

¡Juguemos con los Materiales!

María Natividad Antón Iglesias¹, José Carlos Rebollo Albuquerque¹, José Antonio Padilla Sánchez^{2,3}

¹Área de Ciencia de materiales e Ingeniería Metalúrgica. Departamento de Construcción y Agronomía. Escuela Politécnica Superior de Zamora, Universidad de Salamanca, 49022 Zamora, Spain

²Departament de Ciència de Materials i Química Física, Facultat de Química, Univeritat de Barcelona, Martí i Franquès 1-11, 08028 Barcelona, Spain

³Departament d'Enginyeria Mecànica, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, Av. Diagonal 647, 08028, Barcelona, Spain

nanton@usal.es ; joserebalb@usal.es ; japadilla@ub.edu

Resumen

La gamificación es una metodología de formación que se basa en usar mecánicas propias de juegos como la acumulación de puntos, los premios, las misiones, etc. La motivación de los estudiantes durante el proceso de aprendizaje gamificado permite, por ejemplo, mejorar sus resultados educativos o la interiorización del conocimiento. Enfocado a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, puede ser una herramienta muy interesante para fomentar la participación activa y el interés en este campo científico.

El tipo de juego en el que nos vamos a basar en este trabajo son los Juegos de Cartas Coleccionables (*Trading Card Games*, TCG). En este tipo de juego se construye libremente una baraja (o mazo) siguiendo unas reglas específicas para cada juego. El TCG más conocido es Magic The Gathering, comúnmente conocido como Magic. Hoy en día existen otros TCG: Pokémon, Yu-Gi-Oh!, etc. siendo Lorcana de Disney, el último en ganar notable popularidad. En este trabajo partiremos de las bases del TCG de Magic. Las cartas planteadas serán analogías relativas al campo de los materiales. Cada estudiante se convertirá en jugador con un rol concreto como podría ser guerrero, científico, etc., usará un mazo compuesto por diferentes tipos de cartas e interactuará con el otro jugador para conseguir alcanzar primero el objetivo del juego que bien podría ser quitar vidas, conseguir artículos, etc.

Este enfoque lúdico ayudará a los estudiantes, por ejemplo, a entender mejor los materiales y sus propiedades mecánicas, fisicoquímicas, etc., combinando sus propiedades con sus posibles tratamientos y mejoras tecnológicas, así como las interacciones ambientales que sufren los materiales en servicio. La mejora en la comprensión adquirida por el alumno daría como resultado la creación de un mazo de cartas que ganaría a otro si el jugador conoce, comprende y combina correctamente todos estos elementos. De esa forma, y mediante el juego, se podrían explorar conceptos científicos, el mundo de los materiales ofreciendo una forma innovadora y atractiva de aprender. ¡Que comience la partida!

1. Introducción

La introducción de la Inteligencia artificial (IA) en las aulas supone un hándicap a la hora de pedir a nuestros alumnos la realización de sus trabajos. Estas circunstancias obligan a buscar otras alternativas para la realización de tareas que les ayuden a adquirir conocimientos de una forma entretenida y didáctica.

La gamificación se caracteriza por trasladar reglas y elementos de los juegos en contextos alejados de lo lúdico como puede ser un aula [1-4] o diversos sectores industriales o sanitarios [5-8]. Es una herramienta educativa innovadora que aprovecha los beneficios de los juegos para fomentar el aprendizaje. Se trata de un enfoque que busca motivar y comprometer a los estudiantes en su proceso de aprendizaje, incorporando principios de diseño de juegos en la enseñanza. La gamificación se diferencia del aprendizaje basado en juegos porque es un proceso de diseño que incorpora elementos de juego (premios, bonificaciones, etc.) en el aprendizaje para mejorar su eficacia o dirigir y/o modificar el comportamiento del alumnado en el aula [2], en lugar de crear un juego o video-juego como producto final con fines educativos [9,10].

Esta técnica educativa puede ofrecer varias ventajas para el estudio de asignaturas relacionadas con la Ciencia e Ingeniería de Materiales, asignaturas que a veces, resultan complicadas para los estudiantes.

- Mayor motivación y participación. Los elementos del juego, como son la puntuación, la clasificación y desafíos, fomentan la participación activa de los estudiantes, haciéndoles sentir que progresan. Esto aumentará su motivación, impulsándolos a participar más en clase, realizar tareas y estudiar de forma autónoma [3].
- Aprendizaje más profundo. Este tipo de método puede transformar conceptos abstractos y complejos en experiencias de aprendizaje más atractivas, ya que la creación de las cartas supone en sí mismo un aprendizaje. Ayudará a los estudiantes a visualizar y comprender mejor los conceptos complejos, activar su capacidad crítica y resolver de problemas simulados mediante desafíos [4]. Además, retendrán mejor la información y comprenderán mejor los conceptos clave que, a veces, son complicados.
- Fomenta la colaboración y el trabajo en equipo [4]. La formación de equipos y las partidas amistosas, pueden potenciar la colaboración entre los estudiantes. Al trabajar juntos para alcanzar objetivos comunes, los estudiantes aprenden unos de otros, se comunican, colaboran y comparten ideas. Esto es muy beneficioso en el campo de Materiales, ya el trabajo en equipo es crucial para la investigación y el desarrollo de nuevos materiales.
- Aprendizaje adaptativo. Los juegos educativos permiten personalizar el aprendizaje (autoaprendizaje), pudiéndose adaptar el ritmo, el estilo, el nivel de conocimiento [3] y dificultad. Las pistas y ayudas conceptuales (en las cartas), permiten a los estudiantes adquirir conceptos a su propio ritmo e interrelacionar información. El estudiante que adquiera más conocimientos, interrelacione y aprenda conceptos, ganará las partidas que se propongan.
- Evaluación formativa continua. Este método educativo proporciona una evaluación continua del progreso de los estudiantes. Las partidas pueden ofrecer retroalimentación inmediata al docente de los resultados educativos individuales de cada estudiante y revelar los puntos críticos del temario. Así, los docentes pueden brindar apoyo personalizado a cada estudiante.

Una vez vistas las ventajas que puede ofrecer la introducción de la gamificación en el aula, conviene diferenciar los juegos de cartas con la descripción de las propiedades del material [11, 12], de lo que se denominan Juegos de Cartas Coleccionables (*Trading Card Games*, TCG), que son un conjunto de cartas no predefinidas, de distintos tipos y características, que otorgan un carácter individual a cada carta, y que presentan una mayor complejidad a la hora de plantear una partida, ya que gran parte de las cartas pueden relacionarse entre sí para generar “combos” y ganar más fácilmente al adversario. En este tipo de juego se construye un mazo de 60 cartas siguiendo unas reglas específicas para cada juego.

Uno de los TCG más conocidos y original en su desarrollo inicial es el Magic: The Gathering [13], pero no es el único, a la estela de éste han proliferado otros como: El Señor de los Anillos, La Llamada de Cthulhu, Pokémon, Yu-Gi-Oh!, Sailor Moon, Kingdom Hearts, Hearthstone, Stargate, Evolution, Lorcana de Disney, etc., algunos de ellos basados en libros, anime, manga, series de televisión o videojuegos.

2. Planteamiento de la propuesta: Construcción del Juego Materland

La inserción de este tipo de juegos en el estudio de los Materiales supondrá una mayor motivación y participación activa por parte del estudiante, impulsándolos a participar más en clase, colaborar con sus compañeros, completar tareas y dedicar más tiempo al estudio independiente y la profundización individual en el temario (favoreciendo el autoaprendizaje). La experiencia de aprender será más atractiva y efectiva para los estudiantes de todos los niveles, potenciando la adquisición de capacidades memorística, inductiva, deductiva y crítica, a través del juego. También pretende sustituir la realización de los trabajos convencionales por otro tipo de tareas que también requieren búsqueda de información.



Figura 1. Esquema de la propuesta educativa.

El objetivo será ayudar al estudiante a adquirir conocimientos sobre los distintos materiales a través de la creación de sus propios mazos de cartas tras consultar el software Edupack- u otras fuentes de información (bases de datos, revistas, libros, etc.) para extraer la información para las cartas. Para la creación de las cartas se asume un paralelismo entre la Ciencia y la Ingeniería de Materiales con el juego de Magic: The Gathering® (Figura 1). Luego, el diseño de las cartas, el número de cartas total del mazo (60) así como las normas, fases del juego y tipos de cartas se basa en este juego. Además, se pueden también considerar aspectos como referentes científicos, investigadoras/es, poner de relieve centros de investigación, etc.

3. Tipos de cartas

Las cartas se pueden diseñar con ayuda de webs como <https://www.mtgcardmaker.com/>, <https://mtgcardsmith.com/mtg-card-maker/>, etc., o programas de software libre como el Magic Set Editor 2.1.2 Advanced, que facilitan mucho la creación de los naipes. En la Figura 2 se puede ver las distintas partes de las cartas.



Figura 2. Aspecto y partes de la carta de la propuesta.

Cada material, proceso, fenómeno, etc. se equipara con distintos conceptos dentro del juego incluso el ciclo de vida de cualquier material: obtención – fabricación – vida en servicio – fin de su utilidad, podrían tener su representación en las cartas del citado juego.

- Cartas de “tierras”/recursos (Figura 3): Generan maná/energía para que los jugadores obtengan recursos al comienzo de su turno y los utilizan para jugar otras cartas. Representan las materias primas, canteras, minas, etc. Con las cinco tierras/recursos se podrán obtener las materias primas para los distintos materiales. Las tierras/recursos pueden ser básicas o mixtas y permiten obtener maná o “energía” que se necesita para lanzar todas las demás cartas. El color está relacionado con su origen y corresponde con el color de los materiales que aparecen en el programa Edupack-ANSYS.



Figura 3. Ejemplos de las cartas de tierras/recursos.

- Cartas de “criaturas”/materiales (Figura 4): Representan los diferentes tipos de materiales (metales, cerámicos, polímeros, etc.). Cada criatura tiene sus propias propiedades y habilidades únicas. Las criaturas (los materiales) representan a los siervos que se invocan con el maná. Pueden atacar al adversario o a sus criaturas y defenderse de sus ataques. Gracias a sus propiedades, que pueden ser mejoradas, etc., salir vencedores en el combate. Opcionalmente es necesario fijar la propiedad en cada turno.



Figura 4. Ejemplos de cartas de “criaturas”/materiales.

- Cartas de “hechizos”/“encantamientos”/fenómenos: Representan los fenómenos físico-químicos que afectan a los materiales (corrosión, desgaste, etc.). Se pueden usar para alterar las propiedades de las cartas de los adversarios o para defenderse de sus ataques.



Figura 5. Ejemplos de cartas de Encantamientos.

Los encantamientos pueden aportar habilidades a las criaturas (los materiales) que se pueden activar cuando se posea suficiente maná. También pueden tener efectos continuos. Sus efectos son permanentes al igual que las criaturas. En la Figura 5 se pueden ver algunos ejemplos de encantamientos: el diseño y la fabricación de un material compuesto a partir de dos cartas de materiales (matriz y refuerzo), el proceso de valorización como pueden ser el reciclaje (rescate de una carta perdida) o la valorización energética (recuperación de tierras/recursos).

A diferencia de los encantamientos, los hechizos no abarcan toda la partida. Existen dos tipos: instantáneos y conjuros, que representan hechizos mágicos/procesos o fenómenos cuyos efectos son de corta duración o no se repiten (Figura 6).

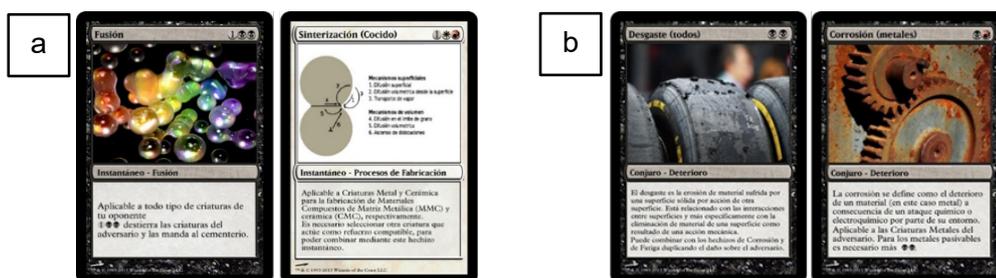


Figura 6. Ejemplos de cartas de a) instantáneos y b) conjuros.

Los instantáneos se pueden jugar en cualquier momento sobre el adversario. Los conjuros sólo pueden jugarse en el turno durante las fases principales. Los conjuros realizan su efecto cuando se paga el coste de maná e inmediatamente después son puestos en el cementerio de su propietario.

- Cartas de “artefactos”/procesos (Figura 7): Representan los procesos de fabricación y tratamiento de materiales (trefilado, forja, soldadura, SHS, calandrado, etc.). Son objetos permanentes que producen sus efectos sobre las criaturas mientras permanezcan en el juego. Representan equipos, aparatos, procesos o construcciones que aportan capacidades o nuevas funciones a las criaturas/materiales, generando nuevas propiedades y/o mejorándolas.



Figura 7. Ejemplos de cartas de “artefactos”/procesos.

- Cartas de “plainwalkers”/ayudantes (Figura 8): Son jugadores virtuales que se unen al combate ayudando/potenciando a las distintas propiedades/funciones que posee el material y que nos ayudará a poner en juego las cartas. En la Ciencia e Ingeniería de Materiales, representaría un profesional que pudiese potenciar o mejorar por sí mismo o junto con el resto de las cartas (encantamientos, artefactos, etc.) el uso de una criatura (material) con el uso de maná. También pueden estar representados por investigadoras/es importantes en distintos campos de los materiales.



Figura 8. Ejemplos de cartas de “plainwalkers”/ayudantes.

4. Partes del Tablero

En la Figura 9 se puede ver el diseño del tablero Materland que consta de distintas partes, semejantes al juego Magic®:

- El Mazo o Biblioteca. Es el mazo de 60 cartas donde se roba la “mano” para la partida. Las cartas están boca abajo y ningún jugador puede ver su contenido ni manipularlas, excepto si alguna carta en juego lo permitiese.
- La Mano, está formada inicialmente por siete naipes que tomará el jugador del mazo. Si las cartas de la mano que se toman no convienen se pueden hacer descartes, a estos descartes al inicio se les llama “mulligan”. Las cartas del adversario no se pueden ver a

menos que alguna carta en juego lo permita. Si al finalizar el turno, la mano es superior a 7 cartas, deben hacerse descartes.

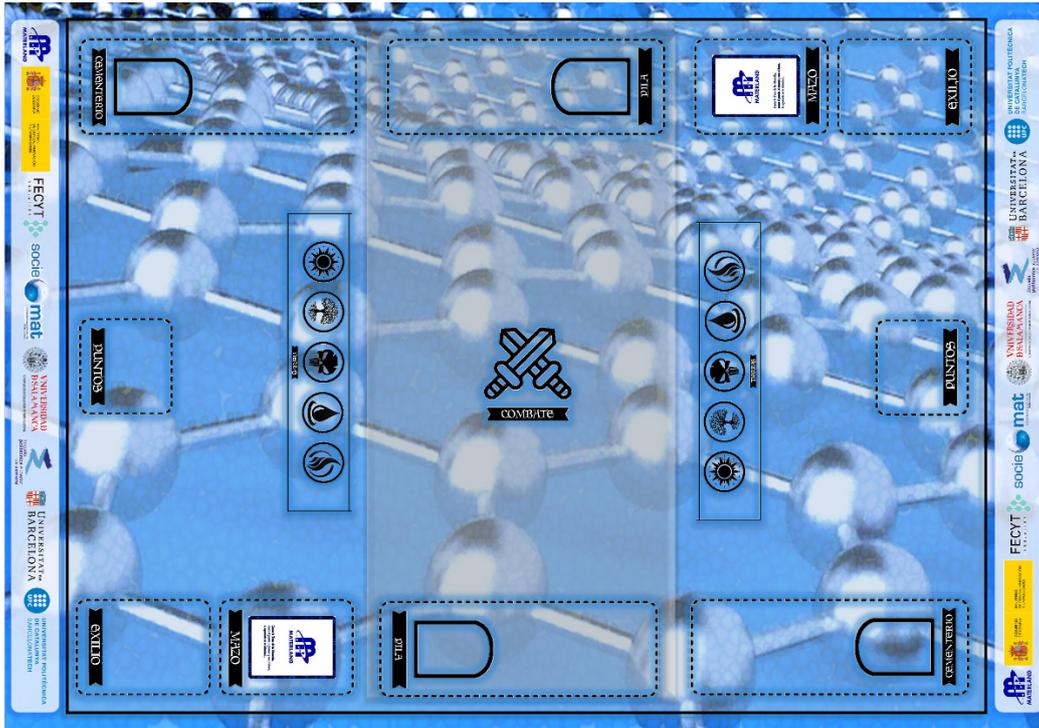


Figura 9. Diseño del Tablero.

- La Pila. En el sitio donde los hechizos y encantamientos esperan para resolverse. Después de que el último hechizo o encantamiento se resuelve, los jugadores tienen una nueva oportunidad de jugar otros. Es una zona compartida por los dos jugadores.
- El Exilio: Si una carta, debido a un hechizo o encantamiento se elimina o exilia del juego, ésta no puede volver y no va al cementerio, excepto por otras cartas que así lo permitan.
- El Cementerio. Es el lugar donde van a parar las cartas que han sido destruidas, contrarrestadas, descartadas o que ya hayan cumplido sus efectos, tales como conjuros e instantáneos.

5. Modos de juego

En cualquier grado tecnológico existen asignaturas que tienen información relativa al campo de los materiales. En algunas se plantea como un apoyo al resto de los contenidos, mientras que en otras en la base fundamental de la mismas. El empleo de este tipo de juegos también se tiene que adaptar a la idiosincrasia de las asignaturas. Así que se plantean dos modalidades de juego: 1) Juego convencional o de propiedades y 2) Juego de cartas tipo Magic® o TCG.

5.1. Juego de cartas convencional

Para aquellas asignaturas que tengan sólo una parte o sección de materiales dentro de su temario, p.e. Ingeniería Civil, Resistencia de Materiales, etc., del mismo modo que en otras experiencias [11,12]. Algunas características básicas para este modo de juego:

- Creación de las cartas según aplicación. Sólo se diseñarían las cartas de los materiales “criaturas” y excepcionalmente las de normativa/ensayos “artefactos”.

- Cartas de colores según tipo de material (según colores del software Edupack, p.e. rojo = metal)
- En juego se compararán la propiedad decidida por el estudiante que tenga el turno, rotando éste entre los jugadores en sentido horario.
- El que gane se queda con las cartas del adversario, se cuentan al final y gana el que más tenga.

5.2. Juego de cartas tipo TCG (Trading Card Game)

Para aquellas asignaturas que su temario sea sólo de materiales, p.e. Ingeniería de Superficies, Procesado de Materiales, Materiales de Construcción, etc., en este caso el planteamiento puede complicarse para asemejarse al juego de Magic® o semejantes: Algunas pautas a seguir dentro del juego:

- Construcción del mazo (con todas las posibles variantes de cartas, tierras o recursos, criaturas, hechizos, ayudantes, etc.)
- Uso de un dado para ajustar la propiedad a jugar (opcional) o selección de la propiedad decidida por el estudiante que tenga el turno.
- Se jugará según las fases del juego Magic®. La puntuación inicial de cada jugador es de 20 puntos y se irán modificando en función de la evolución de la partida, el valor de las cartas puestas en juego y el daño infringido.
- Se introduce un coste energético a modo de maná o energía (“recursos o tierras”) para jugar las cartas. Luego en el mazo tiene que haber suficiente cantidad de este tipo de cartas, para que probabilísticamente haya suficiente cantidad de “maná”.
- Cartas especiales o “mágicas” dando propiedades y combinaciones especiales. Algunos ejemplos: carta “material compuesto” si se tienen dos cartas de materiales que se puedan combinar; carta “reciclado” con recuperación de lo que se haya usado o perdido; carta “trefilado” para aumentar su límite elástico; carta “corrosión” para disminuir las propiedades del adversario, etc.).
- Perderá el estudiante al que le ganen sus 20 puntos, estos dictados por el valor de las cartas que se pongan en juego.

6. Ejemplos de aplicación en algunas asignaturas

Como se ha comentado anteriormente se tienen que distinguir dos variantes del juego. No obstante, es posible poner en común todas las cartas y que cada estudiante se haga su propio mazo con las cartas que ha creado y las del resto de sus compañeros siempre y cuando le convengan para diseñar un mazo ganador. Todas las cartas de todas las asignaturas se pueden poner en común, con lo que las posibilidades aumentan, siguiendo la misma filosofía de juego que los TCG. Las cartas creadas pueden ser incorporadas a plataformas tipo Moodle para el uso de los estudiantes de los cursos posteriores y que no se repitan, pudiendo incrementar su número, crear variantes o incluso mejorar, al igual que sucede con los juegos TCG. Algunos ejemplos de creación de cartas:

- Resistencia de Materiales, Ingeniería Civil, etc. Elaboración de las cartas de las propiedades de los materiales que se emplean en los sectores metal-mecánico y de construcción (sólo tipos de cartas “criatura” y normas/ensayos “artefectos”). Es el ejemplo típico de juego de cartas convencional.

- Ingeniería de Superficies: Cartas de recubrimientos o mejora superficial sobre metales (p.e. cementación, nitruración, boruración, etc.), cerámicos (PVD, CVD, etc.) y plásticos (metalización, pinturas, etc.). Estas operaciones mejoran las propiedades frente al desgaste, la fatiga, la corrosión o degradación, así que provee de resistencia extra ante cualquier “encantamiento/hechizo” que contenga estos fenómenos. Ejemplo del juego tipo TCG.
- Obtención y Selección de Materiales: Minería y obtención de metales; canteras, obtención y fabricación de cerámicos; síntesis a partir de monómeros de polímeros. Diseño de los procesos y operaciones básicas que conforman los procesos extractivos o de síntesis, estos requieren gran cantidad de “maná” para ponerlos en juego. Los estudiantes tendrán que tener en cuenta que hay operaciones que son comunes a todos los procesos y otras específicas de cada materia prima o producto. Ejemplo del juego tipo TCG.
- Materiales de Construcción: operaciones conducentes a la puesta en servicio de materiales empleados en construcción (p.e. proceso de fabricación del hormigón a partir de sus materias primas). Al igual que en caso anterior, los estudiantes deben aprender mediante la creación de las cartas las operaciones para la fabricación de los materiales, además de su puesta en servicio. Este es un ejemplo en el cual se puede jugar tanto de forma convencional o como en modo TCG.

7. Conclusiones

Es viable implementar un tipo de juego TCG al campo de la Ingeniería de Materiales.

Se facilita la transformación de conceptos abstractos y complejos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales en experiencias más atractivas, así como desarrollar el pensamiento crítico, retención de la información y resolución de problemas, así como facilitar el aprendizaje de las relaciones entre los diferentes conceptos.

Se fomenta la colaboración y el trabajo en equipo a través de la cooperación y las competiciones amistosas entre estudiantes.

Se puede realizar parte de la evaluación a través de partidas entre estudiantes. El docente tomará nota del desarrollo de las partidas y finalmente habrá una clasificación.

El estudiante puede crear sus propios mazos de cartas tomando como base los materiales de las distintas familias indicadas por un diagrama de Ashby clásico y mejorar mediante bibliografía. Este método permite personalizar el aprendizaje para cada estudiante.

8. Futuro del TCG Materland

Implementar el juego y crear nuevas cartas (ediciones) que puedan ser intercambiables y reutilizables de un año a otro al igual que sucede en MAGIC: The Gathering®. Éstas se pueden poner en común a través de plataformas tipo Moodle.

Incorporar nuevas mecánicas de otros TCG para aumentar su jugabilidad.

9. Agradecimientos

Los autores desean agradecer al proyecto Materland: La Aventura Continúa (FCT-22-18133) financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), así como a la convocatoria del Plan Investigo, enmarcada en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia financiada por el Servicio Público de Empleo Estatal y la Unión Europea.

10. Referencias

- [1] Jenny Díaz-Ramírez, "Gamification in engineering education – An empirical assessment on learning and game performance". *Heliyon* 6 (2020) e04972 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04972>
- [2] L. Martín-Ferrer, A. Amat; M. Espinet, "Aprender a diseñar juegos para la enseñanza de las ciencias en la formación inicial de maestras y maestros en educación primaria". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 19, núm. 3, 2022. Universidad de Cádiz, (https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3601)
- [3] M. A. Manassero-Mas, A. Vázquez-Alonso, "Enseñando la naturaleza del conocimiento científico mediante juegos". X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Sevilla, 5-8 de septiembre de 2017.
- [4] C. Alvarez Romero y L. Osete Cortina, "Game-based learning: juego de cartas para aprender Ciencia". Congreso In-Red 2019 Universidad Politécnica de Valencia, 11 y 12 de julio de 2019 (<http://dx.doi.org/10.4995/INRED2019.2019.10404>)
- [5] M. Keepers, I. Nesbit, D. Romero, T. Wuest, "Current state of research & outlook of gamification for manufacturing". *Journal of Manufacturing Systems*, 64, (2022), 303-315.
- [6] P. Aguado-Linares, F. Sendra-Portero, "Gamification: Basic concepts and applications in radiology". *Radiología* 65 (2023) 122---132.
- [7] K. Ishizuka et al. "The influence of Gamification on medical students' diagnostic decision making and awareness of medical cost: a mixed method study". *BMC Medical Education* (2023) 23:813. (<https://doi.org/10.1186/s12909-023-04808-x>)
- [8] H. Warmelink et al., "Gamification of production and logistics operations: status quo and future directions". *Journal of Business Research*, 106 (2018), 331–40. (<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.09.011>).
- [9] D. W. Shaffer et al., "Video games and the future of learning". *Phi Delta Kappan* 87 (2), 105-111 (2005).
- [10] J. L. Plass et al., "Foundations of game-based learning". *Educational Psychologist* 50, 258-283 (2015) ()
- [11] J. M. Morales de Francisco et al., "Diseño de cartas y el Aprendizaje Basado en Juegos (ABJ)". VII Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el Ámbito de las TIC y las TAC. Las Palmas de Gran Canaria, 19 y 20 de noviembre de 2020.
- [12] B. Moreno et al., "Propuesta de una herramienta didáctica basada en un juego de cartas para el estudio de propiedades de materiales". Congreso Internacional de Innovación Docente. Universidad Politécnica de Cartagena. 6 -8 de julio de 2011.
- [13] V.V.A.A. "Reglas del MAGIC: The Gathering, Guía de Inicio Rápido". ©2014 Wizards of the Coast LLC, PO Box 707, Renton, WA 98057-0707, EE. UU. Fabricado por: Hasbro SA.