

# Analítica del Aprendizaje para la Evaluación Precisa de la Efectividad del Alumno con Actividades y Recursos Educativos

## *Learning Analytics for the Precise Evaluation of Student Effectiveness with Educational Resources and Activities*

Pedro J. Muñoz-Merino, José A. Ruipérez-Valiente, Carlos Alario-Hoyos,  
Mar Pérez-Sanagustín, Carlos Delgado Kloos  
Departamento de Ingeniería Telemática  
Universidad Carlos III de Madrid  
{pedmume, jruipere, calario, mmmsanag, cdk}@it.uc3m.es

*Resumen*—La mayoría de técnicas de analítica del aprendizaje en cursos online actuales recogen, analizan y muestran datos de bajo nivel acerca de las interacciones de los alumnos con las actividades y recursos educativos. Estos datos se utilizan para detectar alumnos con dificultades en el curso, así como actividades y recursos educativos que resultan conflictivos. En este artículo se presenta la Estrategia de Efectividad Precisa (EEP) que permite calcular de forma cuantitativa la efectividad de los alumnos con actividades y recursos educativos en cursos online teniendo en cuenta diferentes aspectos del contexto de aprendizaje, a partir de eventos de bajo nivel. La EEP se particulariza para actividades y recursos educativos de tipo vídeo y ejercicios de corrección automática. Finalmente, se proponen algunas visualizaciones relacionadas con la efectividad de los vídeos y ejercicios en un curso real de física.

*Palabras clave:* Analítica de aprendizaje, efectividad, recursos educativos, actividades, visualización

*Abstract* — In current online courses, most learning analytics techniques collect, analyze and display low-level data about the interactions of students with educational activities and resources. These data are used to detect students with difficulties in the course, as well as educational activities and resources which might be problematic. This paper presents the Precise Effectiveness Strategy (PES) which enables to calculate the effectiveness of students with educational activities and resources in online courses from low-level events in a quantitative way, taking into account different aspects of the learning context. The PES is particularized for specific educational activities and resources, which are video resources and parametric exercises. Finally, we propose some visualizations related to video and exercise effectiveness in a real course in physics.

*Keywords* – Learning analytics, effectiveness, educational resources, activities, visualization

### I. INTRODUCCIÓN

Según la Real Academia Española, se define *efectividad* como la “capacidad de lograr el efecto que se desea o espera”. De acuerdo con esta definición, la efectividad no tiene en cuenta cómo se lleva a cabo el proceso para la consecución de un objetivo sino solamente el resultado final, es decir si se logra o no dicho objetivo. En el área de la educación, la efectividad se ha definido desde muchas perspectivas distintas. Por ejemplo, algunos autores han definido la *efectividad del alumno con respecto al aprendizaje* (el objetivo final es aprender) [1]. Según esta definición, y dado un conjunto de actividades y recursos educativos que los alumnos llevan a cabo, se puede utilizar la diferencia de puntuaciones obtenida a partir de un pre-test y un post-test para calcular la efectividad del alumno con respecto al aprendizaje [2]. Esta efectividad puede ser distinta para cada alumno dentro una misma clase.

Una definición alternativa de efectividad es la *efectividad del alumno con respecto a actividades y recursos educativos* (el objetivo final es completar las actividades y recursos educativos). En este caso típicamente se tiene en cuenta el número de actividades y recursos educativos y cuántos de ellos han completado los alumnos en un momento dado. Dos alumnos que completan las mismas actividades y recursos educativos obtendrían la misma efectividad. Con el objetivo de obtener una definición más precisa de este tipo de efectividad puede utilizarse un nivel de granularidad menor, teniendo en cuenta el tipo de actividad o recurso educativo y qué parte de éste se ha completado.

Con el fin de avanzar en el reto de proporcionar medidas de la *efectividad del alumno con respecto a actividades y recursos educativos* más precisas, se propone en este artículo la Estrategia de Efectividad Precisa (EEP). La EEP es una estrategia para determinar la efectividad del alumno con

respecto a actividades y recursos educativos en cursos online que tiene en cuenta diferentes aspectos del contexto educativo. La EEP tiene como objetivo poder ofrecer al profesor una medida sencilla y precisa de la efectividad global la clase con respecto a actividades y recursos educativos. Para poder calcular la efectividad se utilizarán técnicas de analítica de aprendizaje, siguiendo el ciclo descrito en [3].

La sección 2 de este artículo está dedicada al estado del arte sobre la efectividad del alumno con respecto a actividades y recursos educativos. La sección 3 define la Estrategia de Efectividad Precisa (EEP) propuesta con el objetivo de proporcionar medidas más precisas de la efectividad del alumno con respecto a actividades y recursos educativos, enumerando y explicando sus diferentes fases de diseño. En la sección 4 se detallan distintas medidas de la efectividad aplicadas a recursos educativos de tipo vídeo y a actividades de tipo ejercicio paramétrico en un contexto real. La sección 5 muestra un ejemplo de cómo visualizar las medidas de la efectividad en el caso de recursos educativos de tipo vídeo y actividades de tipo ejercicio paramétrico. Finalmente, la sección 6 presenta las conclusiones de este trabajo.

## II. EFECTIVIDAD DEL ALUMNO CON RESPECTO A ACTIVIDADES Y RECURSOS EDUCATIVOS

En la literatura relacionada con la educación es posible encontrar diferentes definiciones de efectividad. Una de las más aceptadas es la propuesta en [1], referida a la *efectividad del alumno con respecto al aprendizaje* como “cuánto han aprendido los estudiantes, cómo han dominado las habilidades, y en qué medida pueden aplicar el conocimiento.” Esta definición tan específica ha sido ampliada por otros investigadores al referirse al contexto particular de los cursos online [4], [5]. Por ejemplo, los autores de [4] identifican tres factores que se tienen típicamente en cuenta a la hora de determinar la *efectividad del alumno dentro de una situación de aprendizaje o curso*: los resultados del alumno, el comportamiento del alumno, y la satisfacción del alumno. Para evaluar estos tres factores de forma cuantitativa y objetiva autores como [1] han recogido métodos frecuentemente utilizados y que incluyen: métodos para evaluar los resultados del alumno (p. ej. notas, exámenes, proyectos, etc.), métodos para evaluar el comportamiento del alumno (p. ej. número y frecuencia de las contribuciones en herramientas sociales); y métodos para evaluar la satisfacción del alumno (p. ej. cuestionarios para medir el nivel de satisfacción, así como el tiempo y esfuerzo dedicados).

En el trabajo de investigación [5] se da un paso más allá. Este trabajo propone definir y evaluar la *efectividad del alumno dentro de una situación de aprendizaje o curso* con respecto a tres elementos distintos, teniendo en cuenta las interacciones que el estudiante realiza con ellos: a) sus compañeros; b) los profesores; y c) las actividades y recursos educativos. Con respecto a las interacciones que lleva a cabo el alumno con actividades y recursos educativos, autores como [6] han medido y registrado eventos de bajo nivel en vídeos que contenían clases magistrales y explicaciones del profesor. Algunos de estos eventos de bajo nivel incluyen por ejemplo pulsar “siguiente” para saltar al vídeo siguiente, pulsar “anterior” para volver al vídeo previo, y también movimientos

hacia adelante y hacia atrás a lo largo de un mismo vídeo. En la misma línea de analizar las interacciones que lleva a cabo el alumno con actividades y recursos educativos, autores como [7] han analizado la interacción de los alumnos con vídeos, y otros como en [8] han profundizado en las interacciones que se producen entre alumnos y ejercicios paramétricos, como por ejemplo la petición de pistas. A partir de todos estos eventos de bajo nivel con actividades y recursos educativos se han propuesto perfiles de alto nivel para ofrecer al profesor una clasificación de los estudiantes en función de su comportamiento. Ejemplos de perfiles de alto nivel que pueden encontrarse en la literatura en función de acciones sobre actividades y recursos educativos son: abusador de pistas, evitador de pistas, evitador de vídeos, o usuario no reflexivo [9], [10]. También en [10] se da una medida de la efectividad de los alumnos con vídeos y ejercicios pero esta medida no tiene en cuenta diferentes factores como los considerados en EEP.

En este contexto la literatura muestra dos tendencias importantes. Por un lado, actualmente es posible utilizar la analítica del aprendizaje para recoger eventos de bajo nivel acerca de las interacciones de los alumnos con actividades y recursos educativos. Por otro lado estos eventos pueden utilizarse para ofrecer medidas de la *efectividad del alumno con respecto a actividades y recursos educativos*, siendo éstos uno de los tres elementos a tener en cuenta dentro de una actividad o curso, junto con: sus propios compañeros y los profesores [5]. Poder calcular medidas precisas de la *efectividad del alumno con respecto a actividades y recursos educativos* es el primer paso para poder ofrecer al profesor una representación visual de la efectividad global de la clase con respecto a las actividades y recursos educativos, organizando así de forma simple y precisa la gran cantidad de interacciones que generan los estudiantes sobre las actividades y recursos educativos en cursos online.

## III. ESTRATEGIA DE EFECTIVIDAD PRECISA (EEP)

La Estrategia de Efectividad Precisa (EEP) es una metodología para determinar la *efectividad del alumno con respecto a actividades y recursos educativos* en cursos online. Esta metodología tiene en cuenta distintos factores del contexto de aprendizaje específico donde se quiere medir la efectividad, tales como los tipos de actividades y recursos educativos que deben completar los alumnos y las relaciones entre ellos. Por tanto, en lugar de utilizar factores genéricos para el cálculo de la efectividad del alumno con actividades y recursos educativos, se particularizan las medidas de la efectividad para cada contexto, siguiendo la metodología propuesta en EEP, y tal y como se indica en los ejemplos recogidos en la siguiente sección. La contribución fundamental de EEP es dar unas medidas más precisas de efectividad (p. ej. funciones no lineales) teniendo en cuenta el contexto educativo.

La EEP propone un proceso a seguir para calcular la efectividad del alumno con respecto a actividades y recursos educativos compuesto por 4 fases:

1. *Fase de selección de tipos de actividades y recursos educativos*. De los múltiples tipos de actividades y recursos educativos que puede tener un curso, se deben seleccionar aquéllos que se quieran tener en cuenta

para el análisis de la efectividad (p. ej. actividades de tipo ejercicio paramétrico y recursos de tipo vídeo). Típicamente, estas actividades y recursos serán seleccionados a criterio del profesor. Este criterio puede ser de distinta naturaleza y considerar por ejemplo el número de veces que aparece un mismo tipo de recurso a lo largo del curso o el peso que se le otorga a cada recurso en la nota final. Por ejemplo, en un curso que incorpora vídeos, es posible que los vídeos iniciales, más introductorios, con un fin motivador, y que no cubren materia, no se tengan en cuenta para el cálculo de la efectividad.

2. *Fase de cálculo de la efectividad del recurso educativo.* Para cada actividad y recurso educativo se debe proporcionar una medida que permita calcular su efectividad individual. Esta medida será una función matemática que represente una variable continua en el rango [0-1]. Para definir esta medida hay que tener en cuenta las características comunes y propias de la actividad o recurso. Por ejemplo, para un recurso de tipo vídeo, una característica común a considerar podría ser que los primeros 15 segundos estén dedicados a la presentación institucional, por lo que el visualizar estos instantes del vídeo no produce un aumento de la efectividad individual al trabajar con este tipo de recurso. Por otro lado, una característica específica en un recurso de tipo vídeo podría ser la existencia de fragmentos temporales concretos en un determinado vídeo donde se transmite la información más importante del curso. Otra característica específica en un recurso educativo de tipo vídeo podría ser la existencia de fragmentos de tiempo que estén relacionados unos con otros dentro del mismo vídeo, por lo que, en ese caso, la medida a proponer para el cálculo de la efectividad en ese vídeo debería tener en cuenta las relaciones entre esos fragmentos.
3. *Fase de cálculo de la efectividad de todas las actividades y recursos educativos de un mismo tipo.* En esta fase se calcula la efectividad de cada actividad y de cada recurso, en función de las otras actividades y recursos del mismo tipo que el profesor haya definido dentro del curso. Es decir, para cada tipo de actividad se asignan pesos a cada una de las actividades que pertenecen a ese tipo, teniendo en cuenta su importancia en el curso y las relaciones que existan entre ellas; las actividades con menor importancia en el curso y con un mayor relación entre sí recibirán un peso menor. Lo mismo se aplica para cada tipo de recurso educativo. Al final de este proceso se deberá ofrecer una medida del cálculo de la efectividad para cada tipo de actividad y para cada tipo de recurso, representada como una función matemática con una variable continua en el rango [0-1].
4. *Fase de cálculo de efectividad global.* En esta fase, la efectividad de cada actividad y de cada recurso educativo de un mismo tipo se calcula de forma dependiente, no sólo con actividades o recursos del mismo tipo, sino con actividad o recursos de tipos diferentes. Entre los factores a tener en cuenta aquí se

incluye el cómo unas actividades o recursos se relacionan entre sí, por ejemplo si hay relaciones entre el contenido de un vídeo y el de un ejercicio. Al final de este proceso se deberá ofrecer una medida del cálculo de la efectividad global del curso como una función matemática con una variable continua en el rango [0-1].

#### IV. EJEMPLOS DE CÁLCULO DE EFECTIVIDAD

A continuación se exponen varios ejemplos de cálculo de efectividad siguiendo la metodología EEP en un curso real basado en vídeos y ejercicios paramétricos. Este es un curso 0 para estudiantes de nuevo ingreso de la Universidad Carlos III de Madrid donde los alumnos deben repasar conceptos de física. La universidad pone a disposición de los alumnos durante aproximadamente un mes una plataforma virtual basada en la plataforma Khan Academy con contenidos en forma de vídeos y ejercicios donde los alumnos pueden practicar diferentes conceptos clave previamente a las clases presenciales que tienen lugar durante una semana. El curso está formado por aproximadamente unos 30 vídeos, cada uno de los cuales puede tener una duración media de 10 minutos. Cada uno de estos vídeos tiene además al menos un ejercicio asociado en el que se practica el concepto que ha sido explicado. Más de 100 alumnos estuvieron registrados en el curso de física.

En las dos primeras subsecciones se ofrecen medidas para el cálculo de la efectividad en la fase 2 para dos tipos diferentes de recursos educativos y actividades: vídeos y ejercicios paramétricos. En la última subsección se indica cómo ofrecer medidas para el cálculo de la efectividad en las fases 3 y 4 de la EEP.

##### A. *Cálculo de la efectividad del alumno con recursos de tipo vídeo*

La medida de la efectividad del alumno a la hora de ver cada uno de los vídeos de curso va a estar comprendida entre 0 y 1. Se considera que la efectividad es 0 si el usuario no ha empezado el vídeo y que es 1 si lo ha visualizado totalmente. Sin embargo, la evolución de la efectividad entre estos dos puntos no tiene por qué ser una función lineal, ya que debe adaptarse a las características que presenta el vídeo dentro del contexto educativo. En el caso particular de análisis estas características se detallan a continuación.

- Todos los fragmentos que componen cada vídeo son igual de relevantes. Por lo tanto, no hay instantes temporales dentro de un vídeo que tengan más importancia que otros.
- Los diferentes fragmentos de un vídeo están relacionadas entre sí, agregando explicaciones sobre el mismo concepto básico definido al principio, a medida que el vídeo avanza. Esto hace que un estudiante que haya visto solamente una parte del vídeo (p. ej. la primera mitad), no obtenga un progreso proporcional de la efectividad con este tipo de recurso (siendo dicha efectividad menor que 0,5).
- El formato de los vídeos diseñados es corto (unos 10 minutos), por lo que permite al profesor abordar un

concepto autocontenido que no requiere de otros vídeos adicionales para ser completado.

En función de estas premisas se propone una función en la cual el eje x hace referencia al porcentaje del vídeo completado (de 0 a 100) y el eje y a la efectividad del alumno con respecto a dicho vídeo en función del porcentaje completado. Esta función, presentada en la Fig. 1, no es lineal sino curva, debido a las características del tipo de vídeo comentadas previamente. Como se puede ver, el valor de la derivada en los valores bajos del eje x será menor que en los valores altos, debido a que si el estudiante sólo ve una parte del vídeo, no aprenderá linealmente, ya que la explicación del concepto se construye a lo largo de todo el vídeo y el estudiante no podrá conectar toda la información proporcionada en el vídeo para comprender globalmente el concepto.

Esta función permitiría calcular la efectividad del alumno con un recurso educativo concreto. Para calcular el valor de la efectividad global del alumno con todos los vídeos del curso habría que realizar un sumatorio ponderado del cálculo individual de la efectividad del alumno con cada vídeo, en el que los pesos podrían determinarse en función de la importancia de cada vídeo en el curso.

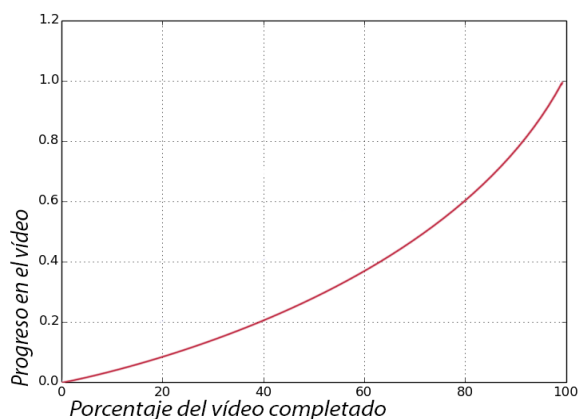


Figura 2. Función para el cálculo de la efectividad del alumno con un recurso educativo de tipo vídeo, bajo las características indicadas en IV.A.

### B. Cálculo de la efectividad del alumno con actividades de tipo ejercicio paramétrico

De forma similar a lo visto en el punto anterior, la medida de la efectividad del alumno a la hora de completar actividades de tipo ejercicios paramétrico estará comprendida entre 0 a 1, y tendrá en consideración las características que presenta el ejercicio paramétrico concreto. En los ejercicios paramétricos es importante tener en cuenta que cada vez que se ejecuta el mismo ejercicio varían los datos del mismo (las variables), aunque se mantiene el enunciado. Si el alumno no ha completado correctamente el ejercicio paramétrico ninguna vez, se considera que la efectividad es 0. Si ha completado correctamente el ejercicio N veces (con N un valor definido por el profesor en función del área de conocimiento y de la dificultad del ejercicio), se considera que ha comprendido el concepto y por lo tanto su efectividad es 1. Sin embargo, la evolución de la efectividad entre estos dos extremos tampoco

tiene por qué ser una función lineal, ya que debe adaptarse a las características que presenta el ejercicio paramétrico concreto dentro del contexto educativo. En el caso particular que se está analizando se presentan a continuación estas características.

- La dificultad de resolver un ejercicio paramétrico por primera vez es mayor que en los sucesivos intentos. Esto es debido a que el enunciado se mantiene constante, aunque los valores que presentan las variables cambian cada vez que se ejecuta de nuevo el ejercicio. Por lo tanto, una vez que el estudiante aprende a resolver correctamente el ejercicio paramétrico, le será más sencillo resolverlo de nuevo.
- Se asume que una vez que el estudiante ha resuelto el ejercicio paramétrico por primera vez, la probabilidad de que lo resuelva correctamente aumenta con los sucesivos intentos.
- Cuando un estudiante ha resuelto el ejercicio paramétrico N veces se asume que ha adquirido el concepto y que la probabilidad de que lo resuelva incorrectamente en sucesivos intentos es muy baja.

En función de estas premisas se propone una función para calcular la efectividad del alumno con los ejercicios paramétricos que responden a estas características. En el eje x de esta función se representa el número de ejercicios resueltos correctamente (hasta un máximo de N en el que se consideraría que ha dominado el concepto) y en el eje y la efectividad obtenida en función del número de ejercicios resueltos. Se puede observar dicha gráfica en la Fig. 2, particularizada para N = 8. Debido a las características que se han comentado de los ejercicios paramétricos, esta función no será lineal sino curva. El valor de la derivada de esta curva en los valores bajos de x será mayor que en los valores altos. Esto es debido a que una vez que el estudiante consigue resolver por primera vez el ejercicio correctamente la probabilidad de que sepa responder correctamente la siguiente ejecución de dicho ejercicio será mayor. Consecuentemente, si el estudiante ya ha respondido correctamente varias veces el mismo ejercicio, la probabilidad de responderlo correctamente en la siguiente ejecución es alta.

Las derivadas en los diferentes puntos de las curvas de las

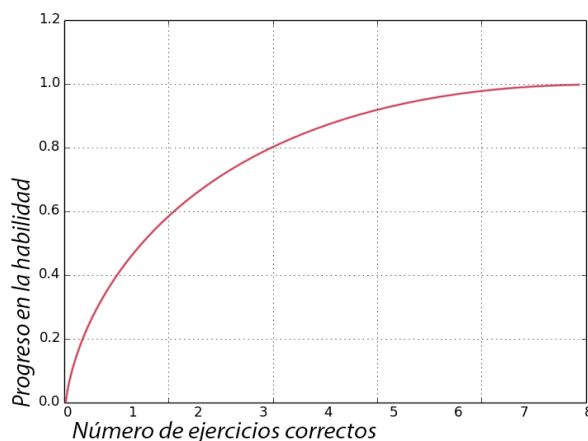


Figura 1. Función para el cálculo de la efectividad del alumno con una actividad de ejercicio paramétrico, bajo las características indicadas en IV.B

Figs. 1 y 2 podrían variar aun siguiendo las características establecidas y sería recomendable una validación futura de las mismas.

### C. Efectividad en las fases 3 y 4

En el caso de que todas las actividades del mismo tipo (p. ej. ejercicios paramétricos) sean independientes entre sí en sus contenidos, pero cada una de ellas tenga una importancia relativa con respecto al total, entonces para calcular la efectividad de todas las actividades del mismo tipo hay que realizar una suma ponderada de la efectividad individual de cada una de las actividades que haya en un curso. El peso de cada actividad sobre la efectividad global puede variar en función de su importancia y dificultad. Esto mismo aplica a los recursos educativos. Así por ejemplo, en el caso de un curso de física donde el vídeo de la ley de Ohm se considere que tiene una importancia relativa con coeficiente 1.2 mayor que el vídeo de sistemas de unidades, siendo ambos contenidos independientes, entonces ese mismo peso relativo debe tenerse en cuenta para el cálculo de la efectividad. En el mismo curso, si de acuerdo a la importancia del ejercicio se considera que el ejercicio del plano inclinado es 2 veces más importante que un ejercicio sobre cargas, también se tendrá que tener en cuenta del mismo modo en los coeficientes.

Por otro lado, si un conjunto de actividades y/o recursos de distintos tipos están relacionados en sus contenidos, entonces a la hora de calcular la efectividad global del curso se podrían definir coeficientes de corrección para cada actividad y/o recurso en función de las actividades y/o recursos que previamente haya completado el alumno. Así, si hay por ejemplo un ejercicio de plano inclinado que es la aplicación concreta de un ejercicio que se explicó en un video asociado de plano inclinado y dichos ejercicios no tienen relación con ninguna más de las actividades, entonces se podría asociar a cada uno de ellos dos coeficientes de efectividad diferentes: cuando no se ha visto el otro recurso, tras haberse visto ese recurso. En general, si hay relaciones entre N recursos educativos, en cada uno de ellos se tendrán que definir un total de tantas medidas de efectividad como permutaciones de (N-1) elementos, ya que se debe asignar un peso de efectividad por cada combinación de recursos distintos previamente vista.

### V. EJEMPLO DE VISUALIZACIÓN

La EEP y las medidas de la efectividad de los alumnos con las actividades y recursos educativos pueden ser utilizadas con diferentes objetivos dependiendo del contexto educativo y de lo que se quiera conseguir. Estas medidas permiten proporcionar al profesor un valor cuantitativo preciso que representa: a) la efectividad de cada alumno con cada tipo de actividad o recurso educativo del curso; b) la efectividad global de cada alumno con todos los tipos de actividades y recursos educativos del curso. De esta forma el profesor puede fácilmente realizar un seguimiento de la evolución de cada alumno a lo largo del curso. La Fig. 3 muestra un ejemplo de visualización que utiliza estas medidas con dos tipos de actividades y recursos educativos (vídeos y ejercicios paramétricos) y que permite comprobar la evolución de un usuario en un curso. Esta figura es una ilustración de cómo se podrían utilizar estas medidas, pero no está basada en datos

### Evolución temporal de la efectividad

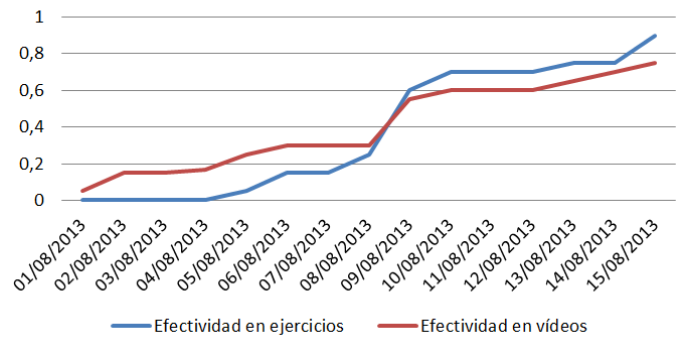


Figura 3. Ejemplo de visualización de la evolución temporal de la efectividad de un alumno con dos tipos de actividades y recursos educativos (vídeos y ejercicios paramétricos)

reales. El eje x muestra la evolución a lo largo del tiempo en días y el eje y la efectividad en función del tiempo. La Fig. 3 muestra además la evolución temporal de la efectividad del alumno con ejercicios paramétricos (azul) y con vídeos (rojo). En un contexto en el que los alumnos primero visualizan vídeos y después llevan a cabo ejercicios paramétricos relacionados, la evolución esperada en cuanto a la efectividad sería incrementar primero la efectividad global con vídeos y posteriormente la efectividad global con ejercicios, aunque en estudiantes reales es posible encontrar casos muy heterogéneos. La medida de la efectividad global de cada alumno con todos los tipos de actividades y recursos del curso puede utilizarse también para ver la tendencia general de la clase, y detectar si los alumnos han sido más efectivos con ciertos tipos de actividades y/o recursos, o si por el contrario han obtenido una efectividad similar para todos los tipos de actividades y/o recursos.

Para observar la tendencia general de la clase en cuanto a la efectividad se recomienda utilizar gráficas del tipo *scatter plot* en el que se enfrenta la efectividad en dos tipos diferentes de actividades y/o recursos en los ejes x e y. La Fig. 4 muestra

### Distribución de la efectividad

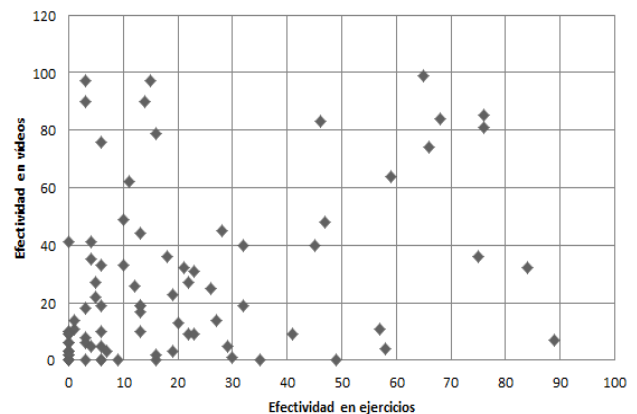


Figura 4. Distribución de la efectividad de los alumnos con vídeos y ejercicios paramétricos en un curso real.

este tipo de gráfica con datos reales de alumnos en el curso de física a los que se les ha aplicado métricas de la efectividad para los recursos de tipo vídeo así como para las actividades de tipo ejercicio paramétrico. Se puede observar a cada alumno como un punto de la gráfica. Las mayores agrupaciones muestran las tendencias de los alumnos en la clase, destacando aquellos con una baja efectividad tanto con vídeos como con ejercicios paramétricos. Por otra parte, también se puede comprobar que hay casos extremos de alumnos que han avanzado principalmente en vídeos o en ejercicios paramétricos. En función de estos datos el profesor podría decidir actuar para por ejemplo tratar de motivar a realizar ejercicios a aquellos alumnos que solo ven vídeos.

De forma generalizada se podría resumir en una figura los tres posibles comportamientos de los alumnos en una clase online basada en vídeos y ejercicios paramétricos. La Fig. 5 muestra mediante flechas estos tres comportamientos: alumnos que avanzan efectivamente solamente con vídeos; alumnos que avanzan efectivamente solamente con ejercicios paramétricos; y alumnos que avanzan efectivamente haciendo una progresión más equitativa.

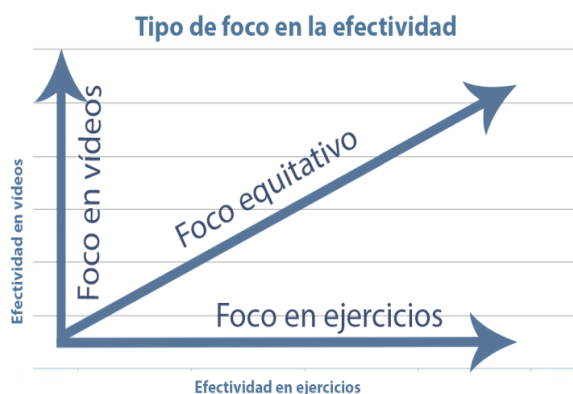


Figura 5. Detección de tres comportamientos de alumnos dependiendo de si avanzan de forma más efectiva con vídeos, con ejercicios, o con ambos.

## VI. CONCLUSIONES

Este artículo parte de la necesidad existente de ofrecer a los profesores medidas precisas de la *efectividad del alumno con respecto a actividades y recursos educativos* en cursos online, a partir de la recogida y análisis de eventos de bajo nivel (interacciones del alumno con estas actividades y recursos), y teniendo en cuenta el contexto educativo del curso. Con este objetivo se propone la metodología EEP, la cual incluye un conjunto de 4 fases diferentes: selección de los tipos de actividades y recursos educativos, cálculo de la efectividad de cada actividad y recurso educativo de manera independiente, cálculo de la efectividad de todas las actividades y recursos educativos de un mismo tipo, y cálculo de la efectividad global teniendo en cuenta las relaciones entre todas las actividades y recursos educativos del curso. Es importante tener en cuenta que a lo largo de estas cuatro fases, las funciones matemáticas que permiten calcular la efectividad pueden volverse muy complejas, y por tanto es necesario tomar una solución de

compromiso entre la precisión de las medidas de efectividad y la complejidad de su cálculo.

Por otro lado, este artículo ha mostrado la aplicación de la EEP a vídeos y ejercicios paramétricos que presentan un conjunto de características dadas.

El cálculo de estas métricas permite realizar diferentes tipos de visualizaciones. Es importante que las visualizaciones que el analista realice estén acorde a lo que los profesores necesiten para tomar decisiones a lo largo de la evolución del curso.

Como trabajo futuro se puede explorar la aplicación de EEP a otros tipos de vídeos y ejercicios con características diferentes, así como a tipos de actividades distintas. Así mismo, se podría realizar la comparación de cursos reales. También una línea interesante sería relacionar la efectividad con otros parámetros del aprendizaje como ante ciertos comportamientos de los alumnos cuando interaccionan con la plataforma. Otra línea de mejora sería contrastar los resultados de la metodología EEP con otras medidas de efectividad.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo parcialmente financiado por el proyecto EEE, "Plan Nacional de I+D+I TIN2011-28308-C03-01" y el proyecto "Emadrid: Investigación y desarrollo de tecnologías para el e-learning en la Comunidad de Madrid" de la Comunidad de Madrid (S2009/TIC-1650).

## REFERENCES

- [1] Hiltz, S. R., Arbaugh, J. B. Improving Quantitative Research Methods in studies of Asynchronous learning Networks (ALN). Elements of Quality Online Education, Practice and Direction. Needham, MA: Sloan Center for Online Education, (2003), 59-72.
- [2] Joy, E.H., García, F.E. "Measuring learning effectiveness: A new look at no-significant-difference findings", Journal of Asynchronous Learning Networks, 3, 1 (2000), 33-39.
- [3] Clow, D. The learning analytics cycle: closing the loop effectively, In Proc. LAK' 12, (2012), 134-138
- [4] Moody, D.L., Sindre, G. Evaluating the Effectiveness of Learning Interventions: An Information Systems Case Study, In Proceedings of the ECIS 2003, (2003), 1311-1326.
- [5] Swan, K. Learning effectiveness: what the research tells us. In J. Bourne & J. C. Moore (Eds.) Elements of Quality Online Education, Practice and Direction. Needham, MA: Sloan Center for Online Education, (2003), 13-45.
- [6] Zhang, D., Zhou, L., Briggs, R.O., Nunamaker Jr., J.F. Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness, Information & Management, 43, 1 (2006), 15-27.
- [7] Gasevic, D., Mirriahi, N., Dawson, S. Analytics of the Effects of Video Use and Instruction to Support Reflective Learning, Proc. LAK 2014 (2014), 123-132.
- [8] Feng, M., Heffernan, N.T., Koedinger, K.R. Predicting state test scores better with intelligent tutoring systems: developing metrics to measure assistance required. In Proceedings of the ITS 2006, (2006), 31-40.
- [9] Aleven, V., McLaren, B.M., Roll, I., Koedinger, K.R. Toward Metacognitive Tutoring: A Model of Help Seeking with a Cognitive Tutor, Int. Journal of Artif. Intelligence in Education, 16, 2 (2006), 101-128.
- [10] Muñoz-Merino, P.J., Ruipérez-Valiente, J.A., Delgado-Kloos, C. Inferring higher level learning information from low level data for the Khan Academy platform, In Proc. LAK' 13, (2013), 112-116.