

## **Las máquinas de aprender: un modelo estadístico para la aplicación de los créditos ECTS.**

**Vicente Riveira Rico<sup>1</sup>, José Angel González Manteca<sup>1</sup>, Ana Moreno Romero<sup>1</sup>, Juan Carlos Coloma López<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Dpto. de Ingeniería de Organización Administración de Empresas y Estadística. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid. Calle José Gutiérrez Abascal, 2. 28006. Madrid.  
[vicente.riveira@upm.es](mailto:vicente.riveira@upm.es) , [jagonzalez@etsii.upm.es](mailto:jagonzalez@etsii.upm.es) , [ana.moreno.romero@upm.es](mailto:ana.moreno.romero@upm.es) , [juanc.coloma@gmail.com](mailto:juanc.coloma@gmail.com)

**Palabras clave:** Crédito ECTS, plan de estudios, rendimiento académico

### **1. Introducción**

Una de las modificaciones de mayor calado en los nuevos planes de estudio, surgidos de la aplicación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), es la contabilización de los créditos asignados a cada asignatura en términos de horas de dedicación de los alumnos a las distintas actividades que deben llevar a cabo para seguir la asignatura. El crédito ECTS se ha establecido sobre la base de una dedicación del alumnos entre 1.500 y 1.800 horas año. Las asignaturas incluidas en cada curso han de sumar 60 créditos ECTS por lo que el equivalente en horas de un crédito estará en el rango de 25-30 horas de dedicación de un alumno (European Communities 2009).

Se presupone que un alumno medio, con esta dedicación deberá superar todas y cada una de las asignaturas del curso, ya que en el Real Decreto 1125/2003 por el que se establece el sistema europeo de créditos, lo define *“la unidad de medida del haber académico que representa la cantidad de trabajo del estudiante para cumplir los objetivos del programa de estudios y que se obtiene por la superación de cada una de las materias que integran los planes de estudios”*. También este mismo Decreto fija en 60 el número de créditos anuales para todos los planes de estudio de las nuevas titulaciones.

En no pocos casos, las universidades han interpretado el margen de dedicación del alumno como una orientación para establecer la equivalencia del crédito ECTS dentro del intervalo de variación dada por la propia definición. Así, si se ha establecido la dedicación anual del alumno en un valor intermedio de 1.650 horas anuales, la equivalencia del crédito ECTS, se fija en 27.5 horas de dedicación total del alumno.

Una vez establecida la equivalencia, la exigencia de trabajo del alumno para cada asignatura se obtiene multiplicando este valor por el número de créditos ECTS de cada asignatura. En consecuencia, para una asignatura cuatrimestral de seis créditos, la equivalencia de dedicación del alumno se fija en 165 horas y para una asignatura anual en 330 horas. La suma de las horas dedicadas de cada una de las asignaturas en un año concreto del plan de estudios será igual a la dedicación anual del alumno que se ha tomado como referencia inicial para el diseño del plan de estudios. Sin embargo, este procedimiento de fijación de un valor para de la dedicación anual de los alumnos y de cálculo de la exigencia en horas de cada asignatura, ignora que ambos valores, dedicación y exigencia, están sujetos a una cierta variación en el

conjunto de la población de alumnos, por lo que bastantes alumnos tendrán una dedicación anual inferior a la fijada como referencia y de igual manera también para bastantes alumnos las horas de trabajo para superar cada asignatura se encontrará por encima de la estimada en función del número de créditos asignados.

La finalidad del trabajo que se presenta es advertir sobre el gran riesgo de que las bases antes expuestas del nuevo diseño curricular, en el que hay un ajuste teórico entre las horas demandadas o exigidas al alumno para el seguimiento de las asignaturas de un curso y las horas que teóricamente el alumno debe aportar, puede conducir a unos muy bajos niveles reales de rendimiento académico y a niveles relativamente elevados de fracaso de los estudiantes, particularmente en los primeros cursos de las titulaciones, en los que además la falta de experiencia es un factor adverso que juega un muy importante papel.

## **2. La teoría de las restricciones**

Durante la década de los ochenta Goldratt (2005) formula la que él denomina *teoría de las restricciones*, e introduce el concepto de “cuello de botella” como elemento singular y característico de su teoría. Establece que si el objetivo de una organización es acortar la duración efectiva de su ciclo de trabajo, incrementar la capacidad productiva y minimizar el inventario contenido en su trabajo en curso, el foco de atención ha de centrarse en los puestos de trabajo o máquinas que están provocando un estrangulamiento del flujo productivo.

Un cuello de botella se produce cuando la capacidad de una máquina que procesa material en curso de fabricación, se aproxima mucho a la carga de trabajo que tiene asignada la máquina como consecuencia de los pedidos que se han de servir a los clientes. La capacidad de la máquina es una de las restricciones del sistema y normalmente es la propia organización la que la fija, tomando como referencia un valor nominal, que en la práctica está sujeto a fluctuaciones de tipo estadístico. La otra restricción es la carga que ha de soportar la máquina, que depende de la programación productiva que se realice, la cual está condicionada por la demanda de mercado, que también está sujeta a fluctuaciones de tipo estadístico.

Habitualmente, en la programación de la producción se asegura que la capacidad sea superior a la carga. Sin embargo, para conseguir un aceptable rendimiento económico tiende a optimizarse el uso de la máquina, lo que en teoría se consigue cuando la holgura (diferencia entre los valores nominales de una y otra) es pequeña, porque entonces la máquina funcionará muy próxima al pleno rendimiento y los costes de procesado serán menores.

Sin embargo, Goldratt advierte que esta optimización puede ser un importante error, porque debido a las fluctuaciones estadísticas de cada una de las dos restricciones, si la holgura es pequeña puede darse el caso de que la carga sea superior a la capacidad de procesado y una parte del material no pueda finalizar la operación en el tiempo establecido y queda retenido ante la máquina esperando que haya capacidad disponible para el procesado. Esta máquina puede constituirse en un cuello de botella del sistema, debido a que en un proceso productivo es frecuente la existencia de lo que Goldratt denomina sucesos vinculados. Para que una operación pueda realizarse en una pieza, otras habrán de haberse realizado y completado previamente. Por tanto, todo el material retenido en esta máquina va a inducir retrasos en todas aquellas máquinas a las que vayan destinadas las piezas que procesa. Si se da el caso de que en alguna de ellas la holgura es estrecha, los retrasos se acumulan, extendiéndose esta perturbación a todo el proceso que queda por delante y los retrasos producidos no pueden ser recuperados a posteriori.

En síntesis, Goldratt concluye que las pretensiones de optimización local, en un proceso productivo, conducen inevitablemente a sistemas globalmente muy ineficientes y que los responsables directos de esta elevada ineficiencia son los cuellos de botella, que a pesar de su número relativamente bajo, condicionan absolutamente el funcionamiento de todo el sistema.

### **3. La aplicación de la teoría de las restricciones a la formación de ingenieros**

Asimilando la formación de los ingenieros (y en general de cualquier titulado) a un proceso de producción, que transforma estudiantes salidos del bachillerato en alumnos y termina por entregar ingenieros, los autores han trabajado, en el marco de proyectos de innovación educativa financiados por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), sobre las aplicaciones de la teoría de Goldratt en el ámbito de la formación universitaria.

Han podido verificar que en este ámbito es perfectamente posible hablar de gestión de procesos (Riveira y Mataix 2004), que efectivamente en un proceso de formación también hay sucesos que están vinculados entre sí y que los resultados académicos están sometidos a fluctuaciones estadísticas. Esta similitud, se basa en la asunción de que cada asignatura es una operación del proceso, que cada operación está sometida a una verificación que es el examen, y que el número de alumnos que obtienen la conformidad varía ampliamente, de unos años a otros y de unas asignaturas a otras, a veces de forma muy aleatoria y difícilmente controlable.

También han podido verificar e identificar la existencia de auténticos cuellos de botella, que estrangulan el flujo de alumnos en su formación y que, al igual que concluye Goldratt, estos cuellos de botella a pesar de ser pocos, del orden de un 15% de las asignaturas del plan de estudios, son los causantes principales de las altas tasas de abandono y del fuerte alargamiento de la duración efectiva de los estudios, en una gran mayoría de las titulaciones de ingeniería (González y otros 2007).

### **4. La analogía base de un nuevo modelo**

Este trabajo consistió en el diseño de un modelo basado en una nueva analogía que trata de encontrar la forma de aplicar nuevamente, de manera fácilmente comprensible, los principios de la teoría de las restricciones. En este caso se asimilan los alumnos a *máquinas* que procesan conocimientos y contenidos, realizando un conjunto de operaciones, simultáneas o sucesivas que son las materias de cada asignatura. El rendimiento de la operación, está directamente relacionado con el tiempo invertido en cada operación, de manera que cuando este tiempo es igual o superior al establecido para cada operación, ésta se considera superada.

#### **4.1. Las restricciones básicas del modelo**

Las dos restricciones básicas de este modelo son también la capacidad y la demanda. La capacidad total de la *máquina* viene dada por la dedicación anual del alumno en horas de trabajo. Esta capacidad se reparte entre cada una de las asignaturas para dar una dedicación del alumno a cada una de ellas. En principio, el modelo asume que el reparto se realiza de manera automática en función del número de créditos asignado a cada asignatura en el plan de estudios. Más adelante se introducen algunas variaciones para matizar este automatismo de reparto.

La otra restricción básica es la demanda, que está fijada por los contenidos de cada asignatura, y calculada para que coincida con las horas teóricas que corresponden a los créditos asignados a cada asignatura. El profesor responsable de la asignatura realizará una tarea previa de

planificación para ajustar la exigencia a una dedicación en horas del alumno, que corresponda a los créditos ECTS asignados por el plan de estudios. En estos planteamientos, subyace la idea de optimizar, ya que la suma de la demanda de todas las asignaturas será igual a la capacidad de la máquina, es decir a las horas anuales que el alumno dedicará al estudio, a la asistencia a clases lectivas, teóricas o prácticas, las horas dedicadas al estudio, las dedicadas a la realización de trabajos y las invertidas en la preparación y realización de los exámenes.

#### **4.2. Las variables básicas del modelo**

El diseño del modelo se basa en una dedicación del alumno de 1.650 horas al año, lo que lleva situar la equivalencia del crédito ECTS en 27,5 horas. Ahora bien, no todos los alumnos de un curso van a dedicar efectivamente las horas establecidas como referencia básica del modelo. En el conjunto de alumnos la capacidad estará sujeta a una variación estadística. Por ello, la capacidad se ha considerado como una variable que sigue una distribución normal con media 1.650 y desviación típica 75. Este valor de la desviación se ha elegido porque es el que correspondería para que el 90% de todos los valores de la variable queden en el intervalo (1.500-1.800), que es el establecido en la definición de crédito ECTS.

El modelo se aplica para un hipotético curso integrado por ocho asignaturas de las cuales dos son anuales y seis cuatrimestrales. Las asignaturas anuales son de doce créditos ECTS cada una de ellas y las cuatrimestrales de seis. Esta es la estructura de primer curso que se ha propuesto para una nueva titulación de graduado en ingeniería, que es algo diferente de la existente en anteriores planes de estudios basados en doce asignaturas cuatrimestrales. El número de alumnos que seguirán el curso se fija en 400 y todos ellos se han de matricular obligatoriamente y por primera vez de las ocho asignaturas (esta es una situación típica en el primer curso de carrera). Este número coincide con la oferta habitual de plazas en una escuela de ingeniería.

Consecuentemente con lo establecido anteriormente, la demanda media para cada asignatura anual será de 330 horas y de 165 para cada una de las asignaturas cuatrimestrales. Nuevamente hemos de considerar la existencia de fluctuaciones estadísticas, ya que no todos los alumnos tendrán la misma necesidad de horas de trabajo para poder superar la asignatura. Por ello, para cada asignatura se considera que la demanda sigue una distribución normal cuyo valor medio será 330 o 165, dependiendo que la asignatura sea anual o cuatrimestral, y cuyo coeficiente de variación en todos los casos es del 10%, lo que sitúa la desviación típica en 33 y 17,5 correspondientemente. El coeficiente elegido es un valor relativamente bajo que corresponde a procesos que se encuentran bajo un cierto control.

Para cada alumno, el modelo calcula las horas que dedicará al estudio, y distribuye la dedicación anual entre las ocho asignaturas utilizando unos coeficientes de reparto que son directamente proporcionales a los créditos de cada asignatura y entre todos han de sumar 1. Por tanto el modelo asigna automáticamente un coeficiente 0.2 para las asignaturas anuales y 0.1 para las cuatrimestrales. Además, el modelo calcula para cada asignatura la demanda de horas necesarias para su superación, de manera que si la demanda de horas es superior a la capacidad asignada el alumno suspende y si es igual o inferior el alumno aprueba la asignatura.

#### **4.3. Otras variables utilizadas en el modelo**

Como es difícil asumir que los alumnos distribuyan su dedicación de manera casi automática entre las asignaturas, se introdujo una nueva variable que permite calcular diferentes

coeficientes de reparto para cada una de las asignaturas. Para ello, el modelo elige para cada asignatura un número aleatorio dentro de un intervalo alrededor de los coeficientes de reparto antes establecidos y luego realiza una normalización, de manera que la suma de todos ellos sea igual a la unidad, con el fin de que la demanda total coincida con la capacidad total. La longitud del intervalo en el que se puede realizar la elección aleatoria se puede fijar mediante el modelo. Inicialmente se ha establecido que el intervalo sea (0,16-0,24) para las anuales y (0,06-0,14) para las semestrales, aunque el modelo permite ajustar la longitud de los intervalos, con una pequeña modificación en los datos de entrada.

Otra variable incorporada al modelo es la probabilidad de aprobar, que inicialmente se consideró dicotómicamente 0 o 1. Para ello, se estableció que la probabilidad de aprobar es una función de la relación existente entre el tiempo de dedicación a una asignatura y el tiempo de demanda calculado para ella. Si esta relación fuese igual o inferior a 0,8, la probabilidad es cero. Si esta relación fuese igual o superior a 1,2 la probabilidad sería 1. Entre ambos extremos la probabilidad crece proporcionalmente con el valor de la relación, siendo 0,5 cuando el valor de la relación es 1, es decir cuando el tiempo de dedicación es igual al demandado. El modelo permite modificar también la longitud del intervalo en el que la probabilidad varía en función de la relación entre dedicación y demanda.

#### **4.4. La posibilidad de abandono de asignaturas**

Los alumnos de los primeros cursos de ingeniería muestran una inclinación a abandonar algunas de las asignaturas para concentrar sus esfuerzos. Ello se debe en gran medida al convencimiento, avalado por la experiencia, de que la superación de todas las asignaturas de un curso es un reto que solamente está al alcance de un pequeño porcentaje de ellos, habitualmente de aquellos que ingresan con nota de acceso más elevadas. En los años más favorables solamente un 15% de los alumnos se presentaron a examen de todas las asignaturas.

Por ello el modelo, en su etapa más avanzada de diseño, contempla la posibilidad de abandono de una o dos asignaturas y que un porcentaje del tiempo que hubiera dedicado el alumno a estas asignaturas se distribuya entre las restantes. Esta posibilidad se contempla exclusivamente para los alumnos cuya dedicación, calculada por el modelo, sea inferior a la media tomada como referencia para calcular la dedicación anual. La probabilidad de abandono es mayor en la medida que la dedicación calculada por el modelo es más baja. Se trata de verificar si la estrategia habitualmente seguida por un amplio colectivo de alumnos, permite al colectivo de alumnos alcanzar un rendimiento académico superior al que obtendrían presentándose a examen de todas las asignaturas.

### **5. Construcción y resultados del modelo**

Para la construcción del modelo se utilizó una combinación de dos herramientas informáticas. La entrada de datos se realiza a través de una hoja de cálculo de Excel en la que se fijan los distintos valores que definen cada variable y mediante la cual se calculan la capacidad (dedicación) y la demanda (exigencia) de un alumno, el reparto de su dedicación entre las distintas asignaturas y la probabilidad de superar cada una de ellas. En la hoja se asigna a cada una de las asignaturas un valor 0 si la asignatura no es superada y un valor 1 si es superada, lo que permite obtener el número de asignaturas superadas.

Como cada promoción es de 400 alumnos, para realizar la iteración de los cálculos se ha utilizado la herramienta Witness, habitualmente utilizada en simulación de procesos de

producción y que se ha adaptado convenientemente. Se ha elegido unja herramienta de simulación porque el objetivo del trabajo va más allá de desarrollar un modelo que trate de dar una aproximación a la realidad de lo que sucede e identificar las variables fundamentales que inciden sobre los hechos y los resultados. Se trata fundamentalmente de poder anticipar respuestas que pudieran dar información relevante sobre lo que podría suceder en uno u otro sentido, una vez implantado un determinado proceso.

Las cuestiones fundamentales a resolver, una vez desarrollado un modelo que reproduzca de manera aceptable la realidad, son: ¿Qué sucedería si....?, que trata de dar respuesta a los resultados esperables si se modifican los valores de las variables de entada, y: ¿Qué habría que hacer para...?, que trata de concretar las modificaciones que habría que realizar en las variables de entrada para conseguir un determinado resultado. En consecuencia, la aproximación del modelo a la realidad es importante, pero lo es mucho más es que la respuesta del modelo ante la modificación de las variables de entrada siga una pauta que pueda ser una anticipación fidedigna de los que pudiera suceder a posteriori una vez implantado el proceso que se pretende simular. Para ello, diseñar un modelo, utilizando una herramienta específica de simulación, cuya base se sustente en una teoría probada y reconocida, es de una importancia capital y para ello la búsqueda de analogías coherentes con los propósitos perseguidos, es la esencia de todo el trabajo desarrollado.

Una vez establecidas los valores de las variables de entrada la combinación de Excel con Witness permite obtener en cuestión de segundos dos tipos de salidas de resultados, referidos al conjunto de los 400 alumnos. De un lado, el número de alumnos que supera cada una de las ocho asignaturas del modelado plan de estudios. De otro la distribución de alumnos en función del número de asignaturas aptas.

Asignatura	Alumnos Aptos	Número de Aptas	Número de alumnos
AS1	206	0	4
AS2	207	1	14
AS3	216	2	51
AS4	199	3	73
AS5	189	4	86
AS6	209	5	97
AS7	198	6	52
AS8	218	7	18
<b>% Aptos</b>	<b>51.3%</b>	8	5
		<b>Promedio</b>	<b>4.1</b>

**Figura 1.** Resultados del modelo para el escenario de referencia

En la Figura 1 se presentan los resultados de lo que supone el escenario de referencia, es decir de aquel en que los datos de entrada se corresponden con los valores tomados como referencia inicial para cada una de las variables del modelo y considerando que no existen abandono de asignaturas. Como puede verse, el número de alumnos que aprueban cada una de las asignaturas es ligeramente variable de unas a otras, Ya que la dificultad de superación es teóricamente la misma para todas ellas, las diferencias se deben a los distintos coeficientes de

reparto del tiempo de dedicación de cada alumno que asigna el modelo a las distintas asignaturas. De promedio, el porcentaje de aprobados se sitúa en el 51,3%.

La otra salida de resultados muestra la distribución de los 400 alumnos en función del número de asignaturas superadas. Esta distribución es una clara confirmación de la teoría subyacente en la concepción del modelo. La optimización de cada una de las teóricas máquinas, igualando los valores medios de la demanda y la capacidad, conduce a un sistema muy ineficiente, ya que el promedio de asignaturas aptas es 4,1 sobre las 8 del plan de estudios y, lo que es aún más importante, el porcentaje de alumnos que aprueba todas las asignaturas es tan solo el 1,25%.

## 6. Contraste y ajuste de resultados del modelo

Los autores han venido realizando el estudio del rendimiento de los alumnos de una escuela de ingeniería (Riveira y otros 2006) basados en los resultados recogidos en las actas de examen, lo que permite realizar un contraste de los datos del modelo con los datos reales de resultados obtenidos por los alumnos. Este contraste tiene algunas limitaciones debido a que la estructura del plan de estudios propuesta para el modelo es algo diferente de la existente en el plan de estudios cuyos resultados se han estado controlando, pero es suficientemente significativa como para enjuiciar la consistencia de los resultados obtenidos del modelo. Además, permite verificar la versatilidad del modelo, en la medida que mediante variaciones introducidas en los valores de las variables básicas, se puede producir una progresiva aproximación de los resultados del modelo con los obtenidos en el seguimiento de la realidad.

### 6.1. Contraste y ajuste de la distribución de alumnos aptos

La Figura 2 muestra la distribución de alumnos aptos que proporciona el modelo y la obtenida en el curso 2006-2007.

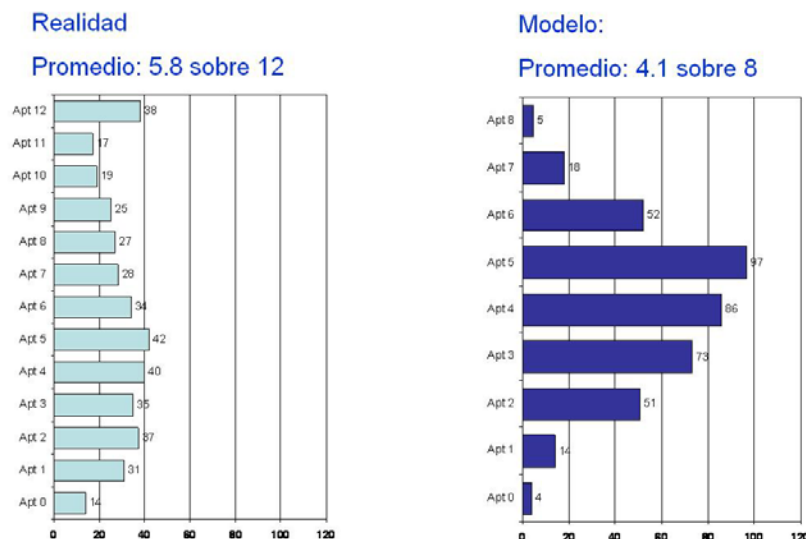
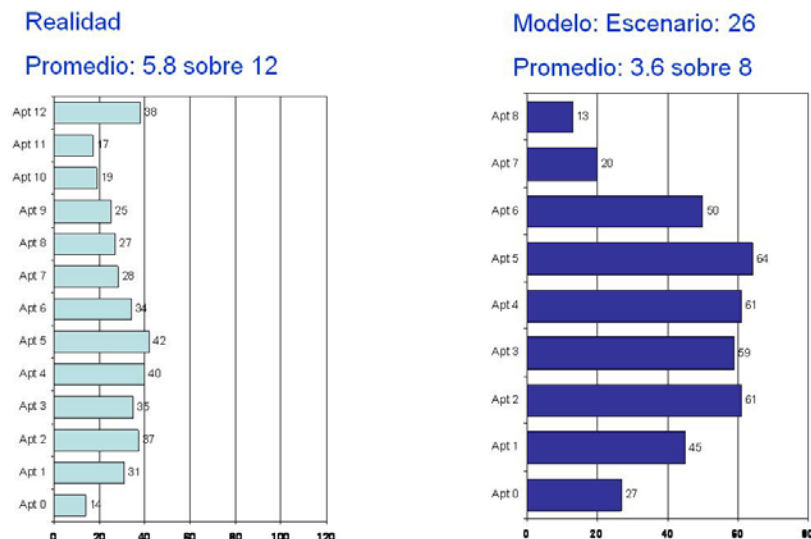


Figura 2. Contraste de resultados del modelo con datos reales

Señalar en primer lugar, que hay una buena aproximación en el promedio de asignaturas aptas, ya que en la realidad este promedio supone el 48,3% de las doce asignaturas del plan real, frente al 51,2% de las ocho asignaturas que muestra el modelo. Hay una evidente similitud entre el perfil de ambas distribuciones, aunque también hay algunas diferencias que

son perceptibles. Los resultados del modelo se muestran más concentrados y más centrados, mientras que en la realidad los valores en los extremos de la distribución son relativamente más altos (mayor dispersión) y la distribución no está centrada, sino que muestra un ligero sesgo hacia los valores más bajos de asignaturas aptas. Un ajuste mayor de los resultados del modelo con la realidad se puede conseguir de forma relativamente sencilla y muy rápida con una ligera variación de los datos de entrada de la variable capacidad. Basta una ligera reducción del valor medio de esta variable y un incremento de la desviación típica para producir una mayor aproximación en el contraste. La Figura 3 muestra ambas distribuciones, modelo y realidad, después de modificar los valores de esta variable de entrada.



**Figura 3.** Ajuste de resultados del modelo con datos reales

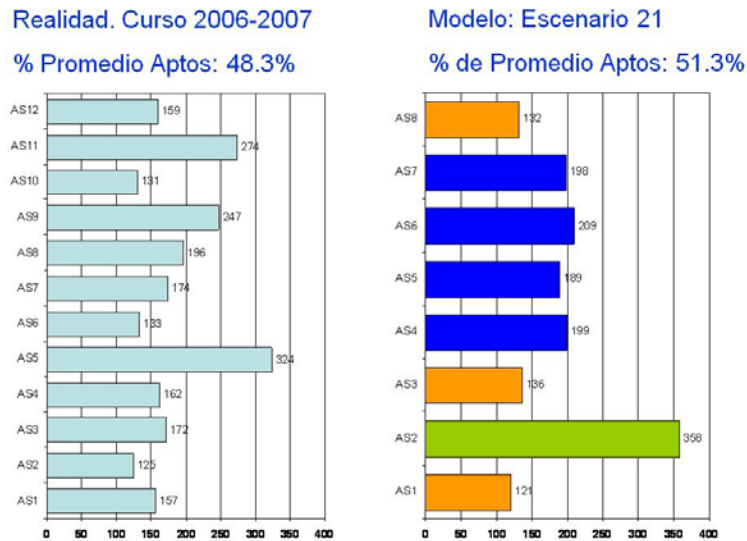
El valor medio de la dedicación se redujo a 1.600 en lugar de los 1.650 utilizado inicialmente y la desviación típica se incrementase desde el valor inicial de 75 a una valor de 175. Esta nueva cifra es más realista, pues se correspondería con un coeficiente de variación del 11,0%, frente al 4,5% de los datos de entrada.

El porcentaje que supone el promedio de asignaturas aptas respecto a las del plan de estudios, 45,0% en el modelo y 48,3 % en la realidad, pero con una evidente mayor similitud en el perfil de ambas distribuciones. La distribución del modelo muestra ahora mayor dispersión con valores más elevados en los extremos y también es visible que está menos centrada, con un ligero sesgo hacia los valores más bajos del número de asignaturas aptas.

## 6.2. Contraste y ajuste del número de alumnos aptos por asignatura

El promedio de alumnos aptos por asignatura en el modelo es de 51,3% frente al 48,3% del modelo. La forma de realizar el ajuste entre ambos valores ya esté descrita en el punto anterior, basta reducir ligeramente el valor medio de la dedicación utilizado inicialmente. Sin embargo, hay una diferencia importante entre los datos que se obtienen del modelo y la realidad, ya que el número de alumnos aptos en cada asignatura muestra poca variación de unas asignaturas a otras, lo que no se corresponde con la realidad, ya que el porcentaje de alumnos que superan las asignaturas es muy variable de unas a otras, siendo mucho más bajo en la asignaturas difíciles y mucho más alto en las fáciles. El ajuste del modelo a esta realidad puede realizarse con relativa facilidad modificando el valor de entrada de la demanda de cada asignatura, como se muestra en la Figura 4.





**Figura 4.** Ajuste de resultados del modelo con datos reales. Alumnos aptos

Bastará un ligero incremento, del orden del 10% en la demanda de unas asignaturas y una reducción equivalente en otras, para generar grandes diferencias en el porcentaje de alumnos aptos. La Figura 4 muestra la comparación entre realidad y modelo cuando se ha modificado el valor medio de la exigencia incrementándolo de 330 a 363 en una asignatura anual y de 165 a 182 en dos asignaturas cuatrimestrales. Paralelamente, se ha reducido la exigencia en la segunda asignatura anual situándola en 264, de manera que la reducción en esta asignatura compensa los incrementos realizados en otras y por ello la demanda global se mantiene en 1.650 horas, que coincide con la dedicación media.

Como puede verse, un incremento de tan solo el 10% en la demanda de tres asignaturas se traduce en una reducción del 60% en el número de alumnos aptos en estas asignaturas, mientras que una reducción del 20% en la demanda de una asignatura se traduce en un incremento del orden del 80% en el número de alumnos que la superan. En conjunto el porcentaje de alumnos que superan las asignaturas se mantiene invariable, pero hay una redistribución que acusa las diferencias dificultad entre asignaturas. Con el ajuste realizado, ambos gráficos muestran un perfil con bastantes similitudes.

## 7. Principales conclusiones del modelo

Cuando se trata de optimizar, reduciendo la holgura necesaria entre capacidad y carga, el modelo muestra que el proceso es ineficiente, porque el rendimiento medio de los alumnos es del orden del 51,3% y el porcentaje de los alumnos que superan todo el curso se reduce a un exiguo 3,8%, aunque en la realidad este porcentaje pueda ser ligeramente superior.

Además, el sistema es muy inestable. Pequeñas diferencias en dedicación media de los alumnos o en pequeños errores en la estimación de la carga de las asignaturas, producen amplias variaciones en el rendimiento medio de los alumnos y muy grandes diferencias en los extremos de la distribución, es decir en el número de alumnos todo apto o de alumnos que no superan ninguna asignatura. Por ejemplo, si la dedicación media de los alumnos fuese un 5% inferior a la de diseño, el rendimiento medio se reduciría un 18% o si la dedicación media exigida por las asignaturas fuese un 5% superior a la de diseño, el rendimiento medio se reduciría en un 16%.

Los resultados del modelo explican en cierto modo la coherencia de la actitud de bastantes alumnos, ante la imposibilidad que ellos ven de superar todas las asignaturas, se concentran en superar el número suficiente para garantizarles la permanencia. Con ello, abandonan unas asignaturas y se concentran en las restantes, lo que de paso les alivia la necesidad de dedicación. El modelo confirma que es una estrategia con bastante sentido, pues abandonando entre una y dos asignaturas, y aún desperdiciando un 50% de las horas que corresponderían a las asignaturas abandonadas, el rendimiento medio del colectivo de alumnos se incrementa hasta el 66,4% y el porcentaje de los que no superan ninguna asignatura se reduce del 4,3% al 0,0%. Lógicamente, esta estrategia también reduce el porcentaje de alumnos que aprueban todas las asignaturas, que cae al 2,3%.

Finalmente, el modelo confirma que la posibilidad de conseguir rendimientos relevantes en el colectivo de alumnos pasa por lograr una holgura significativa, lo que significa que el valor medio de exigencia del conjunto de las asignaturas debe ser significativamente inferior a la dedicación de referencia de los alumnos. Para lograr que un 25% de los alumnos superen las ocho asignaturas sería necesaria una holgura del 15%. Esto significa que si los créditos ECTS se establecen con una referencia de dedicación de 1.650 horas anuales, la equivalencia de cálculo que debiera utilizarse en el diseño y planificación de la asignatura sería de 23,4 horas en lugar de 27,5 horas que son las que actualmente se están utilizando. Además el rendimiento medio de los alumnos debe situarse en el entorno del 77%, lo que supone un salto muy radical ya que actualmente apenas llega al 50%.

Las consecuencias de todo lo encontrado son claras. Para lograr cotas elevadas de rendimiento académico, que puedan propiciar tasas razonables de superación de todo el curso en un año académico, la alternativa más razonable es proporcionar holgura, planificando una demanda media en las asignaturas que en conjunto sea del orden del 15% inferior a la dedicación media estimada de los alumnos. Si por el contrario, se trata de optimizar, suprimiendo la holgura e igualando las previsiones de exigencia de las asignaturas con las de dedicación del alumno, el rendimiento medio será relativamente pobre y la proporción de alumnos que superarán todo el curso muy baja. Más importante es que los alumnos se tomarán por su cuenta la holgura, abandonando tempranamente varias asignaturas, lo que ciertamente les permitirá alcanzar mayores cotas de rendimiento promedio, a la vez que reducen su esfuerzo de dedicación, pero inevitablemente alargarán la duración efectiva de sus estudios.

## **Referencias**

European Communities (2009). ECTS. Education and Culture DG. Users Guide. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2009. pp 11

Goldratt, E. Cox, J. (1990) La meta: un proceso de mejora continua. Ediciones Taular. 3ª Edición. Marzo 1990. ISBN: 84-86484-02-2

González, JA, Mataix, C, Carrasco, J, Riveira, V (2009). Identificación e influencia de los “cuellos de botella” en el alargamiento de la duración efectiva de los estudios de ingeniería. Jornadas de Innovación Educativa en los Estudios de Ingeniería. Universidad de Vigo. Septiembre 2007

Riveira, V, Matix, C, Carrasco, J (2006). Análisis de los factores que influyen en la duración efectiva de los estudios de ingeniería industrial. X Congreso Nacional de Ingeniería de Organización. Valencia. Septiembre 2006