



Congreso In-Red 2015
Universitat Politècnica de València
Doi: <http://dx.doi.org/10.4995/INRED2015.2015.1560>

Pensamiento crítico como competencia transversal en el grado de Ingeniería de Obras Públicas: valoración previa

José V. Martí^a y Víctor Yepes^b

^aICITECH. Equipo de Innovación y Calidad Educativa EXCELCON. Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería Civil. Universitat Politècnica de València. jvmartia@cst.upv.es y ^bICITECH. Equipo de Innovación y Calidad Educativa EXCELCON. Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería Civil. Universitat Politècnica de València. vyepesp@cst.upv.es

Abstract

10 concepts in terms of crossdisciplinary competences skills were evaluated within the new undergraduate degrees in civil engineering. To do this, different subjects were assigned to these competences. Crossdisciplinary competence skill called "critical thinking" was assigned to the 2nd year subject Typologies and Construction Methods. The present communication presents the results of the students' perception regarding critical thinking based on the basis for construction types. An anonymous questionnaire using a Likert scale of 8 questions was used. Principal components analysis was used to identify underlying latent variables that explain the pattern of correlations. A multiple regression model was proposed to explain the most important variables. The results allowed the design based on active learning methods and activities in order to assess this crossdisciplinary competence activities. The group work, the oral presentation, the peer review and the approach of exam questions were the methodologies and activities used.

Keywords: *crossdisciplinary competences, critical thinking, undergraduate learning, argument analysis, civil engineering.*

Resumen

En el marco de las nuevas titulaciones de Grado en Ingeniería de Obras Públicas se establecen 10 conceptos, equivalentes en términos de competencias transversales, para ser evaluados, asignándose para ello distintas asignaturas troncales o de especialidad. La competencia transversal denominada "Pensamiento Crítico" se asigna a la asignatura Tipologías y Procedimientos de las Construcciones que se cursa en 2º curso. La presente comunicación muestra los resultados de la percepción que tienen los alumnos que cursan dicha asignatura respecto al pensamiento crítico basado en los fundamentos de las tipologías constructivas. Se ha realizado para ello una encuesta anónima utilizando para su valoración una escala Likert con 8 preguntas. Se ha realizado un análisis factorial mediante el método de componentes principales para identificar las variables subyacentes o factores que expliquen la configuración de las correlaciones. Se ha propuesto un modelo de regresión múltiple para explicar las variables más importantes. Los resultados han permitido el diseño de actividades basadas en metodologías activas para la evaluación del Pensamiento Crítico. Se plasma en la realización de un trabajo en grupo de profundización de la asignatura, su exposición oral en clase, crítica de los compañeros y planteamiento de preguntas de examen.

Palabras clave: *competencias transversales, pensamiento crítico, aprendizaje en grado, análisis de argumentos, ingeniería civil.*

1. Introducción

La evaluación de las competencias transversales se ha convertido en un objetivo estratégico de la Universitat Politècnica de València (UPV), impulsado por el Vicerrectorado de Estudios, Calidad y Acreditación. Para el estudiante resulta muy importante adquirir dichas competencias y acreditar su formación en competencias, y para el empleador y la sociedad, resulta muy relevante conocer el nivel adquirido por el egresado. Para la UPV supone una mejora continua de sus títulos universitarios, con un valor añadido innegable, facilitándose de esta forma la acreditación nacional e internacional de sus títulos (<http://competencias.webs.upv.es/wp/>). En el ámbito de la ingeniería civil y la construcción, el Grado en Ingeniería de Obras Públicas (GIOP) es un título oficial impartido en la UPV. Con el objeto de evaluar la competencia transversal "pensamiento crítico", se ha elegido la asignatura de segundo curso "Tipologías y procedimientos de las construcciones de la ingeniería civil II (TPRO2)" de GIOP, de la cual el primer autor es profesor responsable.

2. Objetivos

Los objetivos de la comunicación son los siguientes:

1. Valoración de la percepción de los alumnos de grado en el ámbito de la ingeniería civil de la importancia de los resultados de aprendizaje de la competencia transversal "pensamiento crítico".
2. Conocer los factores subyacentes en los resultados de aprendizaje con el propósito de orientar la evaluación de dichos resultados de aprendizaje.
3. Elaborar un modelo explicativo basado en una regresión múltiple de las variables principales.
4. Diseño de actividades y evaluación de los resultados de aprendizaje a la vista de los resultados de la encuesta realizada, basándose en el uso de metodologías activas.

3. Desarrollo de la innovación

La innovación planteada consiste en fundamentar el diseño de actividades basadas en metodologías activas de forma que se permita la evaluación de los resultados de aprendizaje más importantes de la competencia transversal "pensamiento crítico". La novedad consiste en haber realizado, previo al diseño de las actividades, una labor de recogida de datos formal a través de una encuesta que permita valorar la percepción de los alumnos respecto a los resultados de aprendizaje "a priori". Estos resultados de aprendizaje, atendiendo al nivel de estudios de grado, son los detallados en la página web de la UPV: <http://competencias.webs.upv.es/wp/pensamiento-critico>.

Los resultados obtenidos de la encuesta ha permitido comprobar que existen dos componentes subyacentes a la competencia de pensamiento crítico, que son los siguientes: competencia relacionada con el análisis y valoración de los juicios que se formulan y competencia basada en la reflexión interna sobre las consecuencias de las decisiones y la emisión de juicios.

Por tanto, atendiendo a dicha encuesta, se proponen las actividades basadas en metodologías activas para la evaluación de la competencia transversal:

- **Trabajo en grupo:** Realización de un trabajo en grupo de profundización de la asignatura. Se asigna una tipología distinta de construcción a cada grupo formado por dos o tres alumnos. El trabajo se desarrolla bajo unas directrices comunes: a) formato presentación Power-Point o similar, b) número máximo de diapositivas (10), c) índice: 1. Definición, 2. Historia, 3. Características generales, 4. Clasificación, 5. Ejemplos relevantes o curiosos, 6. Referencias y 7. Preguntas de evaluación. Cada grupo de

alumnos plantea de 3 a 5 preguntas con sus repuestas, sabiendo que todas ellas forman parte del contenido que deben estudiar para el correspondiente examen parcial.

- **Presentación oral:** Los alumnos presentan la tipología de construcción asignada en un tiempo máximo de 10 minutos. Se realizan preguntas por parte del profesor y por los alumnos asistentes, teniendo que responder a todas ellas. Los alumnos saben que van a recibir dos evaluaciones: una evaluación del profesor que califica el trabajo como parte de la nota de la asignatura y una evaluación por parte de algunos alumnos anónimos que en una escala del 1 al 5 valoran la interpretación y la calidad de la información, la capacidad de emitir juicios y la capacidad de crítica y encuentro de soluciones mejoradas. Con todo ello, se refuerza el aprendizaje de la competencia transversal.

4. Resultados

Para conocer la percepción de los alumnos respecto a la importancia del pensamiento crítico como competencia transversal a nivel de grado, se ha diseñado un cuestionario para realizar una encuesta anónima. Con el objeto de obtener la información necesaria para realizar la investigación, el cuestionario se ha dividido en dos partes: la primera trata de caracterizar a la población, preguntando el grupo del aula al que pertenece el individuo, el sexo, la edad, la nota obtenida y el tiempo dedicado a su estudio en la misma asignatura del primer cuatrimestre; en la segunda se plantearon 8 preguntas para conocer la opinión del encuestado respecto a la importancia del pensamiento crítico utilizando una escala Likert de 5 opciones para las respuestas: 1) muy en desacuerdo, 2) en desacuerdo, 3) a medias, 4) de acuerdo, 5) muy de acuerdo. En otros trabajos como el de Yepes (2014) se siguió una metodología similar. La herramienta de tratamiento de datos y análisis estadístico ha sido SPSS 17. Se examinan las variables y se aplica un análisis multivariante para interpretar los resultados.

4.1. Caracterización de la encuesta realizada

Se ha realizado una muestra de conveniencia no probabilística a los alumnos de grado en Ingeniería de Obras Públicas (Figura 1). El tamaño de la muestra ha sido $N = 38$, de los cuales 27 (71,1%) pertenecen al grupo "A", 6 (15,8%) pertenecen al grupo "B" y 5 (13,2%) al "C". El nivel de confianza utilizado es del 95%, con $p=q=0,5$, lo cual implica un **error muestral** del 15,2%, suponiendo que la muestra representa una población infinita. Por otra parte, el **análisis de fiabilidad** medido a través del α de Cronbach, que es un indicador de la homogeneidad o consistencia interna de la escala de los ítems utilizados (P1 a P8), ha dado 0,765, lo cual se considera suficientemente alto. A continuación, se interpretan los resultados.

El perfil del encuestado se corresponde con un alumno varón del grupo "A", con una edad comprendida entre 20 y 21 años, que obtuvo como nota de la asignatura en el primer cuatrimestre un "Aprobado", habiéndole dedicado al estudio entre 1 y 3 horas semanales. En efecto, los alumnos encuestados fueron 23 (60,5%), mientras que las alumnas fueron 15 (39,5%). En cuanto a grupos de edades, entre 18 y 19 años respondieron 7 (18,4%), entre 20 y 21 años respondieron 17 (44,7%) y con 22 o más contestaron 14 (36,8%). En cuanto a las notas obtenidas en el primer cuatrimestre fueron Sobresalientes 3 (7,9%), Notables 12 (31,6%), Aprobados 17 (44,7%), Suspensos 3 (7,9%) y No presentados 3 (7,9%). Las horas dedicadas al estudio semanal fueron menos de 1 hora 7 (18,4%), entre 1 y 3 horas fueron 26 (68,4%) y más de 3 horas fueron 5 (13,2%).

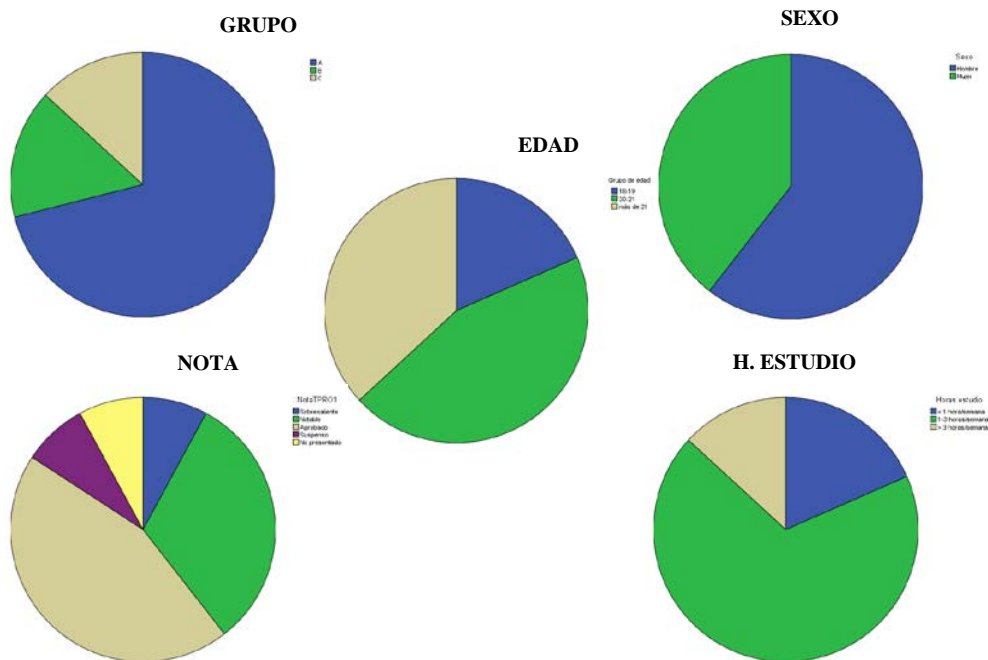


Fig. 1 Caracterización de la muestra analizada

4.2. Análisis estadístico descriptivo

La Tabla 1 recoge la media y la desviación típica obtenidas para cada una de las 8 preguntas realizadas a los encuestados. Se comprueba que, aquellos resultados de aprendizaje a los que se da **mayor importancia** y están **más de acuerdo** es (1) identificar las implicaciones de un problema o propuesta en cuanto a derechos de las personas, (2)

reflexionar sobre las consecuencias y efectos que sus decisiones tienen sobre los demás, y (3) mostrar una actitud crítica ante la realidad. Estas 3 valoraciones obtenidas están muy cerca unas de otras siendo la mayor diferencia de 0,07.

Tabla 1. Media y desviación típica de las respuestas al cuestionario

Nº	Pregunta	Media	D. Típ.
P7	Identificar las implicaciones de un problema o propuesta en cuanto a derechos de las personas	4,39	,718
P4	Reflexionar sobre las consecuencias y efectos que sus decisiones tienen sobre los demás	4,34	,627
P1	Mostrar una actitud crítica ante la realidad	4,32	,620
P8	El pensamiento crítico es una competencia clave en la formación del Ingeniero Civil	4,26	,828
P2	Diferenciar hechos de opiniones, interpretaciones y valoraciones en las argumentaciones de otros	4,21	,843
P6	Valorar las implicaciones prácticas de las decisiones y propuestas	3,97	,753
P3	Participa activamente en los debates	3,68	,904
P5	Emitir juicios en función de criterios internos	3,55	,891

Por otra parte, los resultados de aprendizaje donde existen **mayores discrepancias** son (1) participar activamente en los debates, y (2) emitir juicios en función de criterios internos. El resultado de aprendizaje al que se le da la **menor importancia** es emitir juicios en función de criterios internos.

Tras realizar un **análisis de correlaciones** entre las preguntas realizadas, la más fuerte (correlación de Pearson de 0,562, con significación bilateral al nivel 0,000) corresponde a valorar las implicaciones prácticas de las decisiones y propuestas (P6) y diferenciar hechos de opiniones, interpretaciones y valoraciones en las argumentaciones de otros (P2). La siguiente correlación más fuerte (correlación de Pearson de 0,528, con una significación bilateral al nivel 0,001) es la relación entre identificar las implicaciones de un problema o propuesta en cuanto a derechos de las personas (7) también con diferenciar hechos de opiniones, interpretaciones y valoraciones en las argumentaciones de otros (P2). Y por último, considerar que el pensamiento crítico es una competencia clave en la formación del ingeniero civil (P8) está correlacionado con participar activamente en los debates (P3) (correlación de Pearson de 0,511, con significación bilateral al nivel 0,001).

4.3. Aplicación del análisis multivariante

A continuación se realiza un análisis factorial mediante el método de componentes principales (Yepes *et al.*, 2009) para identificar las variables subyacentes o factores que expliquen la configuración de las correlaciones dentro del conjunto de variables observadas. En definitiva, se quiere averiguar los “constructos” o variables subyacentes que permitan explicar la mayoría de la varianza observada. Además, se va a realizar un análisis de regresión lineal múltiple para intentar explicar al máximo la valoración de “el pensamiento crítico es una competencia clave en la formación del Ingeniero Civil” y de “diferenciar hechos de opiniones, interpretaciones y valoraciones en las argumentaciones de otros”.

4.3.1. Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales examina la interdependencia entre variables para reducir la dimensión de un conjunto original de variables a un nuevo subconjunto formado por variables no observables. En síntesis, calcula unos factores que sean combinación lineal de las variables originales y que, además, sean independientes entre sí. La primera componente principal se escoge de forma que explique la mayor parte de la varianza posible de las variables originales, y así sucesivamente. Esta técnica no presupone una dependencia a priori entre las variables, y por tanto, se aplica antes de iniciar una regresión múltiple (Shaw, 2003). Para evitar que la unidad de medida influya en los resultados, se ha empleado la matriz de correlaciones en lugar de la de covarianzas. De este modo, el valor medio de los componentes principales es 0 y su desviación típica, 1. Además, se ha tomado como criterio para determinar el número de componentes principales el que su autovalor sea superior a la unidad. Asimismo, para facilitar la interpretación, se ha empleado el método Varimax, que supone una rotación ortogonal que minimiza el número de variables que tienen saturaciones altas en cada factor (Kaiser, 1958).

Antes de realizar la extracción de los componentes principales, cada una de las variables queda explicada al 100% por ella misma. Sin embargo, una vez extraídas las componentes principales, éstas no explican toda la variabilidad de cada variable, pues se pierde información. En la Tabla 2 queda reflejada la desviación estandarizada tras la extracción, es decir, las comunialidades, que miden el grado de información que tenemos tras dicha extracción. Lo que mejor explica el modelo es la pregunta 2 (diferenciar hechos de opiniones, interpretaciones y valoraciones en las argumentaciones de otros), y la que menos la pregunta 1 (mostrar una actitud crítica ante la realidad).

Con los criterios expuestos, subyacen 2 componentes principales que son capaces de explicar el 55,3% de la varianza de las 8 preguntas de la encuesta realizada (Tabla 3). Los componentes tienen que ver con los siguientes aspectos subyacentes:

Pensamiento crítico como competencia transversal en el Grado de Ingeniería de Obras Públicas: valoración previa

- Componente 1: Competencias relacionadas con el análisis y valoración de los juicios que se formulan.
- Componente 2: Competencia basada en la reflexión interna sobre las consecuencias de las decisiones y la emisión de juicios.

La Tabla 4 recoge la matriz factorial de los componentes rotados, que indica la correlación existente entre cada uno de los componentes principales y las variables originales. Lo que representa son los pesos de cada variable en la relación lineal de cada componente principal con las distintas variables.

Tabla 2. Comunalidades

Nº	Pregunta	Extracción
P2	Diferenciar hechos de opiniones, interpretaciones y valoraciones en las argumentaciones de otros	,735
P4	Reflexionar sobre las consecuencias y efectos que sus decisiones tienen sobre los demás	,659
P5	Emitir juicios en función de criterios internos	,614
P3	Participa activamente en los debates	,592
P8	El pensamiento crítico es una competencia clave en la formación del Ingeniero Civil	,557
P6	Valorar las implicaciones prácticas de las decisiones y propuestas	,482
P7	Identificar las implicaciones de un problema o propuesta en cuanto a derechos de las personas	,405
P1	Mostrar una actitud crítica ante la realidad	,376

Tabla 3. Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales		
	Total	% de la varianza	% acumulado
1	3,183	39,782	39,782
2	1,239	15,483	56,286



Tabla 4. Matriz de componentes rotados

Componentes			
Nº	Pregunta	1	2
P2	Diferenciar hechos de opiniones, interpretaciones y valoraciones en las argumentaciones de otros	,830	
P3	Participa activamente en los debates	,763	
P8	El pensamiento crítico es una competencia clave en la formación del Ingeniero Civil	,739	
P6	Valorar las implicaciones prácticas de las decisiones y propuestas	,691	
P1	Mostrar una actitud crítica ante la realidad	,603	
P7	Identificar las implicaciones de un problema o propuesta en cuanto a derechos de las personas	,543	
P4	Reflexionar sobre las consecuencias y efectos que sus decisiones tienen sobre los demás		,805
P5	Emitir juicios en función de criterios internos		,781

Método de extracción: Análisis de componentes principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser. Se han suprimido valores absolutos menores a 0,5.

a) La rotación ha convergido en 3 iteraciones.

4.3.2. Modelos de regresión múltiple

En este apartado realizamos un análisis de regresión de todas las variables para intentar establecer modelos que expliquen la variable dependiente que elijamos. Para ello se realizan inferencias acerca de modelos lineales simples o múltiples y se obtienen medidas cuantitativas del grado de relación de las variables a través del coeficiente de correlación R . Los modelos lineales se ajustan por mínimos cuadrados de forma que la variable dependiente se encuentre explicada lo máximo posible por un conjunto de variables independientes. La bondad del ajuste se evalúa mediante el coeficiente de determinación R^2 , que se interpreta como la proporción de variación de la variable de respuesta explicada mediante el modelo de regresión lineal (Draper y Smith, 1999).

En primer lugar, se intenta explicar cada variable de respuesta en función de aquella variable independiente con la cual se encuentra más correlacionada. Se trata de aumentar el

Pensamiento crítico como competencia transversal en el Grado de Ingeniería de Obras Públicas: valoración previa

coeficiente de regresión incorporando variables independientes explicativas. Para ello se procede mediante el método *stepwise* de pasos sucesivos (Hocking, 1976), consistente en introducir las variables una por una y comprobar si la variable permanece o sale del modelo. Se toma como criterio de inclusión un incremento en la varianza explicada significativo al 5% ($F=0,050$), mientras que para excluir una variable se considera un decremento del 10% ($F=0,100$). La primera variable introducida es la que presenta un coeficiente de correlación R más alto. A continuación se vuelven a calcular todas las correlaciones eliminando la influencia de aquella que ya ha entrado en el modelo, y se introduce la siguiente con mayor R ; de esta forma se consigue que las variables que entren no sean dependientes de las que ya figuran en el modelo.

Como resultado de la regresión múltiple realizada (ver Tabla 5 y Tabla 6), se puede comprobar por un lado, cómo la idea de que el “pensamiento crítico” como competencia clave en la formación del ingeniero civil, se ve reflejada en la participación activa de las personas en los debates (con esta variable, se puede explicar el 24,1% de la variabilidad de la importancia como factor clave en la formación del ingeniero civil). Y por otro lado, diferenciar hechos de opiniones, interpretaciones y valoraciones en las argumentaciones de los otros está relacionada con la valoración e identificación de las implicaciones prácticas de los problemas valorando los alcances personales y sociales, junto con el reconocimiento de la importancia del pensamiento crítico en la profesión (con estas tres variables se puede explicar el 49,9% de la reflexión interna sobre las consecuencias de las decisiones y la emisión de juicios). Es evidente que existen más factores que explican la variabilidad y no están recogidos en el modelo. Ello refuerza la utilidad del uso de rúbricas para evaluar la importancia del pensamiento crítico en la formación del ingeniero.

Tabla 5. Modelos de regresión múltiple. Variable dependiente: P8 El pensamiento crítico es una competencia clave en la formación del Ingeniero Civil

Modelo	Coef.	R^2 corregida
1 (Constante)	2,537	0,241
P3 Participa activamente en los debates	0,469	

Tabla 6. Modelos de regresión múltiple. Variable dependiente: P2 Diferenciar hechos de opiniones, interpretaciones y valoraciones en las argumentaciones de otros

Modelo	Coef.	R ² corregida
1 (Constante)	-0,496	
P6 Valorar las implicaciones prácticas de las decisiones y propuestas	0,443	
P7 Identificar las implicaciones de un problema o propuesta en cuanto a derechos de las personas	0,388	0,499
P8 El pensamiento crítico es una competencia clave en la formación del Ingeniero Civil	0,291	

5. Conclusiones

Se comprueba que, aquellos resultados de aprendizaje a los que se da mayor importancia y están más de acuerdo es (1) identificar las implicaciones de un problema o propuesta en cuanto a derechos de las personas, (2) reflexionar sobre las consecuencias y efectos que sus decisiones tienen sobre los demás, y (3) mostrar una actitud crítica ante la realidad. Por otra parte, los resultados de aprendizaje donde existen mayores discrepancias son (1) participar activamente en los debates, y (2) emitir juicios en función de criterios internos. El resultado de aprendizaje al que se le da una menor importancia es emitir juicios en función de criterios internos.

Con los criterios expuestos, subyacen 2 componentes principales que son capaces de explicar el 55,3% de la varianza de las 8 preguntas de la encuesta realizada. Los componentes tienen que ver con los siguientes aspectos subyacentes:

- Componente 1: Competencias relacionadas con el análisis y valoración de los juicios que se formulan.
- Componente 2: Competencia basada en la reflexión interna sobre las consecuencias de las decisiones y la emisión de juicios.

A la vista de los resultados, se considera coherente la aplicación de las metodologías activas basadas en la realización de un trabajo en grupo de profundización de la asignatura, su exposición oral en clase, propuestas de alternativas o mejoras, crítica de los compañeros y planteamiento de preguntas de examen. Estas actividades servirán para evaluar los resultados de aprendizaje de la competencia transversal pensamiento crítico.

6. Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de los alumnos de GIOP, así como el apoyo recibido por el Ministerio de Ciencia e Innovación (Proyecto de Investigación BIA2014-56574-R) y por la Universitat Politècnica de València (Equipo de Innovación y Calidad Educativa EXCELCON).

7. Referencias

- DRAPER, N.; SMITH, H. (1999). *Applied regression analysis*. New York: Wiley.
- HOCKING, R. (1976). “The analysis and selection of variables in linear regression” en *Biometrics*, vol. 32, p. 1-49.
- KAISER, H.F. (1958). “The Varimax criterion for analytic rotation in factor analysis” en *Psychometrika*, vol. 23, issue 3, p. 187-200.
- SHAW, P.J.A. (2003). *Multivariate statistics for the environmental science*. London: Hoddeer-Arnold.
- UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. *Competencias transversales* <<http://competencias.webs.upv.es/wp/>> [Consulta: 15 de mayo de 2015]
- UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. *Competencias transversales. Pensamiento crítico* <<http://competencias.webs.upv.es/wp/pensamiento-critico>> [Consulta: 15 de mayo de 2015]
- YEPES, V.; DÍAZ, J., GONZÁLEZ-VIDOSA, F.; ALCALÁ, J. (2009). “Caracterización estadística de tableros pretensados para carreteras” en *Revista de la Construcción*, vol. 8, issue 2, p. 95-109.
- YEPES, V. (2014). “El uso del blog y las redes sociales en la asignatura de Procedimientos de Construcción”. En: *Jornadas de Innovación Educativa y Docencia en Red IN-RED 2014*. 15-16 de julio, Valencia, pp. 1-9.