

Aceptación tecnológica del uso de la realidad aumentada por estudiantes del nivel secundario: una mirada a una clase de Química

Jeanette Chaljub Hasbún (autora de contacto)

Coordinadora de nivel del Grado Ciencias Básicas y Ambientales
del Instituto Tecnológico de Santo Domingo (República Dominicana)
jeanette.chaljub@intec.edu.do | <https://orcid.org/0000-0001-6894-4719>

Juan Ramón Peguero García

Docente de la Escuela de Ingeniería y Tecnología de la Universidad
del Caribe (Santo Domingo, República Dominicana)
jpeguero@unicaribe.edu.do | <https://orcid.org/0000-0002-4177-0832>

Elvin José Mendoza Torres

Docente de la Escuela de Ingeniería y Tecnología de la Universidad
del Caribe (Santo Domingo, República Dominicana)
elvin.mendoza@unicaribe.edu.do | <https://orcid.org/0000-0001-5232-7409>

Extracto

La enseñanza de la Química, muchas veces, se torna automática y poco dinámica. Los conceptos químicos necesitan de procesos de pensamiento científico y pueden resultar abstractos para los estudiantes (hombres y mujeres). Por esto, es importante aplicar recursos educativos que promuevan la motivación e interacción con los mismos para los aprendizajes significativos. El objetivo principal de este estudio es analizar el grado de aceptación que se produce en los estudiantes hacia la tecnología de realidad aumentada. La muestra fue no probabilística intencional ($N = 100$) y estuvo compuesta por estudiantes de quinto grado del nivel secundario preuniversitario de la asignatura de Química en las ciudades de Santiago y Santo Domingo de la República Dominicana. El instrumento aplicado fue el modelo de aceptación de la tecnología (*technology acceptance model* [TAM]), creado por Davis en 1989. Los resultados obtenidos reflejan un elevado grado de aceptación de la tecnología de realidad aumentada por parte de los estudiantes participantes para conocer la distribución electrónica de los elementos de la tabla periódica. Asimismo, los estudiantes consideran que su uso es útil y muy divertido. En síntesis, la tecnología de realidad aumentada potencia la comprensión de conceptos de Química, ayuda a dinamizar las clases y facilita la enseñanza de temas abstractos a través del disfrute en la interacción con el objeto enriquecido en formato realidad aumentada.

Palabras clave: aprendizaje inmersivo; facilidad de uso percibida; modelo de aceptación de la tecnología (*technology acceptance model* [TAM]); pensamiento creativo; realidad aumentada; utilidad percibida.

Recibido: 05-02-2022 | Aceptado: 02-06-2022 | Publicado: 07-09-2022

Cómo citar: Chaljub Hasbún, J., Peguero García, J. R. y Mendoza Torres, E. J. (2022). Aceptación tecnológica del uso de la realidad aumentada por estudiantes del nivel secundario: una mirada a una clase de Química. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 23, 49-68. <https://doi.org/10.51302/tce.2022.864>

Technological acceptance of the use of augmented reality by high school students: a look at a Chemistry class

Jeanette Chaljub Hasbún (corresponding author)

Coordinadora de nivel del Grado Ciencias Básicas y Ambientales del Instituto Tecnológico de Santo Domingo (República Dominicana)
jeanette.chaljub@intec.edu.do | <https://orcid.org/0000-0001-6894-4719>

Juan Ramón Peguero García

Docente de la Escuela de Ingeniería y Tecnología de la Universidad del Caribe (Santo Domingo, República Dominicana)
jpeguero@unicaribe.edu.do | <https://orcid.org/0000-0002-4177-0832>

Elvin José Mendoza Torres

Docente de la Escuela de Ingeniería y Tecnología de la Universidad del Caribe (Santo Domingo, República Dominicana)
elvin.mendoza@unicaribe.edu.do | <https://orcid.org/0000-0001-5232-7409>

Abstract

The teaching of Chemistry often becomes automatic and not very dynamic. Chemical concepts require scientific thought processes, being abstract for students (men and women). Therefore, it is important to apply educational resources that promote motivation and interaction with them for meaningful learning. The main objective of this study is to analyze the degree of students' acceptance towards augmented reality technology. The sample was intentional non-probabilistic ($N = 100$), composed of students of the fifth grade of the pre-university secondary level, in the subject of Chemistry, from the cities of Santiago and Santo Domingo in the Dominican Republic. The instrument applied was the technology acceptance model (TAM), created by Davis in 1989. The results obtained reflect a high degree of acceptance of the augmented reality technology by the participating students to learn about the electronic distribution of the elements of the periodic table. Likewise, the students consider that it is useful and very user-friendly. In summary, augmented reality technology enhances the understanding of chemistry concepts, helps to make classes more dynamic and facilitates the teaching of abstract concepts in a chemistry class, through the enjoyment of interacting with the enriched object in augmented reality format.

Keywords: creative thinking; immersive learning; perceived ease of use; technology acceptance model (TAM); augmented reality; perceived usefulness.

Received: 05-02-2022 | Accepted: 02-06-2022 | Published: 07-09-2022

Citation: Chaljub Hasbún, J., Peguero García, J. R. and Mendoza Torres, E. J. (2022). Technological acceptance of the use of augmented reality by high school students: a look at a Chemistry class. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 23, 49-68. <https://doi.org/10.51302/tce.2022.864>



Sumario

1. Introducción
 - 1.1. Generalidades de la realidad aumentada en educación
 - 1.2. Modelo TAM
 2. Objetivo
 - 2.1. Objetivo principal
 3. Método
 - 3.1. Objetos de aprendizaje producidos en formato realidad aumentada
 - 3.2. Descripción del instrumento de recogida de información
 - 3.3. Muestra
 4. Resultados
 5. Discusión
 6. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

Nota: este estudio se enmarca dentro de un proyecto de investigación y desarrollo, denominado «Diseño, producción y evaluación de objetos de aprendizaje en soporte realidad aumentada para la enseñanza de la Química» (DIPRORAQUJ), que ha sido financiado por el Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología de la República Dominicana a través del Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDOCYT-2018-2019-1B5-005). Por otra parte, los autores del artículo declaran que todos los procedimientos llevados a cabo para la elaboración de este estudio de investigación se han realizado de conformidad con las leyes y directrices institucionales pertinentes. Asimismo, los autores del artículo han obtenido el consentimiento informado (libre y voluntario) por parte de todas las personas intervinientes en este estudio de investigación.

1. Introducción

1.1. Generalidades de la realidad aumentada en educación

La realidad aumentada se basa en la combinación del entorno físico con el mundo digital en tiempo real a través de dispositivos móviles, como tabletas y teléfonos inteligentes, y esta conjunción de tecnología ha potenciado una gran variedad de posibilidades para enriquecer una nueva dimensión de la realidad. Lo anterior ha tenido un gran impacto en varias esferas de la vida, especialmente, en el ámbito de la educación, donde se han producido experiencias de aprendizaje enriquecidas con un alto componente interactivo, tanto en los contenidos como entre los propios discentes (Cabero Almenara, 2017; Sánchez-Zafra *et al.*, 2019). Las investigaciones relativas al impacto de la implementación de la realidad aumentada en los aprendizajes se han ido incrementando en los últimos años, puesto que esta tecnología va ganando terreno, ya que capta la atención de los estudiantes, dentro y fuera de clase, además de promover y agilizar la comprensión de los conceptos (Basogain *et al.*, 2007; Díaz-Campos, 2016). Además, esto conlleva aparejado que los estudiantes muestren un alto grado de motivación a la hora de aprender con objetos enriquecidos en formato realidad aumentada, lo que puede facilitar los procesos y mejorar el rendimiento académico (Bicen y Bal, 2016; Cózar Gutiérrez *et al.*, 2015; López-Cortés *et al.*, 2021; Rodríguez Malebrán *et al.*, 2020). Atendiendo a lo expuesto, Cabero Almenara y García Jiménez (2016) mencionan las siguientes características de la realidad aumentada:

- El resultado es una realidad mixta.
- Acontece en tiempo real.
- Es propicia para el uso de información digital en distintos formatos.
- Es interactiva.
- Ofrece la posibilidad de enriquecer o alterar la información física.

Regueiro (2021) hace referencia a otras ventajas de la realidad aumentada en educación, tales como el aprendizaje significativo, emocional, digital, visual, interactivo y cooperativo, y, además, es una tecnología más económica. En este sentido, Rivas *et al.* (2021) destacan que las aplicaciones de realidad aumentada utilizadas o creadas «permiten a los alumnos mejorar habilidades espaciales y auditivas, manipular y explorar contenidos textuales (libros/cuentos) que despiertan la curiosidad y el interés, por la percepción de magia y por ser más

atractivos que los textos convencionales» (p. 66). Diversas investigaciones sostienen que la realidad aumentada incrementa la motivación de los estudiantes, que su compromiso por aprender se evidencia al realizar actividades inmersivas a través de entornos colaborativos y dinámicos y que fomenta el desarrollo del pensamiento crítico (Chang y Hwang, 2018; Díaz *et al.*, 2015; Llerena *et al.*, 2019; Pejoska-Laajola *et al.*, 2017; Ponce *et al.*, 2014; Toca Torres y Carrillo Rodríguez, 2019). En este sentido, se ha de repensar «el rol de la tecnología en el proceso enseñanza-aprendizaje, pasando de una moda que se ha permeado inevitablemente del contexto social y cultural, a una herramienta que apoya el currículo mediante la creación de experiencias de aprendizaje vivenciales» (Mejía Mejía *et al.*, 2019, p. 144). Tal es el caso de la comprensión del concepto de «distribución electrónica» y la ubicación de los elementos en la tabla periódica, de acuerdo con sus características. Los estudiantes tienen la posibilidad de observar el objeto enriquecido, o, como se le conoce más comúnmente, el «marcador», a través del formato realidad aumentada desde distintas perspectivas y complementar esta actividad de observación con actividades didácticas en las que deben primar los objetivos pedagógicos por encima de la novedad de la tecnología (Cabero-Almenara *et al.*, 2019). Es decir, el objetivo es que los estudiantes sean los protagonistas de su propio aprendizaje, y esto se puede lograr debido a que los objetos en realidad aumentada promueven el cambio de rol en los estudiantes: pasan de ser consumidores a prosumidores de la información (Marín-Díaz *et al.*, 2018), lo que desarrolla clases dinámicas e interactivas.

De lo anterior, se puede deducir que la motivación de los estudiantes aumenta cuando interactúan con objetos en formato realidad aumentada y que existe una relación significativa entre esta motivación y el desempeño (Cabero-Almenara *et al.*, 2019).

1.2. Modelo TAM

El proceso de implementación de este tipo de tecnología, como es el caso de la realidad aumentada, requiere evaluar el nivel de adopción por parte de los estudiantes. Para esto, es importante analizar los diversos factores que inciden en la aceptación de la misma. De acuerdo con Davis (1989), quien desarrolló el modelo TAM, la actitud o predisposición del uso de tecnología está determinada por dos variables o supuestos básicos:

- **Utilidad percibida (UP).** Grado en que el usuario percibe que el uso de la herramienta aumentaría su desempeño en una tarea.
- **Facilidad de uso percibida (FUP).** Cómo espera el usuario que la utilización de la herramienta no implique ningún esfuerzo.

En sintonía con estas ideas, el modelo TAM se enfoca en explicar y predecir el uso de los sistemas de información de los usuarios finales (Davis, 1989) y se fundamenta en dos teorías. Por un lado, se encuentra la teoría de la acción razonada (TAR), que está basa-

da en una serie de constructos relacionados con la actitud positiva, como son creencias y evaluaciones de la actitud hacia el comportamiento y creencias, normativas y motivación con el fin de predecir la intención de realizar ese comportamiento (Fishbein y Ajzen, 1975). Por otro lado, está la teoría del comportamiento planificado (TCP), que añade dos tipos de creencias más, las cuales fomentan la capacidad predictiva: las creencias de control y facilidad percibida y el control de comportamiento percibido (Ajzen, 1991), ya que «en este momento descubren que el comportamiento no es totalmente voluntario y bajo control» (Fernández Robles, 2017a, p. 66).

2. Objetivo

2.1. Objetivo principal

El objetivo principal es analizar el nivel de aceptación que se produce hacia la tecnología de realidad aumentada en los estudiantes del quinto grado del nivel secundario.

3. Método

Este estudio es de tipo cuantitativo y se llevó a cabo un diseño preexperimental con objetos de aprendizaje en formato realidad aumentada para los elementos de la tabla periódica. Tiene un alcance correlacional y de corte transeccional. Fue desarrollado durante agosto-septiembre del curso escolar 2021-2022. A continuación, se describe el proceso llevado a cabo, junto a la metodología utilizada.

3.1. Objetos de aprendizaje producidos en formato realidad aumentada

Apoyados en la tecnología de realidad aumentada, se diseñaron 118 objetos de aprendizaje, atendiendo a cada uno de los elementos que componen la tabla periódica. Para el desarrollo de estos objetos, se utilizaron diferentes aplicaciones. Entre ellas, se encuentra PowerPoint para el diseño y armado de la ficha, donde se muestran las características del elemento: símbolo, grupo, periodo, bloque, masa y número atómico, distribución electrónica por nivel, configuración electrónica y serie química a la que pertenece. Para completar el marcador a partir de la ficha elaborada, se utilizó Blender, con el fin de realizar la animación de la nube electrónica en la que se distribuyen los electrones según el número atómico. Finalmente, con la aplicación ZapWorks Designer, esta ficha fue convertida al marcador correspondiente de cada elemento, por ejemplo, el litio (véase figura 1), y que puede ser

escaneado mediante la aplicación Zappar, una vez descargada desde la tienda de aplicaciones de su dispositivo, ya sea Android o iOS. La figura 2 muestra cómo se puede visualizar la animación de la distribución de la carga electrónica en los diferentes niveles.

Figura 1. Marcador para el elemento de litio y su animación

Nombre: Litio

Símbolo: Li

Grupo: 1

Periodo: 2

Bloque: s

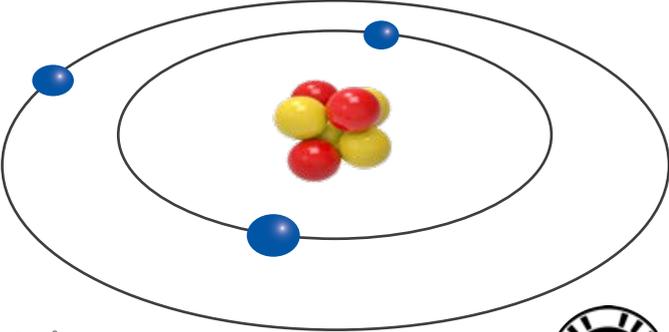
Número atómico: 3

Masa atómica: 6.941 u

Electrones por nivel: 2, 1

Configuración electrónica: $[\text{He}] 2s^2 1s^2 2s^1$

Serie química: metales alcalinos





Fuente: elaboración propia.

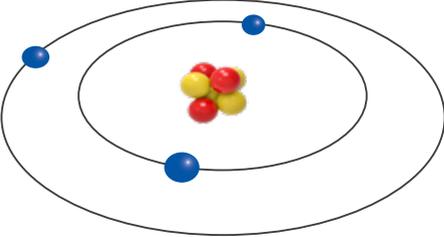
Figura 2. Animación de la distribución electrónica del litio (izqda.) y visualización del elemento con la aplicación Zappar (dcha.)

Masa atómica: 6.941 u

Electrones por nivel: 2, 1

Configuración electrónica: $[\text{He}] 2s^2 1s^2 2s^1$

Serie química: metales alcalinos







Fuente: elaboración propia.

El proceso para llevar a cabo la interacción de los estudiantes con esta tecnología tuvo una duración de dos horas en cada centro educativo y se realizó con los siguientes pasos:

- Explicación a los profesores de los centros educativos participantes sobre los fundamentos de la realidad aumentada.
- Breve demostración, tanto a estudiantes como a profesores, del uso de los objetos enriquecidos en formato realidad aumentada.
- Se compartió la siguiente dirección web, que incluye una guía para descargar la aplicación móvil a través de la cual se puede interactuar con los objetos producidos: https://unicaribe.edu.do/diproraqui_files/Instrucciones-Uso-Zappar-Objetos.pdf
- Revisión de la guía para descargar la aplicación móvil con el fin de visualizar los objetos y sus posibilidades.
- Los estudiantes, con la ayuda de los profesores, descendieron y utilizaron la *app*, con la cual interactuaron, de forma individual, con los objetos enriquecidos en realidad aumentada sobre la distribución electrónica de los elementos de la tabla periódica.
- Los estudiantes completaron el instrumento de aceptación tecnológica (TAM), que había sido elaborado para tal fin.

3.2. Descripción del instrumento de recogida de información

De acuerdo con lo expuesto en líneas anteriores, para poder recoger los datos, en este estudio se implementó un cuestionario basado en el modelo TAM ideado por Davis (1989), quien señala que el mismo puede explicar las causas que llevan a un usuario a aceptar la tecnología propuesta. Este instrumento recoge información de cinco dimensiones: utilidad percibida (4 ítems), facilidad de uso percibida (3 ítems), disfrute percibido (3 ítems), actitud hacia el uso (3 ítems) e intención de utilizarla (3 ítems). Contiene una construcción bajo la escala Likert (que oscila de 1 [Extremadamente improbable/En desacuerdo] a 7 [Extremadamente probable/De acuerdo]).

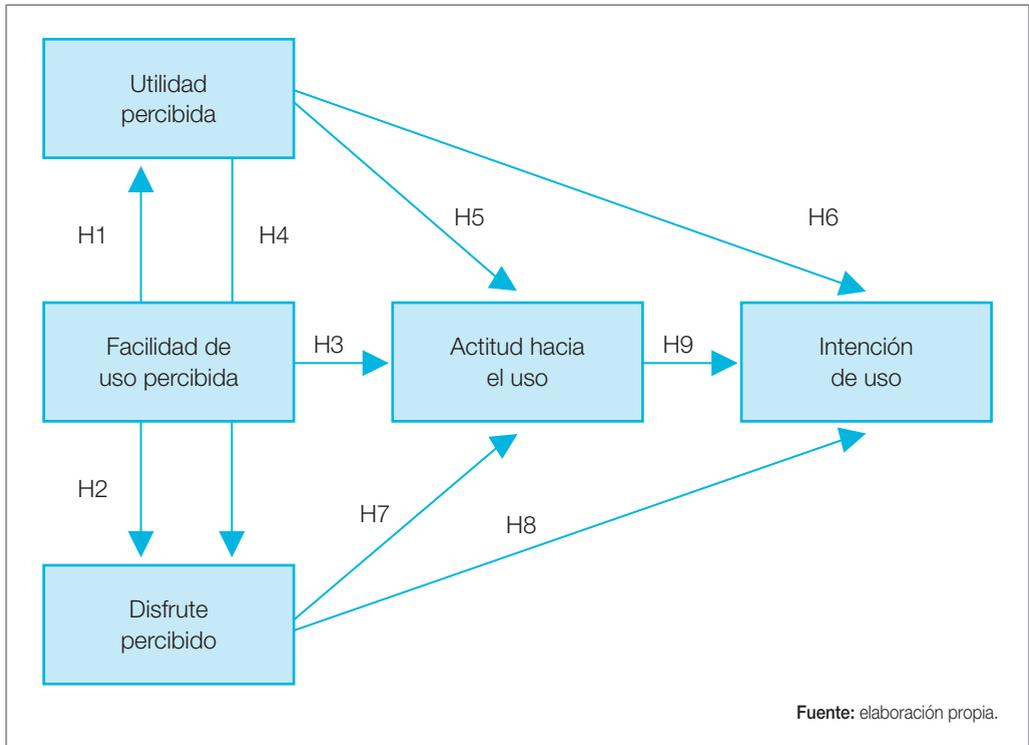
Como se puede ver con detalle en la figura 3, el modelo utilizado permite analizar las siguientes hipótesis:

- **H1-H2-H3.** La «facilidad de uso percibida» puede afectar positiva y significativamente al «disfrute percibido», a la «utilidad percibida» y a la «actitud hacia el uso» del objeto de aprendizaje en formato realidad aumentada.
- **H4-H5-H6.** La «utilidad percibida» del uso del objeto de aprendizaje en formato realidad aumentada puede afectar positiva y significativamente al «disfrute percibido»,

a la «actitud hacia el uso» y a la «intención de uso» del objeto de aprendizaje en formato realidad aumentada.

- **H7-H8.** El «disfrute percibido» del uso del objeto de aprendizaje en formato realidad aumentada puede afectar positiva y significativamente a la «actitud hacia el uso» y a la «intención de uso» del objeto de aprendizaje en formato realidad aumentada.
- **H9.** La «actitud hacia el uso» puede afectar positiva y significativamente a la «intención de uso» de los objetos de aprendizaje en formato realidad aumentada.

Figura 3. Hipótesis relacionadas con las dimensiones del modelo TAM



El coeficiente de fiabilidad, tanto del instrumento global como de sus dimensiones, se obtuvo a través del *software* estadístico SPSS (versión 15.0). Se utilizó la prueba alfa de Cronbach, siendo esta la más apropiada en evaluaciones educativas. Su utilización principal tiene que ver con la estructura misma de la prueba, pues identifica tanto la fiabilidad como la

La utilidad percibida es el grado en que el usuario percibe que el uso de la herramienta aumentaría su desempeño en una tarea

consistencia interna del instrumento (Canu y Duque, 2017). En este sentido, se seleccionó la correlación de ítem-total con la finalidad de analizar si, eliminando uno de los ítems, este coeficiente podría aumentar. No obstante, el valor obtenido no arrojó resultado significativo, por lo que se continuó con los 16 ítems elaborados. El resultado obtenido muestra que se mantiene su integridad global y una fuerte integración entre las dimensiones, ya que el «valor mínimo aceptable para el coeficiente alfa de Cronbach es 0,7» (Tuapanta Dacto *et al.*, 2017, p. 39) (véase cuadro 1).

Cuadro 1. Índice de fiabilidad del instrumento para el modelo TAM y sus dimensiones

Dimensión	Valor alfa de Cronbach
Total instrumento.	0,92
Facilidad de uso percibida.	0,88
Disfrute percibido.	0,87
Utilidad percibida.	0,84
Actitud hacia el uso.	0,90
Intención de uso.	0,85

Fuente: elaboración propia.

3.3. Muestra

En el estudio realizado se escogió el muestreo no probabilístico, el cual «permite seleccionar aquellos casos accesibles que acepten ser incluidos» (Otzen y Manterola, 2017, p. 230). En tal sentido, participaron 100 estudiantes de quinto grado de nivel secundario pertenecientes a seis centros educativos ubicados en las ciudades de Santo Domingo y Santiago de la República Dominicana, puesto que estos centros educativos y sus profesores mostraron interés y promovieron la implementación del estudio.

El modelo TAM, que fue desarrollado por David en 1989, se enfoca en explicar y predecir el uso de los sistemas de información de los usuarios finales

La investigación se realizó durante el curso escolar 2021-2022, momento en el que los estudiantes que participaron en el estudio estaban cursando la asignatura de Química. Se seleccionó el tema de los elementos de la tabla periódica con la finalidad de analizar la configuración electrónica con la tecnología de realidad aumentada.

4. Resultados

Para el análisis de los resultados obtenidos se utilizó el paquete estadístico SPSS (versión 15.0), obteniéndose medidas como la media y la desviación típica estándar para el instrumento completo y las cinco dimensiones utilizadas. Los resultados se muestran en el cuadro 2. También se realizó una correlación entre sus dimensiones para comprobar las hipótesis planteadas.

Cuadro 2. Valores medios y desviaciones estándar obtenidos con el instrumento basado en el modelo TAM

Dimensión	Promedio	Desviación típica
Instrumento global.	5,60	1,10
Facilidad de uso percibida.	5,67	1,24
Disfrute percibido.	5,51	1,35
Utilidad percibida.	5,47	1,30
Actitud hacia el uso.	4,99	1,01
Intención de uso.	5,63	1,45

Fuente: elaboración propia.

Los valores obtenidos, tanto del instrumento global como por cada dimensión en particular, muestran resultados prometedores, teniendo en cuenta que la escala va de 1 a 7 con un rango de 6. En la mayoría de las dimensiones evaluadas, se han alcanzado valores que superan en más de 2 puntos por encima el valor de la media, que, en la escala usada, es 3,5. En el caso de la dimensión «Actitud hacia el uso», se puede observar un valor aproximado de 1,5 por encima de la media, que sigue siendo un resultado favorable.

Por otro lado, se evidencia una desviación estándar del instrumento global de 1,10. Estos resultados muestran que los estudiantes presentan un alto nivel de aceptación del material presentado en formato realidad aumentada para la enseñanza de la distribución electrónica en los elementos de la tabla periódica después de interactuar con el objeto.

De igual forma, el cuadro 3 muestra detalladamente el análisis de la media y la desviación típica estándar de los ítems para cada dimensión.

Cuadro 3. Valores de medias y desviaciones típicas estándar de los ítems del instrumento por cada dimensión

Dimensión	Ítem	Media	Desviación típica
Facilidad de uso	El sistema de realidad aumentada me resultó fácil de usar.	5,64	1,64
	Aprender a usar el sistema de realidad aumentada no fue un problema para mí.	5,51	1,81
	Aprender a usar el sistema de realidad aumentada me ha resultado claro y comprensible.	5,64	1,48
Disfrute percibido	Utilizar el sistema de realidad aumentada fue divertido.	5,61	1,53
	Disfruté con el uso del sistema de realidad aumentada.	5,80	1,42
	Creo que el sistema de realidad aumentada permite aprender jugando.	5,75	1,38
Utilidad percibida	El uso de este sistema de realidad aumentada mejorará mi aprendizaje y rendimiento en esta asignatura.	5,50	1,25
	El uso del sistema de realidad aumentada durante las clases me facilitaría la comprensión de ciertos conceptos.	5,45	1,32
	Creo que el sistema de realidad aumentada es útil cuando se está aprendiendo.	5,66	1,35
	Con el uso de la realidad aumentada aumentaré mi rendimiento.	5,47	1,33
Actitud hacia el uso	El uso de un sistema de realidad aumentada hace que el aprendizaje sea más interesante.	5,79	1,64
	Me he aburrido utilizando el sistema de realidad aumentada.	3,32	2,19
	Creo que el uso de un sistema de realidad aumentada en el aula es una buena idea.	5,86	1,36
Intención de uso	Me gustará utilizar en el futuro el sistema de realidad aumentada si tuviera oportunidad.	5,52	1,71
	Me gustaría utilizar el sistema de realidad aumentada para aprender otros temas de la asignatura.	5,64	1,54
	Me gustará utilizar el sistema de realidad aumentada para aprender en otras asignaturas.	5,71	1,61

Fuente: elaboración propia.

De los resultados presentados en el cuadro anterior, se puede inferir que los estudiantes participantes en este estudio evaluaron como positivas la facilidad de uso, el disfrute y la utilidad del objeto enriquecido en formato realidad aumentada, relacionados con la distribución electrónica de los elementos de la tabla periódica.

También, se evidenció una valoración muy positiva hacia la actitud e intención de uso. En 15 de los 16 ítems del estudio de investigación, se han alcanzado valores que superan en más de 2 puntos por encima el valor de la media, que, en la escala usada, es 3,5. De estos datos, destacan con mayor puntuación los siguientes ítems: «Disfruté con el uso del sistema de realidad aumentada» (5,80), «El uso de un sistema de realidad aumentada hace que el aprendizaje sea más interesante» (5,79) y «Creo que el uso de un sistema de realidad aumentada en el aula es una buena idea» (5,86), cuyos valores se sitúan por encima de todos los demás. Destaca el resultado para el ítem «Me he aburrido utilizando el sistema de realidad aumentada», cuyo valor (3,32) está por debajo de la media de la escala, lo que es un buen indicativo, ya que alude a que los estudiantes participantes en este trabajo de investigación respondieron que «no están de acuerdo» con esta proposición.

Con el objetivo de analizar las hipótesis planteadas en este estudio de investigación, se aplicó el coeficiente de correlación lineal de Pearson, obteniéndose los resultados mostrados en el cuadro 4.

Se tomaron en consideración las cinco dimensiones del modelo TAM: utilidad percibida, facilidad de uso percibida, disfrute percibido, actitud hacia el uso e intención de uso

Cuadro 4. Resultados obtenidos-Correlación lineal de Pearson

Dimensiones		Utilidad percibida	Facilidad de uso percibida	Disfrute percibido	Actitud hacia el uso	Intención de uso
Utilidad percibida	Correlación de Pearson	1	0,635**	0,743**	0,651**	0,841**
	Sig. (bilateral)		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	N	100	100	100	100	100
Facilidad de uso percibida	Correlación de Pearson	0,635**	1	0,676**	0,486**	0,583**
	Sig. (bilateral)	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
	N	100	100	100	100	100



Dimensiones		Utilidad percibida	Facilidad de uso percibida	Disfrute percibido	Actitud hacia el uso	Intención de uso
Disfrute percibido	Correlación de Pearson	0,743**	0,676**	1	0,408**	0,716**
	Sig. (bilateral)	< 0,001	< 0,001		< 0,001	< 0,001
	N	100	100	100	100	100
Actitud hacia el uso	Correlación de Pearson	0,651**	0,486**	0,408**	1	0,640**
	Sig. (bilateral)	< 0,001	< 0,001	< 0,001		< 0,001
	N	100	100	100	100	100
Intención de uso	Correlación de Pearson	0,841**	0,583**	0,716**	0,640**	1
	Sig. (bilateral)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
	N	100	100	100	100	100

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral); Sig. corresponde a la significación del coeficiente de correlación de Pearson; N corresponde al número de estudiantes participantes del estudio.

Fuente: elaboración propia.

Del cuadro anterior, se concluye lo siguiente:

- **H1-H2-H3.** La «facilidad de uso percibida» puede afectar positiva y significativamente al «disfrute percibido», a la «utilidad percibida» y a la «actitud hacia el uso» del objeto de aprendizaje en formato realidad aumentada. Se evidencia una correlación positiva (de media a fuerte) entre las dimensiones: 0,676 y 0,583 para la percepción y la intención, respectivamente. Se destaca que la correlación, relativamente menor, para la actitud es 0,486. En todos los casos, el nivel de significación es menor a 0,001.
- **H4-H5-H6.** La «utilidad percibida» del uso del objeto de aprendizaje en formato realidad aumentada puede afectar positiva y significativamente al «disfrute percibido», a la «actitud hacia el uso» y a la «intención de uso» del objeto de aprendizaje en formato realidad aumentada. Se evidencia una correlación positiva (de media a

fuerte) entre las dimensiones: 0,743, para el caso de la percepción de disfrute, y 0,651, para la actitud. Cabe resaltar la correlación fuerte de 0,841 para la intención de uso. En todos los casos, el nivel de significación es menor a 0,001.

- **H7-H8.** El «disfrute percibido» del uso del objeto de aprendizaje en formato realidad aumentada puede afectar positiva y significativamente a la «actitud hacia el uso» y a la «intención de uso» del objeto de aprendizaje en formato realidad aumentada. Se observa una correlación media entre la dimensión actitud (0,408) y una correlación fuerte (0,716) entre la dimensión intención de uso. En todos los casos, el nivel de significación es menor a 0,001.
- **H9.** La «actitud hacia el uso» puede afectar positiva y significativamente a la «intención de uso» de los objetos de aprendizaje en formato realidad aumentada. Se evidencia una correlación fuerte entre ambas dimensiones (0,640), con un nivel de significación menor a 0,001.

5. Discusión

Los resultados del índice de fiabilidad muestran una alta consistencia interna entre las cinco dimensiones analizadas del instrumento TAM: utilidad percibida, facilidad de uso percibida, disfrute percibido, actitud hacia el uso e intención de uso del objeto de aprendizaje en formato realidad aumentada, ya que superan el valor mínimo de 0,7 en todos los constructos, siendo similares a los valores obtenidos por Cabero y Pérez Díez de los Ríos (2018), exceptuando la «actitud hacia el uso», donde se obtuvo un valor de 0,664, mientras que nuestro estudio arroja un valor de 0,90.

En relación con las H1-H2-H3, se encontró que la «facilidad de uso percibida» influye positivamente y de manera significativa en el «disfrute percibido», en la «utilidad percibida» y en la «actitud hacia el uso», obteniendo valores de correlación que superan los alcanzados por Cabero Almenara *et al.* (2016), cuyos resultados oscilan entre 0,402 y 0,458; excepto para la correlación con la «actitud hacia el uso», donde son muy similares. De lo anterior, se desprende que el material enriquecido en formato realidad aumentada facilita el manejo y el desplazamiento, además de ser intuitivo (Fernández Robles, 2017b).

Respecto a las H4-H5-H6, los valores arrojaron que la «utilidad percibida» del uso del objeto de aprendizaje en formato realidad aumentada afecta positiva y significativamente en el «disfrute percibido», en la «actitud hacia el uso» y en la «intención de uso». Prendes Espinosa (2015) corrobora lo anterior al referirse a la utilización de la realidad aumentada para proporcionar prácticas interactivas a los estudiantes, que, de otra forma, no serían posibles. Así es el caso de este estudio en lo que se refiere a la Química y su naturaleza de desarrollo de conceptos abstractos. Los resultados obtenidos en este estudio superan cerca de 0,3 unidades los valores alcanzados por Cabero Almenara *et al.* (2016) para la correlación entre la «utilidad percibida» y el «disfrute percibido». No obstante, los valores de la correlación entre la «utilidad percibida», la «actitud hacia el uso» y la «intención de uso» son muy similares en ambos estudios.

Para las H7-H8 se pudo evidenciar que, en efecto, el «disfrute percibido» de uso del objeto de aprendizaje en formato realidad aumentada afecta positiva y significativamente a la «actitud hacia el uso» y a la «intención de uso». Comparando con el estudio de Cabero-Almenara *et al.* (2019), el valor arrojado para la correlación entre el «disfrute percibido» y la «actitud hacia el uso» (0,534) fue menor en nuestro estudio (0,408); mientras que para la correlación entre «disfrute percibido» e «intención de uso», el resultado de nuestro estudio fue de 0,716, siendo este valor ligeramente mayor al resultado obtenido por Cabero Almenara y Llorente Cejudo (2020), cuya población se enfoca en personas mayores, que corresponde a 0,707. En todos los casos, el nivel de significación es menor a 0,001.

Por último, en la H9, para la «actitud hacia el uso», el valor de correlación en relación con la «intención de uso» arrojado en este estudio es ligeramente menor al obtenido por Cabero Almenara *et al.* (2018), correspondiente a 0,687. No obstante, se puede deducir que la «actitud hacia el uso» afecta positiva y significativamente sobre la «intención de uso» de los objetos de aprendizaje en formato realidad aumentada.

6. Conclusiones

Para responder al objetivo de este estudio, que era analizar el grado de aceptación de los estudiantes de quinto grado del nivel secundario en relación con la tecnología de realidad aumentada, podemos concluir que los resultados obtenidos tras aplicar el instrumento TAM reflejan un elevado grado de aceptación de la tecnología realidad aumentada por parte de los participantes para conocer y comprender la distribución electrónica de los elementos de la tabla periódica. Esto coincide con los resultados obtenidos por Cabero Almenara *et al.* (2018), quienes muestran que los estudiantes respondieron que el uso de la realidad aumentada ejerce una influencia positiva en sus aprendizajes y en el rendimiento académico.

Por otro lado, la interacción con el objeto enriquecido en formato realidad aumentada potencia la incorporación de la dimensión lúdica en el proceso de aprendizaje, desarrollando un factor de motivación para la aceptación de esta tecnología por parte de los alumnos. Les satisface y les hace disfrutar. Prendes Espinosa (2015) corrobora lo anterior al destacar cómo la utilización de la realidad aumentada proporciona prácticas interactivas a los estudiantes que, de otra forma, no se podrían lograr. Así ocurrió en este estudio, donde los alumnos pudieron interactuar con objetos enriquecidos en realidad aumentada para el área de Química, especialmente con la distribución electrónica, de acuerdo con el número atómico del elemento, y visualizar los electrones girando alrededor del núcleo en una imagen en 3D en tiempo real, a partir de la lectura del marcador con la aplicación móvil. Por lo regular, tienden a plasmarlos en una figura 2D, lo que hace que se les dificulte la comprensión del concepto de «nube electrónica».

Es importante resaltar que esta tecnología ha resultado divertida y muy útil para los estudiantes participantes en este trabajo de investigación. No supone mayores dificultades, considerando el alto porcentaje de alumnos que cuentan con dispositivos móviles (Lagunes-

Domínguez *et al.*, 2017), cuyas posibilidades técnicas fomentan su uso en la dinamización de las clases inmersivas en la enseñanza de conceptos abstractos en una clase de Química.

De igual manera, se evidenció que, a mayor disfrute en la interacción con el objeto enriquecido en formato realidad aumentada, mayor es la «actitud hacia el uso» y la «intención de uso», potenciando así el desarrollo del pensamiento científico, lo que podría indicar que aumenta la frecuencia de uso del recurso para aprender conceptos abstractos en Química y otras áreas de las ciencias básicas, ya que los estudiantes se mostraron muy motivados al poder interactuar con los objetos de aprendizaje en formato realidad aumentada a través de sus dispositivos móviles.

Dentro de las limitaciones de este estudio, podemos destacar las siguientes:

- Centrarnos en las clases de Química para estudiantes preuniversitarios, lo que nos sugiere seguir esta línea de investigación con estudiantes del nivel primario o con futuros docentes e incluir otras áreas de conocimiento en las ciencias naturales, como biología, física o medioambiente.
- No se ha evaluado el rendimiento de los estudiantes, por lo que es necesario replicar esta investigación para evaluar los resultados de aprendizaje.
- La apreciación de los docentes al implementar esta tecnología no está incluida en este estudio, por lo que se hace necesario realizar una investigación a nivel de expertos en el área de la didáctica de la Química.

Por último, es importante señalar que este estudio aporta conocimiento sobre la integración de la tecnología de realidad aumentada para la enseñanza de las ciencias de la naturaleza, lo que da valor agregado para la comprensión de conceptos, muchas veces complejos y abstractos para los estudiantes, y, a la vez, les permite interactuar con objetos enriquecidos en este formato.

Referencias bibliográficas

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., Rouèche, C. y Olabe, J. C. (2007). Realidad aumentada en la educación: una tecnología emergente. *Online Educa Madrid 2007*. https://www.academia.edu/es/33017263/Realidad_Aumentada_en_la_Educaci%C3%B3n_una_tecnolog%C3%ADa_emergente
- Bicen, H. y Bal, E. (2016). Determination of student opinion in augmented reality. *World of Journal on Educational Technology: Current Issues*, 8(3), 205-209. <https://doi.org/10.18844/wjet.v8i3.642>
- Cabero Almenara, J. (2017). La formación en la era digital: ambientes enriquecidos por la tecnología. *Revista Gestión de la Innovación en Educación Superior*, 2(1), 34-53. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7306669>

- Cabero Almenara, J., Barroso Osuna, J. y Gallego Pérez, Ó. (2018). La producción de objetos de aprendizaje en realidad aumentada por los estudiantes. Los estudiantes como prosumidores de la información. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 11, 15-46. <https://doi.org/10.51302/tce.2018.221>
- Cabero-Almenara, J., Barroso-Osuna, J., Llorente-Cejudo, C. y Fernández Martínez, M.^a M. (2019). Educational uses of augmented reality (AR): experiences in educational science. *Sustainability*, 11(18), 1-18. <https://doi.org/10.3390/su11184990>
- Cabero Almenara, J., Barroso Osuna, J. y Obrador, M. (2016). Realidad aumentada aplicada a la enseñanza de la medicina. *Educación Médica*, 18(3), 203-208. <http://dx.doi.org/10.1016/j.edumed.2016.06.015>
- Cabero Almenara, J. y García Jiménez, F. (Coords.). (2016). *Realidad aumentada: tecnología para la formación*. Síntesis.
- Cabero Almenara, J. y Llorente Cejudo, C. (2020). La adopción de las tecnologías por las personas mayores: aportaciones desde el modelo TAM (Technology Acceptance Model). *Publicaciones*, 50(1), 141-157. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v50i1.8521>
- Cabero-Almenara, J. y Pérez Díez de los Ríos, J. L. (2018). Validación del modelo TAM de adopción de la realidad aumentada mediante ecuaciones estructurales. *Estudios sobre Educación*, 34, 129-153. <https://doi.org/10.15581/004.34.129-153>
- Canu, M. y Duque, M. (2017). Sobre el coeficiente alpha de Cronbach y su interpretación en la evaluación educativa. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI*. <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/608/612>
- Chang, S.-C. y Hwang, G.-J. (2018). Impacts of an augmented reality-based flipped learning guiding approach on students' scientific project performance and perceptions. *Computers & Education*, 125, 226-239. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.007>
- Cózar Gutiérrez, R., Moya Martínez, M.^a V. de, Hernández Bravo, J. A. y Hernández Bravo, J. R. (2015). Tecnologías emergentes para la enseñanza de las ciencias sociales. Una experiencia con el uso de la realidad aumentada en la formación inicial de los maestros. *Digital Education Review*, 27, 138-153. <https://revistes.ub.edu/index.php/der/article/view/11622>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Díaz, F. J., Harari, V. y Harari, I. (2015). Realidad aumentada en prácticas educativas de índole social. *XI Congreso de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/53523>
- Díaz-Campos, B. (2016). Realidad aumentada en la educación. *Entorno*, 61, 47-53. <https://doi.org/10.5377/entorno.v0i61.6129>
- Fernández Robles, B. (2017a). *Aplicación del modelo de aceptación tecnológica (TAM) al uso de realidad aumentada en estudios universitarios* (Tesis doctoral inédita, Universidad de Córdoba).
- Fernández Robles, B. (2017b). Factores que influyen en el uso y aceptación de objetos de aprendizaje de realidad aumentada en estudios universitarios de educación primaria. *EDMETIC. Revista de Educación Mediática y TIC*, 6(1), 203-219. <https://grupotecnologiaeducativa.es/images/bibliovir/RA3.pdf>
- Fishbein, M. y Ajzen, I. (1975). *Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Addison-Wesley.

- Lagunes-Domínguez, A., Torres-Gastelú, C. A., Angulo-Armenta, J. y Martínez-Olea, M. Á. (2017). Prospectiva hacia el aprendizaje móvil en estudiantes universitarios. *Formación Universitaria*, 10(1), 101-108. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062017000100011>
- Llerena Izquierdo, J., Robalino Alfonso, M., Andina Zambrano, M. y Grijlava Segovia, J. (2019). Aplicación móvil para fortalecer el aprendizaje de ajedrez en estudiantes de escuela utilizando realidad aumentada y m-learning. *RISTI. Revista Ibérica de Sistema y Tecnologías de la Información*, E22, 120-133. <https://pure.ups.edu.ec/es/publications/mobile-application-to-encourage-education-in-school-chess-student>
- López-Cortés, F., Ravanal Moreno, E., Palma Rojas, C. y Merino Rubilar, C. (2021). Niveles de representación externa de estudiantes de educación secundaria acerca de la división celular mitótica: una experiencia con realidad aumentada. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 62, 7-37. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.84491>
- Marín-Díaz, V., Cabero-Almenara, J. y Gallego-Pérez, O. M. (2018). Motivación y realidad aumentada: alumnos como consumidores y productores de objetos de aprendizaje. *Aula Abierta*, 47(3), 337-346. <https://doi.org/10.17811/rifie.47.3.2018.337-346>
- Mejía Mejía, G. P., López Cabrera, M. V., Hernández-Rangel, E. y Cerano Fuentes, J. (2019). Diseño de un modelo de evaluación mediante la integración de la tecnología inmersiva y a distancia. *Educación Médica*, 20(30), 140-145. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2018.02.009>
- Otzen, T. y Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Pejoska-Laajola, J., Reponen, S., Virnes, M. y Leinonen, T. (2017). Comunicación aumentada móvil para la colaboración remota en un contexto de trabajo físico. *Australian Journal of Educational Technology*, 33(6), 11- 33. <https://doi.org/10.14742/ajet.3622>
- Ponce, J. C., Oronia, Z., Silva Sprock, A., Muñoz-Arteaga, Ornelas, F. y Álvarez-Rodríguez, F. (2014). Incremento del interés de los alumnos en educación básica en los objetos de aprendizaje usando realidad aumentada en la Química. *IX Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje*. https://www.researchgate.net/publication/272686579_Incremento_del_Interes_de_Alumnos_en_Educacion_Basica_en_los_Objetos_de_Aprendizaje_Usando_Realidad_Aumentada_en_las_Matematicas
- Prendes Espinosa, C. (2015). Realidad aumentada y educación: un análisis de experiencias prácticas. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 46, 187-203. <https://idus.us.es/handle/11441/45413>
- Regueiro, J. (11 de febrero de 2021). Realidad aumentada en educación y sus ventajas en el aprendizaje. *ined21.com*. <https://ined21.com/realidad-aumentada-en-educacion>
- Rivas, B., Gétrudix Barrio, F. y Gétrudix-Barrio, M. (2021). Análisis sistemático sobre el uso de la realidad aumentada en educación infantil. *EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 76, 53-73. <https://doi.org/10.21556/edutec.2021.76.2053>
- Rodríguez Malebrán, M. E., Manzanilla Castellanos, M. A., Peña Angulo, E. A., Occelli, M. y Ramírez Rivera, C. (2020). Evaluación del videojuego educativo «Aphids Attack» a través de modelos log-lineales para la enseñanza de las interacciones ecológicas en el nivel primario. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 59, 201-224. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.77888>
- Sánchez-Zafra, M., Zurita-Ortega, F., Ramírez-Granizo, I., Puertas-Molero, P., González-



- Valero, G. y Ubago-Jiménez, J. L. (2019). Niveles de autoconcepto y su relación con el uso de los videojuegos en escolares de tercer ciclo de primaria. *Journal of Sport and Health Research*, 11(1), 43-54. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6875035>
- Toca Torres, C. E. y Carrillo Rodríguez, J. (2019). Los entornos de aprendizajes inmersivos y la enseñanza a ciber-generaciones. *Education and Research*, 45, 1-20.
- Tuapanta Dacto, J. V., Duque Vaca, M. A. y Mena Reinoso, A. P. (2017). Alfa de Cronbach para validar un cuestionario de uso de TIC en docentes universitarios. *mktDescrube*, 10, 37-48. <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/9807>

Jeanette Chaljub Hasbún. Doctora en Educación por la Universidad de Murcia (España). Magíster en Educación por la Universidad de Framingham (EE. UU.). Ingeniera Química por la Universidad Autónoma de Santo Domingo (República Dominicana). Coordinadora Académica de Nivel de Grado de Ciencias Básicas y Ambientales en el Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC). Catedrática de Didáctica de la Química y la Física y de Metodología de Investigación para la enseñanza de Ciencias Básicas. Sus líneas de investigación giran en torno a la innovación educativa, metodologías activas de enseñanza de las Ciencias Básicas y Ambientales, formación docente, diseño curricular. Asesora curricular. Investigadora principal del proyecto «Diseño, producción y evaluación de objetos de aprendizaje en soporte realidad aumentada para la enseñanza de la Química» (DIPRORAQUI). <https://orcid.org/0000-0001-6894-4719>

Juan Ramón Peguero García. Magíster en Business Intelligence y Big Data por la Escuela de Organización Industrial (Madrid, España). Magíster en Gerencia y Productividad por la Universidad APEC (Santo Domingo, República Dominicana). Licenciado en Informática por la Universidad del Caribe (Santo Domingo, República Dominicana). Associate Degree in Applied Science in Electronics Technology por Wabash Valley College (EE. UU.). Docente de la Escuela de Tecnología de la Universidad del Caribe. Profesor invitado en la maestría de Tecnología Educativa de la UAPA (Santo Domingo, República Dominicana). Intereses de investigación: tecnología e innovación educativa y algoritmos de aprendizaje automático. Coinvestigador en el proyecto «Diseño, producción y evaluación de objetos de aprendizaje en soporte realidad aumentada para la enseñanza de la Química» (DIPRORAQUI). <https://orcid.org/0000-0002-4177-0832>

Elvin José Mendoza Torres. Máster en Informática, Auditoría, Derecho y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones por la Universidad Alcalá de Henares (Madrid, España). Licenciatura en Informática por la Universidad Autónoma de Santo Domingo. Certificaciones como Eforsys Entrenamiento Eforsys LLC de Java University, Administración de Base de Datos, Oracle 11g y Programming ADO.NET Application with Visual Studio. Líneas de investigación: tecnología e innovación educativa, algoritmos de aprendizaje automático, realidad aumentada. Docente en la escuela de Informática de la Universidad del Caribe en los niveles de grado y posgrado. Coinvestigador del proyecto «Diseño, producción y evaluación de objetos de aprendizaje en soporte realidad aumentada para la enseñanza de la Química» (DIPRORAQUI). <https://orcid.org/0000-0001-5232-7409>

Contribución de autores. Generación de ideas, revisión de antecedentes, formulación del marco teórico y metodológico, análisis e interpretación de los datos y elaboración de las conclusiones: J. C. H.; Revisión de antecedentes, aportes al marco teórico, captura, interpretación y análisis de datos: J. R. P. G.; Revisión de edición del manuscrito: E. J. M. T.