

## ¿Cómo estimar la motivación en el proceso de aprendizaje? Una herramienta basada en modelos de Markov

L. Aguiar-Castillo<sup>\*a</sup>, V. Guerra-Yanez<sup>a</sup>, E. Arce-Santana<sup>b</sup>, M. Luna-Rivera<sup>b</sup>, R. Perez-Jimenez<sup>a</sup>  
<sup>a</sup>IDE TIC, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Juan de Quesada 30, 35001 Las Palmas de Gran Canaria, España

<sup>b</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Alvaro Obregón 64, Centro, 78300 San Luis, S.L.P., México

### RESUMEN

En este artículo, se presenta un modelo matemático, basado en un proceso de Markov, para estimar la motivación durante el proceso de aprendizaje. Para ello se usan los datos procedentes del uso de una aplicación de *smartphone* gamificada (HEgameApp) en una asignatura de la Facultad de Economía, Empresa y Turismo de la ULPGC. El comportamiento de los estudiantes se estima a través de la participación en los foros propuestos y con una valoración dada por sus compañeros de estudios, mediante una función de utilidad que sirve como estimador estadístico de los estados de motivación a los participantes. Además, también se utiliza una función de efectividad del estímulo, decreciente con el tiempo, para estimar la evolución de los efectos de la gamificación sobre la motivación durante el proceso de aprendizaje. Los resultados muestran que el uso de la aplicación puede relacionarse con una mejora en el rendimiento académico y en la satisfacción de los usuarios durante el curso.

**Palabras clave:** Gamificación, medida de la motivación, modelo de Markov, proceso de aprendizaje

### 1. INTRODUCCIÓN

La búsqueda de estrategias motivacionales para los estudiantes ha sido una tarea constante desde el inicio de la educación moderna. Además, hoy en día, es común encontrar estudiantes que usan su teléfono móvil de manera compulsiva con fines no académicos durante sus clases, algo que no se puede combatir mediante acciones punitivas o prohibiciones ya que estas han demostrado no ser eficaces. Sin embargo, esta tecnología, que está afectando a todos los aspectos de nuestra vida diaria, proporciona un conjunto de herramientas potenciales para aumentar el nivel de motivación de los estudiantes a la hora de realizar sus tareas, lo que dificulta también su desarraigo. Por tanto, las estrategias en el aula podrían ir más en la línea de buscar sinergias entre el uso de las TIC y la docencia que en buscar sacarlas de los centros educativos.

Esta búsqueda de sinergias puede venir de la mano de las estrategias de gamificación. Estas técnicas utilizan elementos de diseño de juegos en un contexto ajeno al mismo, y se han utilizado ampliamente en los últimos años para mejorar el compromiso de los estudiantes con los procesos de aprendizaje<sup>1</sup>, haciéndolo más ameno, atractivo y productivo. Se puede considerar que la motivación, definida como un deseo o disposición para comprometerse y persistir en una tarea, es el núcleo de la gamificación<sup>2-3</sup>. En la literatura, los investigadores en procesos educativos suelen analizar la motivación desde una perspectiva estacionaria, aunque otros estudios sugieren que los patrones de contribución de los estudiantes presentan una dinámica significativamente no estacionaria, lo que puede llevar a conclusiones erróneas cuando se utilizan los enfoques anteriores<sup>4</sup>. Así, un enfoque activo permite analizar estímulos o variables dependientes del tiempo, intrínsecos o extrínsecos, que inciden en un cambio en el estado de motivación. De acuerdo con estas premisas, el propósito de este trabajo es estudiar la dinámica de la motivación del usuario, siguiendo las propuestas de Chen, Wei y Zhu<sup>5</sup>, donde se analiza empíricamente la relación entre los mecanismos motivadores y las contribuciones voluntarias de los usuarios para las comunidades *online*.

Este trabajo tiene como objetivo desarrollar una herramienta de medición capaz de predecir los estados de motivación del usuario para un entorno educativo basado en estímulos de gamificación. Para lograr esta predicción, se parte del estudio de una comunidad de trabajo en línea a partir de una aplicación gamificada llamada *HEgameApp*, construida como una

estrategia de intercambio de conocimientos, que permite caracterizar el estado de motivación de un usuario o grupo de usuarios a lo largo del tiempo utilizando un Modelo Bayesiano de Markov (MM). La aplicación gamificada pretende estimular que los comportamientos de los alumnos se conviertan en nuevos hábitos de éxito a través del conocimiento de la dinámica de motivación de los estudiantes. De esta forma, los cambios de estados en este proceso se pueden identificar en tiempo real y determinar el momento adecuado para introducir estímulos. Así, cuando se observe que la motivación de los estudiantes disminuye con el tiempo, se pueden integrar algunos elementos potenciadores que permitan recuperar los estados de alta motivación, lo que redundará en un aumento de la satisfacción y del rendimiento de los estudiantes durante el periodo docente bajo estudio.

En resumen, la herramienta propuesta, basada en MM, clasifica la comunidad en línea creada sobre una base de estado motivacional. Tal clasificación permite descubrir momentos específicos, a lo largo del tiempo, en los que son necesarias algunas medidas para incrementar la motivación y el compromiso de los estudiantes. Se ha descubierto que esta segmentación mejora el comportamiento y el rendimiento de la comunidad en línea, a lo largo del tiempo, y busca un proceso de aprendizaje más efectivo con un impacto directo en las calificaciones finales de los estudiantes.

El resto de este documento está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 se exponen el fundamento teórico de seguido para mostrar la relación entre motivación y educación. La sección 3 explica cómo se llevan a cabo los experimentos de gamificación, mientras que la 4 describe a fondo el modelo matemático del enfoque MM bayesiano propuesto y su principio de funcionamiento para la estimación de la motivación. Posteriormente, los resultados de la herramienta de medición de motivación recomendada se presentan en la Sección 5 utilizando la base de datos de comportamientos de gamificación generada experimentalmente. Finalmente, las conclusiones y trabajos futuros se extraen en la sección 6.

## 2. TÉCNICAS DE GAMIFICACIÓN

La motivación y la gamificación están intrínsecamente ligadas. Desde una perspectiva teórica, el diseño de los mecanismos de gamificación está relacionado con la motivación individual de cada uno de los sujetos de estudio<sup>6-7</sup>, ya que utiliza elementos de juego para promover un cambio en sus comportamientos. Dentro de este concepto, la teoría de la autodeterminación (SDT)<sup>8</sup> constituye una teoría relevante para el estudio de la motivación desde dos puntos de vista: (i) *motivación extrínseca*, que describe los factores externos para involucrar a las personas en un proceso mediante premios, insignias, dinero y (ii) *motivación intrínseca* que describe factores internos como los propios deseos, intereses, autonomía o sentido de pertenencia. A estas categorías básicas se suma también la motivación extrínseca internalizada<sup>9</sup> que, une elementos externos, como la reputación, que los individuos tienden a internalizar como un tipo de conducta autorreguladora. Se puede considerar que tanto el proceso de aprendizaje como el rendimiento académico del estudiante están influenciados tanto por factores cognitivos como emocionales<sup>10-11</sup>, por lo que la motivación afectaría tanto al proceso de aprendizaje como a sus resultados.

Si bien el estudio de la motivación ha seguido y abordado desde diferentes perspectivas, los factores intrínsecos son los que se consideran más influyentes. Algunos autores priorizan las características del alumno<sup>12-13</sup>, mientras otros concluyen que los alumnos motivados intrínsecamente no solo mejoran su procedimiento de aprendizaje sino que también logran un mayor éxito académico que los motivados extrínsecamente<sup>14</sup>. Sin embargo, los estudiantes se enfrentan, muy a menudo, a temas que no resultan interesantes ni atractivos pero que son fundamentales para su formación. En estos casos, el uso de un sistema de sanciones o recompensas parecería la única estrategia que queda a los docentes para promover aquellas conductas que favorezcan el proceso de aprendizaje en los estudiantes. En ese ámbito, el uso de herramientas basadas en juegos, más allá de recompensas y sanciones, proporciona un incentivo adicional frente al recurso a la disciplina, que transforma las actividades de aprendizaje en una fuente de entretenimiento<sup>15</sup>. De esta forma, partiendo de la premisa de que se podría crear un entorno de motivación intrínseca en un contexto docente, el uso de herramientas gamificadas como *HEgameApp* permiten conocer y parametrizar la creación de entornos intrínsecamente motivadores.

## 3. METODOLOGÍA

Siguiendo el mismo enfoque que en Chen, Wei y Zhu<sup>5</sup>, este trabajo aborda el estudio de la dinámica de la motivación del usuario a lo largo del tiempo. En ese trabajo los autores integran un enfoque de MM para caracterizar el efecto de los mecanismos de motivación en un marco de contribuciones voluntarias. Dicho modelo estructural determina la dinámica de las contribuciones de los usuarios y sus transiciones entre los diferentes estados de motivación. En este trabajo, hemos desarrollado un modelo de Markov oculto a partir de datos obtenidos mediante el uso de *HEgameApp*. Se trata de una aplicación web de gamificación con un triple objetivo: (i) concienciar sobre el uso correcto del teléfono móvil en las

clases presenciales, (ii) compartir conocimientos, y (iii) brindar información sobre el proceso de formación del estudiante. El objetivo final buscado al integrar *HEgameApp* en las aulas es brindar a todos los estudiantes oportunidades para participar plenamente en sus procesos de aprendizaje. La participación del usuario se incentiva a través de un sistema de recompensas basado en puntos, siguiendo un modelo de coste-beneficio típico en gamificación.

Según Robson *et al.*<sup>16</sup>, una experiencia gamificada debe aplicar los principios del marco de la mecánica, la dinámica y las emociones (MDA) basados en las características de los individuos involucrados en la experiencia del juego. De esta forma, el diseño de *HEgameApp* sigue un enfoque de juego que está orientado a un grupo homogéneo de estudiantes con similar nivel de estudios y edad. Sin embargo, la experiencia de esta aplicación beneficia más a aquellos estudiantes socializadores que están más dispuestos a compartir sus conocimientos. Esta herramienta está disponible como una *Web App*, que permite a los usuarios utilizar sus ordenadores, tabletas o teléfonos inteligentes independientemente del sistema operativo y la capacidad de almacenamiento, brindando la flexibilidad de emplear una amplia gama de dispositivos.

El desarrollo de *HEgameApp* sigue el marco *Mechanics-Dynamics-Aesthetics* (MDA)<sup>17-18</sup> con un diseño en capas: la primera capa (*mecánica*) involucra los algoritmos y las estructuras de datos; la segunda (*dinámica*) se refiere a los comportamientos que surgen debido a la interacción de los estudiantes con la mecánica elegida para la aplicación, mientras la tercera (*emociones*) está directamente asociada con el objetivo principal del juego que es provocar una respuesta emocional por parte del alumno. En este caso, se utilizan tres mecanismos principales: recompensa implícita (al saber que las contribuciones permitirán compartir conocimientos), obtener puntos durante las evaluaciones intermedias por parte de otros usuarios o premios por la actividad realizada y, finalmente, obtener un punto extra en la nota final de una asignatura.

*HEgameApp* contiene cinco tipos de canales (interacciones) donde los estudiantes pueden ingresar contribuciones estructuralmente: *Preguntas*, *Recursos*, *Presentaciones*, *Noticias* y *Otros*. Debe mencionar que las aportaciones al canal “Otros” no se tienen en cuenta para el sistema de recompensas ya que este canal permite mensajes ajenos a los contenidos del curso, y se ha utilizado como un mecanismo adicional de motivación al uso de la aplicación. Después del registro, se solicita un ID de inicio de sesión y una contraseña en la aplicación, lo que garantiza la privacidad del usuario. El sistema de recompensas basado en puntos considera el siguiente tipo de entradas:

1. El número de contribuciones por canal
2. El número de evaluaciones por pares: cada usuario evalúa las contribuciones de otros estudiantes.
3. Calidad de las contribuciones de acuerdo a las evaluaciones de pares (otros estudiantes), en una escala de calificación de 1 a 5, siendo cinco la valoración más alta y una la más baja.

La fórmula para calcular la puntuación en el sistema de recompensas por puntos, según la experiencia de los profesores, es la siguiente:

$$\text{Puntuación} = \text{contribuciones} \times 0,3 + \text{evaluaciones realizadas} \times 0,2 + \text{evaluaciones recibidas} \times 0,1 \quad (1)$$

Además, la aplicación sigue el progreso de los estudiantes mediante insignias, otorgadas por cada canal, con tres posibles categorías según la puntuación obtenida: *bronce*, *plata* y *oro*. El premio de bronce se obtiene cuando los estudiantes han contribuido cinco veces, el de plata cuando han contribuido diez veces y el de oro cuando lo han hecho 20 veces. Además, una vez que los estudiantes alcancen las insignias de todos los canales, recibirán una insignia de diamantes. A continuación se expone el experimento de gamificación realizado durante todo el curso 2018-2019 en conferencias sobre “Comportamiento organizacional” y “Habilidades de liderazgo” a través del Departamento de Economía y Administración de Empresas de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España. Estaba previsto continuar esta actuación durante el curso 20-21, pero las circunstancias derivadas de la pandemia están obligando a una reconsideración de los mecanismos utilizados para adaptarlos a la enseñanza online o semipresencial, proceso que sigue en proceso.

#### 4. MODELO MATEMÁTICO UTILIZADO

En esta sección, se presenta el modelo matemático utilizado para estimar la motivación variable en el tiempo durante el proceso de aprendizaje, cuando se utiliza la aplicación gamificada.

##### A. Función de utilidad

Se ha diseñado una función de utilidad de atributos múltiples para medir la evolución de la motivación del estudiante dentro del proceso educativo. Nuestro objetivo será construir los atributos de este problema utilizando la información generada por la comunidad del aula en línea.

Sea  $I_{A_k}^{(c)}(x)$  una función indicadora tal que si  $x$  pertenece al conjunto  $A_k^{(c)}$ , el conjunto que contiene todas las contribuciones del estudiante  $k$  en el canal de interacción  $c$ , entonces  $I_{A_k}^{(c)}(x)=1$  de lo contrario  $I_{A_k}^{(c)}(x) = 0$ . Usando la descripción anterior, podemos definir el primer atributo de la función de utilidad propuesta de la siguiente manera:

$$A(t) = \sum_x I_{A_k}^{(c)}(x) e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

con  $x$  como la contribución realizada a la comunidad en línea. En los procesos del mundo real, los beneficios de la motivación tienden a decaer con el tiempo, algo que ha sido extensamente estudiado por industrias como las del videojuego. Por tanto, necesitamos modelar el comportamiento de la motivación producida por una contribución u opinión de forma dinámica con el tiempo. En nuestro modelo matemático en (2), elegimos una función basada en un factor de desintegración exponencial  $\lambda$ , que representa una constante positiva que determina la tasa de decaimiento que se puede estimar en función de la vida media de una opinión. Si la variable independiente (tiempo) se mide en días y se estima que la persistencia de un estímulo sería de unas dos semanas, la vida media se podría modelar como:

$$t = 14 = \frac{-\ln 0,5}{\lambda}; \lambda = 0.05. \quad (3)$$

De manera similar, el segundo atributo de la función de utilidad cuantifica la valoración recibida por otros estudiantes a las contribuciones del estudiante  $k$ -ésimo en el canal  $c$ , es decir

$$B(t) = \sum_x I_{B_k}^{(c)}(x) e^{-\lambda t} \quad (4)$$

donde  $B_k^{(c)}$  denota el conjunto de valoraciones de recepción para el  $k$ -ésimo estudiante en el canal de interacción  $c$ . Finalmente, incluimos un atributo de calidad para medir el impacto de las contribuciones del alumno  $k$ , que se da como

$$C(t) = \sum_{x_l} (I_{C_k}^{(c)}(x_l) \cdot l \cdot e^{-\lambda t}) \quad (5)$$

como  $x_l$  es la valoración realizada a la contribución  $x$  con una puntuación de  $l \in \{1,2,3,4,5\}$ . Recordemos que el puntaje de calificación a la calidad de las contribuciones, según las evaluaciones de pares, puede ser de  $l=1$  a 5.

Por lo tanto la función de utilidad de atributos múltiples para el  $k$ -ésimo estudiante en uno de los canales de interacción se define como

$$U_c(t) = \alpha \cdot A(t) + \beta \cdot B(t) + \gamma \cdot C(t). \quad (6)$$

En consecuencia, la función de utilidad general sobre los cuatro canales de interacción para el estudiante  $k$  se puede calcular como:

$$U = \sum_{c=1}^4 U_c(t) \quad (7)$$

### B. Modelo de Markov

En esta sección, describimos el modelo dinámico utilizado para evaluar y analizar el sistema de recompensas basado en puntos para motivar la participación de los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Una de sus principales características es que no es estático. Dicha propiedad implica establecer un modelo que permita tener en cuenta las contribuciones y la evaluación del alumno en el tiempo. Para ello, se propone un enfoque HMM, que define una matriz de transición de estados para cada alumno, y a partir de ella se puede obtener un estado-vector de probabilidad estacionario utilizado para agrupar a los alumnos en tres niveles de motivación diferentes.

Nuestro enfoque se basa en un modelo dinámico de HMM homogéneo, que utiliza contribuciones y evaluaciones para cada uno de los participantes en el sistema de recompensa por puntos. Estos datos se miden de acuerdo con la función de utilidad en (7). Para definir el comportamiento dinámico del HMM, debemos especificar su estructura y probabilidades de transición. El gráfico propuesto se muestra en la Fig. 1. Aquí, observamos los estados del árbol  $S_1, S_2, S_3$  correspondientes a los niveles de motivación (de menor a mayor) y se puede alcanzar con la probabilidad de transición

$P_{i,j}$  para  $i, j=1,2,3$ , asignado a cada transición. Estos valores representan la probabilidad condicional  $P(S_j/S_i)$  de pasar al estado  $S_j$  dado que el actual está en el estado  $S_i$ .

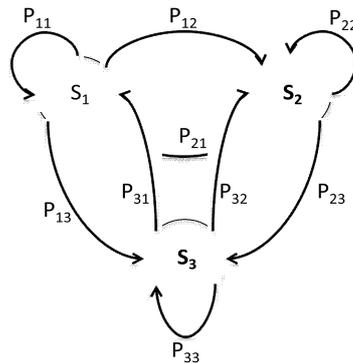


Figura1: Modelo gráfico de una cadena de Markov

Para definir las probabilidades de transición, necesitamos establecer primero el nivel de motivación para todos los estudiantes, teniendo en cuenta la función de utilidad  $U$  en (7) diariamente durante un intervalo de tiempo específico. La Fig. 2a muestra un ejemplo de dicha función donde los valores de  $U$  para un estudiante en particular se grafican durante un período de cuatro meses (120 días). Allí se pueden observar algunos intervalos de decaimiento, este comportamiento ocurre porque los valores de la función de utilidad dependen de los días transcurridos desde el día en que se registró el aporte. Se propuso el siguiente procedimiento para caracterizar este modelo: 1) se construyó un histograma normalizado a partir de todas las funciones de utilidad de los estudiantes participantes; 2) se utilizó un modelo de mezcla gaussiana (GMM) de tres distribuciones para estimar el nivel de motivación; 3) una vez que se tienen las distribuciones (numeradas de uno a tres en orden ascendente), las que tienen la máxima probabilidad son utilizados como estimador del nivel de motivación. En la figura 2b se muestra un ejemplo de tal histograma y mezcla gaussiana para un período de cuatro meses, donde cada distribución se representa con un color diferente.

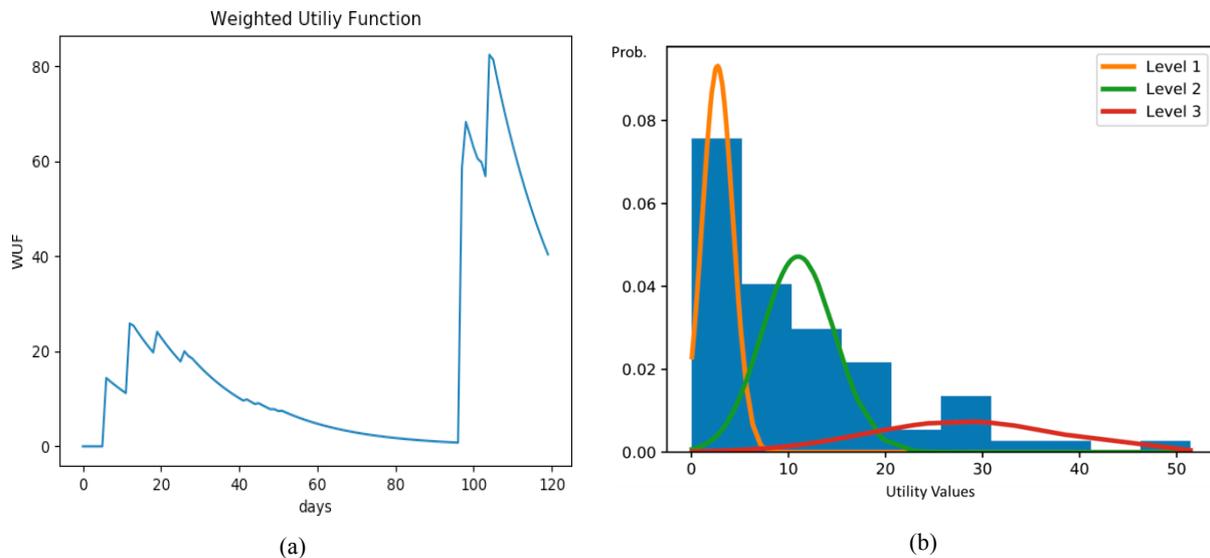


Figura 2: Ejemplo de evolución de la función de utilidad para un solo alumno e histograma y mezcla gaussiana de la función de utilidad propuesta para el grupo completo de estudiantes estudiados.

Para configurar las probabilidades, definimos una matriz de transición de  $3 \times 3$  para cada sujeto de la siguiente manera: para cada día, asignamos su estado  $S_i$  utilizando la probabilidad máxima del GMM como se explicó anteriormente y observamos si hay un cambio o no en el estado respecto al día anterior e incrementar en uno el contador correspondiente para tenerlo en cuenta en la matriz de transición. La matriz resultante se normaliza de manera que cada suma de filas sea igual a 1, obteniendo una matriz de  $3 \times 3$  en la que el elemento  $(i, j)$  es una estimación de la probabilidad de transición

$P_{i,j}$ . Ahora, utilizando la matriz de transición, es posible definir la probabilidad de estar en un estado específico de motivación en un día determinado. Para ver eso, digamos que una persona comienza en el estado  $S_1$ , entonces podemos definir su vector de estado como  $p^T = [1 \ 0 \ 0]$  y estimar la probabilidad de estar en cualquiera de los estados en el segundo día como:

$$p^{(2)} = p^T M, \quad (8)$$

Donde  $M$  es la matriz de transición y  $p^T$  es el vector transpuesto en el primer día ( $p^{(1)}$ ). Luego, después de  $n$  días, obtendríamos:

$$\pi = p^{(n)} = (p^T M) M M \dots M = p^T M^{n-1}. \quad (9)$$

La ecuación (9) permite estimar la probabilidad de estar en cualquier estado después de un período de  $n$  días. Por tanto, en el límite (cuando  $n \rightarrow \infty$ ), se podría calcular una matriz estacionaria de rango uno, y es posible seleccionar cualquier fila como  $\pi$ , que sería independiente del estado inicial  $p(1)$ . En la práctica, hay métodos muy eficientes para realizar el cálculo de estos sistemas de matrices, como la descomposición autovector-autovalor utilizada por Gagniuc<sup>19</sup>. Un aspecto crítico de la metodología propuesta es utilizar el vector  $\pi$  en  $R^3$  de cada alumno para agruparlo en tres clústeres globales que representan los niveles de motivación y, de esta forma, poder evaluar y analizar los puntos. sistema de recompensas. Para tener esto, se aplica una  $k$  media<sup>20</sup> con tres grupos; ya que todos los vectores  $\pi$  están en el plano  $x+y+z=1$ , donde el eje  $xyz$  corresponde a la probabilidad de pertenecer al estado  $S_1, S_2$  y  $S_3$ , respectivamente; también los tres centroides de cada grupo deben estar en este plano. La figura 3a refleja la tendencia de un enfoque probabilístico para los tres niveles de motivación propuestos en lugar de una clasificación dura, ya que muestra un ejemplo de esta representación donde los círculos azules y su centroide (triángulo) cercanos a la coordenada (1,0,0) representan los elementos pertenecientes a la clase  $S_1$  (categoría de baja motivación), los marcadores en rojo, cercanos a (0,1,0), a la clase  $S_2$  (categoría de motivación media), y los verdes, cercanos a (0,0,1) a la clase  $S_3$  (categoría de motivación alta).

## 5. RESULTADOS

El modelo de sistema de recompensa por puntos propuesto fue validado con un grupo experimental de 69 estudiantes de la Facultad de Administración de Empresas y Turismo de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, en las asignaturas de Comportamiento Organizacional y Habilidades de Liderazgo, al utilizar una aplicación de teléfono inteligente gamificada durante cuatro meses (120 días, de febrero a mayo de 2019). Luego, aplicamos el procedimiento descrito en el apartado de metodología, donde el método de agrupamiento de  $k$ -medias es capaz de identificar tres centroides que se utilizan para clasificar a todos los estudiantes en tres categorías de motivación: baja (grupo 1), media (grupo 2) y alta. (grupo 3); corresponde al politopo 3D (plano  $x+y+z=1$ ). En la figura 3a se puede observar que los centroides también se encuentran en el politopo, lo que significa que son funciones de densidad de probabilidad de la misma manera que las distribuciones son clasificadas. Finalmente, se obtuvieron las calificaciones finales de los estudiantes de cada grupo; La figura 4b muestra el diagrama de caja de estas puntuaciones agrupadas por la clasificación del nivel de motivación. Se puede observar que la mediana del grupo 1 está por debajo de seis, mientras que la mediana del grupo 2 es 6.62 y para el grupo 3 es 7,62. Además de esto, es aún más importante señalar que la dispersión del grupo 1 es mucho mayor que la de los otros grupos, lo que indica claramente que la clasificación con la metodología propuesta separa adecuadamente a los grupos con un alto nivel de motivación, lo que es reflejado en sus notas finales. Para confirmar este hecho, la Tabla I muestra el valor numérico de la mediana presentada en las gráficas, pero también algunos estadísticos como media, desviación estándar y valor máximo de las calificaciones finales.

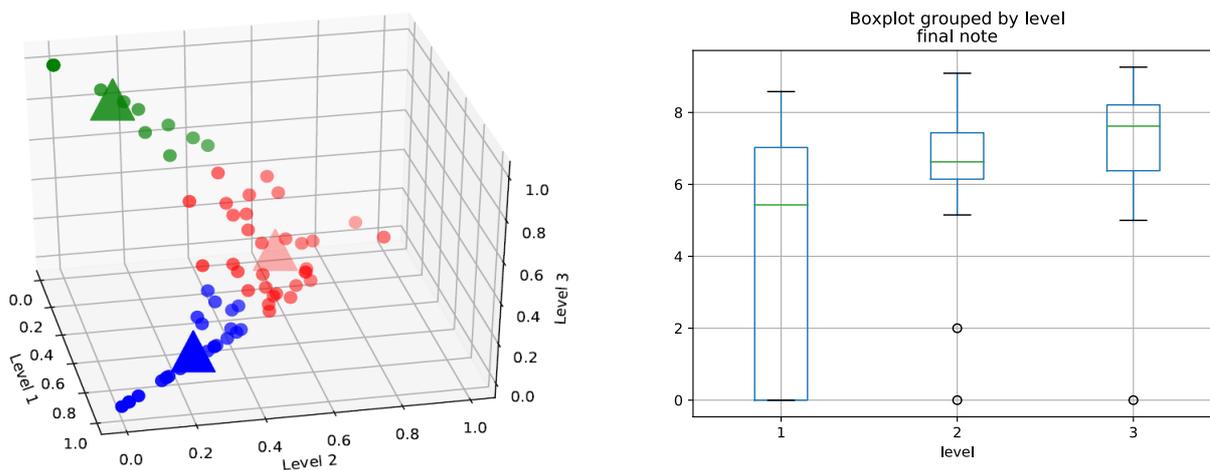


Figura 3: Agrupación y centroides del grupo experimental de estudiantes para tres categorías de motivación: (1) Marcadores azules (motivación baja); (2) marcadores rojos (mediana) y (3) marcadores verdes (alta) y Box-Plot de notas finales agrupadas en tres niveles de motivación (derecha).

Tabla 1. Media y desviación para cada uno de los niveles motivacionales.

Grupo	Media	Desviación	Máximo
1	4.54	3.15	8.58
2	6.57	1.82	9.09
3	6.88	2.28	9.26

## 6. CONCLUSIONES

En este artículo, se han utilizado herramientas de gamificación para promover la transformación de las habilidades de pensamiento crítico y las conductas de autonomía en habilidades de aprendizaje profundo para promover hábitos exitosos en estudiantes. La teoría subyacente detrás de estos estudios matemáticos es el ciclo de hábito, que explica la constitución de un hábito a partir de conductas derivadas de una herramienta de gamificación, y que transforma las motivaciones extrínsecas en extrínsecas internalizadas. La gamificación, definida como una herramienta que transforma una conducta en hábito mediante la internalización de motivadores extrínsecos (visibilidad de las conductas individuales, proceso de estudio, retroalimentación entre pares)<sup>21</sup>, permite que los alumnos sean capaces de interiorizar dichos comportamientos, de manera que, cuando desaparezcan los estímulos externos, también desaparezca el interés por la aplicación ludificada, pero se mantengan los hábitos de pensamiento crítico y aprendizaje más profundo.

El estudio de investigación presentado aquí se ha basado en las contribuciones dadas por los miembros de una comunidad en línea y sus evaluaciones de pares. Concluimos que los estados motivacionales coinciden con los grupos de estudiantes por grados, como lo demuestra el agrupamiento de estudiantes en los estados motivacionales medio y alto con una desviación estándar mínima, aumentando la desviación estándar para el estado motivacional bajo y sin mostrar correlación con la nota del alumno. Este resultado demuestra la efectividad de la herramienta *HEgameApp* basada en el Modelo Bayesiano de Markov propuesto y su potencial uso futuro en momentos críticos del proceso de aprendizaje. Este trabajo también demuestra que las herramientas de gamificación basadas en TI pueden tener un impacto innovador en el rendimiento del aprendizaje, al menos a nivel universitario. Se necesitan más investigaciones para asegurar si este enfoque se puede extrapolar a otros niveles educativos, como la educación primaria y secundaria.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó en parte utilizando herramientas desarrolladas para un proyecto anterior H2020 financiado por la UE (URBAN-WASTE, Convocatoria: H2020-WASTE-2015-two-stage, Ref. 690452). Lidia Aguiar tiene una beca Postdoctoral financiada por la ULPGC. Un agradecimiento especial a la Facultad de Ciencias de la UASLP y FEET de la ULPGC por facilitar la experimentación descrita anteriormente, y a Alberto Clavijo por su apoyo técnico.

## REFERENCIAS

- [1] Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. "From game design elements to gamefulness: defining gamification". In *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments* (pp. 9-15). ACM. 2011.
- [2] Barber, C. S. "Book Review: 3D Game Lab: Rezzly Heroic Learning. *Academy of Management Learning & Education*, 17(1), pp. 114-117. 2018.
- [3] Barber, C.S., & Smutzer, K. (2017). "Leveling for Success: Gamification in IS Education". At: <https://aisel.aisnet.org/amcis2017/ISEducation/Presentations/9/2017>.
- [4] Sauermann, H., & Franzoni, C., "Crowd science user contribution patterns and their implications". *Proceedings of the national academy of sciences*, 112(3), 679-684. 2015.
- [5] Chen, W. and Wei, X. and Zhu, K., "Engaging Voluntary Contributions in Online Communities: A Hidden Markov Model" (March 2, 2017). *MIS Quarterly*, 42(1), 83-100. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3027723>
- [6] Ma, M., & Agarwal, R. "Through a glass darkly: Information technology design, identity verification, and knowledge contribution in online communities". *Information systems research*, 18(1), 42-67. 2007.
- [7] Porter, C. E., & Donthu, N., Cultivating trust and harvesting value in virtual communities. *Management Science*, 54(1), 113-128. 2008.
- [8] Deci, E. L., & Ryan, R. M. (Eds.). *Handbook of self-determination research*. University Rochester Press. 2004.
- [9] Krogh, G. V., Haefliger, S., Spaeth, S., & Wallin, M. W. "Carrots and rainbows: Motivation and social practice in open source software development". *MIS quarterly*, 36(2), 649-676. (2004)
- [10] Pintrich, P. R., & De Groot, E. V. "Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance". *Journal of educational psychology*, 82(1), 33. 1990.
- [11] Tous, C. M., & Amorós, M. M.. Motivaciones para el estudio en universitarios. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 23(1), 17-24. 2007.
- [12] Tapia, J. A.. *Motivación y aprendizaje en el aula: cómo enseñar a pensar*. Santillana. 1998.
- [13] Lepper, M. R. Motivational considerations in the study of instruction. *Cognition and instruction*, 5(4), 289-309. 1998.
- [14] Reeve, J. "Self-determination theory applied to educational settings". In Deci, E. L. & Ryan R. M. (Eds.), *Handbook of self-determination research* (p. 183-203). University of Rochester Press. 2002.
- [15] McGonigal, J., *Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world*. Penguin 2011.
- [16] Robson, K., Plangger, K., Kietzmann, J. H., McCarthy, I., & Pitt, L. "Is it all a game? Understanding the principles of gamification". *Business Horizons*, 58(4), 411-420. 2015.
- [17] Bartle, R. "Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit MUDs". *Journal of MUD research*, 1(1), 19. 1996.
- [18] Hunicke, R., LeBlanc, M., & Zubek, R. "MDA: A formal approach to game design and game research". In *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI* (Vol. 4, No. 1, p. 1722). Jul. 2004
- [19] Gagniuc, P. A. *Markov Chains: From Theory to Implementation and Experimentation*. USA, NJ: John Wiley and Sons. pp. 911. 2017
- [20] Duda, R. O., Hart, P.E. and Storck, D.G.: *Pattern Classification*. 2nd ed., Wiley, 2001.
- [21] Aguiar-Castillo, L. (2020). "Contribución al estudio del impacto de la gamificación en el sector turístico: promoción de comportamientos proambientales". Tesis doctoral ULPGC