

## MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA PARA EL DISEÑO DE OBJETOS DE APRENDIZAJE

Recibido: 31 mayo 2016 \*Aprobado: 31 julio 2017

SILVIA SOLEDAD MORENO GUTIÉRREZ

UPAEP

*silviasoledad.moreno@upaep.edu.mx*

### Resumen

El proceso educativo en sus diferentes modalidades y niveles hoy en día se integra y se ajusta a la evolución de la tecnología educativa que absolutamente apoyado en la tecnología de la información y comunicación ha dado lugar a nuevos espacios y escenarios para el aprendizaje, flexibles y eficaces (Jimeno y Lopera, 2010). Diversas instituciones educativas del país y del mundo han efectuado proyectos de desarrollo de objetos de aprendizaje digitales (OA) y posteriormente evaluado resultados de aprendizaje, con conclusiones desfavorables de manera general (Sanz, 2010). Por tanto, el presente trabajo consiste en un modelo de regresión logística binaria que sugiere las variables a considerar en el diseño de OA con el fin de alcanzar el aprendizaje. El modelo considera datos previo análisis de métricas de ingeniería de software y estándares de desarrollo de OA así como opiniones de estudiantes que emplearon estos apoyos en su proceso educativo. Finalmente se muestra una predicción de resultados de aprendizaje sobre otro grupo de nivel superior que se encuentra en proceso de formación, empleando como material didáctico OA que cubren los elementos sugeridos por el modelo de regresión logística binaria presentado.

*Palabras clave: Materiales didácticos, modelos matemáticos, objetivos educativos, regresión logística binaria.*

### Abstract

Different educational process modalities and levels are integrated and adapted to the evolution educational technology. Educational technology has been absolutely supported by information and communication technologies and has given rise to new spaces and flexible and effective learning scenarios (Jimeno and Lopera, 2010). Several domestic and international educational institutions have developed projects to construct digital learning objects (OA by its initials in Spanish) and subsequently evaluated learning outcomes, reporting generally unfavorable conclusions (Sanz, 2010). Therefore, the present work consists of a binary logistic regression model that suggests the variables to consider in the design of OAs in order to achieve learning. The model considers data prior to analyzing software engineering metrics and OA development standards, as well as student opinions who used these supports in their educational process. Finally, a prediction of learning results is shown on another group of higher-level students that is in the process of training using the OAs that cover the elements suggested by the binary logistic regression model presented as teaching material.

*Keywords: teaching materials, mathematical model, educational goals, binary logistic regression.*



## Introducción

**P**ara las instituciones educativas del país y el mundo, la innovación educativa basada en el uso de las tecnologías de la información y comunicación ha representado una propuesta valiosa dentro y fuera del salón de clases debido a su apoyo en la transmisión del conocimiento, la promoción del aprendizaje y el énfasis en su flexibilidad para el aprendizaje personalizado (Drachler, Verbert, Santos y Manouselis, 2015). No obstante, al hablar de ambientes de aprendizaje virtuales que orientan al Proceso Educativo (PE) como un amplio ecosistema digital se requieren de materiales didácticos de igual naturaleza, eficientes y flexibles (Zapata, 2008).

A este respecto, según el trabajo efectuado por Sicilia (2015), una opción de amplias posibilidades son los OA, materiales que constan fundamentalmente de tres bloques como son: contenido, ejercitación y evaluación descritos a través de un metadato, siendo opciones didácticas vistas como recursos de amplia capacidad y apoyo al aprendizaje cuyo uso se ha incrementado luego de diversos proyectos de desarrollo realizados por diferentes instituciones educativas del país y del mundo particularmente de nivel superior (Sanz, 2010).

Según Corona y González (2012), a pesar de la diversidad de definiciones y opiniones existe coincidencia en cuanto a su reusabilidad y eficacia como características fundamentales, sin las cuales el OA no tiene razón de ser (Paur y Rosanigo, 2008), no obstante, para lograr la reusabilidad el OA deberá estar desligado de cualquier contexto e integrarse como unidad mínima de aprendizaje, aseguran Del Moral y Vilalustre (2010) apoyados por Wiley (2015) quien también expresa la importancia de la reusabilidad del material, por lo que la granularidad baja es fundamental además de contar con un solo objetivo de aprendizaje.

Moreno, Vélez y Calva (2013), por su parte, realizaron un análisis de metodologías disponibles para desarrollo de OA del que concluyeron que la ausencia de procedimientos que apoyen la dosificación del conocimiento, a excepción de la metodología titulada Metodología de desarrollo de OA mediante el uso de la cartografía conceptual y células de desempeño multidisciplinario y multimedia propuesta por Parra y Jiménez (2007). Previo al trabajo mencionado, Maceiras, Cancela y Goyanes (2010) construyeron píldoras de aprendizaje con el propósito de alcanzar en el alumno un mayor aprendizaje y su fácil integración a un todo; por otro lado, se analizaron patrones de diseño instruccional como aspectos prioritarios para la construcción de todo material didáctico (Corona y González, 2012).

Según Morales, García, Campos y Astroza (2013), en educación a distancia los OA ofrecen amplio apoyo a diferencia del software educativo tradicional, por lo que actualmente los proyectos de desarrollo continúan realizándose y han sido objeto de evaluación cualitativa y/o cuantitativa respecto a su impacto en el aprendizaje de diferentes asignaturas, en especial aquellas con alto grado de dificultad tal como las matemáticas (Aragón y Castro, 2009; Centro, Martín y Estrada, 2016).

Por otro lado, el trabajo concentrado en la web semántica es un ejemplo más a este respecto y tiene como objetivo dar significado a la información disponible, tarea en la cual los OA también se consideran de valioso apoyo (Santacruz y Delgado, 2004). Más adelante, Menéndez, Prieto y Zapata (2010), luego de realizar un estudio orientado a valorar la capacidad de reusabilidad de los OA en la educación en línea (apoyada en Sistemas de Gestión del Aprendizaje (SGA)) concluyen la importancia de estos materiales en apoyo al trabajo de estudiantes y profesores por su flexibilidad y reusabilidad.

Otro de los trabajos realizados se concentra en evaluar la reusabilidad del OA de manera cuantitativa a través de métricas de ingeniería de software, considerando sus autores esta característica como fundamental para lograr el aprendizaje en diversos contextos educativos (Rodríguez, Doderó y Sánchez, 2016). Previamente, fue desarrollado un sistema multiagentes que tiene como propósito evaluar los OA para posteriormente sugerir un posible uso (Tabares, Rodríguez, Duque, Vicari y Moreno, 2012).

Aún a pesar de los años transcurridos luego de su aparición, en el tema de los OA, el camino por recorrer todavía es amplio pues, a pesar de sus cualidades teóricas estos materiales no han alcanzado los objetivos de aprendizaje esperados, como lo expresan las instituciones educativas participantes que luego de hacer uso de los apoyos digitales procedieron a evaluar sus resultados, siendo desfavorables en la mayoría de los casos (Moreno, Vélez y Cornejo, 2013; Rosanigo y Bramati, 2011). Previamente Sanz (2010) enfatizó la importancia de concentrar mayores esfuerzos en el diseño del OA para incrementar su calidad.

Problemática derivada del diseño inadecuado debido a la ausencia de un proceso metodológico o modelo que establezca los parámetros que guíen la congruencia entre las características teóricas del OA y el diseño del mismo (Jimeno y Lopera, 2010).

Con base en lo anterior y debido a que el OA constituye un producto de software su éxito o fracaso se basa en su análisis y diseño, como menciona Pressman (2010), a este respecto, otras investigaciones expresan lo indispensable de que el diseño considere los elementos pedagógicos necesarios para alcanzar el objetivo de aprendizaje (Morgado, Peñalvo, Ortuño y Hidalgo, 2015). Por tanto, la metodología de desarrollo juega un papel decisivo.

Por lo anterior, el presente trabajo se concentra en el desarrollo de un modelo de regresión logística binaria que sugiere las variables a considerar para el diseño de un OA orientado a lograr un impacto favorable sobre el resultado académico del estudiante. La construcción del modelo de regresión ofrece mayor certeza y confiabilidad al desarrollar los materiales ya que permite identificar los parámetros básicos para su eficacia, hecho que incrementará el éxito en el aprendizaje por asignatura, las competencias de los alumnos y con esto la calidad educativa, finalmente maximizará los recursos empleados durante su construcción.

### Metodología

Con base en el análisis de métricas de ingeniería de *software* y estándares para desarrollo de OA se identificó un grupo de variables relevantes para alcanzar el aprendizaje, mismas que se muestran en la Tabla No. 1. Variables y descripción siguiente.

TABLA 1. VARIABLES Y DESCRIPCIÓN

| VARIABLE                  | DESCRIPCIÓN (PREGUNTAS AL ESTUDIANTE)                                   |
|---------------------------|---|
| APRENDIZAJE (DEPENDIENTE) | ¿Genera aprendizaje?  |
| GOBJETIVO                 | ¿Tiene un solo objetivo de aprendizaje?                                 |
| GATOMICO                  | ¿El contenido es atómico indivisible?                                   |
| CDIFERENCIA               | ¿Establece la diferencia con otros conceptos similares?                 |
| CCONCEPTO                 | ¿Explica claramente el concepto?  |
| CCARACTERÍSTICAS          | ¿Describe las características del concepto?                             |
| CUBICACIÓN                | ¿Explica la ubicación del concepto desde una visión general?            |
| CEJEMPLIFICA              | ¿Ejemplifica en forma diversa el concepto?                              |
| EJRELACIÓN                | ¿Aclara su relación con otros similares?                                |
| EJPREGUNTAS               | ¿Lanza preguntas al usuario durante la solución de un ejercicio?        |
| EJUSO                     | ¿Explica la relación y uso del conocimiento con situaciones cotidianas? |
| EJREDACCIÓN               | ¿Es sencilla y clara?   |

| VARIABLE        | DESCRIPCIÓN (PREGUNTAS AL ESTUDIANTE)                    |
|-----------------|--|
| EJCOMPLEJIDAD   | Es de menor a mayor                                      |
| EJNUM EJERCICIO | Emplea un máximo de 10 ejercicios para resolver          |
| EVCOINCIDEAUTO  | Resultado de su evaluación coincide con autoevaluación   |
| EVDEBILIDADES   | El resultado del examen refleja debilidades del alumno   |
| EVTIPO          | Elige tipo de evaluación                                 |
| EVLISTO         | ¿Listo para ser evaluado?                                |
| EVPROPCREARAZ   | ¿Fomenta propuestas, razonamiento?                       |
| EVCOMPLEJ       | ¿Los problemas incrementan complejidad de forma gradual? |
| EVMOTIVA        | ¿Los problemas a resolver logran motivar en interés?     |
| EVMAXPREG       | ¿Emplea un máximo de 15 preguntas?                       |

### Descripción de las variables utilizadas en el estudio

La información recabada fue estructurada como pregunta y concentrada en una encuesta aplicada (Ver Anexo A. Instrumento) a un total de 200 estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería de *Software* (LIS) y de la Licenciatura en Sistemas Computacionales (LSC) de la Escuela Superior de Tlahuelilpan de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, quienes durante un período escolar apoyaron sus clases con el uso de OA disponibles. Las asignaturas participantes fueron: Lenguajes y autómatas de 6º semestre, Metodología de la Investigación de 7º semestre y Cálculo de predicados, tema de la asignatura de Inteligencia Artificial impartida a estudiantes de 9º semestre de la LSC, además de la asignatura de Fundamentos de Programación y Autómatas y Compiladores impartidas a estudiantes de la LIS.

Con base en la hipótesis planteada:

Los OA promueven el aprendizaje del estudiante si consideran desde su diseño aquellas variables fundamentales de ejercitación, evaluación y contenido.

Proceso metodológico:

1. Realización de análisis estadístico de las variables (se muestran en Tabla 1. Variables y descripción) para conocer posible relación entre ellas.

a. Se realizó análisis de correlación

Se analizó la información almacenada en la base de datos de opinión de estudiantes, previamente recabada. El análisis de correlación se efectúa con el propósito de conocer si existe alguna relación entre todas o algunas de las variables analizadas y de qué tipo, es decir, de qué manera la variación en una puede afectar a la otra en caso de estar correlacionadas, para de esta forma construir un modelo que represente esta influencia.

b. Se realizó análisis factorial

Debido a la necesidad de reducir la dimensionalidad de los datos se efectúa el análisis factorial, técnica que permite alcanzar la reducción mencionada cuyo propósito se basa en encontrar el menor número de dimensiones que explique en mayor medida la información encerrada en estos datos; para esto analiza la varianza común de las variables y parte de la matriz de correlación obtenida.

i. Se lleva a cabo el análisis factorial exploratorio entre variables correlacionadas para conocer posibles componentes o factores. El propósito es identificar patrones o tendencias de los datos entre sí, aportando información a la construcción del modelo.

ii. Se efectúa posteriormente un análisis factorial confirmatorio de las variables identificadas como componentes en el punto anterior. Esto con el fin de reducir el número de variables y al mismo tiempo identificar la similitud o afinidad entre las restantes para construir una solución de mayor precisión.

El análisis factorial exploratorio y el análisis factorial confirmatorio se realizan mediante el uso del software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

iii. Se desarrolló un modelo de ecuaciones estructurales con el propósito de probar relaciones causales entre las variables previamente identificadas como interesantes para el modelo. Esto mediante software complemento de SPSS llamado AMOS.

2. Posteriormente, se construyó el modelo de regresión logística binaria considerando la información obtenida de los análisis previos
3. Se efectuó la validación del modelo de regresión logística binaria a través de las pruebas de significancia Chi-cuadrado, Nagelkerke, la tabla de clasificación y variables en la ecuación.
4. Se construyó un pronóstico de resultados de estudiantes que actualmente cursan asignaturas apoyados en OA disponibles que cumplen con las especificaciones del modelo de regresión.

## Resultados

Los resultados del estudio se expresan a través de las pruebas de significancia efectuadas para conocer la probabilidad de rechazar la hipótesis nula.

Durante el análisis de correlación se encontró relación significativa entre algunas variables, es decir, existe relación entre ellas, de manera que al modificarse alguna refleja influencia sobre la otra y viceversa. El contenido es atómico e indivisible con ¿Establece la diferencia con otros conceptos similares?; ¿Es sencilla y clara? con ¿Explica en forma amena y convincente?; ¿Ejemplifica en forma diversa el concepto? con ¿Listo para ser evaluado?; ¿Fomenta propuestas, razonamiento? con ¿Los problemas a resolver logran motivar en interés? Y, ¿explica en forma amena y convincente? con Es de menor a mayor.

Durante el análisis factorial exploratorio surgieron 5 componentes o factores comunes entre contenido, explicación, evaluación, atomicidad del OA, siendo los únicos. Con base en estos resultados se realizó el análisis factorial confirmatorio con el propósito de alcanzar mayor precisión en el análisis y en su caso reducir el número de variables consideradas con base en las tendencias que muestran entre sí. Finalmente, se desarrolla el modelo de ecuaciones estructurales obteniendo la explicación del modelo teórico solo en parte. Como resultado se tiene *La explicación que se expone al estudiante* y *La motivación que promueve* mismas que constituyen dos variables fuertemente relacionadas según lo expresa su coeficiente de correlación superior al .70 (siendo el valor máximo la unidad).

Lo anterior se interpreta considerando que en la correlación positiva entre más cercano se encuentre el coeficiente a 1 más fuerte será la correlación directa y más débil si se aleja; de forma similar al acercarse a -1, en cuyo caso la correlación será inversa. El nivel de significancia expresa la improbabilidad de que el evento se deba al azar (Walpole, Myers y Myers, 2012).

Posteriormente, se construye el modelo de regresión logística binaria tomando en consideración inicialmente los resultados y tendencias anteriores. El modelo de regresión se basa en un total de 200 casos donde la variable dependiente es *aprendizaje* (considera resultados académicos del alumno en un período escolar). En el proceso de análisis se integran 2 variables categóricas (únicamente cuentan con 2 posibilidades), siendo: 1) ¿Los problemas a resolver logran motivar el interés? 2) ¿Lanza preguntas al usuario durante la solución del ejercicio?, siendo las demás de tipo numérico.

Para el análisis de regresión logística en el bloque 0, se obtiene un 75% de probabilidad de acierto en el resultado de la variable dependiente, asumiendo la hipótesis de que los OA generan aprendizaje al considerar los aspectos correspondientes a las variables independientes.

A través de este método, se obtienen los resultados significativos que se muestran en la Tabla 2. Significancia Chi-cuadrado, se observa de .000, es decir, menor a .05 por lo que

es significativa y se concluye por tanto, que existe una relación entre las variables estudiadas y una probabilidad menor a 5% de que la hipótesis nula sea verdadera. Porcentaje establecido considerando un nivel de confianza del 95%.

La prueba de *Nagelkerke* es empleada para conocer el porcentaje de varianza de la variable dependiente que es explicado por las variables independientes. En este trabajo el resultado que se obtiene es significativo con un valor de .535, y se muestra en la Tabla 3. Significancia *Nagelkerke*. En conjunto las variables independientes utilizadas explican el 53% de la varianza de la variable aprendizaje, se considera que entre más alto sea el R-cuadrado, más explicativo será el modelo, si se obtiene más de un 50% como resultado de esta prueba el modelo se acepta (Walpole, Myers y Myers, 2012).

Finalmente, luego de realizar la tabla de clasificación para conocer el comportamiento del modelo, se obtiene un resultado satisfactorio del 93.5% (cerca al 100%) de casos clasificados correctamente como se observa en la Tabla No. 4. Tabla de clasificación, lo cual prueba la validez del modelo que por tanto es aceptado.

**TABLA 2. SIGNIFICANCIA CHI-CUADRADO**

|        |        | <b>Chi cuadrado</b> | <b>Gl</b> | <b>Sig.</b> |
|--------|--------|---------------------|-----------|-------------|
| Paso 1 | Paso   | 83.496              | 3         | .000        |
|        | Bloque | 83.496              | 3         | .000        |
|        | Modelo | 83.496              | 3         | .000        |

Método= Introducir. Pruebas omnibus sobre los coeficientes del modelo

**TABLA 3. SIGNIFICANCIA NAGELKERKE**

|      |   | <b>-2 log de la verosimilitud</b> | <b>R cuadrado de Cox y Shell</b> | <b>R cuadrado de Nagelkerke</b> |
|------|---|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Paso | 1 | 119.407 <sup>a</sup>              | 0.341                            | 0.535                           |

a. La estimación ha finalizado en el número de iteración 6 porque las estimaciones de los parámetros han cambiado en menos de .001



**TABLA 4. TABLA DE CLASIFICACIÓN**

| Observado         |                    | Pronosticado       |    | Porcentaje correcto |      |
|-------------------|--------------------|--------------------|----|---------------------|------|
|                   |                    | GENERA APRENDIZAJE |    |                     |      |
|                   |                    | 0                  | 1  |                     |      |
| Paso 1            | GENERA APRENDIZAJE | 0                  | 29 | 12                  | 70.7 |
|                   |                    | 1                  | 1  | 158                 | 99.4 |
| Porcentaje global |                    |                    |    |                     | 93.5 |

a. El valor de corte es de .500

Por lo anterior, se rechaza la hipótesis nula de que el aprendizaje no depende de las variables consideradas durante el diseño del mismo.

Finalmente, las variables que componen la ecuación aparecen en la Tabla 5. Variables en la ecuación, donde se observan los parámetros y la existencia de significancia para cada una de .001 y .000 respectivamente.

**TABLA 5. VARIABLES EN LA ECUACIÓN**

|                     |                | B      | E.T.  | Wald   | gl | Sig. | Exp(B) |
|---------------------|----------------|--------|-------|--------|----|------|--------|
| Paso 1 <sup>a</sup> | EJPREGUNTAS(1) | 1.784  | .514  | 12.043 | 1  | .001 | 5.951  |
|                     | EVMOTIVA(1)    | 2.573  | .625  | 16.926 | 1  | .000 | 13.105 |
|                     | CCONCEPTO      | 3.878  | 0.583 | 44.198 | 1  | .000 | 48.307 |
|                     | Constante      | -4.179 | 0.863 | 23.463 | 1  | .000 | 0.015  |

a. Variable(s) introducidas (s) en el paso 1: EJPREGUNTAS, EVMOTIVA, CCONCEPTO.

La puntuación de Wald empleada para evaluar la hipótesis nula y significancia estadística asociada al modelo, indica que las variables independientes aportan significativamente a la predicción de la variable dependiente, además de que los resultados de este modelo se pueden generalizar a la población, se obtiene un grado de libertad con significancia en todos los casos, ya que el valor resultante es menor que .05 en cada uno; considerando un intervalo de confianza del 95%.

Por lo antes expuesto, la ecuación que responde e integra los parámetros que dan respuesta al presente trabajo es:

$$Y = - 4.179 + 1.784X_1 + 2.573 X_2 + 3.878 X_3$$

Es decir:

$$\text{Aprendizaje} = - 4.179 + 1.784\text{ejpreguntas} + 2.573 \text{ evmotiva} + 3.878 \text{ cconcepto}$$

*ECUACIÓN 1. Regresión logística binaria*

Donde:

| DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE |             |  | FASES DEL PROCESO |
|----------------------------|-------------|--|-------------------|
| Y                          | Aprendizaje | Genera aprendizaje   |                   |
| X1                         | ejpreguntas | ¿Lanza preguntas al usuario durante la solución de un ejercicio? | Ejercitación      |
| X2                         | evmotiva    | ¿Los problemas a resolver logran motivar el interés?             | Evaluación        |
| X3                         | cconcepto   | ¿Explica claramente el concepto                                  | Contenido         |

Siendo estas las variables fundamentales a considerar durante el diseño y construcción de un OA eficaz.

La interpretación en función de la probabilidad de ocurrencia de alguna de las dos categorías de la variable dependiente es la siguiente: considerando que el valor de  $Exp(B)$  es mayor que 1, al aumentar el valor de la variable independiente también aumentará el valor de la variable dependiente.

En el caso de la regresión logística binaria, para calcular la probabilidad (P) de que un individuo pertenezca a un grupo u otro, es decir, el valor de la variable dependiente sea 0 o 1, se calcula a través de la expresión siguiente:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + X_1 \beta_1 + \dots + X_k \beta_k)}}$$

ECUACIÓN 2. Cálculo de Probabilidad

De manera que si P es mayor o igual que .05, la variable aprendizaje tomará el valor de 1, es decir el estudiante estará aprobado, de lo contrario tomará el valor de 0, estará reprobado.

En la Tabla 6. Predicción del aprendizaje mediante ecuación de regresión logística binaria, se muestra la lista de casos de estudiantes que emplean OA en apoyo al proceso

educativo que realizan y que aún no ha concluido, los valores correspondientes a las variables X1, X2 y X3 se obtienen de la encuesta que le fue aplicada al mencionado grupo de estudiantes para conocer las características del material didáctico y el efecto que causa en ellos.

Con estos datos y con base en la Ecuación No. 1. Ecuación regresión logística binaria, se obtiene el valor de Y, se efectúa el cálculo de P y finalmente se obtiene la predicción de aprendizaje (Y'), interpretada como el resultado académico del estudiante, es decir: 1 es aprobado, 0 es reprobado; entonces es posible vislumbrar antes de la finalización del curso los resultados del grupo de estudiantes.

| ESTUDIANTES QUE EMPLEARON OA EN SU PROCESO DE APRENDIZAJE | ¿LANZA PREGUNTAS AL USUARIO DURANTE LA SOLUCIÓN DE UN EJERCICIO | ¿LOS PROBLEMAS A RESOLVER LOGRAN MOTIVAR EL INTERÉS? (X2) | ¿EXPLICA CLARAMENTE EL CONCEPTO? (X3) | Y (APRENDIZAJE) ECUACIÓN LOGÍSTICA BINARIA | P PROBABILIDAD | Y' (APRENDIZAJE) PREDICCIÓN |
|---|---|---|---------------------------------------|--|----------------|-----------------------------|
| Estudiante 1  | 1   | 1   | 1                                     | 4.052                                      | 0.9829096      | 1                           |
| Estudiante 2  | 0   | 1   | 1                                     | 2.272                                      | 0.90653139     | 1                           |
| Estudiante 3  | 0   | 1   | 0                                     | -1.606                                     | 0.1671447      | 0                           |
| Estudiante 4  | 1   | 1   | 1                                     | 4.052                                      | 0.9829096      | 1                           |
| Estudiante 5  | 1   | 1   | 1                                     | 4.052                                      | 0.9829096      | 1                           |
| Estudiante 6  | 1   | 1   | 1                                     | 4.052                                      | 0.9829096      | 1                           |
| Estudiante 7  | 1   | 1   | 1                                     | 4.052                                      | 0.9829096      | 1                           |
| Estudiante 8  | 0   | 0   | 1                                     | -0.301                                     | 0.42531304     | 0                           |
| Estudiante 9  | 1   | 0   | 1                                     | 1.479                                      | 0.81442149     | 1                           |
| Estudiante 10   | 0   | 0   | 0                                     | -4.179                                     | 0.01508284     | 0                           |
| Estudiante 11   | 0   | 0   | 1                                     | -0.301                                     | 0.42531304     | 0                           |
| Estudiante 12   | 1   | 0   | 0                                     | -2.399                                     | 0.08324898     | 1                           |
| Estudiante 13   | 0   | 1   | 1                                     | 2.272                                      | 0.90653139     | 1                           |
| Estudiante 14   | 1   | 1   | 1                                     | 4.052                                      | 0.9829096      | 1                           |

| ESTUDIANTES QUE EMPLEARON OA EN SU PROCESO DE APRENDIZAJE | ¿LANZA PREGUNTAS AL USUARIO DURANTE LA SOLUCIÓN DE UN EJERCICIO | ¿Los PROBLEMAS A RESOLVER LOGRAN MOTIVAR EL INTERÉS? (X2) | ¿EXPLICA CLARAMENTE EL CONCEPTO? (X3) | Y (APRENDIZAJE) ECUACIÓN LOGÍSTICA BINARIA | P PROBABILIDAD | Y' (APRENDIZAJE) PREDICCIÓN |
|---|---|---|---------------------------------------|--|----------------|-----------------------------|
| Estudiante 15   | 1   | 1   | 1                                     | 4.052                                      | 0.9829096      | 1                           |
| Estudiante 16   | 0   | 0   | 1                                     | -0.301                                     | 0.42531304     | 0                           |
| Estudiante 17   | 1   | 0   | 1                                     | 1.479                                      | 0.81442149     | 1                           |
| Estudiante 18   | 1   | 1   | 1                                     | 4.052                                      | 0.9829096      | 1                           |

Resultados de la predicción mediante datos reales y ecuación de regresión logística binaria

### Conclusiones

El modelo de regresión logística binaria integra aspectos que corresponden a diferentes momentos del proceso educativo, a su vez coinciden con cada uno de los módulos del OA (contenido, ejercitación, evaluación), siendo de mayor impacto en los resultados la explicación del concepto correspondiente al bloque de contenido.

Las variables independientes incluidas en la ecuación son adecuadas para predecir el resultado de la variable dependiente y los resultados pueden ser generalizados. Las variables incluidas en el modelo de regresión logística binaria constituyen aspectos que permiten predecir la eficacia del OA en apoyo al proceso de aprendizaje del estudiante y las afirmaciones efectuadas con base en el modelo propuesto tendrán un 93.5% de probabilidad de estar en lo correcto.

Si el OA desarrollado integra las variables: <<Lanza preguntas al usuario durante la solución de un ejercicio, Los problemas a resolver logran motivar el interés y se Explica claramente el concepto>> entonces promoverá el aprendizaje del estudiante durante su uso como apoyo didáctico, hecho que se verá reflejado a través del resultado académico como una calificación aprobatoria.

## Referencias

- Aragón, E., Castro, C. (2009). Objetos de aprendizaje como recursos didácticos para la enseñanza de las matemáticas. *Apertura*, vol. 1.
- Centro, M., Martín, A. S., y Estrada, A. C. (2016). Desarrollo de un recomendador web de objetos de aprendizaje para el aprendizaje de las matemáticas universitarias. *Revista Electrónica sobre Tecnología, Educación y Sociedad*, 1(6).
- Corona, J., González, B. (2012). Objetos de aprendizaje: Una Investigación Bibliográfica y Compilación. RED. *Revista de Educación a Distancia*, vol. 34, p. 1-24. Recuperado el día 15 de diciembre de 2015 desde <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54724753003>.
- Del Moral, M., Vilalustre, L. (2010). Objetos de aprendizaje 2.0: Una nueva generación de contenidos en contextos conectivistas. *Revista de Educación a Distancia*. Vol. 25. Recuperada en <http://revistas.um.es/red/article/view/125301/117241>
- Drachsler, H., Verbert, K., Santos, O. C., y Manouselis, N. (2015). Panorama of recommender systems to support learning. In *Recommender systems handbook* (pp. 421-451). Springer US.
- Jimeno, D., Lopera, J. (2010). Definición de una metodología para el desarrollo de objetos de aprendizaje para la enseñanza de la programación, basada en el modelo pedagógico de la licenciatura en informática y medios audiovisuales en la universidad de Córdoba. Tesis de licenciatura. Universidad de Córdoba. Recuperado el 2 de mayo de 2016 desde <http://es.scribd.com/doc/73970504/MeDOA-Metodologia-para-el-Desarrollo-de-Objetos-de-Aprendizaje>
- Maceiras, R., Cancela, A., Goyanes, V. (2010). Aplicación de Nuevas Tecnologías en la Docencia Universitaria. *Formación Universitaria*, vol. 3(1), p. 21-26. Recuperado el 14 de abril de 2016 desde [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50062010000100004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50062010000100004&script=sci_arttext)
- Menéndez, V., Prieto, M. y Zapata, A. (2010). Sistemas de Gestión Integral del Objetos de Aprendizaje. *IEEE-RITA Vol. 5*, Núm. 2.
- Morales, E., García, F., Campos, R. y Astroza, C. (2013). Desarrollo de competencias a través de objetos de aprendizaje. RED. *Revista de educación a distancia*, vol. 36, p. 1-19. Recuperado el día 17 de marzo de 2016 desde <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54725668005>
- Moreno, G., Vélez, D. y Calva, R. (2013). Aspectos metodológicos considerados en el desarrollo de OA. *Boletín científico XIKUA*, Vol. 1. Recuperado el día 8 de octubre 2015 desde <http://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/tlahuelilpan/n1/titulo.html>
- Moreno, G., Vélez, D. y Cornejo, V. (2013). Diseño de granularidad baja en OA. 2o. Congreso Nacional en Tecnologías de la Información 2013. Recuperado el día 17 de febrero 2016, desde <http://sistemascomputacionestlahuelilpan.files.wordpress.com/2012/10/disec3b1o-de-granularidad-baja-en-objetos-de-aprendizaje.pdf>
- Morgado, E., Peñalvo, F., Ortuño, R. y Hidalgo, A. (2015). Desarrollo de competencias a través de objetos de aprendizaje. *Revista de Educación a Distancia*, (36).
- Parra, L., Jiménez, M. (2007). Metodología de Desarrollo de Objetos de Aprendizaje Mediante el uso de la Cartografía Conceptual y Células De Desarrollo Multidisciplinario y Multimedia. 2ª Conferencia Latinoamericana de objetos de aprendizaje. Recuperada el día 7 de septiembre 2015 desde <http://mx.search.yahoo.com/search?p=Metodolog%C3%ADa+de+Desarrollo+de+Objetos+de+Aprendizaje+Mediante+el+uso+de+la+Cartograf%C3%ADa+Conceptual+y+C%C3%A9lulas+de+Desarrollo+Multidisciplinario+y+Multimedia&fr=yfp&toggle=1&cop=&ei=UTF-8&rd=r1>
- Paur, A., Rosanigo, Z. (2008). Objetos de Aprendizaje – Factores que potencian su reusabilidad. XIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. P.12. Recuperado el día 7 de septiembre de 2015 desde <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/22004>

- Pressman, R. (2010). *Ingeniería del Software, un enfoque práctico*. McGrawHill. 7ª edición. ISBN 978-607-15-0314-5.
- Rodríguez, J. S., Dodero, J. M., y Sánchez, A. S. (2016). A preliminary analysis of software engineering metrics-based criteria for the evaluation of learning objects reusability. *Data Structure and Software Engineering: Challenges and Improvements*, 53.
- Rosanigo, Z., Bramati, P. (2011). Objetos de aprendizaje. XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. p. 574-869. Recuperado el día 7 de abril de 2016 desde [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/19934/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/19934/Documento_completo.pdf?sequence=1)
- Santacruz, L., Delgado, C. (2004). Objetos de aprendizaje: Tendencias dentro de la web semántica. *Boletín de RedIRIS*, vol.66-67. Recuperado el día 4 de abril de 2016 desde [http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Especialidad/TecnologiaEducativaG13/Modulo4/unidad%204s1/lec\\_3\\_objetos\\_de\\_aprendizaje.pdf](http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Especialidad/TecnologiaEducativaG13/Modulo4/unidad%204s1/lec_3_objetos_de_aprendizaje.pdf)
- Sanz, J. (2010). Evaluación apriorística de la reusabilidad de los objetos de aprendizaje. Tesis doctoral. Recuperada de la base de datos Dialnet tesis. Num. 120317, Recuperado el día 7 de mayo de 2016 desde <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFicheroTesis.do?fichero=16201>
- Sicilia, M. (2015). Reusabilidad y reutilización de objetos didácticos: mitos, realidades y posibilidades. *Revista de Educación a Distancia*. Recuperado el 30 de mayo de 2016, de <http://www.um.es/ead/red/M2/sicilia46.pdf>
- Tabares, V., Rodríguez, P., Duque, N., Vicari, R., y Moreno, J. (2012). Multi-agent model for evaluation of learning objects from repository federations-ELO-index. *Respuestas*, 17(1), 48-54.
- Walpole, R. Myers, S. Myers, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Estado de México, México: Editorial Pearson.
- Wiley, D. (2015). Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. *The Instructional Use of Learning Objects: Online Version*. 2000. Available on Web site: <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>.
- Zapata, M. (2008). Un cuarto de siglo de ayuda pedagógica en ordenadores y en redes. *Quaderns Digital*, vol. 51, p. 1-32. Recuperado el día 7 de mayo de 2016 desde <http://www.quadernsdigitals.net/>

## Anexo A. Instrumento

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
 ESCUELA SUPERIOR DE TLAHUELILPAN  
 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL USO DE OBJETOS DE APRENDIZAJE (OA)  
 INSTRUMENTO DE RECAPCIÓN DE DATOS

**Objetivo.** Recabar datos de opinión de estudiantes con respecto a las características de los OA empleados en apoyo a su proceso educativo para identificar variables de impacto en el aprendizaje a través de preguntas enfocadas a cada módulo de material didáctico.

**Instrucciones.** Escriba una x en el cuadro que corresponde a la que considere respuesta correcta, únicamente puede elegir Sí o No

| Pregunta   | Respuesta |    |
|--|-----------|----|
|  | Sí        | No |
| ¿Considera que el OA apoyó de forma significativa a alcanzar el aprendizaje? |           |    |
| ¿El OA tiene un solo objetivo de aprendizaje?                                |           |    |
| ¿El contenido es atómico e indivisible?                                      |           |    |
| ¿El AO explica claramente el concepto?                                       |           |    |
| ¿Establece la diferencia con otros conceptos similares?                      |           |    |
| ¿Describe las características del concepto?                                  |           |    |
| ¿Explica la ubicación del concepto desde una visión general?                 |           |    |
| ¿Ejemplifica el concepto en forma diversa?                                   |           |    |
| ¿Explica en forma amena y convincente?                                       |           |    |
| ¿Aclara su relación con otros conceptos similares?                           |           |    |
| ¿Lanza preguntas al usuario durante la solución de un ejercicio?             |           |    |
| ¿Explica la relación y uso del conocimiento con situaciones cotidianas?      |           |    |
| ¿La explicación es sencilla y clara?   |           |    |
| ¿La explicación es de menor a mayor grado de complejidad?                    |           |    |
| ¿Considera un máximo de 10 ejercicios para resolver por cada prueba?         |           |    |
| ¿El resultado de su evaluación coincide con su autoevaluación?               |           |    |
| ¿El resultado del examen refleja debilidades del alumno?                     |           |    |
| ¿El estudiante elige su tipo de evaluación?                                  |           |    |
| ¿El estudiante se considera listo para ser evaluado?                         |           |    |
| ¿El examen fomenta propuestas, razonamiento?                                 |           |    |
| ¿Los problemas expuestos incrementan complejidad de forma gradual?           |           |    |
| ¿Los problemas a resolver logran motivar el interés del estudiante?          |           |    |
| ¿La evaluación consta de un máximo de 15 preguntas?                          |           |    |

*Encuesta aplicada a estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería de Software y  
 Licenciatura en Sistemas Computacionales. Diciembre 2015*