

# Aprendizaje de la Domótica basado en prácticas experimentales y problemas

*Carlos Morón Fernández*

*Departamento. Tecnología de la Edificación,  
Universidad Politécnica de Madrid-España  
carlos.moron@upm.es*

## Resumen

En este trabajo se expone la metodología utilizada en la asignatura de Domótica en el contexto del Máster Universitario en Innovación Tecnológica en Edificación de la Escuela Universitaria de Ingeniería de la Edificación, centrada en el aprendizaje, en la investigación y reflexión que siguen los alumnos para llegar a una solución ante un problema planteado por el profesor. Además, se propone al alumno el diseño y construcción de un sistema automático que se pueda aplicar en la domotización de una vivienda.

**Palabras clave:** Domótica; sistema automático.

## Domotic Learning Based in Experimental Practices and Problems

### Abstract

In this work it is exposes the methodology used in the course of Domotic in the context of the Master in Technological Innovation in Building of the School of Building Engineering, focused on learning, research and reflection that students to reach a solution to a problem proposed by the teacher. In addition, it is proposes to the student the

design and construction of an automated system that can be applied in a home domotics.

**Keywords:** Domotic; automatic system.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, la domótica e inmótica cobran cada vez mayor importancia en la Edificación. Esta materia está involucrada en programas de investigación y desarrollo asociados a áreas tan significativas como el confort, sostenibilidad o eficiencia energética.

Sin embargo, el estudio de la domótica, como materia, está poco contemplado en los planes de estudios de las titulaciones oficiales de Arquitectura e Ingeniería de la Edificación. Esta circunstancia hace que los especialistas involucrados en el diseño de edificios (tanto grandes edificios como viviendas) no contemplen, en la mayoría de los casos la inclusión de sistemas domóticos y/o inmóticos en sus diseños.

El autor del presente trabajo ha colaborado en el diseño e impartición de una asignatura de domótica en el contexto del Máster Universitario en Innovación Tecnológica en Edificación de la Escuela Universitaria de Ingeniería de la Edificación. Dentro de este curso, se ha diseñado un temario teórico y algunas prácticas elementales encaminadas a que el alumno tenga una visión general del funcionamiento, la tipología, disponibilidad, complejidad y capacidades de estos sistemas, de manera que el conocimiento de estas tecnologías, por parte de los alumnos, les permita evaluar la conveniencia o no de contemplar dentro de los diseños la inclusión de sistemas domóticos y/o inmóticos en el desarrollo de su actividad profesional.

En este trabajo se expone la metodología utilizada centrada en el aprendizaje (U.P.M., 2008), en la investigación y reflexión que siguen los alumnos para llegar a una solución ante un problema planteado por el profesor y ante el reto de diseñar y construir experimentalmente un sistema automático aplicable en la domotización de un edificio.

## 1. METODOLOGÍA

Generalmente, dentro del proceso educativo, el docente explica una parte de la materia y, seguidamente, propone a los alumnos una actividad de aplicación de dichos contenidos. Sin embargo, el aprendizaje

basado en problemas se plantea como medio para que los estudiantes adquieran esos conocimientos y los apliquen para solucionar un problema real o ficticio, sin que el docente utilice la lección magistral u otro método para transmitir ese temario.

Barrows (Barrows, 1986) define al aprendizaje basado en problemas como “un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos”. En esta metodología los protagonistas del aprendizaje son los propios alumnos, que asumen la responsabilidad de ser parte activa en el proceso. Además, Prieto (Prieto, 2006) defendiendo el enfoque de aprendizaje activo señala que “el aprendizaje basado en problemas representa una estrategia eficaz y flexible que, a partir de lo que hacen los estudiantes, puede mejorar la calidad de su aprendizaje universitario en aspectos muy diversos”. Así, este método de aprendizaje ayuda al alumno a desarrollar y a trabajar diversas competencias. Entre ellas, de Miguel (de Miguel, 2005) destaca: resolución de problemas, toma de decisiones, trabajo en equipo, habilidades de comunicación (argumentación y presentación de la información) y desarrollo de actitudes y valores como precisión, revisión, tolerancia, etc.

Prieto (Prieto, 2006) citando a Engel y Woods añade:

- Identificación de problemas relevantes del contexto profesional.
- La conciencia del propio aprendizaje.
- La planificación de las estrategias que se van a utilizar para aprender.
- El pensamiento crítico.
- El aprendizaje autodirigido.
- Las habilidades de evaluación y autoevaluación.
- El aprendizaje permanente.

Del mismo modo, Benito y Cruz (Benito y Cruz, 2005) aparte de las competencias ya citadas indican que el aprendizaje basado en problemas favorece el desarrollo del razonamiento eficaz y la creatividad.

El desarrollo de la metodología del aprendizaje basado en problemas puede seguir unas fases determinadas. A modo de ejemplo, Morales y Landa (Morales y Landa, 2004) establecen que el desarrollo del proceso de ABP ocurre en ocho fases (Figura 1).

Las autoras dividen exhaustivamente el proceso de aprendizaje en diversas fases. Con la lectura y análisis del escenario o problema se bus-

ca que los alumnos entiendan el enunciado y lo que se les demanda. Es necesario que todos los miembros del equipo comprendan el problema; para ello el profesor puede estar atento a las discusiones de los grupos y, si algún tema concreto requiere atención especial, discutirlo con todos los grupos en común.

Los siguientes pasos hasta la definición del problema (pasos 2, 3, 4 y 5), suponen que los alumnos tomen conciencia de la situación a la que se enfrentan. Que formulen hipótesis de por qué puede ocurrir el problema, las posibles causas, ideas de resolverlo, etc. El paso 3 implica que el equipo recurra a aquellos conocimientos de los que ya disponen, a los detalles del problema que conocen y que podrán utilizar para su posterior resolución.

La siguiente fase (paso 4) ayuda a los estudiantes a ser conscientes de aquello que no saben y que necesitarán para resolver el problema. Pueden formular preguntas que orienten la solución de la situación.

Una vez puesto en común todo esto, es momento de que los alumnos ordenen todas las acciones que como equipo tienen que llevar a cabo para resolver el problema planteado. Deben planear cómo van a realizar la investigación (paso 5), para posteriormente poder definir adecuada y concretamente el problema que van a resolver y en el que se va a centrar su investigación (paso 6).



**Figura 1. Desarrollo del proceso de ABP (Morales y Landa, 2004).**

El paso 7 se centra en un período de trabajo y estudio individual de forma que cada miembro del equipo lleve a cabo la tarea asignada. Obtener la información necesaria, estudiarla y comprenderla, pedir ayuda si es necesario, etc. Por último (paso 8) los alumnos vuelven a su equipo y ponen en común todos los hallazgos realizados para poder llegar a elaborar conjuntamente la solución al problema y presentar los resultados. Y, finalmente, el proceso vuelve a comenzar con la formulación de otro problema.

## 2. APRENDIZAJE DE LA DOMÓTICA

Del mismo modo que los seres humanos recibimos información de nuestro entorno a través de los sentidos, y esa información nos sirve para adaptarnos a él, el edificio puede captar la información que recibe de su alrededor a través de los sensores. Esa información recogida servirá para optimizar su respuesta ante los cambios que se produzcan en el ambiente que le rodea.

El edificio que tenga esta capacidad podrá llegar a comportarse casi como un ser vivo, como si fuera una prolongación de ese otro ser vivo que lo habita, una especie de tercera piel del hombre que lo envuelve después de su segunda piel, la vestimenta.

Esta semejanza entre el edificio y un ser vivo facilita la comprensión del concepto de **edificio inteligente** al alumno. Es el edificio que está dotado de un sistema de control computerizado que pretende optimizar de forma integrada ciertas funciones inherentes a la operativa, administración y mantenimiento del edificio.

En un edificio considerado inteligente podremos diferenciar estos cuatro elementos:

1. Sensores
2. Actuadores electromecánicos
3. Infraestructura de cableado o inalámbrica
4. Procesador u ordenador personal

Pensando en el concepto de edificio inteligente, podemos seguir con la analogía de éste con un ser vivo. El edificio inteligente dispondrá de unos sensores que serán el equivalente de los sentidos del ser humano, unos actuadores que harán de músculos, una infraestructura de cableado

o inalámbrica que equivaldrá a nuestro sistema nervioso y vascular y por último, un procesador que será como nuestro cerebro.

Es fundamental tener clara la diferencia entre edificio inteligente y domótica. Para poder considerar un edificio como inteligente éstas son algunas de las características que tiene que cumplir obligatoriamente:

1. Integrar a todos los sistemas eléctricos o electromecánicos.
2. Actuar con condiciones ilimitadas, ligadas o no entre sí.
3. Tener memoria y noción temporal.
4. Tener capacidad matemática avanzada.
5. Ser sencillamente modificable.
6. Disponer de capacidad de autocorrección.
7. Comunicarse agradablemente con el usuario.

El punto más incumplido es el número 1, el de que el edificio tenga un cerebro central que integre la mayoría de los sistemas del edificio. Sin esto, no estaremos hablando de un edificio inteligente, sino de domótica.

Se define como **Domótica** a la rama de la tecnología que se ocupa de proveer elementos que acerquen a una vivienda a conseguir el calificativo de “inteligente”. La vivienda puede incorporar un sistema domótico para controlar la luz que ilumina el jardín, y será una vivienda con un sistema domótico, pero no una vivienda inteligente.

El primer elemento del que debe disponer una vivienda domótica serán los **sensores**. Ellos se encargarán de proporcionar toda la información necesaria para su posterior gestión mediante el sistema de control.

Como punto de partida, si buscamos la definición de “**sensor**” en el *Diccionario de la Lengua Española* nos encontramos con que el origen de la palabra está en la palabra latina *sentio*=sentir:

**Sensor.** (*Palabra* formada sobre el latín *sentio*, sentir, para indicar el agente de este verbo latino). m. Dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente.

Diccionario de la Lengua Española, Real Academia Española (R.A.E., 2014).

El origen de la palabra refleja esta analogía del edificio con el ser humano de la que hablábamos en la definición de un edificio inteligente.

El sensor, al igual que los sentidos, será el encargado de percibir información del entorno y convertirá esa información en una señal. Esa señal será la que utilice el resto del sistema para actuar en consecuencia.

Pero, además, el sensor amplía la capacidad de percepción del hombre, aportándole más información sobre el entorno de la que éste puede percibir por sí solo.

Una definición técnica de este componente de un sistema domótico puede ser la siguiente:

Dispositivo electrónico, que proporciona una magnitud eléctrica (impedancia, intensidad o tensión) de salida variable y relacionada con otra magnitud física. En suma, es un dispositivo que transforma una magnitud física cualquiera en una magnitud eléctrica, con una relación matemática de transformación conocida (R.A.E., 2014).

Un sensor es un dispositivo que recoge una señal de la energía del medio donde se encuentra y da una señal de salida que es función de la variable medida.

Otro concepto que a veces aparece como sinónimo de sensor es el de **transductor**. Pero el sensor tiene un significado más extenso: la ampliación de los sentidos para adquirir un conocimiento de cantidades físicas que, por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente por los sentidos.

El transductor se define más correctamente como todo dispositivo que en alguna parte de un proceso convierte un tipo de energía (mecánica, hidráulica, calorífica...) a otro, por lo general, a energía eléctrica, y dicha conversión a energía eléctrica se utiliza para hacer funcionar un dispositivo final de control (electroválvula, motor, etc.).

El sensor es lo que está en contacto permanente con la variable a medir y los hay que directamente proporcionan una magnitud eléctrica como señal de salida de esta variable. Pero si la señal que proporcionan de salida no es eléctrica, se necesita de otro dispositivo que la convierta en eléctrica, este dispositivo es el transductor. Este dispositivo forma parte del sensor como responsable que es de emitir la señal de salida, y es por este motivo por lo que a menudo se utilizan como sinónimos. Pero es posible encontrar sensores que no dispongan de transductor porque no lo

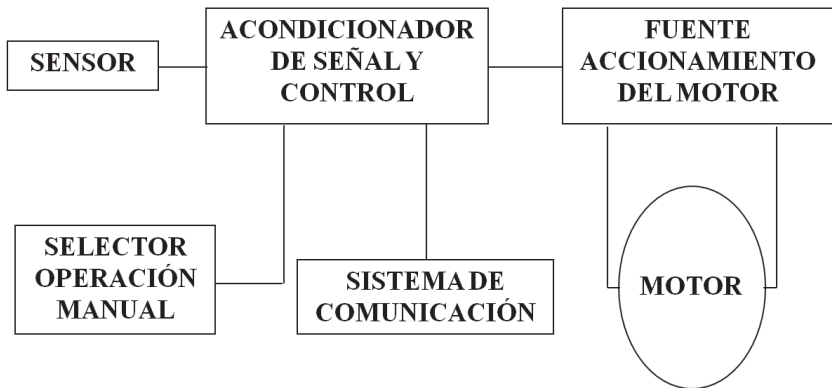
necesiten ya que la señal que emiten puede ser transmitida al resto del sistema correctamente de forma directa.

Llegados a este punto, se le propone al alumno el diseño y construcción de una práctica donde puedan plasmar y visualizar todos los conceptos que se les ha enseñado.

### **3. PRÁCTICA EXPERIMENTAL PROPUESTA**

La práctica consiste en la construcción, prueba y adaptación de un sistema de control automático de elevación/bajada de persianas, cuyo diagrama de bloques se muestra en la Figura 2.

Para ello, en cada etapa el estudiante debe realizar el montaje de circuitos electrónicos sencillos y la implementación de medidas (o determinación de parámetros específicos). Por último, interconectar las etapas diferentes y, mediante el ajuste de los parámetros de cada fase, conseguir la operación adecuada del sistema automatizado.



**Figura 2. Diagrama de bloques de un sistema de subida/bajada de persianas.**

#### **3.1. El sensor**

El transductor utilizado en esta etapa es una resistencia variable con la luz (LDR). Para obtener una medida de la iluminación hemos propuesto la construcción de un único circuito electrónico: un divisor de voltaje compuesto por una resistencia fija y una LDR, tal y como se puede observar en la Figura 3.



Teniendo en cuenta que para un circuito divisor de voltaje, el voltaje de salida está dado por la expresión:

$$V_{out} = \frac{R}{R + LDR} V \tag{1}$$

donde R es el valor de la resistencia fija, LDR es el valor LDR y V es la tensión de alimentación.

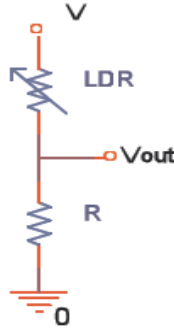


Figura 3. Divisor de tensión

Como el valor LDR disminuye cuando el valor de la iluminación aumenta, la tensión de salida  $V_{out}$  aumentará con el valor de la iluminación, como se puede ver en la Figura 4a y 4b.

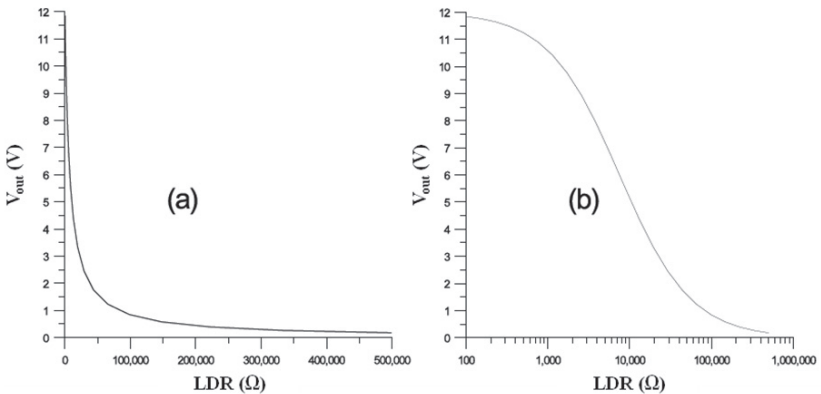
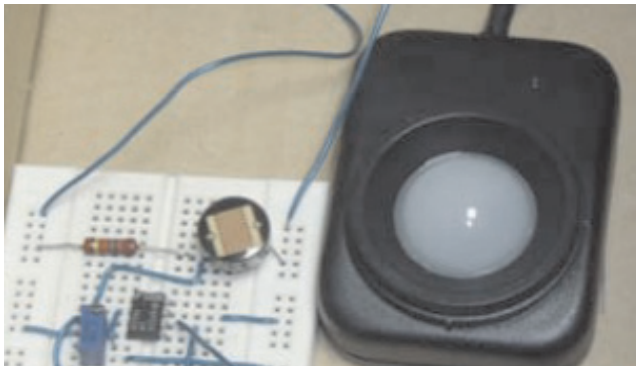


Figura 4. Voltaje de salida teórico en función del valor de la LDR.  
 (a) Escala lineal; (b) Escala logarítmica.

Como no hay calibraciones para el valor LDR frente a la iluminación, los estudiantes deben implementar el circuito del sensor y medir la tensión de salida variando el valor de la iluminación. Para ello, se ha realizado una cámara oscura con una caja de cartón, y la cantidad de control de la luz que recibe del sensor haciendo una abertura rectangular que cubre más o menos espacio. Al mismo tiempo, se mide el valor de la iluminación con un luxómetro de bajo coste (Milwaukee SM700). Es importante comunicar a las estudiantes, y verificar, que el luxómetro debe ponerse lo más cerca posible del sensor, y debe ser orientado de la misma manera (Figura 5). De esta manera, obtienen la tensión de salida para diferentes valores de la iluminación.

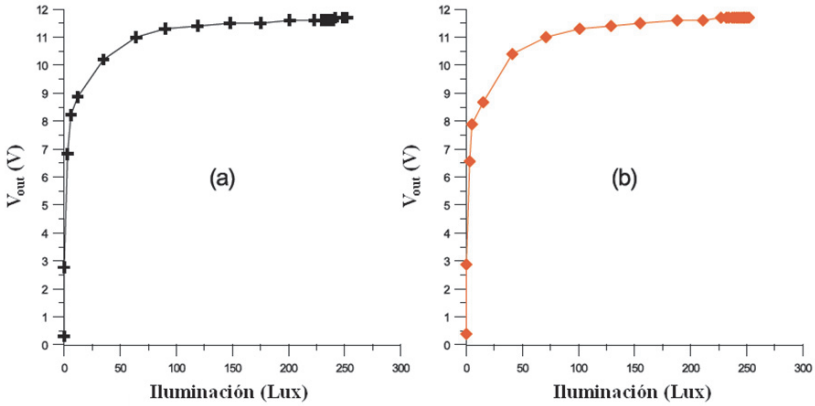


**Figura 5. Disposición del sensor y del fluxómetro para medir la tensión de salida frente a la iluminación**

Con el fin de evaluar la posible dispersión en las medidas en función de la LDR utilizada, estas medidas se han hecho con dos LDR diferentes en las mismas condiciones. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 6.

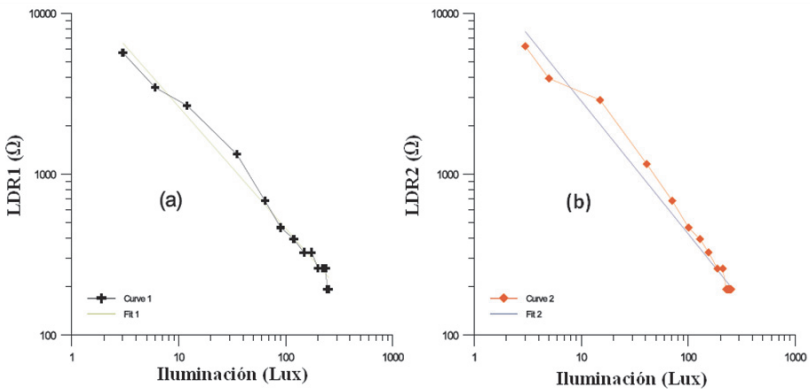
A partir de estos resultados, los estudiantes pueden obtener el valor de LDR en función de la Iluminación. Teniendo en cuenta que conocemos el valor de  $V_{out}$  para cada valor de la iluminación, el valor de LDR se puede obtener de la expresión (1):

$$LDR = R \left( \frac{V}{V_{out}} - 1 \right) \quad (2)$$



**Figura 6. Voltaje de salida en función de la iluminación. (a) LDR 1; (b) LDR 2**

Mediante el uso de la iluminación y de los valores de medición del voltaje de salida (de la que se ha obtenido la Figura 6) los estudiantes pueden obtener una calibración de LDR frente a la Iluminación y puede ser ajustada matemáticamente. En este paso, consideramos apropiado indicar a los estudiantes a utilizar escalas logarítmicas dos veces para asegurarse de que los resultados se ajusten a una línea. Esto evitará que los estudiantes pasen demasiado tiempo en busca de algoritmos matemáticos que no es el objetivo de la práctica. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 7 y la Tabla 1.

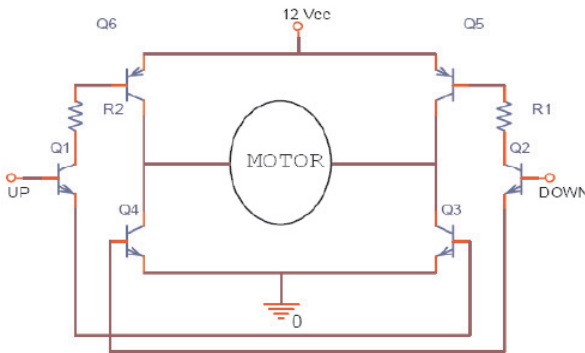


**Figura 7. Valor de las LDR en función de la iluminación y curvas de ajuste. (a) LDR 1; (b) LDR 2.**

### 3.2. El actuador

Como indica su definición, el actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con el fin de generar un efecto. En nuestro caso, el actuador transforma la energía eléctrica y el efecto generado es la rotación, en cualquier dirección, de un motor eléctrico que se acopla a la persiana enrollable. De esta forma, la persiana puede subir o bajar. Para esta práctica los alumnos usarán un motor de corriente continua.

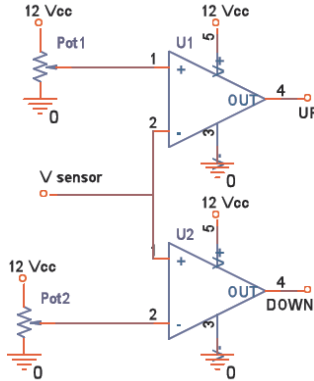
Para conseguir que la rotación del motor sea en una dirección u otra, basta con aplicar la corriente en una dirección u otra. Para ello, los estudiantes han hecho un solo circuito electrónico: un puente de transistores (Figura 8).



**Figura 8. Puente de transistores implementado para conseguir que el motor de corriente continúa gire en una u otra dirección.**

### 3.3. El sistema

El sistema, como un conjunto de partes que reciben datos de entrada y proporcionan información de salida, se lleva a cabo por medio de otro circuito electrónico. Este circuito debe activar la entrada ARRIBA o ABAJO del puente de transistores en función del nivel de iluminación detectada por el sensor. En este circuito los estudiantes deben tener cuidado para evitar que ambas entradas se activen simultáneamente. El circuito electrónico (Figura 9) consta de dos comparadores de nivel de tensión realizadas a partir de dos amplificadores operacionales (OA).



**Figura 9. Circuito electrónico del sistema**

El primer OA compara la salida del sensor ( $V_{out}$ ) con una referencia de bajo nivel de iluminación que el estudiante puede seleccionar con el potenciómetro Pot 1, y proporciona una salida de  $12 V_{cc}$  que activa UP en el puente de transistores cuando el nivel de iluminación cae bajo el mínimo nivel de iluminación seleccionado.

El segundo OA compara un nivel fijo seleccionado por el estudiante con el potenciómetro Pot 2, con la altura de la salida del sensor. Si el nivel de iluminación se eleva por encima del nivel de iluminación máxima deseada (que debe ser mayor que el bajo nivel de iluminación fija con el potenciómetro Pot 1), proporciona  $12 V_{cc}$  a la salida que activa DOWN en el puente los transistores.

#### 4. EVALUACIÓN DEL MÉTODO

Si se modifican las formas de aprender y enseñar, también será necesario cambiar la forma de evaluar los aprendizajes. El alumno “ideal” ya no es aquel que en examen final obtiene un sobresaliente porque se ha estudiado de memoria la lección, sino que es aquel que ha adquirido, por medio de un aprendizaje autónomo y cooperativo, los conocimientos necesarios y que, además, ha desarrollado y entrenado las competencias previstas en el programa de la materia gracias a una reflexión profunda y a una construcción activa de los aprendizajes. De esta forma, para evaluar estos aprendizajes utilizaremos el desarrollo de un caso práctico en el que los alumnos tengan que poner en práctica todo lo que han aprendido, como la práctica expuesta anteriormente.

Además, se complementará dicha evaluación con una realizada entre pares (co-evaluación). Como el alumno ha trabajado con sus compañeros cooperativamente durante su proceso de aprendizaje, conocer la opinión de los compañeros resultará interesante. Los aspectos sobre los que se pueden preguntar pueden ser: ambiente cooperativo dentro del grupo, reparto de tareas eficaz, cumplimiento de las expectativas como grupo, etc.

## **Referencias Bibliográficas**

- BARROWS, Howard. 1986. **A Taxonomy of problem-based learning methods**. Medical Education, 20/6.
- BENITO, Águeda y CRUZ, Ana. 2005. **Nuevas claves para la docencia universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior**. Ed. Narcea, Madrid (España).
- DE MIGUEL, Mario. 2006. **Metodologías de enseñanza para el desarrollo de competencias. Orientaciones para el profesorado universitario ante el Espacio Europeo de Educación Superior**. Ed. Alianza, Madrid (España).
- MORALES, Patricia y LANDA, V. 2004. **Aprendizaje basado en problemas**. Theoria, Vol. 13.
- PRIETO, Leonor. 2006. **Aprendizaje activo en el aula universitaria: el caso del aprendizaje basado en problemas**. Miscelánea Comillas: Revista de Ciencias Humanas y Sociales Vol. 64. N° 124.
- R.A.E. 2014. **Diccionario de la Lengua española (23ª ED.)**. Ed. S.L.U. Espasa, Madrid (España).
- U.P.M. 2008. **Aprendizaje Basado en Problemas**. Servicio de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en [http://innovacioneducativa.upm.es/guias/Aprendizaje\\_basado\\_en\\_problemas.pdf](http://innovacioneducativa.upm.es/guias/Aprendizaje_basado_en_problemas.pdf). Consultado el 15-11-2015.