



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

Improving Teaching Effectiveness in Chemical Engineering Education

Autor:

Muñoz Mínguez, Marta

Silvia Bolado Rodríguez

Université de Lorraine

Valladolid, junio 2015.

TFG REALIZADO EN PROGRAMA DE INTERCAMBIO

TÍTULO: **Improving Teaching Effectiveness in Chemical Engineering Education**

ALUMNO: **Marta Muñoz Mínguez**

FECHA: **26 de junio de 2015**

CENTRO: **ENSIC, Université de Lorraine**

TUTOR: **Éric Schaer y Jean-Claude André**

Resumen y palabras clave

Durante los meses de mi estancia en la ciudad francesa de Nancy, he realizado una colaboración en el proyecto europeo “iTeach”, junto con los socios Éric Schaer y Jean-Claude André de la ENSIC de la Universidad de Lorena.

El proyecto “iTeach”, que se inició oficialmente el 1 de octubre de 2013 y concluirá el 30 de septiembre de 2016, reúne a seis instituciones académicas europeas que proporcionan la formación del grado en Ingeniería Química: de Reino Unido, Francia, la Antigua República Yugoslava de Macedonia, Portugal, Eslovaquia y Alemania. Junto a las universidades socias del proyecto, este también implica a una serie de profesionales de la industria como asociados del consorcio. Este proyecto busca desarrollar un marco que contribuya a la evaluación de la eficacia de la enseñanza, tanto en la esencia del conocimiento de la ingeniería química, como en las competencias básicas de empleabilidad que aporta.

Indicador, Enseñanza, Efectividad, Cuantificación, Ingeniería Química.

Memoria

El objetivo general de este proyecto es reunir a representantes de instituciones académicas, profesionales de la industria y del cuerpo de ingeniería química de Europa para desarrollar un marco en el que evaluar la eficacia de la enseñanza de ingeniería química básica y el desarrollo de competencias de empleabilidad. Aunque el enfoque de este proyecto se realiza en el área de la ingeniería, se espera que sus conceptos y enfoques sean aplicables a todos los campos de la educación superior.

Para lograr este objetivo, el consorcio propone los siguientes objetivos:

- Revisión de los resultados del aprendizaje universitario de la ingeniería química (según lo establecido por las recomendaciones de Bolonia y los requisitos de acreditación profesional), en consulta entre los socios industriales y académicos. (Paquete de Trabajo 2, PT2)
- Promover una mayor participación de las organizaciones de empresarios en la formación de la ingeniería química, mediante la realización de una serie grupos específicos y de entrevistas semi-estructuradas con socios de la red industrial, así como mediante encuestas realizadas a representantes más amplios del mercado de trabajo, para identificar las deficiencias y requisitos de formación necesarios. (PT2)
- Establecer un “estado del arte” en la evaluación de la eficacia de la enseñanza base de ingeniería química y del desarrollo de las habilidades y competencias profesionales necesarias para aumentar la empleabilidad de los graduados. (PT2)
- Definir diversos indicadores de la eficacia de la enseñanza en la educación superior de la ingeniería química y compartirlos con la comunidad para ayudar a las instituciones de estudios superiores a mejorar su enseñanza tanto en ingeniería química, como áreas temáticas más amplias. (PT3)

- Investigar en mayor profundidad distintos métodos para mejorar la adquisición de competencias de *empleabilidad* efectivas, utilizando, entre otros, enfoques psicométricos. (PT3)
- Utilizar tecnología de toma de decisiones y la optimización multiobjetivo para identificar los métodos de evaluación más apropiados y desarrollar un marco sólido para el apoyo a la enseñanza efectiva de los conocimientos básicos y las competencias de *empleabilidad*. (PT3)
- Poner a prueba el marco desarrollado en las instituciones asociadas, centrándose en diversas metodologías pedagógicas (por ejemplo, mediante la grabación de las clases magistrales, el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje basado en la realización de trabajos prácticos, las tutorías y clases tradicionales, la instrucción práctica en el laboratorio...) de cada área geográfica, para permitir la investigación de relaciones de dependencia entre los distintos sistemas educativos y la eficacia de las metodologías pedagógicas. (PT4)
- Informar de los resultados a través de revistas pedagógicas, conferencias y redes de comunicación de los colegios profesionales asociados. (PT6)
- Promover una utilización más amplia del marco de evaluación a través de una red de socios académicos. (PT7)

Este proyecto se encuentra dividido en siete paquetes de trabajo.

Paquete de trabajo 1 - Gestión

La Universidad de Newcastle es la encargada general de la gestión del proyecto, mediante la coordinación de sus diferentes aspectos. Existe un comité de dirección, formado por los colaboradores representantes de cada institución, que realizan reuniones virtuales y presenciales en intervalos de 6 meses.

Paquete de Trabajo 2 - Recolección de datos y análisis

Con la Universidad de Newcastle como principal responsable, se distribuyeron una serie de cuestionarios a departamentos de ingeniería química de distintas partes del mundo y se realizaron entrevistas con profesionales académicos, estudiantes y profesionales de la industria, con el objetivo de determinar cómo se desarrollan y evalúan actualmente las competencias de *empleabilidad* en los estudiantes, y los medios con los que se reconoce y premia la calidad de la enseñanza a nivel individual, institucional, nacional e internacional. El análisis de estos datos busca proporcionar una visión global del estado del arte actual en este ámbito y de la amplitud de los métodos de enseñanza y aprendizaje, las tecnologías de información y comunicación, y los laboratorios virtuales y simulados utilizados en la enseñanza de la ingeniería.

Paquete de trabajo 3 - Marco de evaluación

Esta es la parte del proyecto en la que he colaborado durante mi estancia Erasmus. Con la Universidad de Lorena como responsable, realizamos el análisis de una serie de indicadores y medidas de competencias de *empleabilidad* y eficacia de la enseñanza recogidos en el Paquete de Trabajo 2, utilizando la metodología de toma de decisiones y la optimización multiobjetivo para buscar los métodos más apropiados para ser incluidos en el marco de evaluación. Hemos realizado varias propuestas, que explicaré en mayor detalle posteriormente. Tras cada una de ellas, se han realizado una serie de consultas con otros colaboradores del proyecto, para realizar rectificaciones y mejoras según se requiriese. En la actualidad esta parte del proyecto todavía no ha finalizado. Además, debido a que la principal propuesta que realizamos ha resultado un tanto compleja a la hora de ser implementada, ha sido necesario realizar una modificación integral del trabajo en la parte final de mi estancia.

Paquete de Trabajo 4 - Implementación piloto

Con la Universidad de Oporto como responsable, se pondrá a prueba el marco desarrollado en cada centro asociado y tanto las competencias de *empleabilidad* y la prestación de conocimientos básicos serán evaluados con los criterios propuestos. Se evaluará una serie de métodos de enseñanza, incluyendo el uso de las sesiones grabadas para la preparación previa de las clases magistrales, el aprendizaje online y los métodos de enseñanza clásicos, para asegurar la solidez y la amplia validez del marco.

Paquete de Trabajo 5 - Aseguramiento de la Calidad

La Universidad Técnica de Dortmund será la principal responsable del aseguramiento de la calidad, e informará sobre los objetivos alcanzados en las reuniones del comité de dirección en intervalos de 6 meses. Se establecerá un grupo de control de calidad con el fin de proporcionar una evaluación independiente de las actividades del proyecto, así como el avance del proyecto. Se describirán y acordarán hitos, resultados clave y criterios para medir el éxito de las actividades del proyecto. El seguimiento de los resultados tendrá lugar a través de la evaluación interna por los socios del proyecto en las reuniones anuales, llevándose a cabo acciones correctivas si fuera necesario.

Paquete de Trabajo 6 - Difusión

La Universidad Internacional de los Balcanes de Skopje estará a cargo de las actividades de difusión del proyecto iTeach. El Comité de Dirección establecerá un Grupo de Difusión, que informará acerca de los objetivos alcanzados en intervalos de 6 meses. El grupo estará formado por un representante de cada institución asociada y será responsable de la divulgación de los resultados del proyecto a la mayor audiencia posible. Un enfoque equilibrado de todos los socios del proyecto extenderá las actividades de difusión a nivel nacional e internacional. Los indicadores del éxito de la difusión se medirán cuantitativamente (número de

miembros de los grupos objetivo que han tenido acceso a los informes, boletines, artículos publicados, frecuencia de acceso de la información en la página web) y cualitativamente (impacto de los resultados del proyecto en las distintas instituciones académicas).

Paquete de Trabajo 7 – Explotación

Durante las primeras semanas de mi estancia, recogimos información de diferentes universidades europeas. Esta información abarcó:

- Asignaturas impartidas (duración, créditos por asignatura)
- Requisitos de entrada a la carrera
- Tasas de estudio
- Coste de la vida en las distintas ciudades
- Población de las ciudades
- Porcentaje de estudiantes en esta población
- Destino de los estudiantes graduados y salario
- Tasa de empleo pasados seis meses de la graduación
- ...

Buscamos obtener datos acerca de lo atractivo que puede resultar estudiar en cada universidad: para nuevos estudiantes, para estudiantes actuales, para miembros de la industria que busquen la contratación de nuevos graduados... Pudimos constatar además, una gran diferencia en la calidad de las informaciones ofrecidas por las universidades en sus sitios web, lo que repercute directamente en las solicitudes de ingreso de nuevos estudiantes, que será menor cuanto menos clara y precisa se presente la información.

Tras el estudio de la información recogida, en un primer informe, propusimos la evaluación de la eficacia de formación a través de siete indicadores diferentes:

- Enseñanza
- Resultados del aprendizaje
- Calidad
- Atractivo
- Relación con la investigación
- Relación con la industria
- Empleo

Estos indicadores incluyen varios parámetros, que deben definirse y cuantificarse en relación con aquello que reflejarán.

Se aplicó la metodología de la matriz de decisión para evaluar y mejorar propuestas anteriores de este proyecto, teniendo en cuenta todos los indicadores mencionados anteriormente. En esta memoria explicaré únicamente el indicador “enseñanza”.

Enseñanza

Ningún método pedagógico es necesariamente mejor a otro. Su importancia reside en la interactividad y diversidad de los distintos métodos, en las reflexiones acerca de su efectividad, su relación con la cultura de los estudiantes, y su capacidad de adaptación a las evoluciones actuales de los estudiantes y de las expectativas industriales, sociales y científicas. En este documento se presentó una primera versión de los parámetros que deberían ser incluidos en los indicadores, junto con una proposición acerca de la forma de tener en cuenta estos parámetros, en relación con:

- Aspectos financieros, políticos y de gestión estratégica
- Habilidades
- Logros relacionados con los resultados y los métodos de enseñanza
- Evaluación y cuantificación

A continuación, realizamos una búsqueda de una primera cuantificación de los indicadores.

Por ejemplo, para el indicador “enseñanza”, se propondrá un número de créditos ECTS para los distintos métodos de enseñanza. El equipo de iTeach definirá los valores medios más adecuados, pero manteniendo cierto grado de libertad; se debe tener en cuenta que una pequeña variación del número de créditos ECTS no puede tener un impacto muy importante a la hora de determinar la eficiencia. Por este motivo, para definir la efectividad propusimos una aproximación de tipo gaussiana:

$$e = \exp\left(-\left(\frac{v - \mu}{\sigma}\right)^2\right)$$

e: efectividad

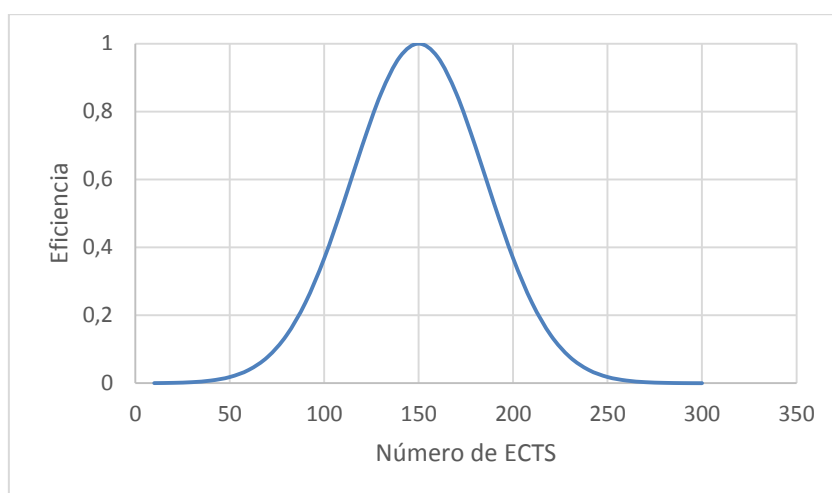
v: valor (en este caso, el número de ECTS para un determinado método de enseñanza)

μ : valor medio (definido por el grupo de asociados)

σ : desviación estándar

La exponencial no se divide por la desviación estándar (a diferencia de una ley gaussiana convencional, cuya integral sería 1), de forma que el valor máximo sea igual a 1.

En el ejemplo que estamos tratando, la eficiencia se muestra como en la figura posterior, con un valor medio de 150 y una desviación estándar de 50.



Además, el parámetro propuesto podría ser multiplicado por un factor de corrección, al tener en cuenta la importancia relativa del parámetro determinado en la definición global del indicador. Estos factores también deberían ser definidos por el conjunto del grupo.

También existirán parámetros que puedan ser definidos como “SÍ” o “NO”. En estos casos, se añadirá un valor concreto en función de la presencia o ausencia de dicho parámetro.

De esta forma, para el indicador “enseñanza”, los parámetros propuestos podrían definirse como en la siguiente tabla:

Teaching		Mean value	Standard Deviation	Score
	Hours (or ECTS) of classical lectures	100	30	$e = 12 \exp\left(-\left(\frac{v - \mu}{\sigma}\right)^2\right)$
	Hours (or ECTS) of tutorials	50	30	$e = 12 \exp\left(-\left(\frac{v - \mu}{\sigma}\right)^2\right)$
	Hours (or ECTS) of labs	50	30	$e = 12 \exp\left(-\left(\frac{v - \mu}{\sigma}\right)^2\right)$
	Hours (or ECTS) of Problem & Project Based Learnings	50	30	$e = 12 \exp\left(-\left(\frac{v - \mu}{\sigma}\right)^2\right)$
	Hours (or ECTS) of NTICs	50	30	$e = 12 \exp\left(-\left(\frac{v - \mu}{\sigma}\right)^2\right)$
				<i>Maximum score for teaching : 60</i>
	Use of feedback questionnaires, such as SEEQ			<i>If yes : 5, if no : 0</i>
	Learning	Y	n	5/0
	Enthousiasm	Y	n	5/0
	Organization (including course	y	n	5/0

	materials)			
	Group interaction	Y	n	5/0
	Individual rapport	Y	n	5/0
	Breadth	Y	n	5/0
	Examinations	Y	n	5/0
	Assignments	Y	n	5/0
	Overall	Y	n	5/0
	Use of response to feedback questionnaires, such as SEEQ ?	Y	n	15/0
				<i>Maximum score for feedback questionnaire: 60</i>
	Number of teaching hours for an ECTS (an ECTS also includes personal work !)	10	5	$e = 30 \exp\left(-\left(\frac{v - \mu}{\sigma}\right)^2\right)$
	Total hours of formation per year (as given by accreditation bodies)	800	50	$e = 30 \exp\left(-\left(\frac{v - \mu}{\sigma}\right)^2\right)$
				<i>Maximum score for teaching time: 60</i>
	Percentage of students postponed	0	10	$e = 60 \exp\left(-\left(\frac{v - \mu}{\sigma}\right)^2\right)$
				<i>Maximum score for postponing: 60</i>
	Availability for teaching			
	Office on site	Y	n	10/0
	Email adress	Y	n	10/0
	Percentage of time for teaching	100	10	$e = 10 \exp\left(-\left(\frac{v - \mu}{\sigma}\right)^2\right)$
	Number of students/teachers	5	5	$e = 10 \exp\left(-\left(\frac{v - \mu}{\sigma}\right)^2\right)$
	Percentage of permanent teachers	100	10	$e = 10 \exp\left(-\left(\frac{v - \mu}{\sigma}\right)^2\right)$
	Pedagogical formation	Y	n	10/0
				<i>Maximum score for teaching availability: 60</i>
				Total 300

En esta primera propuesta, el valor máximo es 300, que se corresponde con el número total de ECTS de una formación universitaria. Este valor podría ser modificado por decisión del grupo de trabajo.

De igual manera, podrían cuantificarse los parámetros de los demás indicadores:

- Resultados del aprendizaje
- Calidad
- Atractivo
- Relación con la investigación
- Relación con la industria
- Empleo

Como puede apreciarse con mayor detalle en el documento: Documento_adjunto_1.

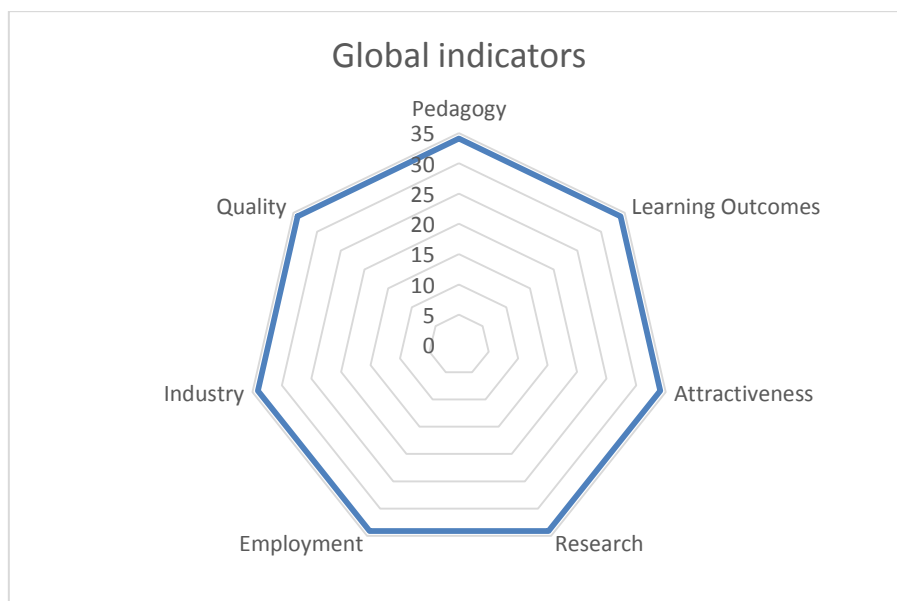
El valor final máximo se dividirá entre el coste de los estudios (teniendo también en cuenta los salarios del país, el coste de la vida...) por año y por estudiante. Para evitar grandes diferencias entre distintos países, este coste estará relacionado con el salario medio nacional. Si por ejemplo, el coste de los estudios es de 15.000 € por año y estudiante, este se dividirá por el salario medio nacional (1.700 € en Francia), lo que da un valor de 8.8.

Conclusión

En esta primera propuesta definimos y cuantificamos siete indicadores, constituidos por 159 parámetros. Se esperaba que algunos de ellos fueran modificados o eliminados tras presentarlos al grupo de trabajo.

Los valores umbral, valores medios y desviaciones estándar también debían ser evaluadas y modificadas por el equipo.

Así, tras la mejora y finalización de la propuesta, la efectividad de la enseñanza podría ser medida a través de estos criterios, como se presentan a continuación. El valor máximo de los indicadores es aproximadamente de 35, ya que se ha dividido 300 entre 8.8.



Tras la presentación de esta primera propuesta, el grupo de trabajo decidió que era demasiado complicado conseguir toda esta información a la hora de evaluar la enseñanza de la carrera de ingeniería química. Buscaban un método que permitiera una evaluación rápida y sencilla, con el menor número de elementos posible. Por este motivo, se modificó el planteamiento inicial y se decidió buscar un marco para evaluar la enseñanza de cada asignatura de forma individual, y no de la carrera en su totalidad.

Esta parte del proyecto todavía se encuentra en proceso y finalizará en el mes de agosto de 2015.

A pesar de que en un principio, en mi equipo dudamos de la efectividad de realizar el estudio desde este punto de vista, en lugar de estudiar la carrera en su totalidad, es cierto que puede resultar más sencillo y la mayor parte del grupo decidió que sería la mejor opción.

A la hora de plantear este punto de vista, realizamos un segundo documento (Documento_adjunto_2) en el que planteamos nuestras dudas al respecto, junto con una propuesta acerca de cómo evaluar las asignaturas. El citado documento constó de las siguientes partes:

I - ¿De qué estamos hablando?

II - Evaluación de los impactos

- La pertinencia
- La evaluación de los conocimientos adquiridos
- La evaluación de la transferencia de conocimiento
- La evaluación de las competencias

III - Evaluación de una materia por los estudiantes

IV - Interdependencias entre diferentes asignaturas

V - Primer acercamiento a la definición de los indicadores de eficiencia de la enseñanza de una asignatura en particular

En este quinto apartado definimos seis indicadores, compuestos cada uno de ellos por una serie de parámetros. La cuantificación se realizará mediante la evaluación de los parámetros con un valor comprendido entre 0 y 5.

En la evaluación de una materia deberán participar todos los grupos relacionados con ella: los estudiantes actuales, los estudiantes de posgrado de ingeniería química, los profesores, el equipo pedagógico y distintos sectores de contratación de estudiantes de posgrado; aplicando un peso al valor de la consideración de cada grupo en función del indicador que se esté estudiando.

Los indicadores que propusimos en este apartado son los siguientes:

- Naturaleza estratégica de la materia
- Pertinencia general de la materia
- Pertinencia pedagógica de la materia
- Percepción por parte de los estudiantes de la pertinencia pedagógica de la materia

- Evaluación de la transferencia de conocimientos
- Evaluación de las adquisiciones

En mayor detalle:

- Naturaleza estratégica de la materia

[0 1 2 3 4 5] (5: muy importante; 4: importante; 3: importante; 2: útil; 1: algo útil; 0: innecesario).

Compuesto por los parámetros:

- Análisis de las necesidades, realizado por el equipo pedagógico o comité de dirección,
- Enfoque prospectivo (evolución de las necesidades, los mercados de trabajo nacionales e internacionales, la evolución de la cultura de los estudiantes, etc.)
- Comparación con otras asignaturas de la competencia, benchmarking
- Pensamiento estratégico
- Capacidad de adaptación de la formación especializada (por ejemplo, flexibilidad para el cambio por parte de los maestros)
- Reflexión acerca de cómo esta unidad didáctica se inscribe en el atractivo de la formación hacia los futuros estudiantes

Los pesos propuestos para este indicador son de:

0 para los estudiantes.

1 para los graduados.

2 para el personal académico.

2 para los profesionales de la industria.

De forma que la suma total de los pesos es igual a 5.

- Pertinencia general de la materia

[0 1 2 3 4 5] (5: muy importante; 4: importante; 3: importante; 2: útil; 1: algo útil; 0: innecesario).

Compuesto por los parámetros:

- Impacto esperado de la materia en el campo de la salida en el futuro
- Relaciones con otras materias (interdependencias)
- Las acciones más apropiadas para lograr la consecución de los objetivos educativos
- Optimización de los perfiles de los estudiantes, tanto individual como colectivamente, para lograr alcanzar los objetivos fijados
- Selección de admisión, un requisito previos
- Duración de la materia, nivel
- Posición en el plan de estudios

Los pesos propuestos para este indicador son de:

1 para los estudiantes.

1 para los graduados.

2 para el personal académico.

1 para los profesionales de la industria.

De forma que la suma total de los pesos es igual a 5.

○ Pertinencia pedagógica de la materia

[0 1 2 3 4 5] (5:muy importante; 4: importante; 3: importante; 2: útil; 1: algo útil; 0: innecesario).

Compuesto por los parámetros:

- Informar acerca de las progresiones, evaluación de las adquisiciones
- Definición en términos de resultados de aprendizaje
- Determinar los recursos movilizados
- Determinar los recursos disponibles
- Documentar la trayectoria
- El nivel de autonomía
- La integración de las diferencias individuales

Los pesos propuestos para este indicador son de:

1 para los estudiantes.

1 para los graduados.

3 para el personal académico.

0 para los profesionales de la industria.

○ Percepción por parte de los estudiantes de la pertinencia pedagógica de la materia

[0 1 2 3 4 5] (5: muy bueno; 4: bueno; 3: medio; 2: pobre; 1: muy pobre; 0: necesario un cambio).

Compuesto por los parámetros:

- Evaluación de la calidad de la unidad didáctica de la formación: de algunas partes o de la materia completa
- Comprensión de la importancia de la materia para la profesión futura
- Claridad de los objetivos de la materia
- Nivel de formación necesario
- Amplitud de la materia
- Tiempo dedicado
- Métodos de enseñanza que se han implementado
- Importancia de los vínculos con las demás asignaturas impartidas

Los pesos propuestos para este indicador son de:

5 para los estudiantes.

0 para los graduados.

0 para el personal académico.

0 para los profesionales de la industria.

○ Evaluación de la transferencia de conocimientos

[0 1 2 3 4 5] (5: muy bueno; 4: bueno; 3: medio; 2: pobre; 1: muy pobre; 0: necesario un cambio).

Compuesto por los parámetros:

- Estimación de la importancia de la materia, si el estudiante hubiese seguido todas las otras materias, excepto esta en particular.
- Relaciones de la materia con la realidad del campo de futuro trabajo.
- Calidad de la transferencia de conocimiento durante el trabajo práctico; durante las prácticas en empresa:
 - ¿Qué porcentaje de la materia ha sido útil durante las prácticas en empresa?
 - ¿Qué partes se pueden considerar útiles para el futuro?
 - ¿Qué partes se pueden considerar innecesarias?

Los pesos propuestos para este indicador son de:

2 para los estudiantes.

1 para los graduados.

2 para el personal académico.

0 para los profesionales de la industria.

○ Evaluación de las adquisiciones

[0 1 2 3 4 5] (5: muy bueno; 4: bueno; 3: medio; 2: pobre; 1: muy pobre; 0: necesario un cambio).

Compuesto por los parámetros:

- Control de los conceptos
- Capacidad de extender estos conceptos a nuevos problemas
- Los conocimientos y su comprensión
- Análisis de ingeniería y diseño
- Las investigaciones y prácticas
- Capacidad para realizar búsquedas y participar en la innovación
- Habilidades transferibles

Los pesos propuestos para este indicador son de:

0 para los estudiantes.

1 para los graduados.

2 para el personal académico.

2 para los profesionales de la industria.

En la última semana de junio, trabajamos en una cuantificación más precisa de estos parámetros. Traté de aplicar esta nueva metodología y responder a estas preguntas estudiando distintas asignaturas que he cursado en España, para comprobar si estaba bien formulado, o si era necesario plantear las preguntas desde un punto de vista diferente. De esta forma, comenzamos a modificar este último documento, orientándolo a una mayor sencillez de respuesta, y una cuantificación más clara de los parámetros de estudio.