

# Marco de trabajo para desarrollo e implementación de objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada para la evaluación de usabilidad

Lucas Kucuk<sup>1</sup>, Jorge Ierache<sup>2</sup>, Gladys Dapozo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Informática, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones, <sup>1</sup>kucuk@hotmail.es

<sup>2</sup> Grupo de Realidad Aumentada, Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de la Matanza,

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, <sup>2</sup>jierache@lsia.fi.uba.ar

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste, <sup>3</sup>gndapozo@exa.unne.edu.ar

## RESUMEN

En el ámbito educativo se presentan numerosos antecedentes de contenido académico relacionado con la utilización de realidad aumentada como estrategia de aprendizaje para apoyar los métodos de enseñanza. En este trabajo se aborda en particular el desarrollo y evaluación de objetos de aprendizaje (OA) basados en realidad aumentada mediante el diseño e implementación de un marco de trabajo, que considera aspectos pedagógicos y técnicos del OA generado. Se muestran los resultados de su despliegue en un caso de estudio con docentes y alumnos de la enseñanza de nivel medio de la educación técnica. Los resultados obtenidos destacan la motivación e interés de los alumnos en el uso de esta tecnología.

## 1. Introducción

El presente trabajo surge al ver la necesidad de plantear e implementar un marco de trabajo (Framework) y una herramienta de evaluación, para que los docentes puedan utilizar objetos de aprendizaje integrados a nuevas tecnologías como la realidad aumentada a las clases que normalmente desarrollan. Esto se desarrolló en el marco de un trabajo de final de maestría de la Maestría en Tecnologías de la Información de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones en conjunto con la Universidad Nacional del Nordeste.

Los procesos que se plantean en el marco de trabajo se fundamentan mediante el análisis de distintos estándares y modelos de calidad y usabilidad de software; se establecen relaciones

para fundamentar los procesos de dicho marco. Se valida esta propuesta en un caso de estudio en el que participan docentes y alumnos de una escuela técnica de la provincia de Misiones Argentina, que utilizan el framework con un objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada, producto de este trabajo.

En la sección 1 se describe la línea de investigación que dio origen a este trabajo. En la sección 2 se describe los trabajos vinculados a realidad aumentada en el ámbito educativo. En la sección 3 se abordan contenidos relacionados a la utilización y características de los objetos de aprendizajes. En la sección 4 se indaga sobre los principales modelos y procedimientos metodológicos para la construcción de objetos de aprendizaje que se hallan en el estado del arte. En la sección 5 se describe la herramienta de evaluación de usabilidad utilizada para evaluar el OA resultante. La sección 6 describe el marco de trabajo propuesto, los procesos que lo componen y roles participantes. La sección 7 describe la implementación y análisis de resultados sobre un caso de estudio. La sección 8 describe las conclusiones emergentes y las secciones 9 y 10 describen las líneas futuras de investigación y bibliografía respectivamente.

## 2. Realidad Aumentada en Educación

En el ámbito educativo, existe un vasto contenido académico relacionado con la utilización de realidad aumentada como estrategia de aprendizaje para apoyar los métodos de enseñanza. En [1] describen el

desarrollo de un framework como herramienta de realidad aumentada para facilitar la enseñanza en contextos educativos. En sus conclusiones se menciona como esta tecnología puede otorgar un valor agregado al material didáctico tradicional utilizado en clases, también se destaca que la utilización de los dispositivos móviles es importante como recurso por su alto grado de penetración en la sociedad.

Otro trabajo interesante se describe en [2], es un proyecto que utiliza PictogramRoom para rehabilitación de usuarios con autismo, muestra que los estímulos basados en realidad aumentada demuestran ser efectivos en el desarrollo de aprendizaje de dichos usuarios.

En [3] se realiza un análisis y desarrollo de libros interactivos con tecnología de realidad aumentada para trabajar contenidos relacionados a la geometría, formula un diseño del libro organizado en plantillas, expone además que el objetivo del trabajo es brindar un marco de trabajo que permita fácilmente al docente desarrollar estos contenidos. En sus conclusiones manifiesta que la RA como herramienta didáctica genera motivación en los usuarios alumnos.

En un interesante trabajo realizado por Mesía y Sanz [4] vinculado a la enseñanza de la programación en el nivel universitario utilizando RA, menciona que la tecnología de realidad aumentada está vinculada al legado constructivista generando mejores prácticas, reflexiona además, que el aprendizaje activo que permite la RA implica una experiencia de inmersión y otorga un valor agregado al contenido del objeto de aprendizaje.

Entre las definiciones más aproximadas, la RA se puede definir en base al Reality-Virtuality Continuum presentado por Milgram y Kishino [5], donde se la define como la integración de elementos reales y virtuales, pero considerándola más cercana al mundo real. Es una tecnología que complementa la percepción e interacción con el mundo real y permite al usuario estar en un entorno real aumentado, con información adicional generada por la del

entorno real y la Virtualidad Aumentada (más cerca del entorno virtual).

### **3. Objetos de Aprendizaje como herramienta educativa**

La revolución tecnológica actual requiere una revolución también en el campo educativo, una transformación más profunda en las prácticas de enseñanza y aprendizaje y no sólo en los materiales educativos. En [6] se afirma que los docentes corren el riesgo de ofrecer “vino viejo en botella nueva”. Requiere, por tanto, de “pedagogías emergentes” que exploren con éxito las posibilidades que propician las nuevas tecnologías.

Un Objeto de Aprendizaje (OA) es un recurso educativo que permite facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje la definición de objetos de aprendizaje, y que en su estado digital se convierte en recurso educativo abierto (REA) [6]. Las características de los OA (desde ahora objetos de aprendizaje) son la flexibilidad, modularidad, reutilización, granularidad, Interoperabilidad, accesibilidad y portabilidad, conceptos que serán analizados con más detalle en el trabajo [7].

Los objetos de aprendizajes tienen elementos que los caracterizan tiene contenido interactivo el cual es desarrollado para permitir una participación activa, para ello es necesario que el objeto incluya actividades como simuladores, gráficas, gif, actividades de aprendizaje y ejemplos donde se permita un proceso claro de aprendizaje, una autoevaluación de aprendizaje y una retroalimentación de lo aprendido. También se compone de los elementos de contextualización, en muchos casos conocidos como metadatos, que permiten que sean encontrados con facilidad describiendo el tipo de objeto, el área de estudio y el tema a tratar [8].

En [7] y [8] se describe que los principales componentes internos de un objeto de aprendizaje son: Los contenidos vinculados al procesos de aprendizaje, esto es el contenido teórico o conceptual que lo integra; luego se

menciona la disponibilidad de actividades prácticas que relacionen los contenidos con los estímulos externos generando así una retroalimentación, por último el objeto de aprendizaje debe ser identificable fácilmente por lo que debe tener elementos de contextualización y un objetivo definido claramente.

#### **4. Modelos de desarrollo de objetos de aprendizajes**

Actualmente existen modelos relacionados al desarrollo de objetos de aprendizajes, no necesariamente están vinculadas a los OA basados en realidad aumentada, en esto se centra la contribución del trabajo. En [9] y [10], se menciona como ejemplo a la metodología ADDIE, esta al igual que otras como OADDIE, ASSURE, OADDEI y Jerold Kemp, tienen aspectos en común, esencialmente proponen analizar la población definiendo la temática a que refiere el OA considerando las limitaciones tecnológicas que esta presenta. En etapas posteriores, se centra en la retroalimentación que es generado desde el OA, esta es evaluada a través de una evaluación de características visuales y de navegabilidad. En la metodología ASSURE se analiza en detalle la población la cual está dirigida el objeto de aprendizaje y si el objetivo del desarrollo de este está vinculado a los propósitos de aprendizaje [10]. Según trabajos citados, estos modelos no detallan herramientas específicas para la evaluación de usabilidad sobre el objeto de aprendizaje obtenido, en las conclusiones coinciden que existe la dificultad de especificar un marco de trabajo cuando se trata de integrar tecnologías emergentes vinculadas a la interacción humano-computador, en específico la realidad virtual y realidad aumentada [9], [10].

#### **5. Herramienta de Evaluación de Usabilidad en Objetos de aprendizajes**

La evaluación de la calidad de los objetos de aprendizaje: (1) ayuda a los autores a crear mejores materiales didácticos en formato digital si se aplica durante la creación de los

mismos de forma que vaya guiando la toma de decisiones y acciones para la obtención de las mejores puntuaciones en la evaluación de calidad; (2), sirve para valorar la dedicación que requiere la producción de OA de calidad, y (3) las evaluaciones obtenidas con C.O.d.A. (Herramienta de Evaluación de la Calidad Objetos de Aprendizaje) [11], ayudan a los profesores y estudiantes a localizar en los repositorios -o contenedores- de objetos de aprendizaje los más adecuados a sus necesidades didácticas y técnicas.

Esta herramienta C.O.d.A. está dirigida principalmente a los profesores, investigadores y estudiantes que son creadores y usuarios de los OA, expertos en sus disciplinas, pero no necesariamente expertos en informática. Permite mejorar sus OA mediante el cumplimiento del mayor número de criterios posible. Además, puede ser utilizada por los revisores externos cuando los autores deseen o necesiten un reconocimiento de la calidad de sus colecciones de OA. C.O.d.A. se puede utilizar para guiar la creación de los OA, antes de su utilización real o para valorar su efectividad tecnológica y didáctica potencial del OA posteriormente a su utilización. Consiste en un formulario con diez criterios de calidad puntuables de 1 (mínimo) a 5 (máximo) y una guía de buenas prácticas para orientar la puntuación de los OA [11].

Con este modelo de evaluación, tanto el autor del objeto de aprendizaje como los usuarios y posibles revisores externos pueden valorar los OA con respecto a diez criterios. Los cinco primeros criterios son de carácter didáctico, mientras que los otros cinco son tecnológicos de manera que ambos aspectos tienen el mismo peso [11].

1. Objetivos y coherencia didáctica
2. Calidad de los contenidos
3. Capacidad de generar reflexión, crítica e innovación
4. Interactividad y adaptabilidad
5. Motivación
6. Formato y Diseño
7. Usabilidad
8. Accesibilidad

## 9. Reusabilidad

## 10. Interoperabilidad

Para cada uno de los criterios propuestos se evaluará la calidad con una puntuación de 1 a 5, siendo 1 el mínimo y 5 el máximo. Si se considera que alguno de los criterios no es relevante para el OA evaluado, o si el revisor no se considera cualificado para juzgar ese criterio, siempre se puede evitar seleccionando la opción “No Aplicable” (NA). Este modelo puede ser utilizado en la revisión individual, autoevaluación, en grupo y en la evaluación por pares [11].

Para desarrollar C.O.d.A., se han tenido en cuenta los modelos de evaluación de la calidad de contenidos educativos desarrollados en Universidades Españolas, entre las que destacan la UNED (UNED), el Campus Virtual de la UCM, la Universidad de Murcia [11]. Asimismo, sintetiza los criterios comúnmente compartidos por la mayoría de los modelos de evaluación de OA publicados como el de Paulsson y Naeve [12] y Kurilovas y Dagiene [13]. La presentación de C.O.d.A. está inspirada en la herramienta LORI (Learning Object Review Instrument) [14].

## 6. Marco de trabajo propuesto

El marco de trabajo propuesto en este trabajo surge de analizar las oportunidades que surgen de la relación entre los pilares teóricos que se trabajan, objetos de aprendizajes, realidad aumentada y usabilidad. Las relaciones halladas son las siguientes:

1. Un OA consta de al menos tres componentes internos: contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización. Estos, son compatibles con los elementos que componen la realidad aumentada, presentándose así la oportunidad de generar un OA basado en realidad aumentada.
2. Para la evaluación de usabilidad se observó que la herramienta C.O.d.A. verifica criterios pedagógicos y técnicos lo cual presenta una oportunidad de implementación de dicha herramienta

integrándola a actividades de métodos o metodologías enfocadas al desarrollo de OA y software.

3. La realidad aumentada presenta características compatibles con la información que evalúan las herramientas de evaluación de usabilidad, así como también las actividades propuestas por las normas, métodos y modelos observados.

Conforme a las observaciones anteriores se puede afirmar que existe la oportunidad de generar y validar un marco de trabajo que integre procedimientos metodológicos vinculados a la evaluación de usabilidad de objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada. Desde este punto de vista, se propone un marco de trabajo que atienda estas necesidades.

La propuesta consiste en dividir el trabajo en cinco procesos globales que definen la metodología a desarrollarse: Análisis del contexto, Diseño del objeto de aprendizaje, Construcción del objeto de aprendizaje, Implementación del Framework con el objeto de aprendizaje y Análisis de resultados. El objetivo de esta propuesta es que el marco de trabajo pueda aplicarse en un caso de estudio donde éste se adecue a las limitaciones del contexto de este caso.

El marco de trabajo propuesto consta de cinco procesos globales:

1. Análisis del contexto: está enfocado en definir las necesidades y requisitos de usuarios que deben ser tenidos en cuenta para el desarrollo.
2. Diseño del objeto de aprendizaje: enfocado en definir las herramientas y recursos que se utilizarán en el desarrollo. Además, se plantean actividades para diseñar el proceso de evaluación de usabilidad.
3. Construcción del objeto de aprendizaje: propone los pasos a seguir para la construcción del objeto de aprendizaje y de un framework basándose en el diseño planteado.
4. Implementación del framework con el objeto de aprendizaje: propone los lineamientos para la coordinación de

pruebas e implementación del proceso de evaluación de usabilidad.

5. Análisis de resultados: a partir de los resultados obtenidos, propone abordar un análisis cuantitativo y cualitativo.

## 7. Caso de estudio para la implementación del marco de trabajo

Para implementar el marco de trabajo propuesto se eligió una escuela de nivel secundario en la modalidad técnico en instalaciones electromecánicas de la provincia de Misiones, específicamente en la ciudad de Concepción de la Sierra ubicada en la zona sur de la provincia (Figura 1).



Figura 1 - Institución Educativa

Para la ejecución de las pruebas se trabajó con un docente y con los 45 alumnos del tercer año de cursado de entre 15 y 16 años de edad. Quedando así definido los roles necesarios para llevar adelante el marco de trabajo: Asesor Técnico (autor de este trabajo), Usuario Docente y Usuarios Alumnos.

### 7.1. Análisis del contexto

En la implementación del primer proceso “Análisis del contexto”, se realizaron una serie de encuestas y entrevistas al docente y alumnos sobre las necesidades pedagógicas y recursos técnicos que disponían. Este proceso arrojó que los alumnos contaban con recursos como tecnologías móviles con sistema operativo Android y la utilizaban constantemente para la búsqueda de contenidos para las actividades escolares.

### 7.2. Diseño del Objeto de Aprendizaje

Una vez definido los requisitos se procedió a la implementación del “Diseño del objeto de aprendizaje”, este proceso comprende el diseño preliminar del objeto de aprendizaje considerando las limitaciones tecnológicas y requisitos pedagógicos. Se realiza una búsqueda exhaustiva de herramientas generadoras de contenido de realidad aumentada, sugiriendo los siguientes criterios de selección: que tengan licencia gratuita, que tenga un asistente de desarrollo y una aplicación para dispositivos móviles, variedad de formatos de archivos admitidos, y la capacidad de trabajar en forma Multitarget. Para este caso se optó por utilizar la herramienta Aumentaty Creator.

Para definir como sería el prototipo inicial del OA se utilizó el modelo basado en escenarios, el cual plantea realizar iteradas soluciones “escenarios” que representen un framework o producto software, que satisfaga los requisitos planteados anteriormente. Para el caso de estudio se planteó la construcción y utilización de un tablero en papel cartulina, una tarjeta (en papel) por cada video a mostrar, y un mazo de naipes (en papel) que contenga afirmaciones correctas e incorrectas y en el dorso contenga un target. Cada tarjeta mostrará un video educativo en RA, luego de observar las mismas, el usuario procederá a mirar todas las afirmaciones y debe colocar las que les parezca correctas en una ubicación específica del tablero mostrando el dorso de los naipes. Finalmente, el usuario utiliza el celular y la aplicación enfocando a los naipes, se visualiza en RA si las respuestas son correctas o incorrectas. El tablero dispone de un instructivo disponible en RA.

Aquí también se establecieron los criterios de evaluación por el cual el OA será puesto a prueba por los usuarios. Las características a ser evaluadas son las dispuestas por la herramienta C.O.d.A, excepto el criterio número 8 “accesibilidad” que no ameritaba ser evaluado debido a que hace referencia a OA destinados a personas con capacidades especiales.

Finalizando este proceso se obtiene una primera versión del objeto de aprendizaje (Figura 2).



Figura 2. Prototipo Inicial del OA

### 7.3. Construcción del OA

La primera etapa del desarrollo del OA comprende la creación de una representación gráfica como un diagrama UML, dicha representación expone que elementos existen en el mismo y como están vinculados.

En un segundo momento se debe listar las actividades que implican la utilización de los contenidos teórico y el proceso de evaluación que debe contener el OA.

1. El usuario debe descargar la aplicación en su celular y utilizarlo con la cámara para visualizar el instructivo del juego.
2. Luego de leer el instructivo utilizar la aplicación para visualizar los videos dispuestos en las fichas.
3. Luego de ver los videos en las fichas, elegir las cartas o naipes que tengan las afirmaciones correctas y ubicarlas con el dorso hacia arriba en la ubicación del tablero destinado para ello.
4. Visualizar los dorsos de las cartas con la aplicación del celular para verificar si las respuestas son correctas o incorrectas.

En la etapa de la construcción del contenido basado en realidad aumentada se utilizó la herramienta Aumentaty Creator que permitió desarrollar los enlaces entre las marcas de realidad aumentada y los contenidos visuales aumentados.

Tanto los contenidos teóricos y los visuales los construye el docente, en este caso el mismo elaboró una serie de cartas y fichas las cuales en su dorso contenían marcas de realidad aumentada que se asociaban al software y, mediante una aplicación los alumnos podían observar el video educativo referido a esa marca. Luego de la observación pasaban a un proceso de evaluación, este consistía en que los alumnos debían leer los textos de cada carta y considerar si era verdadera o falsa su afirmación (Figura 3), de considerarse verdadera lo apartaba y colocaba con el dorso hacia arriba para luego el docente y alumno verificara, mediante la aplicación, si es correcta o incorrecta su elección. En el primer caso arrojará un cartel aumentado de color verde sino siendo incorrecto.



Figura 3. Parte frontal de una de las cartas

Los contenidos teóricos y visuales asociados por el docente son referidos a la materia “electrónica” la cual se dicta en el establecimiento, este consideró oportuno la ocasión para “reforzar” contenidos que los alumnos les resultaban dificultoso comprender.

### 7.4. Implementación del framework con el objeto de aprendizaje

El marco de trabajo contempla un proceso específico para la implementación, denominado “Implementación del framework con el objeto de aprendizaje”, el cual propone actividades de planificación y pruebas preliminares sobre las funcionalidades básicas del OA obtenido.

Para esta etapa, se coordinó con el docente y prepararon los espacios para que los alumnos

podieron ordenadamente utilizar el OA. El procedimiento que siguieron es el siguiente:

1. Lectura del instructivo del tablero, visualizando los requerimientos técnicos mínimos y cuál aplicación descargar (Scope), para visualizar los contenidos.
2. Luego de haber descargado e instalado la aplicación en su celular, ingresaron a la misma como invitados, y procedieron a ver el instructivo ubicado en el tablero.
3. El instructivo les indica que deben mirar el contenido “oculto” en las fichas y visualizar un video por cada ficha referida al contenido educativo.
4. Luego observaron las afirmaciones ubicadas en la cara principal de las cartas y seleccionaron aquellas que les parecieron correctas.
5. Ubicaron las cartas seleccionadas en el tablero mostrando el dorso con los targets (marcadores), utilizaron la aplicación nuevamente para corroborar si las respuestas eran correctas o incorrectas mediante la aumentación generada desde la aplicación.

La prueba de la aplicación y del objeto de aprendizaje en total duró 180 minutos dividido en dos momentos de 90 minutos. El total de usuarios que utilizaron el framework es de 42 alumnos y 1 docente, hubo 3 ausentes (Figura 4).



Figura 4. Alumnos utilizando el OA

Una vez finalizado el proceso de prueba, el docente y los alumnos procedieron a realizar la

evaluación de usabilidad. Se imprimieron 42 copias de la herramienta C.O.d.A. en formato de cuestionario. Cada criterio de la herramienta realiza preguntas al respecto de cada característica a evaluar. Los alumnos procedieron a calificar del 1 al 5 cada una de las características analizadas.

Terminada la actividad de evaluación, se realizó una entrevista al docente. Como lo indica el marco de trabajo, esta tiene el propósito de establecer si los objetivos fueron cumplidos e indicar apreciaciones a esta modalidad de trabajo. En resumen, este manifestó su satisfacción con la modalidad de trabajo y los recursos utilizados. Destacó la atención y motivación que mostraron los alumnos con los contenidos de la clase. Destacó su conformidad con el proceso de evaluación, y considera que los objetivos identificados inicialmente se cumplieron.

## 7.5. Análisis de resultados

También se incorporaron procedimientos para realizar un análisis cuantitativo y cualitativo de los datos obtenidos de los cuestionarios. Consiste en codificar los datos dispuestos en las tablas de los cuestionarios (C=criterio, P=pregunta, A=5 hasta E=1) y resolver las siguientes fórmulas:

Total de puntos por Pregunta-Característica (*ptcr*): es el resultado de sumar los productos del total de elecciones (valoraciones) por su correspondiente puntaje.

$$\begin{aligned}
 ptcr &= \text{puntaje total de la Pregunta} \\
 &\quad - \text{Característica} \\
 r_{(n)} &= \text{respuesta} \\
 ptcr &= r_{(a)} * 5 + r_{(b)} * 4 + r_{(c)} * 3 \\
 &\quad + r_{(d)} * 2 + r_{(e)} * 1
 \end{aligned}$$

Formula 1 - Total de puntos por Pregunta-  
Característica

Valoración máxima por característica (*vtcar*): es la valoración máxima que se puede obtener por cada característica, para obtenerlo se debe multiplicar 5 (máxima valoración) por la cantidad de encuestados (*CE*).

$$vtcar = 5 * CE$$

Formula 2 - Valoración máxima por característica

Porcentaje de valoraciones por Pregunta- Característica (PV): se obtiene de dividir el total de valoración obtenido por cada Pregunta- Característica (ptcr) y vtcar. Dividido el total de la valoración máxima obtenible por característica.

$$PV = ptcr/vtcar$$

Formula 3 - Porcentaje de valoración por Dimensión-Criterio

Luego de realizar los cálculos se completan una serie de tablas, que se muestran a continuación, que contienen la información de resultados obtenidos por cada criterio analizado. Se procedió a calcular la mediana aritmética del porcentaje de puntos obtenidos en cada Pregunta- Característica (Me). La mediana se utiliza para devolver la tendencia central en el caso de distribuciones numéricas sesgadas.

Tabla 1 - Tabla de Valores obtenidos en “Objetivos y coherencia didáctica”

C1								
Código Pregunta- Características	A	B	C	D	E	Ptcr	% de puntos	Me
P1	36	4	2	0	0	202	96%	95%
P2	35	4	3	0	0	200	95%	
P3	32	6	4	0	0	196	93%	
P4	34	6	2	0	0	200	95%	

Tabla 2 - Tabla de Valores obtenidos en “Calidad de los contenidos”

C2								
Código Pregunta- Características	A	B	C	D	E	ptcr	% de puntos	Me
P5	35	5	2	0	0	201	96%	95%
P6	35	4	3	0	0	200	95%	
P7	31	6	5	0	0	194	92%	
P8	34	6	2	0	0	200	95%	
P9	35	4	3	0	0	200	95%	
P10	33	7	2	0	0	199	95%	
P11	39	3	0	0	0	207	99%	
P12	40	1	1	0	0	207	99%	
P13	34	5	1	0	0	193	92%	

Tabla 3 - Tabla de Valores obtenidos en “Capacidad de generar reflexión, crítica e innovación”

C3							
Código Pregunta- Características	A	B	C	D	E	ptcr	% de puntos
P14	30	4	6	2	0	188	90%
P15	27	9	3	3	0	186	89%
P16	32	6	4	0	0	196	93%

Tabla 4 - Tabla de Valores obtenidos en “Interactividad y adaptabilidad del OA”

C4							
Código Pregunta- Características	A	B	C	D	E	ptcr	% de puntos
P18	33	3	5	1	0	194	92%
P19	28	5	9	0	0	187	89%
P20	29	4	4	5	0	183	87%
P21	37	3	2	0	0	203	97%
P22	40	1	0	1	0	206	98%
P23	34	2	3	3	0	193	92%

Tabla 5 - Tabla de Valores obtenidos en “Motivación”

C5							
Código Pregunta- Características	A	B	C	D	E	ptcr	% de puntos
P24	41	0	0	1	0	207	99%
P25	42	0	0	0	0	210	100%
P26	30	5	4	3	0	180	86%

Tabla 6 - Tabla de Valores obtenidos en “Formato y Diseño”

C6							
Código Pregunta- Características	A	B	C	D	E	ptcr	% de puntos
P27	32	8	2	0	0	198	94%
P28	34	5	2	1	0	198	94%
P29	40	2	0	0	0	208	99%
P30	40	0	1	1	0	205	98%
P31	35	2	2	2	1	194	92%

Tabla 7- Tabla de Valores obtenidos en “Usabilidad”

C7								
Código Pregunta- Características	A	B	C	D	E	ptcr	% de puntos	Me
P32	41	1	0	0	0	209	100%	99%
P33	40	2	0	0	0	208	99%	
P34	37	3	2	0	0	203	97%	

Tabla 8 - Tabla de Valores obtenidos en “Reusabilidad”

C8								
Código Pregunta- Características	A	B	C	D	E	ptcr	% de puntos	Me
P35	34	2	3	3	0	193	92%	92%
P36	42	0	0	0	0	210	100%	
P37	28	8	4	2	0	188	90%	

Tabla 9 - Tabla de Valores obtenidos en “Interoperabilidad”

C9								
Código Pregunta- Características	A	B	C	D	E	ptcr	% de puntos	Me
P38	38	3	1	0	0	205	98%	93%
P39	34	2	6	0	0	196	93%	
P40	28	4	6	4	0	182	87%	

Finalmente se procedió a realizar un gráfico considerando las medianas aritméticas obtenidas por cada Dimensión-Criterio evaluada (Figura 5).

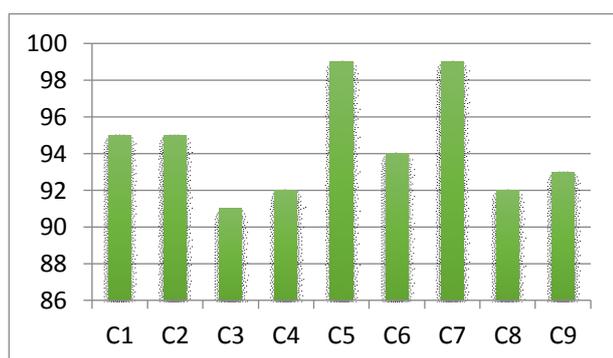


Figura 5 - Porcentajes de valoraciones por Dimensión-Criterio

Los resultados indican que existe una mayor valoración en las dimensiones de “Motivación” y “Usabilidad”, ambas con una mediana aritmética de 99% sobre los porcentajes de puntos obtenidos por características evaluadas.

En segundo lugar, se hallan las dimensiones “Objetivos y coherencia didáctica” y “Calidad de los contenidos” con 95%. En tercer lugar, se sitúa la dimensión “Formato y Diseño” con 94%, en cuarto lugar, se sitúa la dimensión “Interoperabilidad” con 93%, en quinto lugar, valoradas se hallan las dimensiones “Interactividad y adaptabilidad del OA” y “Reusabilidad” con 92% y en último lugar quedó la dimensión “Capacidad de generar reflexión, crítica e innovación” con 91%.

La tendencia central que describen las medianas aritméticas halladas muestran que los valores obtenidos en las características evaluadas por cada dimensión-criterio se hallan cercanas a los valores de 4 y 5, es decir, a las mejores puntuaciones.

## 8. Conclusiones

El marco de trabajo propuesto demostró ser aplicable en un contexto donde los usuarios destinatarios han demostrado tener escasos vínculos con la tecnología de realidad aumentada. En este sentido, las limitaciones tecnológicas y de aprendizaje no han sido obstáculo para la resolución de los procesos planteados.

Plantear la utilización de elementos de distintos métodos, metodologías y estándares de desarrollo de objetos de aprendizajes y evaluación de usabilidad, demostró ser efectiva, en el sentido de ser aplicable y flexible a los cambios adaptándose al contexto donde se efectuaron las pruebas.

Según las devoluciones de los usuarios que realizaron la evaluación de usabilidad, el marco de trabajo presentado en este trabajo, presenta significativa adaptación a las necesidades de aprendizajes, a los contenidos teóricos a desarrollarse, a las tecnologías disponibles y a los conocimientos técnicos de los destinatarios.

## 9. Trabajos futuros

Se centrarán en el estudio y desarrollo de asistentes para la automatización del diseño, desarrollo y evaluación de usabilidad de objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada.

## 10. Bibliografía

- [1] J. Ierache., N. Mangiarua, S. M. Bevacqua, Becerra, N. Verdicchio, N. Duarte, D. Sanz, F. Ortiz, S. Igarza. "Herramienta de Realidad Aumentada para facilitar la enseñanza en contextos educativos mediante el uso de las TICs". *Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software*, 1(1): 1-3, ISSN 2314-264, 2014.
- [2] G. Herrera, et al. "Pictogram Room: Aplicación de tecnologías de interacción natural para el desarrollo del niño con autismo.", *Anuario de Psicología Clínica y de la Salud* 8, 41-46, 2012.
- [3] T.G. Kirner, F.M.V. Reis, y C. Kirner. Development of an interactive book with augmented reality for teaching and learning geometric shapes. En *7th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI 2012)*, pp. 1-6, 2012.
- [4] N. Salazar Mesía, C. Sanz, G. Gorga, Experiencia de enseñanza de programación con Realidad Aumentada, *Actas de las XXII Jenui. Almería*, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina ISBN: 978-84-16642-30-4 Páginas: 213-220. 6-8 de julio 2016.
- [5] P. Milgram, H. Takemura, A. Utsumi, F. Kishino. "Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum".. *Telem manipulator and Telepresence Technologies*, 2012.
- [6] L. Kucuk, J. S. Ierache y G. Dapozo. "Marco de trabajo para la usabilidad en objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada", In *XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, ISBN: 978-987-3619-27-4, Abril 2018.
- [7] M. Gértrudix, et al., "Acciones de diseño y desarrollo de objetos educativos digitales: programas institucionales." *International Journal of Educational Technology in Higher Education (ETHE)*4.1, 2007.
- [8] F. García Jiménez, et al. "Una experiencia didáctica en el diseño e implementación de objetos de aprendizaje para la enseñanza de la física.", *Revista Educación en Ingeniería* 11.22, p.p. 13-20, 2016.
- [9] T. Cepeda y M. Amanda. "Estudio Comparativo entre las Metodologías MDOA y ADDIE para la Elaboración de Objetos de Aprendizaje". BS thesis. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2015.
- [10] T. B. Gava, M. N. Isaura Alcina y D. V. Sondermann. "O modelo ADDIE na construção colaborativa de disciplinas a distância." *Informática na educação: teoria & prática*, 17.1, 2014.
- [11] P. Fernández, R. Domínguez, R. Armas, "Herramienta COdA de Evaluación de la Calidad de Objetos de Aprendizaje, desarrollada en el marco de los Proyectos de Innovación y Mejora de la Calidad de la Docencia", PIMCD 268/2010-2011 y PIMCD 236/2011-2012 financiados por el Vicerrectorado de Desarrollo y Calidad de la Docencia de la Universidad Complutense de Madrid, 2012.
- [12] F. Paulsson y N. Ambjörn. "Virtual workspace environment (VWE): A taxonomy and service oriented architecture framework for modularized virtual learning environments-Applying the learning object concept to the VLE.", *International Journal on E-learning* 5.1, 45-57, 2006.
- [13] E. Kurilovas, y V. Dagiene. "Multiple Criteria Evaluation of Quality and Optimisation of e-Learning System Components.", *Electronic Journal of e-Learning* 8.2, pp. 141-151, 2010.
- [14] S. A. Rodríguez, "Instrumento para evaluar Recursos Educativos Digitales", LORI – AD, 2015