atención de los departamentos a las cuestiones distintas de las puramente profesionales.

5.3.1.2 **El test de Felder**

Los objetivos formativos señalados, los métodos adoptados y las actividades planificadas se han fundado *a priori* en la hipótesis de que los alumnos tienen un estilo de aprendizaje que prefiere una enseñanza activa. Para comprobar si existe esta correspondencia se aplicó a los alumnos el Test de Felder en la semana de presentación. Este test figura en la página WEB del autor y puede ser activado directamente por los alumnos que obtienen el resultado inmediatamente.

Los resultados resumidos de 19 alumnos son los siguientes:

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Tabla 36.- Resultados resumidos del test de Felder

ACTIVO	EQUILIBRIO	REFLEXIVO
54,5%	40,9%	4,5%
SENSITIVO	EQUILIBRIO	INTUITIVO
63,6%	36,4%	0,0%
VISUAL	EQUILIBRIO	VERBAL
63,6%	36,4%	0,0%
SECUENCIAL	EQUILIBRIO	GLOBAL
50,0%	50,0%	0,0%

El 58 % de los alumnos son **ACTIVOS-SENSITIVOS-VISUALES-SECUENCIALES**. Es decir, alumnos que se informan con hechos, usando exclusivamente los sentidos, mediante imágenes y siguiendo razonamientos lineales. El 41 % de los alumnos son equilibrados en todo los tipos de estilos y un 1 % (un solo alumno) es **REFLEXIVO** y al tiempo es **VISUAL** y **SECUENCIAL**. No habría, pues, alumnos reflexivos (los que tienen bien desarrollado el pensamiento formal), ni intuitivos (los que captan las soluciones bruscamente), ni verbales (los que prefieren los textos o discursos), ni globales (los que prefieren tener una visión completa antes de ocuparse de los detalles)

Los datos completos relacionados con los resultados de la evaluación sumativa del Ciclo Corto son los de la tabla 37:

Tabla 37.- Resultados del test de Felder

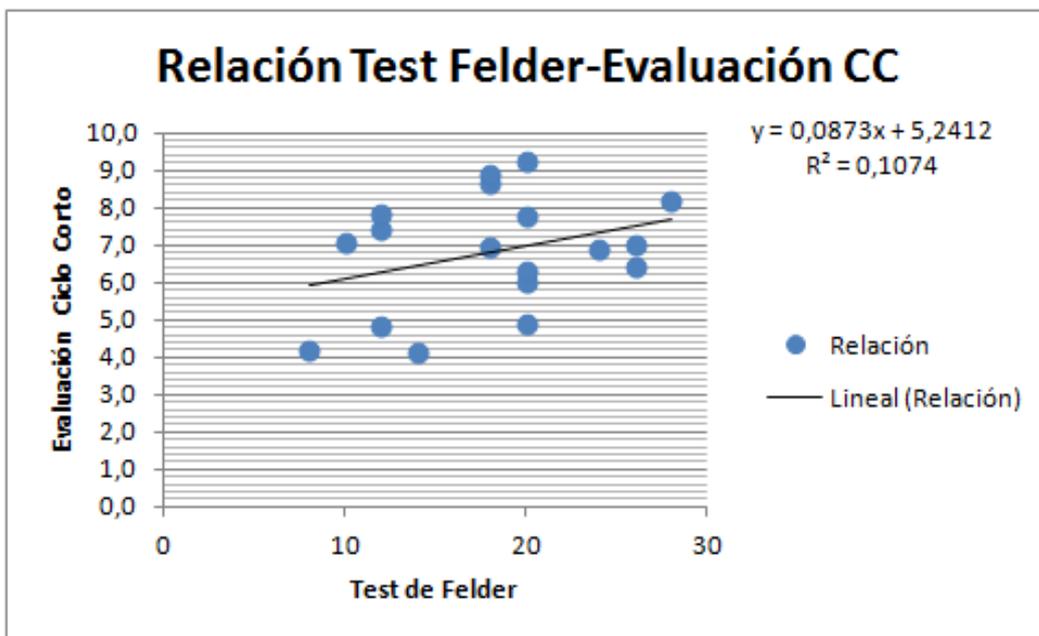
Ref.	Resultado Felder	Nota media Ciclo Corto		
			I	D
A03	E-SEN-E-SEQ	4,2	14	0
A27	E-E-VIS-E	4,2	11	3
A35	ACT-E-VIS-E	4,8	13	1
A19	E-E-VIS-SEQ	4,9	20	0
A30	E-SEN-VIS-E	6,0	20	0
A21	ACT-SEN-VIS-E	6,3	21	1
A26	ACT-SEN-VIS-E	6,4	26	0
A18	ACT-SEN-VIS-E	6,9	24	0
A20	ACT-SEN-VIS-E	7,0	19	1
A28	ACT-SEN-VIS-SEQ	7,0	26	0
A38	REF-E-VIS-SEQ	7,1	16	6
A34	ACT-E-E-E	7,4	13	1
A37	ACT-E-E-SEQ	7,8	20	0
A23	E-SEN-VIS-E	7,8	14	2
A08	ACT-SEN-VIS-SEQ	8,2	28	0

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

A24	ACT-SEN-E-SEQ	8,6	18	0
A16	ACT-SEN-E-SEQ	8,9	18	0
A17	ACT-SEN-VIS-E	9,2	23	3
E.- Alumno Equilibrado entre polos ACT.- Alumno Activo SEN.- Alumno Sensitivo VIS.- Alumno Visual SEQ.- Alumno Secuencial			REF.- Alumno Reflexivo INT.- Alumno Intuitivo VRB.- Alumno Verbal GLB.- Alumno Global	

En la tabla 36 las columnas "I" y "D" reflejan la suma de puntuaciones de los alumnos de la columna izquierda de (Act-SEN-VIS-SEQ) y de la columna derecha (REF-INT-VRB-GLB) del test de Felder (ver página 406). Se puede comprobar que incluso los alumnos con las notas más altas tienen acusada la condición "izquierda" (Figura 59) expresada como la diferencia entre la nota y la diferencia Izquierda y la derecha.

Figura 59 .- Relación Test Felder-Evaluación CC



La casi generalidad de alumnos activos identificados por el test de Felder se manifiesta en la escasa relación con las calificaciones del Ciclo Corto y obliga a preguntarse, en positivo, si es el carácter activo de la docencia en el Ciclo Largo lo que, en última instancia, ha hecho posible los buenos resultados globales (Prince, 2003 y 2007).

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

5.3.1.3 **El Test de Perry**

Este test puede ayudar a entender algunas de las dificultades de los alumnos ante los problemas realistas y su comodidad ante los ejercicios académicos. Entendidos los primeros como aquellos que incluyen el contexto real y, por tanto, exigen un pensamiento divergente y relativista; y los segundos como tareas aisladas de la realidad.

Como es sabido el test de Perry plantea los siguientes grados de actitud intelectual:

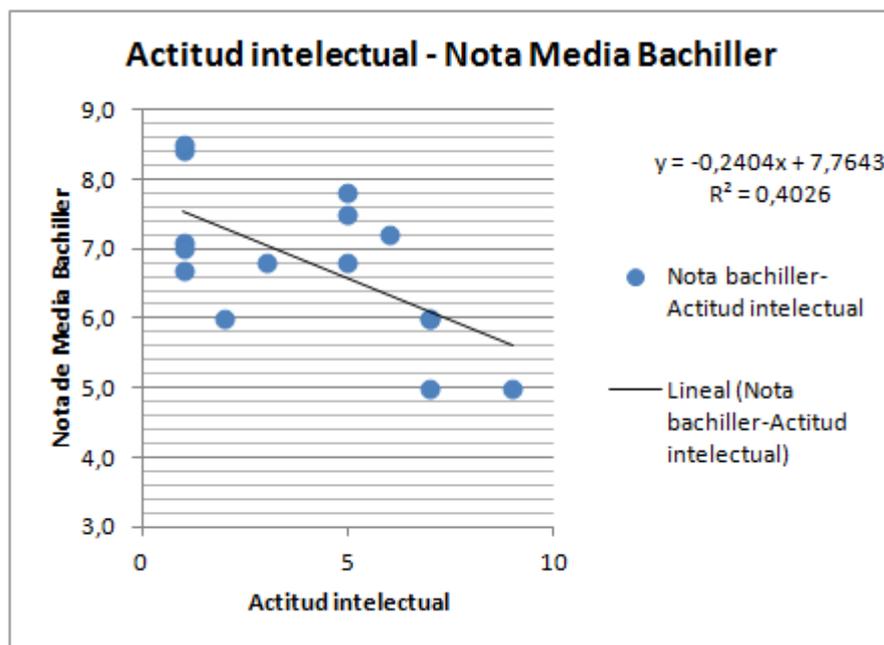
- Ciega aceptación de la autoridad (nivel 1 y 2), una posición dualista sobre el mundo, en la que todas las cuestiones morales o intelectuales tienen una respuesta correcta, la autoridades (el profesor la conoce) y la tarea del estudiante es aceptarla sin cuestionarla y reproducir esta respuesta en los exámenes
- Gradual aceptación de la multiplicidad de puntos de vista con la consiguiente retirada crítica de la confianza en la autoridad (nivel 3 y 4)
- Relativismo incipiente en el nivel 5, caracterizado por la creencia de que no hay verdades absolutas ni autoridad confiable (los conocimientos y valores son históricos y contextuales)
- Conciencia de la necesidad del compromiso en un entorno de incertidumbre (nivel 6)
- Comprensión de que tal compromiso necesita de su propia implicación (nivel 7-9)

Es una secuencia que informa de la percepción que el alumno tiene de la relación entre conocimiento o creencias con la realidad subyacente.

Los alumnos marcaron la posición que les merece más crédito. El resultado de los alumnos que respondieron figura en el anejo 9.1 (R_19). También se solicitó la nota media de bachiller para ver si hay relación con este parámetro (Figura 60). Se manifiesta una correlación negativa, según la cual cuanto mayor es la nota de bachiller más rígida es la postura intelectual (un nivel más bajo en el Test de Perry). Un interesante descubrimiento que debe ser seguido en cursos sucesivos. Si se confirmara se podría conjeturar que el bachiller prepara y valora más a los alumnos para la disciplina intelectual que para la creatividad o la capacidad de resolver problemas abiertos.

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Figura 60.- Relación entre la Nota de Bachiller y Actitud Intelectual



Desde el punto de vista del programa, esto significaría, de confirmarse, que habría que diseñar actividades creativas complementarias que permitieran explorar competencias interpersonales o sistémicas de interés. Es decir profundizar en las actividades culturales que estimulen la reflexión intelectual de los alumnos para abrirlos a una visión más flexible y, en consecuencia, capaz de abordar la complejidad de un ejercicio profesional. Este resultado obliga a un replanteamiento más acá y más allá, incluso, del período de formación universitaria.

La relación entre los resultados del Test de Perry y la nota del Ciclo Corto se puede comprobar en la tabla 38:

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Tabla 38.- Valores del test de Perry y del Conocimiento declarativo

Ref.	Perry	CC
A17	1	9,2
A36	1	7,9
A21	1	6,3
A30	1	6,0
A33	2	7,2
A31	3	7,8
A10	5	7,9
A27	5	4,2
A03	5	4,2
A01	6	2,6
A08	7	8,2
A18	7	6,9
A37	9	7,8

Se puede apreciar que calificaciones en el test de Perry que apuntan a una posición claramente dualista no impiden una buena calificación en la evaluación sumativa del Ciclo Corto. Parece razonable que sea así, puesto que este tipo de examen no pone a los alumnos antes cuestiones cuya respuesta exija una determinada posición intelectual.

Teniendo en cuenta la naturaleza del test de Perry se puede pensar que está más relacionado con el conocimiento condicional que con el declarativo o procedimental. Veamos, por tanto su relación con la actividad de Ciclo Largo que potencialmente mejor excita este tipo de conocimiento (tabla 39):

Se puede comprobar que se da la misma falta de correlación y que, en todo caso, son los alumnos con pensamiento dualista los que mejor calificación obtienen. Lo que se puede explicar por el hecho de que las tareas del Ciclo Largo tienen el defecto de que no permiten poner a prueba de forma diferenciada las capacidades de tomar decisiones en un clima de opiniones divergentes. Quizá la explicación esté en el hecho de que esta tarea se ha realizado en grupo habiendo quedado ocultas en el resultado general la predisposición de cada alumno por separado.

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Tabla 39.- Valores del test de Perry y del ABP del Ciclo Largo

Ref	Perry	ABP
A17	1	10,0
A21	1	9,0
A30	1	10,0
A36	1	9,0
A33	2	9,0
A31	3	8,0
A03	5	7,0
A10	5	7,0
A27	5	5,0
A01	6	4,5
A08	7	8,0
A18	7	8,0
A37	9	8,0

5.3.2 Resultados relativos a la motivación

5.3.2.1 Actitud sobre la titulación (R_20)

En la semana de presentación se les pregunta a los alumnos cuál es su percepción sobre la titulación que cursan. Las cuestiones planteadas son las siguientes:

Tabla 40.- Cuestiones sobre la construcción

A	La construcción es un sector fundamental para la economía y la vida de las personas
B	Ser Ingeniero de Edificación es jugar un papel relevante en la solución de los problemas de la sociedad
C	He elegido esta titulación como primera opción porque quiero construir edificios de forma científica y segura
D	No me ha quedado más remedio que escogerla para poder ingresar en la universidad
E	En cuanto la acabe estudio otra carrera
F	En cuanto me convaliden asignaturas me matriculo en otra carrera

Se le pide al alumno que las valore de acuerdo a estos criterios:

Marca con:

- 1** si estás **COMPLETAMENTE EN DESACUERDO** con la propuesta
- 2** si estás **BASTANTE EN DESACUERDO** con la propuesta
- 3** si te resulta **INDIFERENTE** la propuesta
- 4** si estás **BASTANTE DE ACUERDO** con la propuesta
- 5** si estás **COMPLETAMENTE DE ACUERDO** con la propuesta

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Tabla 41.- Actitud sobre la construcción

CUESTIÓN PLANTEADA	NOTA 1-5
La construcción es un sector fundamental para la economía y la vida de las personas	4,3
Ser Ingeniero de Edificación es jugar un papel relevante en la solución de los problemas de la sociedad	3,7
He elegido esta titulación como primera opción porque quiero construir edificios de forma científica y segura	4,4
No me ha quedado más remedio que escogerla para poder ingresar en la universidad	1,1
En cuanto la acabe estudio otra carrera	2,7
En cuanto me convaliden asignaturas me matriculo en otra carrera	1,6

Se puede comprobar que los alumnos tienen la impresión subjetiva de haber acertado con la titulación. Por otra parte, los alumnos reconocen el carácter fundamental del sector de la construcción lo que ayuda a su autoestima en el sentido de que sus estudios contribuyen a dotar a la sociedad de un bien imprescindible a pesar de los errores cometidos en los últimos años a nivel nacional y mundial por las estrategias de financiación y por la tendencia a la especulación que nace en cualquier actividad cuando adquiere determinados ratios de crecimiento. Contribuye a la mejora de los resultados el que los alumnos perciban desde el principio, a base de presentación de profesionales en acción, en qué puede consistir su ejercicio profesional. Esta información de la realidad compleja debe hacerse de tal manera que no quede trivializado el conocimiento técnico científico de base al permitir que los aprendices caigan en el espejismo de creer que la acción profesional es sólo gestión profesional. Contribuye a los buenos resultados académicos la percepción de que al final de la carrera esperan experiencias dignas de ser vividas.

5.3.2.2 **Actitud sobre la asignatura (R_21)**

Hemos considerado de interés saber la percepción que el alumno tiene de la propia asignatura *Materiales de Construcción* como indicador del grado de intencionalidad y conocimiento de la justificación de su inclusión en el Plan de Estudios.

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Tabla 42.- Actitud sobre la asignatura

Cuestión	Nº
La titulación de ingeniero de edificación no debería tener esta asignatura porque quien entiende de materiales son las fabricantes y nosotros los escogeremos en sus catálogos	0
Está bien que esté esta asignatura en el plan de estudio pero debería limitarse a una relación de los materiales más importantes sin introducir fórmulas químicas o matemáticas. No hace falta en la práctica	0
Creo que es una asignatura importante para la titulación de ingeniero de edificación ha de tomar decisiones cuando los materiales llegan a las obras y debe estar en condiciones de establecer si son aceptables o no	2
Creo que es una asignatura fundamental para la titulación porque además de lo que afirma el punto anterior, los materiales están en contacto entre sí en las obras y hay que conocer sus compatibilidades químicas y físicas para corregir los errores en la construcción y evitar posteriores deterioros	28

En este caso hay casi unanimidad. Los alumnos están bien motivados en relación con la asignatura *Materiales de Construcción*.

5.3.2.3 **Actitud sobre visitas facultativas (R_22)**

La visita a obra no puede ser relacionada con los objetivos formativos en ninguna de sus manifestaciones de Ciclo Corto o Largo, pero los alumnos encuentran esta actividad muy estimulante y sus crónicas técnicas son solventes. Declaran el impacto que les supone el contacto con la complejidad de la obra en su comprensión del proceso constructivo.

El doctorando cree que el contacto con una obra de construcción produce en el alumno un fuerte impacto, pues de forma brusca corrige las imágenes que se podía haber formado sobre la realidad de la construcción y la importancia de los materiales en los procesos. Tras la visita los resultados del aprendizaje ya no pueden ser los mismos. El progreso es inevitable aunque no esté medido en este caso. El gran problema de la educación universitaria en carreras técnicas es que no se ha seguido el ejemplo de carreras como la medicina que no podía dejar la formación de los futuros médicos al milagro de la síntesis individual sin referentes reales. Por una extraña razón las carreras tecnológicas han sustituido la realidad por pizarras, palabras y talleres o laboratorios. En todos los casos son versiones abstractas de lo que le espera al futuro profesional. La educación tecnológica ideal pasa por la resolución de problemas, técnicos, económicos y de gestión con personas dotadas de los conocimientos fundamentales para su resolución verdadera y no superficial.

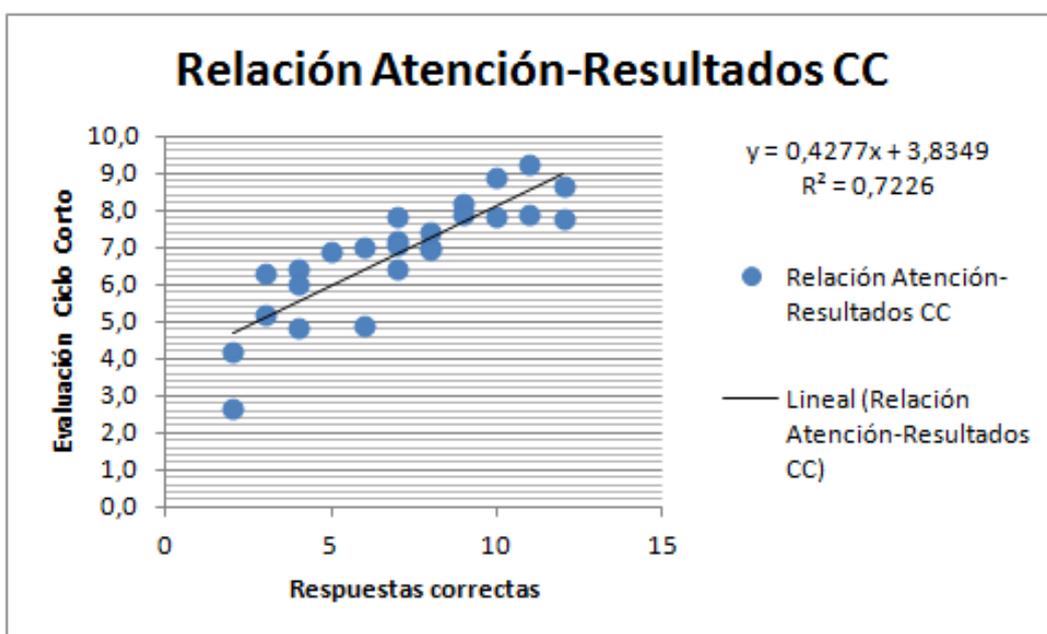
5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

5.3.2.4 **Actitud en clase expositiva (R_23)**

Se ha encontrado una buena relación entre la actitud en clase, expresada en forma de respuestas correctas a preguntas del profesor escogiendo al azar al alumno y los resultados de la evaluación del ciclo corto. Uno de los problemas principales de las clases expositivas es la inhibición del alumno ante lo que percibe como discurso monótono del profesor. En este caso el alumno está advertido de que en cualquier momento se le puede pedir que complete el razonamiento en curso. De esta forma se espera contribuir a un nivel de atención mayor a aquellos aspectos de la clase expositiva que no se explicitan en el material escrito que se les proporciona. Se trata de que adviertan que cada cuestión planteada tiene un fundamento significativo que el profesor explicita y que se les invita a hacer suyo mediante su propio discurso interior simultáneo.

La Figura 61 invita a pensar que la propuesta permanentemente explicitada por el profesor de que construyan un discurso propio para optimizar el estudio autónomo no ha caído en saco roto. En la experiencia del profesor estas preguntas dinamizan extraordinariamente las clases convencionales cuando las respuestas (parciales en muchos casos) de los alumnos son utilizadas para una búsqueda iterativa de la respuesta mejor razonada.

Figura 61.- Ciclo Corto. Relación Atención - Resultados



5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: EVALUACIÓN

5.3.2.5 Actitud como asistencia a la evaluación formativa (R_24)

Se presentaron a la prueba voluntaria de evaluación formativa el 70 % de los alumnos que posteriormente se presentaron a la prueba de evaluación sumativa final. La totalidad de estos alumnos consiguieron superar la asignatura.

Este examen tenía la misma factura que el que luego se presentaría al examen oficial. Los alumnos mostraron un gran interés por la sesión de realimentación en la que se fue explicando punto por punto las respuestas más plausibles para las cuestiones planteadas. El poder de atracción de los exámenes para los alumnos es proverbial. Cualquiera que se someta a algún tipo de aprendizaje requiere para su tranquilidad saber que no afronta todo el conocimiento de la disciplina, sino una región cuyas fronteras cree percibir en los exámenes ya realizados con anterioridad. Contribuye al éxito de un programa que el alumno sepa qué se espera de él. La evaluación de los aprendizajes no consiste en un ejercicio para sorprender, sino para asegurarse de que los objetivos se han alcanzado. Quizá ahí resida el problema principal de la docencia: la fijación de los objetivos en una forma que el alumno experimente favorablemente los dos componentes de la motivación: la expectativa razonable de alcanzarlos y el interés del aprendizaje potencial para su vida profesional o personal.

5.3.2.6 Actitud como asistencia a los seminarios (R_25)

Los seminarios son la modalidad más novedosa en la asignatura. Lo es para los alumnos, pero también para el profesor. Es la palanca que nos saca de una tradición muy larga y pesada de una rutina basada en la clase magistral.

La asistencia a los seminarios se puede considerar un indicador del interés de los alumnos por profundizar en la asignatura ya que son voluntarios y, por tanto, se espera que los alumnos asistan por el interés de su desarrollo.

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

Fotografía 7.- Imagen de los alumnos en seminario



La mayoría de los alumnos que realizaron la evaluación sumativa del ciclo corto acudían sistemáticamente a los seminarios. En cuanto a su influencia sobre los trabajos del ciclo largo es clara, pues no se podrían haber realizado sin tal asistencia, dada su naturaleza técnica, que requería explicaciones y actividades para adquirir el conocimiento procedimental necesario. Sin embargo, los alumnos creen que los seminarios podrían mejorarse. Habiendo tratado con ellos esta objeción aclaran que creen que la lejanía en los plazos de entrega relaja la ejecución de los trabajos creándoles problemas a final de curso.

5.3.2.7 **Actitud como participación en los seminarios (R_26)**

El seminario con su carácter seminal por novedoso, proporciona una continuidad muy productiva, pues, en ellos, se echa una mirada sintética sobre los contenidos motivando a los alumnos a la búsqueda de significados. En ellos, cuando desapareció la primera desconfianza, se discutía y se resolvían dudas, se repasaban y aplicaban conceptos de forma discursiva con gran aprovechamiento a juzgar por los discursos explícitos de los alumnos. Ayudan a establecer una relación muy fluida entre alumnos, profesor y conocimiento. Los planteamientos más interesantes empezaban con la expresión adverbial "entonces..." momento en que el alumno creía haber comprendido el nexo entre conceptos. Los alumnos comentaban informalmente que tenían la impresión de estar perdiéndose algo si no asistían. Contribuye a esta sensación el hecho de que sus contenidos no podían ser previstos pues su desarrollo a partir de un tema propuesto por el profesor dependía de las discusiones o actividades implicadas.

El carácter de síntesis de los conocimientos declarativos a través de la elaboración de documentos y la aparente anarquía que se produce en el aula cuando los alumnos discuten desconcertados porque no tienen una pauta impresa es de las experiencias más llenas de posibilidades para la apertura hacia la cooperación de los alumnos en la mejora del programa formativo. Muy a menudo se hacía explícita la estruc-

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: **EVALUACIÓN**

tura organizativa impuesta por el programa para dar oportunidad a que se produjera su crítica. La gestión de un programa tan complejo hace necesaria una alta concentración y produce un gran desgaste que palia la percepción de que los estudiantes son conscientes de que contribuye a su aprendizaje. Naturalmente es difícil relacionar la participación en los seminarios con los resultados pero es uno de esos intangibles que la investigación futura seguramente dilucidará.

5.3.3 Evaluación subjetiva a partir de las observaciones del doctorando (R_27)

El doctorando ha elaborado un cuaderno de campo con sus impresiones a lo largo del curso cuyo contenido en extenso figura en el anejo 9.1 (R_27) de registros. Las valoraciones del programa que se deducen del cuaderno se harán presentes en el capítulo de conclusiones. Muestra:

- 1. La presentación de la asignatura en la primera semana tuvo un resultado ambiguo. De una parte los alumnos conocen de primera mano la tarea que tienen por delante y su propósito pero ahí queda su meta_interés por la asignatura. Cada vez que el alumno tiene que cumplir con un requisito formal tiene fallos que explica porque "no sabía que había que hacerlo así". Cuando se le explica que en la Guía Docente estaba el dato, aducían que no la habían leído (cuentan con ella en el aula virtual).*

Este diario ha permitido mantener una reflexión continua sobre el curso, hasta convertirse en un hábito. Es una visión estructurada organizada a partir del propio programa. Los testimonios de los estudiantes son muy valiosos a pesar de que muchas veces son emitidos sin toda la información. De ellos se desprende que por la falta de coordinación académica, el proceso de Bolonia ha traído una acumulación no controlada, pero, desde luego, controlable de trabajos procedentes de las distintas asignaturas que provocan estrés en los estudiantes e impide que, a su vez, se organicen de forma productiva. También destaca el hecho de que aprecian enormemente los trabajos prácticos orientados a un logro intelectual, pero que, una y otra vez, caen en la pasividad en cuanto se les pone en un clima pasivo. Si se les invita a escuchar a un número importante de ellos les será difícil mantener la concentración. En este sentido es muy importante el desarrollo de tecnologías eficientes para la consulta rápida con cálculo rápido de resultados para una rápida realimentación. En este sentido, estoy convencido de que, en las titulaciones técnicas el ordenador tiene que estar en

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: EVALUACIÓN

la mesa para que los alumnos menos reflexivos fijen los conocimientos y los más dotados desde este punto de vista aumenten su velocidad de progreso. Toda tecnología de evaluación continua y formativa será una bendición para una universidad masificada. Y, en particular, la simulación a los niveles observados en la formación de pilotos de aviones y naves produciría un cambio cualitativo en la eficacia y eficiencia de la universidad moderna. Esto permitiría que en las universidades tecnológicas entraran en convergencia la formación académica en ciencias básicas y aplicadas con su aplicación a problemas reales. Puedo visualizar una escuela de Ingeniería de Edificación en la que el aprendiz tenga la sensación de haber entrado en una empresa para la realización de trabajos relacionados con el perfil profesional de la titulación y que a lo largo de la carrera los problemas a resolver son crecientemente complejos y profesionales hasta el punto de que no note gran diferencia al incorporarse a un empresa a la finalización de sus estudios. En este clima el conocimiento de las matemáticas, la física, el cálculo de estructuras o la competencia en la transmisión de información y capacidad de resolución de conflictos serían disciplinas a las que el alumno acudiría con entusiasmo por su carácter de llave para abrir la puerta de salida de la universidad a través de su aplicación a la resolución de problemas complejos

Se incluyen estas reflexiones en la resolución de sub-problema 3.3 porque creo firmemente que las reflexiones del profesor explicitadas con prudencia a lo largo del curso también contribuyen al éxito del programa formativo.

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: EVALUACIÓN

5.4 Resumen de la resolución del problema 3

En este capítulo se ha tratado la resolución del problema 3 de nuestra investigación relativa a la evaluación del programa formativo diseñado y desarrollado previamente. La evaluación del programa abordada está constituida por la comprobación de los resultados en las calificaciones y actitudes de los alumnos, antes que por un examen formal del mismo. La resolución del problema se ha abordado en tres partes.

La primera ha permitido comprobar que el programa proporciona mejores resultados que los precedentes en términos de mejor calificaciones para los alumnos aptos y mayor satisfacción de los alumnos con la docencia recibida. Ha aumentado claramente la calidad de los resultados sacando, especialmente, a la calificación de "notable" de su estancamiento habitual. Se ha pasado de un valor medio del 28 % al 66 %. Y lo ha hecho a costa de la tasa de la calificación de "aprobados".

La segunda ha permitido comprobar que los objetivos formativos, expresados fundamentalmente mediante la taxonomía de Bloom son alcanzados por un número significativo de alumnos. Es decir el programa diseñado no sólo muestra buenos resultados respecto de programas anteriores, sino que lo hace respecto de sus propios propósitos enunciados como objetivos formativos, que son, a su vez, una transformación de las competencias especificadas por la normativa oficial. También se ha explorado en qué medida hay relación entre otros tipos de evaluación continua y formativa con la evaluación sumativa con resultados irregulares pero de interés para sucesivas mejoras del programa.

Hemos de destacar, por la naturaleza de la tesis y por la propia experiencia del caso en que se desarrolló, que el programa formativo ha conseguido transformar la docencia llevada a cabo. De una parte la ventaja de distinguir las distintas capacidades se ha traducido en una gran seguridad de que, aún en el conocimiento declarativo, se ha conseguido un equilibrio en los esfuerzos cognitivos de los alumnos, que sabían de antemano cómo debían proceder a medida que se dieron cuenta (como se advierte en la creciente mejora de la relación entre los resultados finales y los resultados parciales de evaluación formativa) de la necesidad de estudiar de una determinada manera. También

5 RESULTADO DEL PROBLEMA PRINCIPAL TRES: EVALUACIÓN

ha resultado estimulante comprobar que los alumnos han llevado a cabo un panel de actividades diversas, la principal de las cuales, el Aprendizaje Basado en Proyectos, tiene una notable correlación con el conocimiento declarativo. Una relación que refuerza lo más sustantivo de la parte didáctica de la reforma de las enseñanzas de 2007, pues su perfección permitirá aumentar la interacción entre conocimiento declarativo, procedimental y condicional.

También queremos destacar el resultado del análisis multivariante aplicado a la matriz de alumnos y calificaciones pues permite responder de forma sutil la pregunta por las razones de un fracaso individual. La tercera ha permitido explorar en qué medida determinadas características de los alumnos de tipo pragmático, intelectual o actitudinal influyen o no en los resultados finales, en unos casos, o ayudan a comprender qué aspectos del programa deben ser modificados. Se han establecidos algunas relaciones que apuntan a la necesidad de profundizar en su estudio y en una estrategia de explicitación para que el alumno abandone prácticas de estudio poco eficientes.

Entrando en detalles, diremos que el test de Felder informa, con las reservas propias de una única muestra, que no parece haber, en este caso, una relación entre el estilo de aprendizaje y los resultados de la evaluación del ciclo corto, lo que parece explicarse por las escasas diferencias advertidas en los estilos de aprendizaje de la cohorte de alumnos que cursaron durante la aplicación del programa formativo objeto de esta tesis.

El test de Perry, por su parte, si indica con claridad hacia un preocupante y paradójica situación: cuánto más rígida es la actitud intelectual de los alumnos mejores calificaciones obtienen en el corto, relación medida por la correlación entre los resultados del test y la nota media del bachiller aportada previamente por los alumnos.

En cuanto a las actitudes de los alumnos, ya sean declaradas o captadas sólo proporcionan buenas noticias, por su carácter positivo. El grupo selecto de alumnos de esta primera cohorte de Ingenieros de Edificación parecen saber dónde están y a qué han venido.

En este apartado, ha resultado especialmente interesante la fuerte relación encontrada entre la atención en clase y los resultados de la evaluación sumativa del ciclo corto.

6

Conclusiones

Las conclusiones se van a estructurar siguiendo la estela de los problemas planteados y abordados para su resolución. Consideraré conclusiones a aquellas proposiciones que, en general, cumplan el principio de ser consecuencia de la investigación. Sin embargo, las conclusiones de carácter general recogerán todas las reflexiones que considere relevantes para comprender el sentido general de la investigación, sus dificultades, logros y fracasos, así como las líneas que se consideren prometedoras a efectos de trabajos posteriores. Anticipamos que, como era de esperar, la fase de diseño en sí misma no ha presentado dificultades mayores por ser sobre la que mayor control se ha podido mantener; que el desarrollo presenta omisiones por el simple contacto con la realidad y que la evaluación presenta logros y fracasos por la adición de las circunstancias diversas de los alumnos y su idiosincrático modo de vivir el proceso que se les proponía, lo que, se manifiesta en forma de relaciones entre variables que, en algunos casos, son sorprendentes.

6.1 Conclusiones respecto al diseño del programa

1. Es posible diseñar un programa formativo que cumpla con las competencias especificadas legalmente para un título como el de Ingeniero de Edificación, que habilita para ejercer una profesión regulada. Este programa ha sido resultado de una investigación analítica sin solución de continuidad que han transformado una expectativa social en un objetivo formativo.
2. La aplicación de la investigación analítica a los documentos legales ha dado frutos permitiendo analizar en profundidad, de forma atomizada, las competencias del Ingeniero de Edificación, en general, y de la asignatura *Materiales de Construcción*, en particular.

3. La investigación para la innovación en los **objetivos formativos** de la asignatura ha permitido encontrar interesantes relaciones entre distintas taxonomías. Especialmente entre la taxonomía de Bloom, la taxonomía SOLO de Biggs y la de tipos de conocimientos del mismo autor.
4. Este antecedente de la investigación didáctica ha permitido dotar a los objetivos formativos de una estructura que conecta directamente con el concepto clave de la reforma de la enseñanza de 2007. Es decir conecta con el concepto de competencia en la versión anglosajona modificada por la influencia de la Europa continental sobre el carácter conductista del concepto original.
5. La investigación para la innovación de los **contenidos** de la asignatura ha permitido establecer todo el panorama de la disciplina a partir de los estudios del doctorando y las propuestas de las universidades de Cambridge y Massachusetts. En estas universidades se ha actualizado el contenido disciplinar de *Materiales de Construcción* hasta dar cabida razonable al enorme tamaño que ha tomado el catálogo de los mismos gracias a los avances de la química.
6. La investigación llevada a cabo sobre los contenidos ha concluido con su estructuración en conceptos estructurantes completamente articulados con fundamento en un heurístico basado en las cuatro causas clásicas.
7. La investigación para la innovación de los **métodos** ha producido el hallazgo de las propuestas de De Miguel en diálogo con el modelo de Valcárcel y Sánchez (2008). En especial el primero genera el catálogo de formas de conseguir las competencias y, el segundo, llama la atención sobre el objeto como realidad que condiciona los objetivos, los contenidos y los métodos.
8. El carácter heurístico del alineamiento de objetivos, actividades y evaluaciones ha mostrado su potencia durante el diseño del programa formativo.
9. La innovación que supone la doble secuencia de los ciclos (corto y largo) proporciona coherencia a la docencia al proporcionar de forma paralela y flexible un coloquio entre la experiencia del conocimiento declarativo, el conocimiento procedimental (especialmente en el laboratorio) y el condicional (especialmente en los seminarios).

6 CONCLUSIONES

10. El ciclo largo con las visitas a obras, factorías o almacenes, con el recuerdo de las clases expositivas aún presente, facilita la fijación de los conceptos en las imágenes y procesos observados.
11. La investigación para el diseño del sistema de evaluación de los aprendizajes ha producido algunas reflexiones originales como la de relacionar las taxonomías con las calificaciones reglamentarias.
12. La diferenciación en los objetivos de las formas de adquisición del conocimiento (memoria, comprensión y aplicación) ha sido asociada con los tipos de calificación tradicional para que éstas no sean resultado de la cantidad de conocimiento, sino de su calidad, entendida como alcance de un nivel superior en la taxonomía SOLO para el conocimiento declarativo y en la taxonomía global de Bloom para todos los tipos de conocimiento.
13. La investigación relacionada con la relación entre las actividades tipo y la secuencia formativa ha resultado fecunda en el marco de la metodología adoptada, pues hace converger todo el esfuerzo teórico sobre el control temporal de las actividades.
14. En general, el programa formativo se concibe como un plan de acción para el despliegue de actividades que el alumno genere significados (conocimiento declarativo), adquiera destrezas (conocimiento procedimental) y sea capaz de tomar decisiones (conocimiento condicional) siguiendo una secuencia formativa previamente planificada. Como tal, es una herramienta capaz de dirigir el proceso y posibilitar que la labor del profesor sea evaluada rigurosamente.

6.2 Conclusiones respecto del desarrollo del programa

15. En general el programa ha sido desarrollado en su totalidad a efectos prácticos.
16. Los métodos han podido ser aplicados sin dificultad y los alumnos han mostrado su aprobación con la multiplicación de actividades docentes bien articuladas en torno al conocimiento declarativo.
17. Los contenidos han sido presentados conforme a los conceptos estructurantes sin incidencias lógicas, aunque con algunos problemas en la participación de un profesor. Además han sido presentados en todas sus modalidades siguiendo la pauta establecida de antemano (ciclo corto y ciclo largo) sin incidencias utilizando todas las modalidades programadas.
18. El sistema de evaluación ha sido aplicado en todos sus extremos (dos evaluaciones sumativas, distinción entre capacidades de memoria, comprensión y aplicación, organización siguiendo los conceptos estructurantes, calificación relacionada con el nivel alcanzado en la estructura de los objetivos formativos) sin dificultades de comprensión por parte de los alumnos de la mecánica de aplicación.
19. En definitiva, no ha habido resistencia a la aplicación de los métodos innovadores. Muy al contrario los alumnos encuentran en la variedad una razón para el compromiso con la asignatura.

6.3 Conclusiones respecto de la evaluación del programa

20. En programa ha sido evaluado en tres dimensiones. Una histórica respecto a épocas previas con métodos convencionales; Otra respecto de sus propios objetivos y, finalmente, una más en relación con su capacidad de dar respuesta las peculiaridades de los alumnos en forma de estilos de aprendizajes o posición intelectual.
21. Las calificaciones de los dos períodos históricos previos han mostrado la superioridad del programa formativo innovador en dos aspectos fundamentales: mejores tasas de aptos y mayor calidad de los aprendizajes de los aptos, medida en términos de proporciones entre las calificaciones de aprobado, notable y sobresaliente.
22. Las calificaciones del programa innovador han alcanzado los objetivos formativos establecidos para una notable proporción de alumnos de la cohorte evaluada.
23. La diferenciación explícita entre la capacidad de memoria, de comprensión y de aplicación, tanto en la presentación de la asignatura y la Guía Docente como en la evaluación ha resultado fecunda al permitir comprobar las correlaciones positivas entre los resultados del aprendizaje de memoria, la construcción de significados y la aplicación de los conocimientos en ejercicios académicos y, sobre todo, ha evitado el desequilibrio en el esfuerzo de los alumnos respecto del conocimiento declarativo.
24. El método de Aprendizaje Basado en Proyectos muestra una interesante correlación con los resultados del conocimiento declarativo en el ciclo corto, que deberá ser seguida en cursos sucesivos.
25. El test de Felder se ha mostrado como un interesante método de identificación de estilos de aprendizaje de los alumnos. El test identifica a los alumnos de esta cohorte como casi exclusivamente activos lo que justifica el diseño del programa formativo aplicado y explica la falta de correlación entre los resultados del test y los del ciclo corto.
26. Los buenos resultados conseguidos, por tanto, se atribuyen a la claridad de la organización de la asignatura, al buen ajuste entre

los estilos de aprendizaje y los métodos aplicados, de una parte, y a la buena conexión entre las distintas asignaturas de la materia, de otra.

27. Las evaluaciones previstas han mostrado que los alumnos siguen con pautas de distribución de su esfuerzo de estudio que requieren ser cambiadas. La prueba es que la correlación entre los resultados de las evaluaciones parciales y las del ciclo corto resultó crecientemente mejor a medida que avanzaba el curso. El programa puede influir en un reparto más equilibrado y anticipado del estudio autónomo. Para ello, se debe reorganizar la secuencia de evaluaciones formativas.
28. Las preguntas en clase realizadas a alumnos elegidos al azar muestran una interesante correlación con los resultados de la evaluación sumativa de ciclo corto. Este recurso debe utilizarse de forma regular a lo largo del curso para forzar a que los alumnos lleguen a clase con una lectura previa del tema y permanezcan atentos durante la exposición y las actividades del aula.
29. Se debe mejorar la cantidad y calidad de la evaluación formativa por su efecto sobre la metacognición de los alumnos.
30. La evaluación de los efectos de las modalidades de enseñanza aplicadas requiere un sistema de calificación que recoja la complejidad en juego. El empleo del método de Componentes Principales se muestra como una herramienta útil para este propósito.
31. El programa formativo diseñado y desarrollado ha sido eficaz. Ha conseguido unos resultados muy equilibrados entre las calificaciones del ciclo corto y del ciclo largo. Lo explicamos por el efecto que, fundamentalmente, el ciclo largo ha producido sobre los aprendizajes del ciclo corto, además de al contrario. Es decir, en opinión del doctorando y, dado el carácter fuertemente activo de los estudiantes, se considera que su prestación en el examen del conocimiento declarativo (ciclo corto) es consecuencia directa del efecto producido por las actividades de ciclo largo. Es decir se habría manifestado la potencia de la relación inversa del sentido de la relación entre el concepto y su aplicación. En resumen, al concepto por la acción. Naturalmente, un camino que hay que recorrer varias veces en los dos sentidos para el afianzar el conocimiento funcional.

6.4 Propuestas

La experiencia de la realización de esta tesis tiene efectos sobre al menos dos niveles de interés para el doctorando enlazados entre sí: el organizativo y el relativo a los aprendizajes. Y ambos son estructurados por la idea fuerza de que la evaluación tiene que garantizar el cumplimiento de los objetivos y que las actividades están al servicio de ambos polos del modelo. La docencia convencional no explicita los objetivos, lleva a cabo actividades heredadas y evalúa siguiendo pautas cómodas que abusan de las modalidades objetivas o mediante exámenes de preguntas de desarrollo escogidas al azar o premeditadamente del temario que se complementan con ejercicios académicos de solución única. **El profesor tiene, previamente a cualquier actividad, que aclarar qué competencias espera que los alumnos desarrollen en los planos del contenido declarativo, procedimental, condicional y funcional.** Mientras esto no ocurra todo los demás aspectos de la docencia podrá considerarse como enseñanza superficial en el mismo sentido que hablamos de aprendizaje superficial. Enseñanza destinada al fuego del olvido con la consecuencia de la vulnerabilidad del alumno ante el desafío de la incorporación al trabajo profesional. Un desafío que, hoy más que nunca, tienen que afrontar antes con conocimiento funcional que académico. **No formamos profesores, sino profesionales.**

El plano organizativo implica fundamentalmente una fuerte y disciplinada capacidad de anticipación-observación-reflexión-mejora para programar las actividades teniendo en cuenta todas las circunstancias que la experiencia aporte, en el marco de la investigación-acción. Organizar un curso es trazarse un plan de acción pleno de formalidad pero que debe estar lejos de todo formalismo. Esta tesis prueba que es posible enlazar con todo rigor los propósitos generales de la reforma del RD 1393/2007 y los objetivos formativos mediante un estudio cuidadoso de las competencias especificadas. Pero **depurar los objetivos requiere más de un curso de ajuste con las actividades y con la evaluación en un ejercicio de influencia mutua** sumamente interesante, en el que hay que dar entrada a la reflexión de los alumnos más comprometidos con su aprendizaje.. En ellos reside un gran potencial de aprendizaje para el profesor reflexivo. En este sentido son fundamentales los esfuerzos para que converja el currículo explícito (expresado en el programa) y el implícito (percibido por los alumnos) (Snyder, 1971). También se ha mostrado muy útil la

incorporación a las Guías Docentes de cronogramas detallados de las actividades con fechas de actividades y entregas para la evaluación continua del ciclo largo. No es fácil que el alumno lleve la guía docente encima, pero sí el cronograma.

En el plano didáctico, las reflexiones paralelas del doctorando le han llevado a apreciar el uso intensivo del aula informática para dotar de columna vertebral al aprendizaje del alumno mediante sesiones lentas (sin solución de continuidad cognitiva) de aplicación de los conceptos. De este modo, en cualquier momento se está en condiciones de hacer que los alumnos elaboren unos cálculos y los expresen con un gráfico. Se ha observado que, así, se puede intentar vencer la *pereza del concepto* que presentan los alumnos con la consecuencia de que hilvanan un discurso mejor que les permite efectuar síntesis y transferencias. Aunque creo que, **en un futuro inmediato, será la simulación compleja la solución al doble problema de la nueva masificación inducida por la mezcla de problemas económicos e ideología y el vértigo de los cambios tecnológicos que hacen necesaria una rápida generación de egresados competentes** (Agapiu, 2006).

También ha resultado iluminador el punto de vista de Stenhouse sobre la secuencia Entrenamiento, Instrucción, Iniciación e Inducción, que sugiere que **hay que empezar por la armazón procedimental de cualquier contenido para progresivamente dotar de significado a la acción y, finalmente, asociarla a valores.**

Igualmente las reflexiones del doctorando lo llevan a *sospechar* que los alumnos acuden al aula sin haber echado ni siquiera un vistazo al texto del tema ya expuesto o al del que se va a exponer. La hipótesis de que el alumno no dedica el tiempo previsto en el ECTS para el estudio conceptual durante el curso parece plausible. Quizá una razón pueda estar en que no optimizan el tiempo dedicado a trabajos que requieren ineludiblemente acciones no necesariamente conceptuales, como buscar en Internet, dibujar o hacer maquetas, aparte de la permanente tentación de procrastinar a que lo aboca el excitante mundo tecnológico actual. **Es necesario encontrar el modo de que cada actividad práctica realmente funcional sea imposible sin el concurso de conceptos bien comprendidos y que, complementariamente la actividad conceptual sea estimulada por la acción práctica.** El rechazo al mapa conceptual observado en alguna encuesta es la expresión de esa pereza conceptual que hay que combatir. Pe-

reza, probablemente fundada en la necesidad de vencer los *obstáculos epistemológicos* de Bachelard (citado por De Camilloni, 2001) y que, quizá, requiera una docencia más lenta (**slow teaching**), aún a costa de los contenidos.

Naturalmente, **la extensión de los contenidos se ha de ver afectada por este enfoque que podríamos llamar de enseñanza profunda** por simetría con el enfoque profundo de aprendizaje. Así, Gardner (2000) cree que:

"... cuando un enseñante se marca el objetivo de terminar el programa cueste lo que cueste, virtualmente está garantizando que la mayoría de sus alumnos no puedan comprender de una manera genuina la materia en cuestión."

Pero, dada la alta tasa de olvido de los conocimientos superficiales, una propuesta interesante es que **Materiales de Construcción debería explorar la posibilidad de incluir menos materiales en la programación y aumentar la profundidad de su tratamiento** en íntima relación con actividades *ad hoc*, sacrificando la velocidad de avance a la calidad del aprendizaje al implementar un estado de permanente reflexión conceptual verificada. Esta propuesta se deriva de la idea expresada por muchos autores (Ausubel, 2002; Ramsden, 2000) de que los conocimientos previos son fundamentales para la adquisición de significados, pues, en tal caso, cualquier ausencia de eslabón conceptual hace fracasar el resto de la cadena. Así, se dice explícitamente (Ramsden, 2000):

"If there are gaps in your understanding of basics concepts, then it is obviously much more likely that you attempt to understand new material that assumes knowledge of those concepts will be frustrated"

Finalmente, todas estas cuestiones e inquietudes solamente han encontrado acomodo en el Plan Formativos diseñado, desarrollado y evaluado en esta tesis. Sin un programa que dé estructura a las distintas actividades con propósitos más o menos explícitos todo el curso sería una apariencia de proceso de enseñanza y aprendizaje.

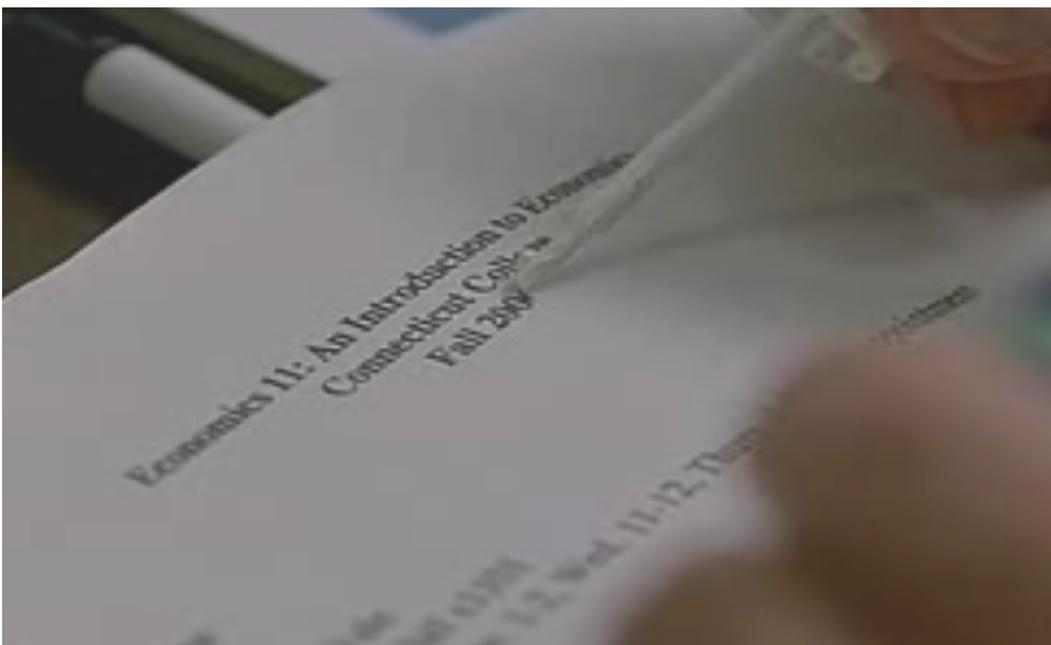
Todo ello, sea dicho sin olvidar que **cuando el programa ha tenido éxito, todavía deja al alumno sólo ante sus decisiones**. Decisiones que cada vez más tienen influencia en cuestiones trascendentales para la sociedad como es el medioambiente o las relaciones económicas decentes, tan deterioradas en los convulsos tiempos actuales.

6.5 Final

La experiencia de esta tesis ha sido extraordinariamente fructífera para el doctorando, que, en términos de competencias básicas, ha mejorado su percepción del proceso investigador y, en términos de los conocimientos específicos, ha adquirido capacidades que le permitirán una iterativa mejora de su programación anual. **La programación debe ser compleja en su fundamento, pero sencilla en su expresión. Un programa que cubra todos los aspectos relevantes, pero que sea fácil de auditar y fácil de implementar cada curso y fácil de comprender por los alumnos.**

La programación formativa es la mejor forma de explorar y explotar la acumulación de conocimiento aportado por la investigación reciente específica y didáctica para el atender la propuesta de la reforma de las enseñanzas de 2007. Y ello, aún sin contar con todos los recursos que la crisis económica está volatilizandando delante de nuestros ojos.

Las universidades deben hacernos comprender a los docentes que debemos convertir la programación formativa, en el sentido utilizado en esta tesis, en una segunda naturaleza para evitar que, como el escéptico profesor Walter Vale, cada año pongamos metafóricamente los dígitos del curso nuevo sobre el programa del curso anterior.





6 CONCLUSIONES

7 **Bibliografía**

- AGAPIOU, A. (2006). The Use and Evaluation of a Simulation Game to Teach Professional Practice Skills to Undergraduate Architecture Students, *Journal for Education in the Built Environment*, Vol.1, Issue,2, August pp 3-14.
- ALBERT, MJ. (2009). *La investigación educativa, claves teóricas*. McGrawHill.
- ALISON, A. (2005). Constructionarium: Buliding to Learn. *CEBE Transactions*, Vol 2, Issue 1, April, pp 6-16
- ÁLVAREZ ROJO, V. et ai. (2002). *Diseño y evaluación de programas*. Eos, Madrid, 2002
- ANECA (2004). *Libro Blanco de la Ingeniería de Edificación*. <http://cort.as/20X0>
- ANECA (2007). IX Foro: La Universidad del siglo XXI. <http://cort.as/20Wz>
- ANECA (2008). Protocolo de evaluación para la verificación de títulos oficiales universitarios. p. 48. <http://cort.as/20X->
- ARENDT, H. (2009). *La Condición Humana*. Paidós
- ASHBY, M (2002). Material selection chart. <http://cort.as/20XL>
- ASHBY, M. (2007). *Material and Design*. Butterworth-Heinemann
- AUSUBEL, David. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Editorial Paidós, Barcelona.
- BALFOUR, J. (2007). Some Light at the End of the Feedback Tunnel?. *CEBE Transactions*, Vol. 4, issue 2, 2007, pp 54-66.
- BÁRCENA, F. (2005) *La experiencia reflexiva en educación*, Editorial Paidós, Barcelona.
- BIGGS, J. B. (1979). Individual Differences in Study Processes and the Quality of Learning Outcomes. *Higher Education* 8- 381-394.
- BIGGS, J. (1982). *The process of learnin*. Prentice Hall Australia.
- BIGGS, J. B. (1993). From Theory to Practice: A Cognitive Systems Approach. *Higher Education Research & Development*, 12: 1, 73-85.
- BIGGS, J. (2008). *Calidad del aprendizaje universitario*. Narcea, Madrid

- BISQUERRA, R. (2009). *Metodología de la investigación educativa*. Editorial La Muralla, Madrid
- BLAXTER, L. et al. (2008). *Cómo se investiga*. Editorial Graó, 2008
- BLOOM, B y KRATHWOHL, D.R. (1984). *Taxonomy of Educational Objectives. Handbook 1: Cognitive Domain*. Addison-Wesley, New York
- BONALS, J. (2005). *El trabajo en pequeños grupos en el aula*, Editorial Graó, Barcelona
- BOUD, D. y FELETTI, I. (1997). *The challenge of problems based learning*. Kogan Page.
- BOURNER, T. and FLOWERS, S. (2008). Teaching and Learning Methods in Higher Education: a glimpse of the Future. *A Journal of the Higher Education Foundation* Vol 9,, Pages 77 - 102.
- BROWN, S. (2003). *Assessment Matters in Higher Education*. Mcgraw-Hill Education.
- BROWN, S. (2005). *Assessing learners in higher education*. RoutledgeFalmer.
- BURGESS, R. et al. (2007). Beyond the Honours Degree Classification (*Bugess Group Final Report*). Universities UK.
- BURKE, J.W. (2004). *Competency based education and training*. RoutledgeFalmer.
- CAPITÁN, A. (2002). *Breve historia de la educación en España*. Alianza Editorial, Madrid.
- CARRERAS, J. et al. (2006). *Propuestas para el cambio docente en la universidad*-Octaedro-ICE, Barcelona.
- COLBY, A. and SULLIVAN, W. (2008). Ethics Teaching in Undergraduate Engineering Education, *Journal of Engineering Education*, July, pp, 327-338
- COSTAMAGNA, A. (2001). Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelación para evaluar la evolución del conocimiento de alumnos universitarios. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, vol. 19(2) 2001, pp. 309-317.
- COWAN, J. (2004). *On becoming an innovative teacher*. RoutledgeFalmer.
- DANIELS, H., *Vygotsky y la Pedagogía*, Paidós, Madrid, 2003

DE CAMILLONI, Alicia et al. (2001). *Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza*, Gedisa Editorial, Barcelona.

DE MIGUEL, M. et al. (2006). *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias, Orientaciones para el profesorado universitario ante el Espacio Europeo de Educación Superior*, Alianza Editorial, Madrid.

DEMING, E. (2000). *Out of de Crisis*. MIT PRESS, Massachusetts.

DEWEY, John. (1997). *Experience and Education*, Simon & Schuster, Nueva York.
<http://cort.as/0IBM>

DIAMOND, R. (2008). *Designing and Assessing Courses and Curricula: A Practical Guide*, Jossey Bass.

DÍAZ BARRIGA, F y HERNÁNDEZ ROJAS, G. (1999). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. Mc GrawHill Editores. México.

DONOVAN, S. and BRANSFORD, J. (2005). *How Students Learn: History, Mathematics and Science in the Classroom, Development*. National Resarch Council.

EDELMAN, G. M. y TONONI, G. (2002). *El universo de la conciencia*. Editorial crítica, Barcelona.

EGAN, K. (2000). *Mentes Educadas*, Ediciones Paidós, Barcelona.

EHE-08, Instrucción de Hormigón Estructural. (2008) Ministerio de Fomento.

ENQA (2005) *Criterios y Directrices para la Garantía de Calidad en el Espacio Europeo de Educación Superior*. ANECA

ELLIOT, J. (1999). *El cambio educativo desde la investigación-acción*, Morata.

ELLIS, R., et al. (2006). Virtual site: an Interface for Accesing Learning Resources, *Journal for Education in the Built Environment*, Vol. 1, Issue 2, August pp 15-26

ERWIN, T.D. (1991). *Assessing and Students Learning and Development*, Jossey Bass.

FEATHER, F. (1981). *Expectations and actions*. Lawrence Erlbaum.

FELDER, R. et al. (2000). The Future of Engineering Education II. Teaching Methods That Work. *Chemical Engineering Education*, 34(1), 26-39 (2000).

FELDER, R. et al. (2000). The Future of Engineering Education V. Assessing Teaching Effectiveness and Educational Scholarship. *Chemical Engineering Education*, 34(3), 198–207 .

FELDER, R. et al. (2000). The Future of Engineering Education VI. Making Reform Happen. *Chemical Engineering Education* , 34(3), 208-215 .

FELDER, R. and BRENT, R. (2003). Designing and Teaching Courses to Satisfy the ABET Engineering Criteria. *Journal of Engineering Education*, 92 (1), 7-25.

FELDER, R. and BRENT, R. (2004). The Intellectual Development of Science and Engineering Students Part 1. Models and Challenges. *Journal of Engineering Education*, 93 (4), 269–277.

FELDER, R. (2004). Changing Times and Paradigms. *Chemical Engineering Education*, 38(1), 32–33.

FELDER, R. and BRENT, R. (2004). The Intellectual Development of Science and Engineering Students Part 2. Teaching to Promote Growth. *Journal of Engineering Education*, 93 (4), 279–291.

FELDER, R. and BRENT, R. (2005). Understanding Students Differences. *Journal of Engineering Education*, 94 (1), 57-72.

FELDER, R. (2011). Engineering Instructional Development: Programs, Best Practices, and Recommendations. *Journal of Engineering Education*, 100(1), 89 – 122.

FELDER, R., How to Improve Teaching Quality,
<http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/TQM.htm>

FELDER, R., The Myth of the Superhuman Professor.
<http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Mythpap.html>

FELDER, Richard M. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. <http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/LS-1988.pdf>

FERNANDEZ, J. (2006). *Material Architecture*. Architectural Press.

FINELLI, C.J. (2001). Strategies for Improving the Classroom Environment. *Journal of Engineering Education*, October, pp 491-497

- FINK, L.D. (2005). Becoming a Professional Engineering Educator. *Journal of Engineering Education*, January.
- FRANK, A. (2005). What do Student Value in Built Enviroment. *Education. CEBE Transactions*, Vol. 2, issue 3, pp 21-29
- GADAMER, G. (1999). *Verdad y Método*. Ediciones Salamanca.
- GARDNER, H. (2000). *La educación de la mente y el conocimiento de las disciplinas*. Ediciones Paidós, Barcelona.
- GARNHAM, A., y OAKHILL, J. (1996). *Manual de psicología del pensamiento*. Editorial Paidós, Madrid.
- GIBB, A. (2005). Construction Engineering Mangement: Academic Collaboration with Industriy. *CEBE Transaction*, Vol. 2, issue 1, pp 17-27
- GIBBS, G. (1995). *Perfeccionamiento del Aprendizaje de los Estudiantes*. Instituto de Ciencias de la Educación (UPC), Barcelona, 1995
- GILBERT, I. (2005). *Motivar para aprender en el aula*. Ediciones Paidós, Barcelona.
- GINÉ, N y PARCERISA, A. (2003). *Planificación y análisis de la práctica educativa. La secuencia formativa: fundamentos y aplicación*. Editorial Graó, Barcelona.
- GONZÁLEZ GARCÍA, F. (2008). *El mapa conceptual y el diagrama V. Recursos para la enseñanza superior en el siglo XX*. Narcea, Madrid.
- GOWARD, T. (2009). Learning Through Teamwork. *CEBE Transactions*, Vol. 6, issue 1, pp 18-37
- GROSS, B. (1993). *Tools for teaching*. John Wiley Imprint, San Francisco.
- HANNAN, A. y SILVER, H. (2006). *La innovación en la enseñanza superior. Enseñanza, aprendizaje y culturas institucionales*. Editorial Narcea, Madrid.
- HEESOM, D. and al. (2008). Fostering Deeper Engagement between Industry and Higher Education: Toward a Construction Knowlegde Exchange Approach, *Journal for Education in the Built Environment*, Vol.3, Issue,2, December pp 33-45
- HODKINSON, P. y ISSIT, M. (1995). *The Challenge of Competence: Professionalism Through Vocational Education and Training*. Casell Education.

- HOGAN, R. L. (2007). The historical Development of Program Evaluation: Exploring the Past and Present. Online *Journal of Workforce Education and Development*, Volume II, Issue 4.
- JACKSON, M. (1997). But Learners Learn More. *Higher Education Research & Development*, 16: 1, 101 — 109
- JARVIS, P. (2006). *Universidades corporativas. Nuevos modelos de aprendizaje en la sociedad global*. Narcea, Madrid.
- JENSEN, E. (2004). *Cerebro y Aprendizaje*, Narcea, Madrid, 2004
- JIMÉNEZ, C. PÉREZ JUSTE, R. (2009). *Formulario y tablas de pedagogía experimental*. UNED, Madrid.
- KANT, E. (2007). *La crítica del juicio*. Espasa y Calpe.
- KOLODNER, J. (2001). Rethinking Methodology in the Learning Sciences, *Journal of the Learning Sciences*, 1-2.
- MING, M.Y., et al. (2006). Learning Approaches of Construction Engineering Students: A Comparative Study between Hong Kong and Mainland China, *Journal for Education in the Built Environment*, Vol.1, Issue,1, March pp 112-131
- LINSEY, J. et al. (2009). From Tootsie Rolls to Broken bones: An Innovative Approach for Active Learning in Mechanics of Materials. *Advances in Engineering Education*, winter, pp 23
- LÓPEZ PASTOR, V., et al. (2009). *Evaluación formativa y compartida en educación superior. Propuestas, técnicas, instrumentos y experiencias*. Narcea, Madrid.
- LYONS, N. et al. (1999). *El uso de portafolio. Propuesta para un nuevo profesionalismo docente*, Amorrortu editores, Buenos Aires.
- MACIEL DE OLIVEIRA, C. (2003). La investigación-acción como estrategia de aprendizaje en la formación inicial del profesor. *Revista Iberoamericana de Educación*, no. 33, Septiembre-Diciembre.
- MCMILLAN, J. H. y SCHUMACHER, S. (2005). *Investigación educativa*. Pearson-Addison Wesley. Madrid, 2005
- MARTIN, J.S., (2006). *La opinión de la comunidad universitaria de la UCM ante el proceso de adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior*. OCYDE

- MARTÍNEZ, R. (1999). *El análisis multivariante en la investigación científica*, La Muralla.
- MARTON, F. et al. (1984). *The experience o learning: Implications for teaching and studying in higher education*. Scottish Academic Press.
- MARTON, F. and BOOTH, S. (1997) *Learning and Awareness*.
http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=S3pb1I6_R1kC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Learning+and+awareness&ots=_WeQEtQneh&sig=abm1wuHcMGYixxKJrgRYhtpvRIU#v=onepage&q&f=false
- MO, YI YI, and DAINTY, A. (2007). Measuring and Enhancing the Emotional Intelligence of Construction Management Students: An Empirical Investigation, *Journal for Education in the Built Environment*, Vol.2, Issue,1, June pp 110-129
- MONTERO MORALES, J.A. (2008). TESIS DOCTORAL: *Hacia una metodología docente basada en el aprendizaje activo del estudiante presencial de ingeniería, compatible con las exigencias del EEES*.
- MORA, J.A. (1998). *Acción tutorial y orientación educativa*, Editorial Narcea, Madrid.
- MORA, A.I. (2004). La Evaluación Educativa, Conceptos, Períodos y Modelos, *Revista Electrónica, Actualidades Investigativas en Educación*, Julio-diciembre, Vol 4, número 002.
- NAVARRO, E. et al. (2003). *Teaching software Engineering Using Simulation Games*. University of California.
- NOVAK, J. y GOWIN, B. (1988). *Aprendiendo a Aprender*, Editorial Martínez Roca, Madrid.
- NOVAK, J. (1997). *Teoría y práctica de la educación*, Alianza Editorial, Madrid.
- NOVAK, J. (1998). *Conocimiento y aprendizaje*, Alianza Editorial, Madrid.
- NOVAK, J. The Theory Underlying Concept Maps And How To Construct Them. *Institute of Human and Machine Cognition*. Ultima entrada enero de 2011.
<http://cmap.ihmc.us/>
- NRC (National Research Council). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience and school*. National Academies Press, 2000
http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9853&page=248

OLOKE, D., et al. (2007). Developing Practitioner Skills in Construction Health and Safety Management: An Integrated Teaching and Learning Approach, *Journal for Education in the Built Environment*, Vol. 2, issue 1, June pp 3-30

ORDEN ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico.

ORTEGA Y GASSET, J. (2004). *Misión de la universidad*. Alianza Editorial.

PAGANI, R. (2002). *El Crédito Europeo y el Sistema Educativo Español*.

PEREZ JUSTE, R. (2000). La evaluación de programas educativos, conceptos básicos, planteamientos generales y problemática. *Revista de Investigación Educativa*, Vol. 18, nº 2, pp 261-287

PÉREZ JUSTE, R. (2006). *Evaluación de programas educativos*. La Muralla, Madrid, 2006

PÉREZ-DÍAZ, V y RODRÍGUEZ, J.C. (2001). *Educación Superior y futuro de España*. Fundación Santillana, Madrid.

PERRY, W.G. (1999). *Forms of Intellectual and Ethical Development in the college years*. Jossey-Bass Publishers.

POHL J. (2011). *Building Science. Concepts and application*. Wiley-Blackwell.

PORLÁN ARIZA, R., RIVERO GARCÍA, A. Y MARTÍN DEL POZO, R. (1998) Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: Estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias*, 1997, 15(2), pp 155-171.

PORLÁN ARIZA, R., RIVERO GARCÍA, A. Y MARTÍN DEL POZO, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II: Estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias*, 1998, 16(2), pp 271-288.

POZO, JA y GÓMEZ CRESPO, MA. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Ediciones Morata, Madrid (1998)

PRIETO, L. (2007). *Auto eficacia del profesor universitario. Eficacia percibida y práctica docente*. Narcea, Madrid.

PRIETO, T. et al. (2000). *La material y los materiales*. Editorial Síntesis, Madrid.

PRINCE, M. and FELDER R. (2007). The Many Faces of Inductive Teaching and Learning. *Journal of College Science Teaching*, Vol. 36, No. 5, March/April.

- PRINCE, M. (2003) Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal Engineering Education*, 93 (3), 223-231.
- RAMSDEN, P. (2000). *Learning to teach in higher education*, Routledgeflamer.
- RAPAPORT, W., William Perry's Scheme of Intellectual and Ethical Development. Último acceso del 10 de febrero de 2012
<http://www.cse.buffalo.edu/~rapaport/perry.positions.html>
- REAL DECRETO 1393/2007 de 29 de octubre por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales.
- RUÉ, J. (2007). *Enseñar en la universidad. El EEES como reto para la educación superior*. Narcea, Madrid.
- RUÉ, J. (2009). *El aprendizaje autónomo en educación superior*. Narcea, Madrid.
- RUÉ, J. y LODEIRO, L. (2010). *Equipos docentes y nuevas identidades académicas*. Narcea, Madrid.
- RUGARCÍA, A. et al. (2000). The Future of Engineering Education I. A Visión for a New Century. *Chemical Engineering Education*, 34(1), 16-25.
- SÁNCHEZ BLANCO, G. (1997). TESIS DOCTORAL. *Diseño, desarrollo y evaluación de un programa de formación sobre la planificación de unidades didácticas para el profesorado de ciencias en ejercicio de educación secundaria*.
- SALAS, M. (2007). *Cómo preparar exámenes con eficacia*, Alianza Editorial, Madrid.
- SANZ DE ACEDO, M^a L. (2010). *Competencias cognitivas en educación superior*. Narcea, Madrid.
- SCHÖN, D. (1983). *El profesional reflexivo: cómo piensan los profesionales cuando actúan*. Barcelona. Paidós.
- SHUELL, T. (1990). *Phases of meaningful learning*. American Educational Research Association, Washington.
- SIERRA, R. (2002). *Tesis doctorales y trabajos de investigación científica*, Thomson, Madrid.
- SNYDER, B. R. (1971). *The Hidden Curriculum*. Cambridge, MA: M.I.T. Press.

- STEFFE, L. and GALE, J. (1995). *Constructivism in Education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- STICE, J. et al. (2000). The Future of Engineering Education IV. Learning How to Teach. *Chemical Engineering Education*, 34(2), 118–127.
- STUFFLEBEAM, D. y SHINKFIELD, A. (2005). *Evaluación Sistemática, Guía Teórica y Práctica*, Ediciones Paidós, Madrid.
- TEDI. (1998). *Biggs' structure of the observed learning outcome (SOLO) taxonomy*. University of Queensland.
- TEPPER, J. (2005). Measuring Constructive Alignment: An Alignment Metric to Guide Good *Innovation Learning and Teaching Journal*, (September, 2005).
- TOOHEY, S. (1999). *Designing Courses For Higher Education (Society for Research into Higher Education)*, Open University Press, Philadelphia.
- TORRANCE, H. (1996). *Evaluating Authentic Assessment: problems and possibilities in new approaches to assessment*, Open University Press.
- TRIFONE, J. D. (2006). To What Extent can Concept Mapping Motivate Students to Take a More Meaningful Approach to Learning Biology? *The Science Education Review*, 5(4), 122:121-122:123.
- TUNNING, (2006). *Educational Structures in Europe*. Sócrates.
- TUNNING. (2008). *Universities Contribution To The Bologna Process. An Introduction*. Universidad de Deusto.
- VALCARCEL, M.V. y SANCHEZ, G. (2008). ¿Cómo preparar mis clases para trabajar con los niños sobre los materiales y sus propiedades? En A. de Pro (dr.) *El desarrollo del pensamiento científico-técnico en Educación Primaria*, pp. 295-341. Instituto Superior de Formación y Recursos en red para el Profesorado. Ministerio de Educación, Política Social y Deportes.
- VILLA, A. y POBLETE, M. (2006). *Aprendizaje basado en competencias*. Ediciones Mensajero, Bilbao.
- WANKAT, P., y OREOVICS, F. *Teaching Engineering*. (<http://cort.as/1850>)
- WEBSTER, C. (2007). Research-Teaching Links and the Knowledge Problem. *CEBE Transactions*, Vol. 4, issue 2, 2007, pp 1-7

WOODS, D. et al. (2000). The future o Engineering Education III. Developing Critical skills. *Chemical Engineering Education* ,34(2), 108–117.

ZABALZA, M.A.. (2009). *Competencias docentes del profesorado universitario. Calidad y desarrollo profesional*. Narcea, Madrid.

ZIMMERMAN, B.J., et al. (2006). *Developing self-regulated learners*. American Psychological Association, Washington.

8
Índices de Figuras, tablas y
fotografías

8 ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y FOTOGRAFÍAS

Figura 1.- Evolución de la nota media y global del profesor.....	22
Figura 2.- Notas del profesor y de los niveles institucionales ...	24
Figura 3.- Evolución detallada de la nota del profesor	25
Figura 4.- Resultados de los APTOS en los cursos 2001-2011..	27
Figura 5.- APTOS por cursos 2001-2011	28
Figura 6.- APTOS por convocatoria 2001-2011.....	29
Figura 7.- Círculo de Deming.....	63
Figura 8.- Modelo de los cuatro momentos de Pérez-Juste	64
Figura 9.- Modelo de Richard Felder	65
Figura 10.- Propuesta para evaluación de programas.....	69
Figura 11.- Taxonomía de Bloom y los verbos de acción.....	89
Figura 12.- Modelo Valcárcel-Sánchez (2008)	100
Figura 13.- Modelo de De Miguel (2006)	101
Figura 14.- Modelo integrado I	103
Figura 15.- Modelo integrado II	104
Figura 16.- Modelo de empleabilidad	105
Figura 17.- Mapa de los problemas de la investigación	119
Figura 18.- Esquema propio del proceso de investigación	136
Figura 19.- Problemas y registros de la investigación	145
Figura 20.- Nota de Bachiller y del aprendizaje	148
Figura 21.- Ejemplo del resultado del test de Felder	149
Figura 22.- Mapa conceptual del problema uno	160
Figura 23.- Esquema de los sub-problemas del problema 1...	162
Figura 24. - Esquema de las Competencias Específicas.....	168

8 ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y FOTOGRAFÍAS

Figura 25.- Esquema de los tipos de conocimiento.....	179
Figura 26.- Mapa conceptual de Requisitos Normativos	184
Figura 27.- Programa convencional	191
Figura 28 Ejemplo de Programa Formativo convencional	192
Figura 29.- Taxonomías de conocimiento y su relación	194
Figura 30.- Relación Objetivos y tipos de conocimientos.....	199
Figura 31.- Mapa conceptual de un heurístico para definir	200
Figura 32.- Aplicación del heurístico a los materiales	201
Figura 33.- ciclos de la asignatura de materiales	218
Figura 34.- Estructura de los exámenes	230
Figura 35 Mapa Conceptual del Problema dos	244
Figura 36.- Heurístico aplicado al hormigón	265
Figura 37.- El hormigón romano	266
Figura 38.- Origen del LA relación agua/cemento (1932).....	267
Figura 39.- Representación gráfica del efecto Poisson	268
Figura 40.- Gráfico Densidad- Resistencia. Ashby (2002).....	269
Figura 41.- Clases de exposición general del hormigón.....	270
Figura 42.- Tipos de hormigón.....	272
Figura 43.- Usos del hormigón.....	273
Figura 44.- Criterio de aceptación y rechazo de la EHE-08	274
Figura 45.- Relación coste – resistencia de Ashby (2009)	275
Figura 46.- Adquisición de conocimiento procedimental.....	276
Figura 47.- Hoja de Pliego de Condiciones.....	278
Figura 48.- Criterios para la superación por curso.....	284

8 ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y FOTOGRAFÍAS

Figura 49.- Mapa conceptual del problema 3.....	292
Figura 50.- Resultados GLOBALES 2001-2010.....	295
Figura 51.- Resultados de los APTOS 2001--2010.....	296
Figura 52.- Relación Ciclo Corto- ABP (Hormigón).....	307
Figura 53.- Datos EDUCLICK	310
Figura 54.- Relación Evaluación continua – Ciclo Corto.....	311
Figura 55.- Evaluación Formativa Puntual – Ciclo Corto	313
Figura 56.- Resultado de componentes principales.....	315
Figura 57.- Nota oficial-Nota cuestionario.....	320
Figura 58.- Relación Cuestionario Previo-Ciclo Corto	321
Figura 59 .- Relación Test Felder-Evaluación CC	324
Figura 60.- Relación Nota de Bachiller y Actitud Intelectual..	326
Figura 61.- Ciclo Corto. Relación Atención - Resultados	331

8 ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y FOTOGRAFÍAS

Tabla 1.- Nota de los alumnos al profesor	21
Tabla 2.- Importancia relativa de los ítem de la encuesta	23
Tabla 3.- Distribución de resultados nº de convocatorias	30
Tabla 4.- Créditos ECTS impartidos por el doctorando	31
Tabla 5.- Métodos – Modalidades s/De Miguel (2006)	109
Tabla 6.- Alumnos autoexcluidos de la muestra.....	140
Tabla 7.- Distribución de tareas	140
Tabla 8.- Registros de Evaluación e investigación	143
Tabla 9.- Registros de datos cualitativos	156
Tabla 10.- Variables cuantitativas	157
Tabla 11.- Perfiles Profesionales y Competencias Específicas.	173
Tabla 12.- Competencias ECI y Perfiles Profesionales.....	178
Tabla 13.- Métodos y modalidades	215
Tabla 14.- Distribución de los contenidos del ciclo corto	221
Tabla 15.- Cronograma de actividades del alumno.....	223
Tabla 16.- Relación capacidades y objetivos formativos.....	226
Tabla 17.- Ponderación de las distintas partes del contenido	228
Tabla 18.- Distribución del contenido y ponderación	231
Tabla 19.- Hoja de cálculo para determinar las notas	235
Tabla 20.- Hoja de cálculo de la nota final del alumno.....	236
Tabla 21.- Transposición de las notas para los alumno	237
Tabla 22.- Distribución del Ciclo Largo	246
Tabla 23.- Registros del sub problema 2.1	249
Tabla 24.- Registros del sub problema 2.2	263

8 ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y FOTOGRAFÍAS

Tabla 25.- Cumplimiento del conocimiento declarativo	275
Tabla 26.- Registros para el sistema de evaluación.....	282
Tabla 27.- Calificaciones entre los aptos.....	297
Tabla 28.- Registros de la evaluación.....	302
Tabla 29.- Resultados del Ciclo Corto SIN PONDERAR (R_14)	303
Tabla 30 Calificaciones con los distintos sistemas	304
Tabla 31 Resultados de la evaluación del CICLO LARGO	305
Tabla 32.- Resumen de resultados de ambos ciclos.....	305
Tabla 33.- Resultados de la Evaluación Formativa y Sumativa	312
Tabla 34.- Registros del sub-problema 3.3	318
Tabla 35.- Resultados Fundamentos de Materiales.....	322
Tabla 36.- Resultados resumidos del test de Felder	323
Tabla 37.- Resultados del test de Felder.....	323
Tabla 38.- Test de Perry y conocimiento declarativo	327
Tabla 39.- Valores del test de Perry y del ABP del Ciclo Largo	328
Tabla 40.- Cuestiones sobre la construcción	328
Tabla 41.- Actitud sobre la construcción.....	329
Tabla 42.- Actitud sobre la asignatura	330

8 ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.- Grupo del ABP en plena acción de fabricación .	251
Fotografía 2 Trabajo de corrección de dosificación	252
Fotografía 3.- Visita a obra de los alumnos.....	253
Fotografía 4.- Imagen de evolución de la obra visitada.....	255
Fotografía 5.- Visita al almacén de materiales.....	257
Fotografía 6.- Un grupo de trabajo de ABP	281
Fotografía 7.- Imagen de los alumnos en seminario.....	333

8 ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y FOTOGRAFÍAS

8 ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y FOTOGRAFÍAS