

**Didáctica Inmersiva en Radiología Convencional: Desarrollo de un Entorno Virtual para la  
Formación en Protocolos Especiales**

James Ricardo Martínez Gallo

Alvaro Alexander Martínez Gallo

Directora:

María Catalina Ojeda Martínez

Codirector:

John Alexander Calderón Restrepo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud – ECISA

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas

2026

## **Agradecimientos**

Expresamos nuestro más profundo y sincero agradecimiento a Dios por brindarnos la fortaleza, la perseverancia y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante de nuestra formación académica y personal.

A nuestra directora María Catalina Ojeda Martínez y a nuestro codirector John Alexander Calderón Restrepo les expresamos un especial agradecimiento por su orientación, dedicación y acompañamiento constante. Sus valiosas observaciones, sugerencias y conocimientos fueron esenciales para enriquecer esta investigación y para lograr su adecuada estructuración.

De igual manera, agradecemos a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia y a los docentes del programa de Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas, quienes a lo largo de nuestra formación profesional contribuyeron con sus enseñanzas, experiencias y compromiso a fortalecer nuestros conocimientos y competencias, sentando las bases para nuestro desarrollo académico y profesional.

A nuestra familia, les agradecemos profundamente por su apoyo incondicional, paciencia y confianza en cada etapa de este proceso. Su motivación constante y sus palabras de aliento fueron fundamental para seguir adelante y no rendirnos ante las dificultades presentadas durante el desarrollo de este proyecto.

## Resumen

Las proyecciones especiales en radiología convencional constituyen técnicas fundamentales para la obtención de información anatómica y patológica precisa; sin embargo, su enseñanza presenta limitaciones metodológicas que dificultan la apropiación práctica de los protocolos y su correcta aplicación clínica. En este contexto, el presente proyecto tuvo como objetivo evaluar la percepción, aceptación y utilidad educativa de MetaRay, un entorno virtual inmersivo diseñado como recurso didáctico para el aprendizaje de protocolos especiales en radiología convencional. Este estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto (cuantitativo–cualitativo), con un diseño descriptivo de tipo transversal. La recolección de la información se realizó mediante un cuestionario estructurado aplicado a 104 participantes, entre estudiantes, egresados y profesionales del área de radiología e imágenes diagnósticas, utilizando una escala tipo Likert y preguntas abiertas, explorando de esta manera la experiencia de uso, el nivel de satisfacción y la utilidad percibida del entorno virtual. En donde los resultados evidenciaron una alta aceptación y valoración positiva del entorno inmersivo como herramienta de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje, destacando su contribución a la comprensión de los protocolos especiales, el realismo de los escenarios simulados y la posibilidad de aprendizaje autónomo en un entorno seguro. Así, mismo, se identificaron oportunidades de mejora relacionadas con la accesibilidad, la usabilidad y la necesidad de mayor orientación pedagógica durante la experiencia inmersiva. De esta manera se concluye que MetaRay se configura como un recurso didáctico innovador y pertinente, con potencial educativo, para complementar la enseñanza tradicional de la radiología convencional. No obstante, se recomienda el desarrollo de estudios posteriores que permitan profundizar el impacto en la adquisición de las competencias y el rendimiento académico de los estudiantes que interactúan con este medio inmersivo.

***Palabras clave:*** Entornos inmersivos, radiología convencional, proyecciones especiales, educación virtual, simulación clínica.

## Abstract

Special projections in conventional radiology are fundamental techniques for obtaining precise anatomical and pathological information; however, their teaching presents methodological limitations that hinder the practical appropriation of protocols and their correct clinical application. In this context, the present project aimed to evaluate the perception, acceptance, and educational utility of MetaRay, an immersive virtual environment designed as a didactic resource for learning special protocols in conventional radiology. This study was conducted using a mixed-methods approach (quantitative-qualitative), with a descriptive, cross-sectional design. Data collection was carried out using a structured questionnaire administered to 104 participants, including students, graduates, and professionals in the field of radiology and diagnostic imaging. A Likert-type scale and open-ended questions were used to explore the user experience, level of satisfaction, and perceived usefulness of the virtual environment. The results showed high acceptance and positive evaluation of the immersive environment as a tool to support the teaching-learning process, highlighting its contribution to understanding special protocols, the realism of the simulated scenarios, and the possibility of autonomous learning in a safe environment. Likewise, opportunities for improvement were identified related to accessibility, usability, and the need for greater pedagogical guidance during the immersive experience. Thus, it is concluded that MetaRay is an innovative and relevant teaching resource with educational potential to complement traditional conventional radiology instruction. However, further studies are recommended to explore its impact on the acquisition of skills and the academic performance of students interacting with this immersive environment.

**Keywords:** Immersive environments, conventional radiology, special projections, virtual education, clinical simulation.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	11
Justificación .....	14
Objetivos .....	16
Objetivo General .....	16
Objetivos Específicos .....	16
Marco Teórico .....	17
Propiedades de los Rayos X .....	18
Partes del Equipo del Rayo X Convencional .....	23
Factores de Exposición .....	24
Realidad Aumentada .....	27
Realidad Virtual .....	27
Realidad Mixta .....	27
Metaverso .....	27
Unity Hub .....	29
<i>Requisitos y herramientas necesarias</i> .....	30
<i>Características de Unity Hub</i> .....	31
Marco Legal .....	33
Consideraciones Éticas .....	42
Metodología .....	44
Instrumento Tipo Encuesta .....	47
¿Qué es una Encuesta? .....	47
<i>Según la forma de investigación:</i> .....	47
<i>Según el Medio de Aplicación:</i> .....	48
<i>Según el Tipo de Preguntas:</i> .....	49
<i>Según el Objetivo de la Información</i> .....	49
<i>Según la frecuencia de su aplicación</i> .....	50
¿Qué es una Encuesta en Salud? .....	50
¿Cuál es el Objetivo de una Encuesta en Salud? .....	50
Análisis y Resultados .....	52
Discusión .....	90
Conclusiones .....	93
Recomendaciones .....	95

Referencias bibliográficas.....	97
Apéndices.....	103

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Marco legal</i> .....	36
<b>Tabla 2</b> <i>Datos geográficos</i> .....	53

## Lista De Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Historia de la Radiología</i> .....	17
<b>Figura 2</b> <i>Dosis de Radiación</i> .....	20
<b>Figura 3</b> <i>Equipo de Rayos X Convencional</i> .....	24
<b>Figura 4</b> <i>Interfaz de Unity Hub</i> .....	30
<b>Figura 5</b> <i>Logo Unity Hub</i> .....	32
<b>Figura 6</b> <i>Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 16</i> .....	56
<b>Figura 7</b> <i>Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 17</i> .....	59
<b>Figura 8</b> <i>Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 18</i> .....	61
<b>Figura 9</b> <i>Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 19</i> .....	63
<b>Figura 10</b> <i>Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 20</i> .....	66
<b>Figura 11</b> <i>Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 21</i> .....	67
<b>Figura 12</b> <i>Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 22</i> .....	70
<b>Figura 13</b> <i>Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 23</i> .....	72
<b>Figura 14</b> <i>Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 24</i> .....	74
<b>Figura 15</b> <i>Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 25</i> .....	76
<b>Figura 16</b> <i>Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 26</i> .....	78
<b>Figura 17</b> <i>Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 27</i> .....	80
<b>Figura 18</b> <i>Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 28</i> .....	82
<b>Figura 19</b> <i>Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 29</i> .....	85
<b>Figura 20</b> <i>Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 30</i> .....	87

**Lista de Apéndices**

<b>Apéndice A</b> <i>Cuestionario Tipo Encuesta</i> .....	103
<b>Apéndice B</b> <i>Manual de usuario de MetaRay</i> .....	112

## Introducción

Las proyecciones especiales o adicionales se describen como métodos que posibilitan mostrar de manera más detallada ciertas partes del cuerpo o procesos patológicos específicos a lo largo del procedimiento. En los casos de diagnóstico de enfermedades desconocidas, se sugiere comenzar con el protocolo básico, complementándolo con algunas proyecciones especiales. La radiología tradicional ayuda a identificar cuál técnica radiológica es la más eficaz, lo que a su vez contribuye a disminuir los gastos del examen y la exposición del paciente a la radiación, antes de optar por técnicas más avanzadas como la resonancia magnética o la tomografía computarizada. Estas proyecciones se dividen en básicas y adicionales de acuerdo a su funcionalidad, las proyecciones básicas se usan de manera habitual para examinar las diversas regiones del cuerpo humano, mientras que las proyecciones adicionales están orientadas a visualizar estructuras específicas que no pueden ser claramente observadas con las proyecciones básicas, lo que facilita una mejor detección de anomalías concretas, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la formación académica. Sin embargo, Lucas (2022) señala que “en la práctica clínica, estas proyecciones especiales en radiología convencional no son aplicadas de manera adecuada, debido a una falta de conocimientos en el personal médico y tecnológico, sobre todo a su relación con las diferentes patologías”

La radiología e imágenes diagnósticas constituye una herramienta clave para tomar decisiones clínicas, porque ofrecen información tanto funcional como morfológica, la cual es muy útil para diagnosticar, hacer un seguimiento y prever el desarrollo de diversas enfermedades. Por esta razón, es fundamental fortalecer la formación académica de los estudiantes en esta área. No obstante, como señala Sendra Porteroa (2023), “la enseñanza de

radiología en pregrado no refleja la importancia que tiene en la clínica, ya que el tiempo asignado en los planes de estudios es insuficiente”.

En respuesta a estas limitaciones, los entornos virtuales han surgido como una estrategia innovadora para la enseñanza y el fortalecimiento de competencias clínicas específicas. Estos espacios permiten simular escenarios radiológicos reales, favoreciendo el aprendizaje activo, el reconocimiento anatómico y la toma de decisiones diagnósticas, sin riesgo para los pacientes y con posibilidad de repetición. La realidad aumentada, consiste en diversas capas de información que se superponen a objetos reales mediante una pantalla, esta puede ser la de un teléfono móvil o de una tablet. Por otro lado, la realidad virtual crea entornos completamente digitales que no tienen conexión con la realidad que conocemos o experimentamos donde se utilizan unas gafas que aíslan al usuario de su entorno físico. Así mismo, la realidad mixta, combina elementos de ambas tecnologías anteriores, integrando el mundo real con el digital, generando un modelo tridimensional del entorno real y añadiendo información virtual sobre el mismo. Gracias a esto, la realidad mixta permite la creación de objetos virtuales y su modificación mediante simulaciones clínicas y otras herramientas tecnológicas interactivas, ofreciendo recursos valiosos que complementan la enseñanza tradicional y ayudan a entender protocolos específicos y su uso en situaciones reales. En relación con los metaversos o realidad mixta según Checa García (2011) menciona que el recurso empleado para el metaverso es:

Second Life, es un metaverso que todavía tiene más oportunidades en términos de la creación y participación de entidades y centros educativos. En realidad, varias universidades españolas han creado centros de capacitación en su área, con más o menos éxito. Ejemplos de estas son la Universidad Autónoma de Madrid, la Universidad Carlos III, la Universidad a Distancia de Madrid, la Universidad Autónoma de Barcelona y la Universidad de Vigo.

No obstante, para el desarrollo de nuestro metaverso MetaRay, se decidió utilizar la herramienta digital Unity Hub, teniendo como base que proporciona mejores capacidades técnicas; la flexibilidad en la creación de mundos inmersivos y la libertad de personalización que esta herramienta digital ofrece, superando las limitaciones que se proyectan con la herramienta digital de Second Life; siendo una de ellas, el diseño como un entorno social virtual con limitaciones en cuanto a scripts, memoria y construcción de objetos. Al contrario, Unity Hub, permite el desarrollo de cualquier tipo de mundo o experiencias, abarcando desde simulaciones educativas hasta complejas realidades virtuales, sin las limitaciones relacionadas con el motor o los scripts.

En este sentido, el presente planteamiento de este proyecto se enfoca en la necesidad formativa de incorporar herramientas tecnológicas que potencialicen la experiencia educativa de los estudiantes, dirigido al curso de Imagenología Convencional de la malla curricular del programa académico de la Tecnología en Radiología e imágenes Diagnósticas de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, teniendo como pregunta problema:

¿Cuál es la percepción de los estudiantes, egresados y profesionales del área de radiología frente a la implementación de un entorno virtual inmersivo como recurso didáctico para el aprendizaje de protocolos especiales en radiología convencional?

## Justificación

La radiología, desde que Wilhelm Conrad Röntgen halló los rayos X en 1895, ha sido fundamental para diagnosticar y tratar una variedad de trastornos y enfermedades médicas. Desde sus primeras aplicaciones, la Universidad de Viena se destacó como una de las pioneras en incorporar imágenes radiográficas en la enseñanza de anatomía y patología, marcando un hito en la integración de esta tecnología al ámbito académico. (González & González, 2017).

Este proceso se desarrolló paralelamente a un vertiginoso avance tecnológico liderado por innovadores como Gustav Bucky, quien nació en Leipzig, Alemania, el 3 de septiembre de 1880, donde en sus inicios, la enseñanza de la radiología se limitó a contextos informales y, progresivamente, a niveles de posgrado, debido a la complejidad técnica de los equipos disponibles en esa época.

En el siglo XX, particularmente en las décadas de 1920 y 1930, universidades de Europa y Estados Unidos comenzaron a utilizar sistemáticamente las imágenes radiográficas como herramientas de apoyo en los cursos de anatomía. Esto permitió a los estudiantes contrastar el conocimiento teórico con evidencias visuales, fortaleciendo así su comprensión de la función del cuerpo humano y su estructura.

En la actualidad, la formación en radiología e imágenes diagnósticas resulta esencial para que los alumnos desarrollen competencias clínicas. Según Del Cura (2007) indica que:

Estos deben adquirir conocimientos y habilidades que les permitan comprender el proceso diagnóstico y seleccionar adecuadamente los planes de tratamiento. Además, el diagnóstico por imagen se ha consolidado como una herramienta clave, no solo para especialistas, sino también para médicos generales, dado su impacto en la atención primaria.

La evolución digital ha transformado la enseñanza tradicional. Las clases magistrales se han visto enriquecidas por la digitalización de imágenes diagnósticas, y el aprendizaje virtual ha cobrado fuerza, después de que la pandemia del SARS-CoV-2 llevó a un uso generalizado de la tecnología digital en la educación superior (Jackson, 2019).

En este contexto, las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) ofrecen nuevas oportunidades para la enseñanza-aprendizaje. La integración de Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA) permite generar entornos más participativos y centrados en el estudiante, convirtiéndolos en agentes activos de su propia formación. Particularmente, los entornos virtuales en 3D, por su carácter dinámico, interactivo y lúdico, no solo motivan, sino que también permiten el desarrollo de competencias prácticas, cognitivas y actitudinales, fundamentales en el ámbito de la salud.

Implementar entornos virtuales para la enseñanza de protocolos especiales en radiología convencional no solo beneficiaría a los estudiantes y futuros tecnólogos en imágenes diagnósticas, al fortalecer sus competencias técnicas y teórico-prácticas, sino también a los pacientes. Un tecnólogo bien capacitado puede seleccionar y aplicar de manera adecuada proyecciones adicionales, optimizando los procedimientos, mejorando la calidad de las imágenes y reduciendo la dosis de radiación empleada. En consecuencia, los pacientes recibirían diagnósticos más precisos y seguros, contribuyendo a un tratamiento más eficaz y oportuno.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar la percepción, aceptación y utilidad educativa de un entorno virtual inmersivo como recurso didáctico para el aprendizaje de protocolos especiales en radiología convencional.

### **Objetivos Específicos**

Identificar la percepción de estudiantes, egresados y profesionales del área de radiología frente al uso de un entorno virtual inmersivo para la enseñanza de protocolos especiales en radiología convencional.

Analizar el nivel de aceptación y satisfacción de los usuarios respecto a la experiencia de aprendizaje proporcionada por el entorno virtual MetaRay

Describir la utilidad percibida del entorno virtual inmersivo como apoyo didáctico para el fortalecimiento del aprendizaje teórico-práctico en radiología convencional.

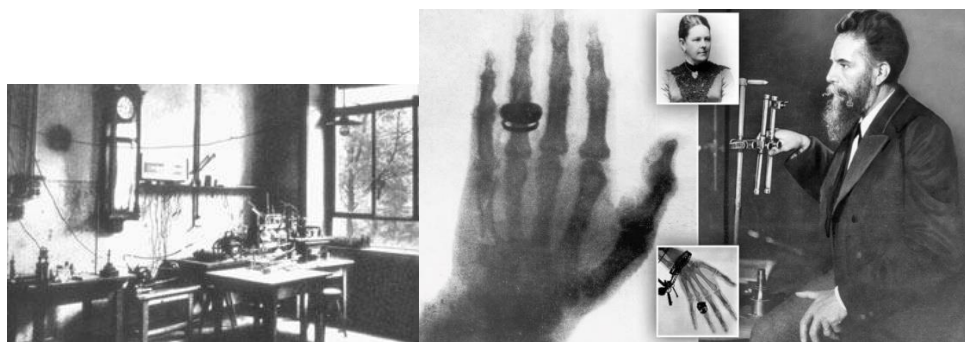
Explorar las fortalezas, limitaciones y oportunidades de mejora del entorno virtual MetaRay a partir del diligenciamiento y análisis del instrumento de recolección de información desarrollado por los participantes.

## Marco Teórico

El descubrimiento de los rayos X marcó el inicio de una nueva era en la medicina moderna. Wilhelm Conrad Röntgen, el 8 de noviembre de 1895, físico alemán de la Universidad de Wurzburg, observó una fluorescencia inesperada en una placa recubierta de platinocianuro de bario mientras trabajaba con un tubo de Crookes. Al interponer su mano, notó que podía visualizar sus huesos en una pantalla fluorescente, lo que lo llevó a denominar estos rayos como “X” en alusión a su naturaleza desconocida. Este descubrimiento fue divulgado antes de finalizar el año y sentó las bases para el diagnóstico por imagen. En 1901, Röntgen recibió el primer Premio Nobel de Física y generó la primera radiografía médica: la mano de su esposa, Anna Bertha Ludwig.

### Figura 1

*Historia de la Radiología*



*Nota:* Tomado de Academia Nacional de Medicina. (8 de Noviembre de 2021). *Historia de la Radiología.* <https://anmdecolombia.org.co/historia-de-la-radiologia/>

El haz de rayos X se genera cuando electrones que se desplazan a gran velocidad colisionan con un blanco metálico dentro del tubo de rayos X. En ese momento, la energía cinética de los electrones, aproximadamente el 99.98 %, se convierte en calor, mientras que una

pequeña fracción se convierte en energía electromagnética de onda corta, conocida como rayos X. (Arango, 2024)

### **Propiedades de los Rayos X**

Los rayos X presentan diversas características que son electromagnéticos, alta energía, ionizantes, invisibles al ojo humano, penetrantes, producen fluorescencia, se comportan como rayos rectilíneos, no se desvían por campos eléctricos o magnéticos, se absorben según la densidad del material, efectos biológicos. (Mackenzie, 2020)

Su alta energía es superior a la de la luz que podemos ver, esta propiedad les permite atravesar materiales densos como los huesos o metales finos.

Visibilidad: No podemos percibirlos directamente con nuestros ojos, puesto que su longitud de onda está fuera del rango visible.

Fluorescencia: Al impactar en ciertos materiales, como pantallas revestidas de fósforo, los activan y generan luz visible. Este fenómeno se aplica para observar imágenes radiográficas.

Rayos rectilíneos: Se desplazan en línea recta siempre que no cambien de medio, lo cual permite crear sombras exactas de los objetos y obtener imágenes nítidas de estructuras internas.

No se desvían por campos eléctricos o magnéticos: Los rayos X no alteran su trayectoria al ser sometidos a campos externos, conservando así su dirección original.

Se absorben según la densidad del material: La cantidad de radiación que puede atravesar un objeto depende de la cantidad de átomos y de la densidad de los elementos que lo conforman.

Efectos biológicos: Por su capacidad para ionizar, los rayos X pueden causar daño a células y tejidos vivos.

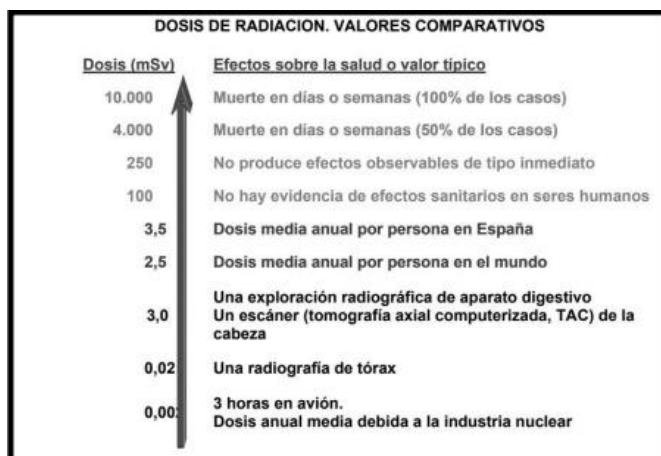
Penetración que, al incidir sobre un material, pueden ser absorbidos, dispersados o atravesados, dependiendo de factores como la composición atómica, la densidad, el grosor del objeto y la intensidad del haz. Ahora bien, se denomina radiolúcido a aquel material que permite el paso fácil de los rayos X, mientras que se llama radiopaco al que los absorben.

Efecto ionizante es cualquier tipo de radiación que tiene la capacidad de extraer un electrón de un átomo con el que entra en contacto y en el caso de los rayos X, este fenómeno ocurre cuando la radiación interacciona con la materia, provocando la ionización de los átomos y generando partículas cargadas.

Gracias a los avances científicos en el ámbito médico, ha sido posible controlar la exposición a dosis bajas de componentes iónicos de los rayos X. Sin embargo, sigue siendo fundamental emplear herramientas físicas que ayuden a reducir al mínimo los posibles efectos nocivos derivados de su uso, “donde las dosis de miliSievert (mSv) por año aceptada para todo el cuerpo es de 20 mSv y no debe sobrepasar en el lapso de 5 años los 100 mSv (Gentile, 2006)” Por otro lado, la Comisión Internacional de Protección Radiológica afirma que la dosis a la que pacientes y trabajadores deben estar expuestos es de 10 mSv; si se supera esta dosis, hay un peligro de exposición a condiciones desfavorables para la salud debido a la radiación.

## Figura 2

### *Dosis de Radiación*



*Nota.* Tomado de *Diagnóstico acerca del uso de medidas de cuidado y protección radiológica por parte de tecnólogos y practicantes de radiología en estudios con radiación ionizante en instituciones de la salud del Valle de Aburrá durante el año 2021 (2021)* por Cortés, J. M., & Moncada, A. F. [Proyecto aplicado]. Repositorio Institucional UNAD.

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/47740>

Con la llegada de los rayos X, comenzó la era de la radiología convencional, considerada el origen de las distintas ramas que hoy conforman esta especialidad. Este avance representó un importante aporte a la medicina, especialmente en el análisis del sistema osteoarticular del cuerpo humano, y marcó el inicio de una rápida evolución en los métodos de diagnóstico de diversas enfermedades. Así mismo, estableció los fundamentos para el progreso de los estudios imagenológicos, tanto diagnósticos como terapéuticos, que utilizamos actualmente. A lo largo del tiempo, la radiología convencional ha progresado gracias a la incorporación de tecnologías cada vez más avanzada; hoy en día, contamos con equipos sofisticados que, integrados con las

TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación), han incrementado la calidad de los estudios, ampliado su alcance y agilizado la entrega de resultados, incluso en zonas de difícil acceso, lo que implica una atención más eficaz para los pacientes. (Marmolejo, 2018)

Durante el siglo XX, la radiología evolucionó rápidamente con la introducción de nuevas tecnologías como la resonancia magnética, la ecografía, la fluoroscopia y la tomografía computarizada. No obstante, la radiografía convencional ha permanecido como una herramienta fundamental, especialmente en la evaluación de estructuras óseas, traumatismos y enfermedades torácicas, debido a su disponibilidad, bajo costo y eficacia diagnóstica.

La radiación ionizante ha sido fundamental en la medicina moderna tanto para diagnosticar como para curar una gran cantidad de enfermedades. Su utilización ha subido, lo que ha hecho crecer también los riesgos para la salud si no se aplican medidas de protección apropiadas o si se sobrepasan las dosis sugeridas. Arango (2024) señala que: Cuando no se aplican medidas de protección o cuando las dosis sobrepasan el límite establecido por las normativas, que es de 1 Sv (1000 mSv), pueden producirse efectos como enrojecimiento cutáneo, caída del cabello y quemaduras por radiación que afectan la operación de los órganos y los tejidos. Las dosis bajas o prolongadas incrementan el riesgo de desarrollar leucemia u otro tipo de cáncer, así como también la aparición de cataratas y el acortamiento de la vida.

Ante estos riesgos, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha implementado un proyecto acerca de las radiaciones, orientado a proteger no únicamente a los pacientes, sino igualmente a los trabajadores expuestos y al público general. Este proyecto se centra en los elementos de salud pública vinculados con la radiación, que abarcan la valoración, gestión y comunicación de los peligros. Por esta razón, se ha establecido normativas y leyes para minimizar estos efectos secundarios, evitando exposiciones innecesarias.

Teniendo en cuenta las características del individuo y del ambiente a proteger, se vuelve indispensable respetar los principios básicos de la protección radiológica. El primer principio, la justificación, sostiene que cualquier actividad que conlleve exposición a radiación ionizante tiene que proporcionar beneficios claros a la sociedad, considerando además los posibles efectos adversos y explorando alternativas más seguras. El segundo principio, la optimización o ALARA establece que se debe mantener la exposición lo más baja posible, teniendo en cuenta factores económicos y sociales. Por último, el límite de dosis determina la máxima cantidad de radiación que las leyes oficiales permiten. Por lo tanto, para proteger a los empleados expuestos a radiación ionizante, se aplican los pilares de la protección radiológica, diseñados para disminuir el riesgo de exposición, el tiempo que es reducir el tiempo de exposición, ya que mientras más tiempo se permanezca expuesto, mayor será la dosis absorbida, también la distancia en donde debe aumentar la separación entre el paciente y la fuente de radiación, ya que la intensidad de la radiación disminuye con la distancia y el blindaje donde se utiliza barreras físicas para reducir la exposición, como elementos de protección personal de plomo (chalecos, guantes, gafas) y estructuras plomadas en salas de rayos X (paredes, puertas, ventanas), que actúan como escudos frente a la radiación. Estas medidas son esenciales con el objetivo de asegurar la protección de los pacientes y del personal médico, y para ser parte de las tácticas de control definidas en la regulación para un uso responsable de la radiación ionizante. (Arango, 2024)

Mediante el uso de rayos X, la radiología convencional genera imágenes bidimensionales de las estructuras internas del cuerpo. Es considerada la técnica más básica, aunque también el que se emplea más en los servicios de urgencias, hospitalización y consulta externa su uso está precedido por una correcta valoración clínica, ya que nunca debe sustituir a la anamnesis ni al examen físico, sino complementar el proceso diagnóstico donde las imágenes obtenidas se

interpretan en función de los hallazgos clínicos del paciente, lo que requiere una formación sólida en anatomía radiológica y semiología por parte del personal médico y tecnológico, también permite identificar fracturas, desplazamientos, masas, infiltrados, entre otros hallazgos, siendo la base para decidir si se requiere ampliar el estudio con modalidades más complejas como la tomografía o la resonancia magnética. (Palet Bonell, 2021).

### **Partes del Equipo del Rayo X Convencional**

**El tubo de rayos X:** Es esencial para la generación de imágenes médicas precisas, su funcionamiento se basa en un proceso llamado emisión termiónica, en el cual los electrones son liberados desde el cátodo hacia el ánodo a través de un filamento de tungsteno.

**Consola de control:** Permite al técnico radiólogo regular los parámetros fundamentales del equipo de rayos X, como el voltaje aplicado al tubo (kilovoltios o kVp), la intensidad de la corriente que transporta los electrones a través del tubo, así como la duración del tiempo de exposición.

**Generador de alto voltaje:** Es el que se encarga de aumentar la potencia eléctrica suministrada, proporcionando el nivel de energía necesario para generar los rayos X.

**Mesa Radiológica:** Una superficie donde el paciente se posiciona para los estudios.

**Bucky Mural:** Un dispositivo para realizar radiografías en posición vertical y que tiene un filtro antidifusor para eliminar la radiación dispersa y mejorar la calidad de la imagen.

**Detector de imagen:** Puede tratarse de una placa digital o de una película radiográfica que registra la imagen adquirida a través de los rayos X. (Marmolejo, 2018)

### Figura 3

#### *Equipo de Rayos X Convencional*



*Nota.* Tomado de *Cómo funcionan las máquinas de rayos X* (2025) por Meison Medical.

<https://meisonmedical.com/como-funcionan-las-maquinas-de-rayos-x/>

Una sala de rayos X está equipada con un tubo de rayos X, un generador de alto voltaje, una consola de control, un receptor de imagen (analógico o digital) y una camilla de exploración. El tubo de rayos X contiene un cátodo y un ánodo dentro de un tubo de vacío protegido por un revestimiento que evita fugas de radiación. El técnico radiólogo manipula el tubo desde un soporte (techo o pedestal) para posicionarlo según la proyección requerida. Desde la consola se ajustan los factores de exposición: kilovoltaje (kV), miliamperaje (mA) y tiempo, según la región anatómica a estudiar (Bushong, 2018).

### **Factores de Exposición**

Factores Técnicos: mA: (miliamperaje): Establece la cantidad de radiación y calcula el número de rayos X generados. La cantidad de electrones que pasan a través del tubo de rayos X por unidad de tiempo se mide en miliamperios

Kv: (kilovoltaje): Proporciona energía cinética a los electrones que se desprenden del rayo de radiación. Es el que proporciona la energía promedio de los rayos X. El Kv es el que define únicamente la capacidad de penetración de los rayos X.

t:(tiempo de exposición): Se debe tratar de que estos períodos de exposición sean cortos.

Distancia: Se refiere a la medida entre el tubo de rayos X y la estructura anatómica que se va a radiografiar.

mAs: (miliamper/segundo): La meta de tiempos breves es disminuir la dosis que el paciente recibe y prevenir la borrosidad que puede ser ocasionada por cualquier movimiento; esto se logra con la combinación de los factores técnicos "mA y t". El grosor y la composición de la parte del cuerpo que se va a examinar son muy significativos.

El receptor de imagen (RI) puede ser un chasis radiográfico convencional o digital. En sistemas digitalizados, las imágenes se visualizan en monitores y pueden ser almacenadas o transmitidas para evaluación remota (Frank et al., 2010).

Las proyecciones básicas o de rutina son aquellas empleadas con mayor frecuencia en pacientes que pueden cooperar adecuadamente. Entre ellas se incluyen la proyección posteroanterior (PA), anteroposterior (AP), lateral, y oblicuas. Cada proyección se define por la dirección del rayo central (RC) a través del cuerpo del paciente. Por ejemplo, en la PA el RC entra por la superficie posterior y sale por la anterior, mientras que en la AP ocurre lo contrario. Por otro lado, las proyecciones adicionales o especiales son aquellas que se realizan con el fin de demostrar estructuras anatómicas específicas o lesiones poco visibles mediante las proyecciones básicas, estas se emplean en situaciones clínicas complejas o cuando el paciente presenta limitaciones físicas que impiden una adecuada colaboración. El dominio de estas proyecciones exige un conocimiento técnico y clínico más avanzado por parte del tecnólogo, pues deben seleccionarse con criterio según la patología y las condiciones del paciente, Además Estas proyecciones son especialmente importantes en casos clínicos complejos, donde la evaluación precisa es fundamental para el diagnóstico y tratamiento. Por ejemplo, En un paciente con

sospecha de fractura de clavícula, además de la proyección AP estándar, se puede realizar una proyección axial o apical que permite visualizar con mayor claridad los fragmentos óseos y la alineación de la clavícula.

En casos de luxación de hombro, se puede emplear la proyección oblicua o transescapular, que evidencia mejor la posición de la cabeza humeral respecto a la cavidad glenoidea. Así mismo para evaluar lesiones en la columna lumbar que no se observan completamente en las proyecciones PA o lateral, se puede realizar una proyección oblicua lumbar, útil para estudiar articulaciones facetarias y hernias.

En patologías torácicas complejas, como la sospecha de masas o derrames pleurales, se pueden usar proyecciones laterales adicionales o decúbito lateral, que ayudan a diferenciar estructuras superpuestas y localizar con precisión las alteraciones.

Según Del Cura (2007) indica que:

Los estudiantes de programas relacionados con la salud deben comprender cómo las imágenes contribuyen al diagnóstico preciso y a la elección de tratamientos adecuados. Sin embargo, la enseñanza de la radiología en el pregrado a menudo es limitada, con poco tiempo asignado en los planes de estudio. Esto genera brechas en el reconocimiento anatómico por imagen y en la correlación clínico-radiológica.

Por ello, se hace necesario implementar estrategias didácticas que promuevan el aprendizaje significativo, integrando casos clínicos reales y fortaleciendo la capacidad interpretativa del estudiante. El dominio de los protocolos especiales son fundamentales para mejorar la calidad del servicio radiológico, reducir errores diagnósticos y garantizar la seguridad del paciente. Por eso la realidad mixta o metaverso emerge como una herramienta pedagógica innovadora que complementa la formación presencial, al integrar elementos digitales interactivos con el entorno real del aprendizaje. Esta tecnología permite simular procedimientos radiográficos, visualizar trayectorias de rayos X, posicionar al paciente de manera virtual. La

aplicación de la realidad aumentada en la enseñanza de proyecciones especiales contribuye a un aprendizaje más dinámico y significativo, fortaleciendo las competencias teórico-prácticas del futuro profesional en imágenes diagnósticas, optimizando la interpretación de resultados y promoviendo una práctica más segura, precisa y alineada con los estándares actuales de calidad y protección radiológica.

### **Realidad Aumentada**

La realidad aumentada o RA es aquella que consta de distintas capas de información que se agregan a objetos reales a través de una pantalla. Esta puede ser la pantalla de un smartphone o de una tablet.

### **Realidad Virtual**

La realidad virtual o VR crea mundos inmersivos que son totalmente digitales. Están totalmente desligados de la realidad que vemos o percibimos. Para poder disfrutar de ella es necesario usar Gafas Oculus Meta Quest, las cuales aíslan totalmente al usuario de su entorno físico.

### **Realidad Mixta**

La realidad mixta o MR es una mezcla entre las dos anteriores. Lo que hace es fusionar el mundo físico con el digital. Es decir, esta genera un modelo 3D de la realidad y superpone información virtual. Gracias a ello, la realidad mixta o MR permite crear objetos virtuales y modificarlos. Su principal diferencia respecto a VR y RA es la interactividad. En este caso sí es posible interactuar con los objetos o personas.

### **Metaverso**

El metaverso pertenece a la categoría de realidad mixta o híbrida, se basa en un nuevo mundo virtual creado en un espacio tridimensional, utilizando avatares que permiten a los

usuarios explorar e involucrarse en varias actividades que incluyen desde la interacción social y el entretenimiento hasta el comercio y el trabajo. Así, reflejan diferentes características del mundo real dentro de un entorno digital.

Particularmente, los entornos virtuales en tres dimensiones ofrecen la posibilidad de recrear situaciones clínicas auténticas, lo que permite practicar procedimientos radiológicos de manera segura y repetitiva. Este tipo de recreaciones no solo proporciona un enfoque técnico, sino que también promueve el desarrollo de capacidades cognitivas, sociales y éticas, que son esenciales en la atención médica. Así mismo, estimulan la motivación, el trabajo en equipo y la toma de decisiones en escenarios realistas.

La utilización de simuladores y realidad virtual en la radiología tradicional, permite que los estudiantes se familiaricen con los equipos, las posiciones anatómicas y los protocolos específicos sin poner en riesgo a pacientes reales, asegurando así un entorno seguro para el aprendizaje.

La implementación de espacios virtuales para la enseñanza de protocolos específicos en radiología tradicional constituye una estrategia novedosa donde los estudiantes y profesionales de la salud obtienen beneficios al aprender técnicas adecuadas y comprender en qué momentos aplicar proyecciones especiales, lo que ayuda a optimizar los procedimientos, elevar la calidad de las imágenes y disminuir la cantidad de radiación administrada.

## Unity Hub

Esta herramienta, desarrollada por Unity Technologies, es la principal plataforma para generar contenido interactivo en tiempo real. Unity, que es un motor de desarrollo para videojuegos y aplicaciones interactivas, está accesible como plataforma de desarrollo en Microsoft Windows, Mac OS y Linux. Su software se fundamenta en diversas rutinas de programación que posibilitan al usuario establecer el funcionamiento y el diseño de sus proyectos. Unity incorpora motores especializados para renderizar animaciones, gráficos y audio, lo que la hace una solución integral para el desarrollo de experiencias digitales en tiempo real. (Planelles Lorente, 2022)

En el año 2005, durante la Conferencia Mundial de Desarrolladores de Apple, se dio a conocer la versión inicial de Unity Hub, motor creado en un principio solamente para desarrollar y ejecutar proyectos en dispositivos de la plataforma Mac. Debido a su notable éxito, se continuó con la expansión y mejora tanto del motor como de sus herramientas, donde la versión, Unity 5, que se lanzó a comienzos de 2015, incorpora características adicionales como soporte para DirectX 11 y para Linux, así mismo, tener instalado Unity Hub proporciona apoyo a la solución de errores y texturas, facilitando la gestión centralizada y organizada de las distintas versiones y proyectos desarrollados con Unity. Una vez instalada la versión de Unity, se debe descargar una versión específica del motor y añadirla a versión como la de Unity Hub. A partir de este paso, ya es posible iniciar la creación de un nuevo proyecto. (Planelles Lorente, 2022)

Unity se distingue por ofrecer una interfaz clara y bien estructurada, lo que la convierte en una herramienta intuitiva y funcional para los usuarios durante el desarrollo. Entre sus componentes principales se encuentra la ventana de escena, espacio donde se construyen los entornos del juego, ya sea en dos o tres dimensiones, mediante la colocación y manipulación de

objetos. La ventana de jerarquía, que muestra una lista ordenada de todos los objetos que componen la escena, se encuentra asociada a esta herramienta. Esto simplifica el proceso de identificación y manejo de dichos objetos. Por otro lado, la ventana del proyecto funciona como un navegador de archivos y presenta todos los recursos que se pueden usar para desarrollar el proyecto.

#### **Figura 4**

##### *Interfaz de Unity Hub*



*Nota.* Tomado de *Unity Hub UI del editor pulida y modernizada* (2019), de Unity Technologies, en Unity.com. <https://unity.com/es/releases/2019-3/editor-tools>

#### ***Requisitos y herramientas necesarias***

Respecto a los requerimientos del sistema de Unity que la plataforma de desarrollo debe cumplir, este permite sistemas operativos Windows 7 SP1 o versiones más recientes, así como Windows 8 y Windows 10 solamente en sus versiones de 64 bits; además acepta Mac OS desde la versión 10.13 en adelante; Ubuntu desde las versiones 16.04 y 18.04; y CentOS a partir de la versión 7. Además, es necesario considerar que la plataforma mencionada debe contar con una tarjeta gráfica y GPU que tengan capacidades DX10 (Shader modelo 4.0). Así mismo, se sugiere contar con al menos 4 GB de memoria RAM y emplear un editor de código para desarrollar e implementar el código del proyecto a través de scripts; para ello, se puede usar Visual Studio,

MonoDevelop o Visual Studio Code. Cuando se instala Unity Hub, si el usuario no tiene un editor compatible, puede agregar Visual Studio. Así mismo, es crucial comprobar que el dispositivo tecnológico en el cual se desea ejecutar la aplicación sea compatible con ARCore (para Android) o ARKit (para iOS), porque son estas plataformas las que permiten que se integren las funciones de realidad aumentada por medio del SDK de Unity. (Planelles Lorente, 2022)

### ***Características de Unity Hub***

Unity puede trabajar con numerosas herramientas de diseño y modelado, incluyendo Adobe Photoshop, Blender, Modo, 3ds Max, ZBrush, Cinema 4D, Cheetah3D, Maya, Softimage y Allegorithmic Substance. Una de sus ventajas es que, si se edita un modelo en alguna de estas aplicaciones, Unity lo actualiza automáticamente sin que sea preciso volver a importarlo manualmente.

Respecto a su motor gráfico, Unity utiliza distintas interfaces de acuerdo con el sistema operativo: OpenGL para Linux, Mac y Windows, Direct3D solo para Windows, OpenGL ES para iOS y Android, así como plataformas de propiedad exclusiva para consolas como Wii. Proporciona soporte para técnicas de renderizado sofisticadas como la oclusión ambiental en espacio de pantalla, el mapeado por paralaje, el mapeo de reflejos, el mapeado de relieve, las sombras dinámicas a través de mapas de sombra y el renderizado a textura; además incluye una diversidad de efectos post-procesamiento a pantalla completa.

Unity emplea Mono, que es una implementación de código abierto del marco .NET, para la programación de scripts. Los programadores tienen la opción de usar C#, Boo (que tiene una sintaxis inspirada en Python) o UnityScript (un lenguaje propio con sintaxis parecida a ECMAScript).

Unity incluye Unity Asset Server, una herramienta de control de versiones creada con el objetivo específico de administrar todos los scripts y recursos del juego (assets), lo cual simplifica la colaboración en equipo y el monitoreo de modificaciones en proyectos complicados. Además, la plataforma dispone de una extensa documentación oficial, la cual se actualiza constantemente en función de las nuevas versiones del software, ofreciendo así un soporte continuo y completo para los desarrolladores. (Planelles Lorente, 2022)

### **Figura 5**

*Logo Unity Hub*



*Nota.* Tomado de *Download Unity*, por Unity Hub (2025), <https://unity.com/download>

## Marco Legal

El presente proyecto, enfocado en el desarrollo de un entorno virtual inmersivo orientado al fortalecimiento de las competencias académicas teórico-prácticas en un contexto clínico para protocolos especiales de radiología convencional, se sustenta en un marco legal y normativo que regula la prestación de los servicios de salud en Colombia. Este marco reúne disposiciones técnicas, jurídicas y éticas relacionadas con el uso de tecnologías en la educación en salud, los principios de calidad y comunicación profesional, así como las normas de protección radiológica aplicables a los procedimientos en imágenes diagnósticas.

En el ámbito educativo, la Ley 115 de 1994 del artículo 45 del Congreso de la República de Colombia define el derecho a la educación y reconoce que la modalidad de enseñanza puede desarrollarse mediante medios electrónicos para comunicar o transmitir datos, como la televisión, la radiodifusión, la telemática o cualquier otro que emplea el espectro electromagnético reconociendo la flexibilidad en los medios educativos.

De igual forma, el Decreto 1075 de 2015, incluye disposiciones que regulan las modalidades no presenciales y establece los lineamientos para el funcionamiento de las plataformas virtuales en su artículo 2.3.1.3.6.5.

Por su parte, el Decreto 1295 de 2010 regula el registro calificado de los programas de educación superior, estableciendo las modalidades a distancia y virtual. disponiendo que estas deben implementarse a través de redes telemáticas que garanticen infraestructura tecnológica, medios educativos adecuados y acompañamiento docente.

En materia de protección radiológica, la Ley 9 de 1979 del Congreso De La República De Colombia, en su artículo 151, determina que todos los individuos o entidades que manejen equipos emisores de radiación ionizante tienen que tener una licencia otorgada por la autoridad

sanitaria correspondiente, y le da la facultad al Ministerio de Salud para regular la protección de la salud ante los peligros que provienen de la exposición a radiaciones.

Complementariamente, la Resolución 1811 de 2025 del Ministerio de Salud y Protección Social, la cual actualiza y complementa las disposiciones establecidas en la Resolución 482 de 2018, regula con precisión la utilización de dispositivos generadores de radiación ionizante, los programas para controlar la calidad y las normas para ofrecer servicios de protección radiológica. Esta normativa constituye un instrumento fundamental para garantizar el ejercicio seguro y responsable de la radiología convencional, al establecer criterios técnicos y requisitos operativos orientados a minimizar los riesgos asociados a la exposición a radiación y a fortalecer la seguridad del paciente y del personal ocupacionalmente expuesto.

A su vez, la Resolución 40377 de 2025 del Ministerio de Minas y Energía actualiza los lineamientos para los trabajadores ocupacionalmente expuestos, estableciendo criterios de dosimetría personal, límites de dosis y acreditación de servicios especializados, con el fin de garantizar la seguridad ocupacional en el ámbito radiológico.

En cuanto a los principios éticos, la Ley 23 de 1981, que contiene el Código de Ética Médica, resalta la responsabilidad profesional de actuar con honestidad, claridad y respeto, especialmente en la comunicación con el paciente, promoviendo además la confidencialidad como valores esenciales del ejercicio en salud.

La Ley 1438 de 2011 Sistema General de Seguridad Social en Salud, favorece la modernización del sistema sanitario mediante la implementación de herramientas tecnológicas confiables y efectivas, junto con el fortalecimiento de un enfoque centrado en las necesidades del paciente.

En conjunto, este marco legal configura una estructura normativa robusta que respalda el desarrollo del entorno virtual inmersivo propuesto, al integrar disposiciones educativas, sanitarias, tecnológicas y de protección radiológica que garantizan su pertinencia y legitimidad institucional. La convergencia de estas normas no solo habilita el uso de tecnologías avanzadas en escenarios formativos, sino que también exige que dichas herramientas operen bajo criterios de seguridad, calidad y rigor técnico, propios de la práctica radiológica contemporánea.

En consecuencia, el presente proyecto se alinea plenamente con las obligaciones regulatorias del sistema educativo y del sector salud en Colombia, asegurando que su implementación contribuya de manera ética, segura y estandarizada al fortalecimiento de las competencias profesionales en radiología convencional.

**Tabla 1***Marco Legal*

Autor	Año	Ente	Radicado	Norma
Congreso de Colombia	1979	Congreso de la República	Ley 9	Artículo 151 Toda persona natural o jurídica que preste servicios de protección radiológica y control de calidad o, haga uso de equipos generadores de radiación ionizante, deberá contar con licencia expedida por la secretaría departamental o distritales de salud de Bogotá, Barranquilla y Cartagena de Indias o la entidad que tenga a cargo dichas competencias, de acuerdo con la normatividad emitida por el Ministerio de Salud y Protección Social.

Congreso de Colombia	1981	Congreso de la República	la Ley 23	<p>Código de Ética Médica.</p> <p>Establece los principios éticos que rigen la práctica médica en Colombia, aplicables también al equipo interdisciplinario, promoviendo la honestidad, respeto y comunicación clara con el paciente.</p>
Congreso de Colombia	1994	Congreso de la República	Ley 115	<p>Artículo 45: Sistema Nacional de Educación Masiva. Créase el Sistema Nacional de Educación Masiva con el fin de satisfacer la demanda de educación continuada, de validación para la educación formal y de difusión artística y cultural. El programa se ejecutará con el uso de medios electrónicos de comunicación o transmisión de datos, tales como la</p>

radiodifusión, la televisión, la telemática o cualquier otro que utilice el espectro electromagnético

República de  
Colombia

2010 Ministerio de Salud Decreto 1295

---

*Artículo 16-18 Programas a distancia.* Corresponde a aquellos cuya metodología educativa se caracteriza por utilizar estrategias de enseñanza – aprendizaje que permiten superar las limitaciones de espacio y tiempo entre los actores del proceso educativo.

*Programas virtuales.* Los programas virtuales, adicionalmente, exigen el uso de las redes telemáticas como entorno principal, en el cual se lleven a cabo todas o al menos el ochenta por ciento (80%) de las actividades académicas.

---

Congreso de Colombia	2011	Congreso de la República	Ley 1438	<p>Reforma a la Ley 100.</p> <p>Promueve la atención primaria en salud, la humanización del servicio y la integración de tecnologías seguras y efectivas en la prestación de servicios.</p>
<hr/>				<p>De la plataforma virtual: Es responsabilidad del Ministerio de Educación Nacional diseñar e implementar una plataforma virtual, en la cual se registrarán los</p>
República de Colombia	2015	Ministerio de Educación Nacional	Decreto 1075	<p>establecimientos educativos no oficiales, que aspiren a celebrar los contratos definidos en esta Sección.</p> <p>Así mismo, el Ministerio de Educación Nacional expedirá mediante acto administrativo, el reglamento en el cual se definan los requisitos y</p>

---

procedimientos que deberán cumplir los establecimientos educativos, para hacer su registro en la plataforma señalada en este artículo

---

Ministerio de Salud	2025	Ministerio de Salud y Protección Social	Resolución 1811	Artículo 1. Objeto. La presente resolución tiene por objeto reglamentar tanto el uso de equipos generadores de radiación ionizante y su control de calidad en prácticas médicas, veterinarias, industriales o de investigación, el otorgamiento de las licencias para el ejercicio de dichas prácticas, así como la prestación de servicios de protección radiológica.
---------------------	------	---	-----------------	--

---

---

Ministerio de Minas y Energía	2025	Ministerio de Salud y Protección Social	Resolución 40377	Proteger la salud de las y los trabajadores ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes, garantizando que cuenten con una vigilancia radiológica confiable y moderna, a través de la actualización de los requisitos y el procedimiento para la obtención de la autorización para la prestación del servicio de dosimetría personal.
-------------------------------------	------	--	---------------------	--

---

*Nota. Marco legal extraído por el Congreso de la república y Ministerio de salud.*

## Consideraciones Éticas

El sustento ético de este proyecto se articula a partir de los principios rectores de la bioética contemporánea, formulados por Beauchamp y Childress, los cuales constituyen el marco normativo y conceptual que orienta la práctica clínica y la formación en ciencias de la salud. Dichos principios —autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia— permiten establecer los límites, responsabilidades y obligaciones derivadas de toda intervención formativa que involucre el manejo de información, la toma de decisiones clínicas simuladas y la exposición potencial a riesgos.

Desde la autonomía, se garantiza el respeto por la autodeterminación del estudiante, la transparencia pedagógica y la protección de la información derivada de escenarios simulados. La beneficencia y la no maleficencia fundamentan la necesidad de desarrollar estrategias formativas que maximicen el aprendizaje mientras eliminan o reducen a cero los riesgos asociados a la práctica real, particularmente aquellos derivados de la exposición a radiación ionizante y al contacto clínico no supervisado. El principio de justicia exige equidad en el acceso a tecnologías de simulación, asegurando que todos los estudiantes reciban oportunidades formativas homogéneas, seguras y libres de sesgos institucionales.

Este marco se complementa con los lineamientos de la Ley 23 de 1981 (Ética Médica), la Ley 1581 de 2012 (Protección de Datos Personales) y la normativa vigente en protección radiológica —especialmente la Resolución 482 de 2018 y la Ley 1811 de 2025— que establecen la obligación de prevenir exposiciones innecesarias, resguardar la integridad de la información clínica y académica y garantizar la seguridad del paciente y del estudiante. Estas disposiciones, al ser trasladadas al ámbito educativo, legitiman el uso de entornos simulados como herramienta esencial para reducir la variabilidad de la práctica clínica, evitar riesgos biológicos y

radiológicos, y asegurar la formación ética, segura y estandarizada del futuro profesional en radiología.

En consecuencia, el desarrollo e implementación de un simulador académico en radiología se fundamenta como una respuesta coherente a las exigencias éticas, legales y pedagógicas contemporáneas, al ofrecer un entorno controlado, reproducible y exento de daño que potencia la adquisición de competencias, respeta la integridad humana y minimiza la incertidumbre inherente a los escenarios clínicos reales. Su uso constituye, por tanto, una manifestación concreta de responsabilidad ética, de cumplimiento normativo y de compromiso con la excelencia en la formación de profesionales de la salud.

## **Metodología**

El presente proyecto se desarrolló bajo un enfoque mixto (cuantitativo–cualitativo) con un diseño descriptivo de tipo transversal, orientado a evaluar la percepción, aceptación y utilidad educativa de un entorno virtual inmersivo para la enseñanza de protocolos especiales en radiología convencional.

El estudio se centró en la validación inicial del entorno virtual MetaRay como herramienta didáctica, a partir de la experiencia de los usuarios y su valoración respecto al aporte del recurso al proceso de aprendizaje, sin pretender medir de manera directa el rendimiento académico ni la adquisición objetiva de competencias clínicas.

### **Población y muestra**

La población estuvo conformada por estudiantes, egresados y profesionales del área del programa de Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia; contemplando aquellos que se encuentran laborando en Instituciones Educativas, Instituciones de Salud o que sencillamente no laboran y se encuentran en el hogar o en proceso de obtención de título.

La muestra fue de tipo no probabilístico por conveniencia, integrada por 104 participantes, de los cuales 90 accedieron voluntariamente a responder el instrumento de evaluación y 14 no aceptaron hacer parte de este proceso.

Para el análisis final se consideraron únicamente las respuestas de los participantes que aceptaron el consentimiento informado.

### **Criterios de inclusión**

Estudiantes matriculados o que hayan cursado el componente de Radiología Convencional.

Tecnólogos en Radiología e Imágenes Diagnósticas titulados por instituciones de educación superior reconocidas.

Profesionales vinculados al área de radiología e imágenes diagnósticas.

### **Criterios de exclusión**

Personas que no aceptaron el consentimiento informado.

Participantes sin formación o vinculación académica o profesional con el área de radiología.

### **Instrumento de recolección de información**

La recolección de datos se realizó mediante un cuestionario estructurado, diseñado en la plataforma Google Forms, el cual incluyó preguntas cerradas con escala tipo Likert de cinco puntos y preguntas abiertas. El instrumento permitió evaluar dimensiones relacionadas con:

Facilidad de uso y accesibilidad del entorno virtual.

Utilidad percibida para el aprendizaje de protocolos especiales.

Nivel de satisfacción con la experiencia inmersiva.

Percepción del aporte didáctico del entorno virtual.

Opiniones, sugerencias y apreciaciones cualitativas de los participantes.

### **Procedimiento**

Los participantes interactuaron previamente con el entorno virtual inmersivo MetaRay y, posterior a esta experiencia, diligenciaron el cuestionario de evaluación. La participación fue voluntaria y anónima, garantizando la confidencialidad de la información recolectada.

### **Análisis de la información**

Los datos cuantitativos se analizaron mediante estadística descriptiva, utilizando frecuencias, porcentajes y promedios para caracterizar las percepciones de los participantes

frente al uso del entorno virtual. Las respuestas abiertas fueron sometidas a un análisis cualitativo de tipo temático, identificando patrones recurrentes, fortalezas, limitaciones y oportunidades de mejora del recurso educativo.

Los resultados obtenidos permitieron valorar el grado de aceptación y pertinencia del entorno virtual como herramienta didáctica, así como generar insumos para el ajuste y fortalecimiento futuro de la propuesta, reconociendo esta fase como un proceso de validación perceptual inicial del recurso educativo desarrollado.

No obstante, en las variables demográficas ( Si se encuentra estudiando, indique a que programa académico pertenece; en caso de no estar estudiando por favor registrar: "No Aplica") y en la variable (Institución Educativa a la que pertenece; en caso de no pertenecer a ninguna, por favor registrar: "No Aplica"), se identificaron 7 casos con respuestas inconsistentes o confusión en un porcentaje de participantes, sin embargo, las inconsistencias en algunos datos demográficos no alteran el análisis inferencial ni la interpretación cualitativa, dado que dichas variables no fueron utilizadas como criterio de segmentación ni de contraste en los resultados.

## **Instrumento Tipo Encuesta**

### **¿Qué es una Encuesta?**

El método de la encuesta se utiliza para recopilar información de la población. Este método, estrechamente vinculado con el enfoque cuantitativo y que se emplea para recolectar datos en gran escala de un grupo específico, este método, como técnica de investigación cualitativa, puede ser utilizado después de analizar los datos con el objetivo de profundizar en la comprensión del fenómeno investigado, al recopilar información de una muestra más amplia. Partiendo de los resultados obtenidos de una investigación cualitativa (ya sea etnográfica o por estudio de caso), es posible crear un instrumento, como un cuestionario o una guía para entrevistas que facilite la verificación de si los hallazgos iniciales se ratifican o se ajustan cuando se aplican a un grupo mayor.

Según Groves, Fowler, Couper, Lepkowski, Singer, & Tourangeau (2004) una técnica sistemática destinada a recolectar datos de una muestra de los entes, con el objetivo de generar descriptores cuantitativos de las características de la población general a la que pertenecen dichos entes.

### **Tipos de Encuesta**

#### ***Según la Forma de Investigación***

Encuesta cualitativa: Este tipo de encuesta se centra en recopilar opiniones, percepciones e impresiones para describir el tema de estudio. Por lo general, son menos estructuradas y tienen como objetivo entender la forma de pensar de las personas, junto a sus actitudes y motivaciones en relación con el tema investigado. Pese a que su análisis es más complicado, ofrecen respuestas más detalladas y profundas. (Webtools, 2020)

Encuesta cuantitativa: Las encuestas cuantitativas se fundamentan en datos numéricos y estadísticos. Se emplean con un enfoque más científico y suelen utilizarse para contrastar o validar los hallazgos obtenidos en estudios cualitativos. Sus resultados son más sencillos de analizar y permiten extraer conclusiones claras a partir de los datos estadísticos.

### ***Según el Medio de Aplicación***

Encuesta en persona: El investigador tiene la capacidad de adaptar la guía de preguntas a los propósitos concretos del estudio, lo que brinda una gran flexibilidad en este tipo de encuesta. Permite abordar temas complejos, y, dependiendo de las habilidades del encuestador, es posible obtener información valiosa tanto a partir de las respuestas como de las observaciones durante la interacción. Puede realizarse de manera individual o grupal, lo que amplía su alcance. Además, es factible aplicar criterios precisos para seleccionar a los participantes. Factores como la duración de la encuesta, el tipo de preguntas y los eventos que ocurran durante su desarrollo pueden ser parcialmente controlados por el investigador, siempre que cuente con experiencia en esta técnica.

Encuestas telefónicas: Son más accesibles y rápidas de aplicar, con un costo reducido. Permiten llegar a una población más amplia, incluso si está geográficamente dispersa, y facilitan el seguimiento al poder contactar a los mismos participantes en diferentes momentos.

Encuestas autoadministradas: Estas encuestas son económicas y fáciles de distribuir, aunque presentan ciertos riesgos, como una baja tasa de respuesta. Esto puede deberse a que los participantes no comprendan adecuadamente las preguntas o no completen el cuestionario, ya que el investigador no tiene control sobre cómo o si se responde.

Encuestas por internet: Este tipo de encuesta busca recopilar la opinión de los usuarios acerca de un tema particular y puede llevarse a cabo tanto por medio del correo electrónico como a través de plataformas web. (Fuente R. T., 2020)

### ***Según el Tipo de Preguntas:***

las encuestas pueden ser de respuestas abiertas o de respuestas cerradas.

Las encuestas de respuestas abiertas facilitan que el encuestado se exprese con libertad sobre un tema y también que el investigador considere diversas variables que pueden ser identificadas en las respuestas dadas, como la actitud, el comportamiento o la capacidad de expresión, por ejemplo. No obstante, el investigador no tiene dominio sobre las respuestas proporcionadas.

Las encuestas de respuestas cerradas dan la posibilidad al encuestado de seleccionar una opción de respuesta sin necesidad de justificar su elección. Este tipo de encuesta permite que el investigador tenga más control sobre los resultados, aunque no le deja profundizar en los asuntos objeto de las preguntas. (Fuente R. T., 2020)

### ***Según el Objetivo de la Información***

Las encuestas descriptivas buscan ofrecer una imagen detallada del estado actual de una población o grupo específico, enfocándose en retratar cómo es la realidad en un momento determinado.

Las encuestas analíticas tienen como finalidad examinar los fenómenos con mayor profundidad. En este tipo de estudios, el investigador formula hipótesis que luego serán confirmadas o descartadas a partir del análisis de los datos recolectados. (Fuente R. T., 2020)

### ***Según la frecuencia de su aplicación***

Encuestas transversales: En este tipo de investigaciones, las encuestas se llevan a cabo en un corto periodo de tiempo sobre un pequeño grupo que representa a una población más grande. Estas encuestas permiten al investigador obtener una visión rápida de las opiniones o percepciones de los participantes en un momento específico. Son breves, fáciles de responder y diseñadas para medir la opinión en una situación particular.

Encuestas longitudinales: Las encuestas longitudinales se utilizan para observar y recolectar datos a lo largo de un tiempo extenso. En esta modalidad hay tres clases principales: encuestas de panel, encuestas de cohorte y encuestas de tendencia.

### **¿Qué es una Encuesta en Salud?**

Las encuestas de salud y demográficas son una de las fuentes de información epidemiológica más relevantes, ya que permiten recolectar datos esenciales sobre la población. Esta información resulta clave para definir y guiar políticas públicas y programas de salud. Además, ofrecen datos actualizados sobre las personas afectadas por distintas condiciones, su acceso a tratamiento, y sirven como base para evaluar y diseñar intervenciones destinadas a reducir la prevalencia de enfermedades y factores de riesgo. (Gobierno de México, Secretaría de Salud, 2021)

### **¿Cuál es el Objetivo de una Encuesta en Salud?**

Las encuestas de salud son instrumentos esenciales. Desde la perspectiva de los ciudadanos, ofrecen valiosa información acerca del estado epidemiológico, las dinámicas de salud, los estilos de vida de la población y el aprovechamiento de los servicios médicos. Asimismo, posibilitan el seguimiento de las tendencias en la salud, los comportamientos vinculados a la salud y el acceso a servicios de salud. Además, ayudan a determinar cuáles son

los grupos poblacionales que tienen un riesgo más alto en cuanto a salud, prácticas diarias y desigualdades en el acceso a la atención médica. (Eustat, 2025)

### **Encuesta Nacional de Salud Mental de Colombia**

Fue una encuesta por entrevista individual cara a cara (presencial) realizada directamente con los participantes en sus hogares. Los entrevistados, adultos mayores de 18 años, respondieron preguntas estructuradas sobre salud mental y otros temas sociodemográficos, con preguntas explícitas sobre si habían tenido problemas o trastornos mentales en los últimos 12 meses.

### **Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo en Colombia**

El estudio utilizó una encuesta aplicada a responsables de seguridad y salud en el trabajo, como parte de la investigación sobre prácticas de gestión de seguridad y salud laboral. La recolección de datos se hizo mediante cuestionarios dirigidos a los teletrabajadores, y también se realizaron entrevistas con responsables de seguridad y salud

### **Encuesta Nacional de Tendencias de Fitness en Colombia para el año 2022**

El estudio implementó una encuesta estructurada de tipo cuantitativo, replicando un instrumento internacional de tendencias de fitness, para recopilar datos sobre prácticas y percepciones en el sector fitness colombiano en 2022. La información se obtuvo mediante cuestionarios aplicados directamente a participantes y profesionales del sector, con el fin de identificar y comparar las principales tendencias emergentes en la industria fitness del país

## **Análisis y Resultados**

El presente apartado expone el análisis sistemático de la información recolectada mediante el instrumento tipo encuesta en escala de Likert, aplicado a los participantes que interactuaron con el entorno virtual inmersivo MetaRay, en coherencia con el enfoque metodológico mixto adoptado en la investigación, integrando resultados cuantitativos derivados del análisis estadístico descriptivo con hallazgos cualitativos obtenidos a partir de las respuestas abiertas, permitiendo una comprensión integral de la percepción, aceptación y utilidad educativa del recurso.

Este análisis no solo describe tendencias y frecuencias, sino que interpreta los datos a la luz de los objetivos planteados, la pregunta problema y el marco teórico que sustenta la propuesta; con el fin de determinar la pertinencia pedagógica, el impacto formativo y las oportunidades de mejora del entorno virtual desarrollado.

Con base al análisis cualitativo, de la recolección de los datos demográficos, se realiza el compendio de información de la pregunta 1 a la pregunta 15, presentado en la siguiente tabla:

**Tabla 2***Datos geográficos*

<b>Datos Demográficos</b>			
<b>Total de Encuestados</b>	104	Aceptaron	90
		No Aceptaron	14
<b>Genero</b>	90	Masculino	39
		Femenino	51
<b>Edad</b>	90	Menor De 25	38
		Entre 25 – 35	45
		Entre 45 – 55	7
<b>Tipo de Institución</b>	90	Educativa	7
		Salud	46
		Hogar	37
<b>Naturaleza Jurídica</b>	90	Publica	17
		Privada	30
		Mixta	3
		No Aplica	40
<b>Cargo</b>	90	Administrador	1
		Auxiliar De Laboratorio	1
		Vigilancia	1
		Bombero	1
		Cajero	1
		No Aplica	9
		Estudiante de Tecnología en Radiología	76

*Nota.* Tabla demográfica de los resultados de la encuesta. Autoría propia

El presente análisis se fundamenta en los resultados obtenidos a través de la aplicación de un instrumento tipo encuesta, elaborado, con el fin de comprender cuál es la percepción y qué

experiencias han tenido los estudiantes y los graduados de las instituciones de educación superior que han completado el programa de tecnología en Radiología e imágenes diagnósticas, en relación con la herramienta de aprendizaje MetaRay.

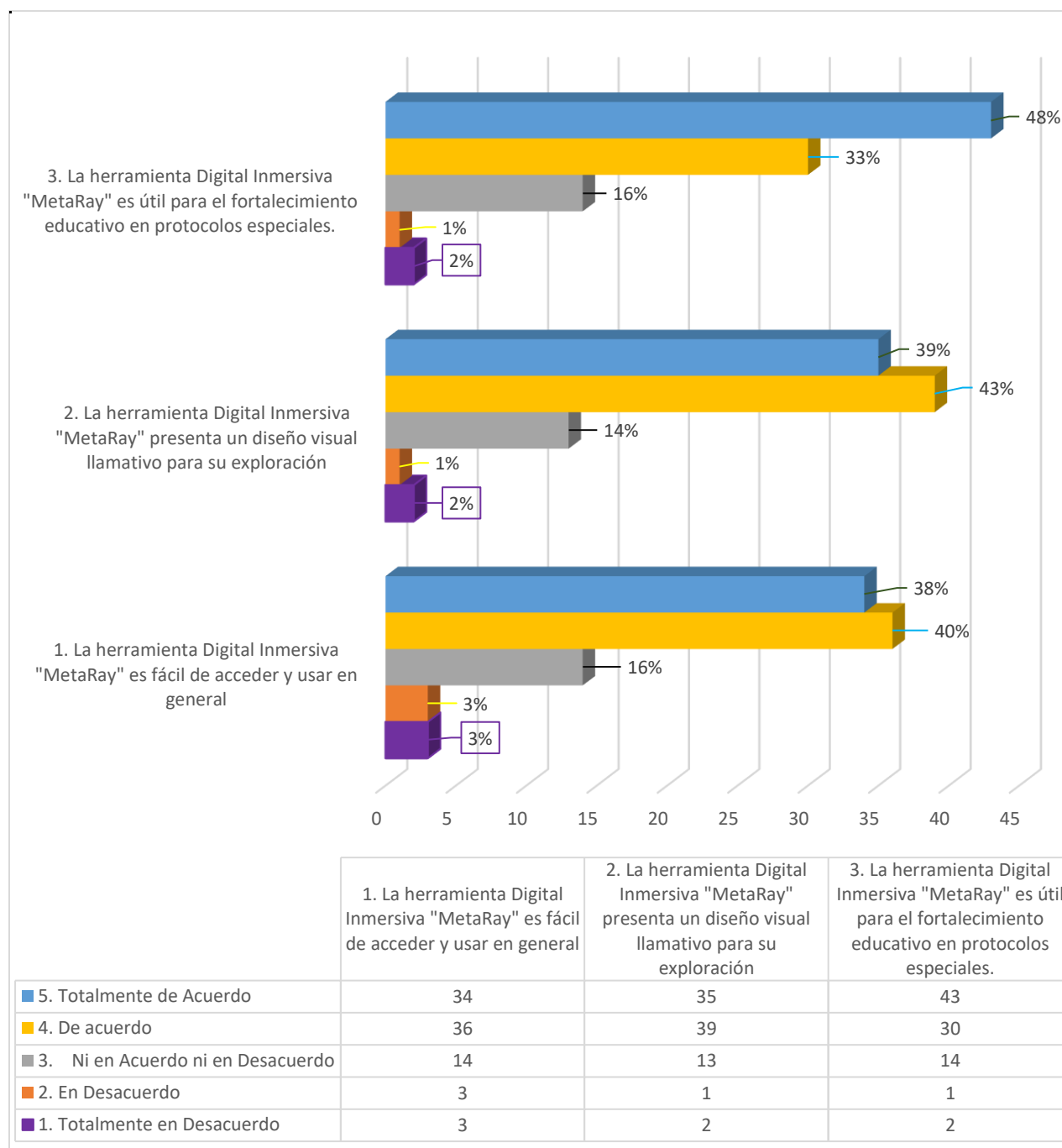
Un total de 90 estudiantes y egresados de las instituciones de educación superior que han cursado el programa de Tecnología de Radiología en Imágenes Diagnósticas (TRID) en la UNAD, respondieron el instrumento de recolección tipo encuesta, la cual consistió en 30 preguntas dirigidas a investigar características técnicas, prácticas, ventajas, desventajas y aplicabilidad clínica de la herramienta.

Es así como, se tiene en cuenta que, las preguntas de la 1 a la 15, se orientaron a la recolección de información sociodemográfica y de caracterización de la muestra, describiendo el perfil de los participantes y garantizando la contextualización del análisis, el cual se presentó en la tabla 2.

A partir de la pregunta 16 hasta culminar el instrumento, el análisis se centra en las dimensiones evaluativas del entorno virtual MetaRay, abordando aspectos relacionados con usabilidad, diseño, experiencia de usuario y percepción de utilidad educativa, los cuales constituyen el eje central de la presente investigación.



**Figura 6** Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 16



*Nota.* Resultados obtenidos del instrumento tipo encuesta. Autoría propia.

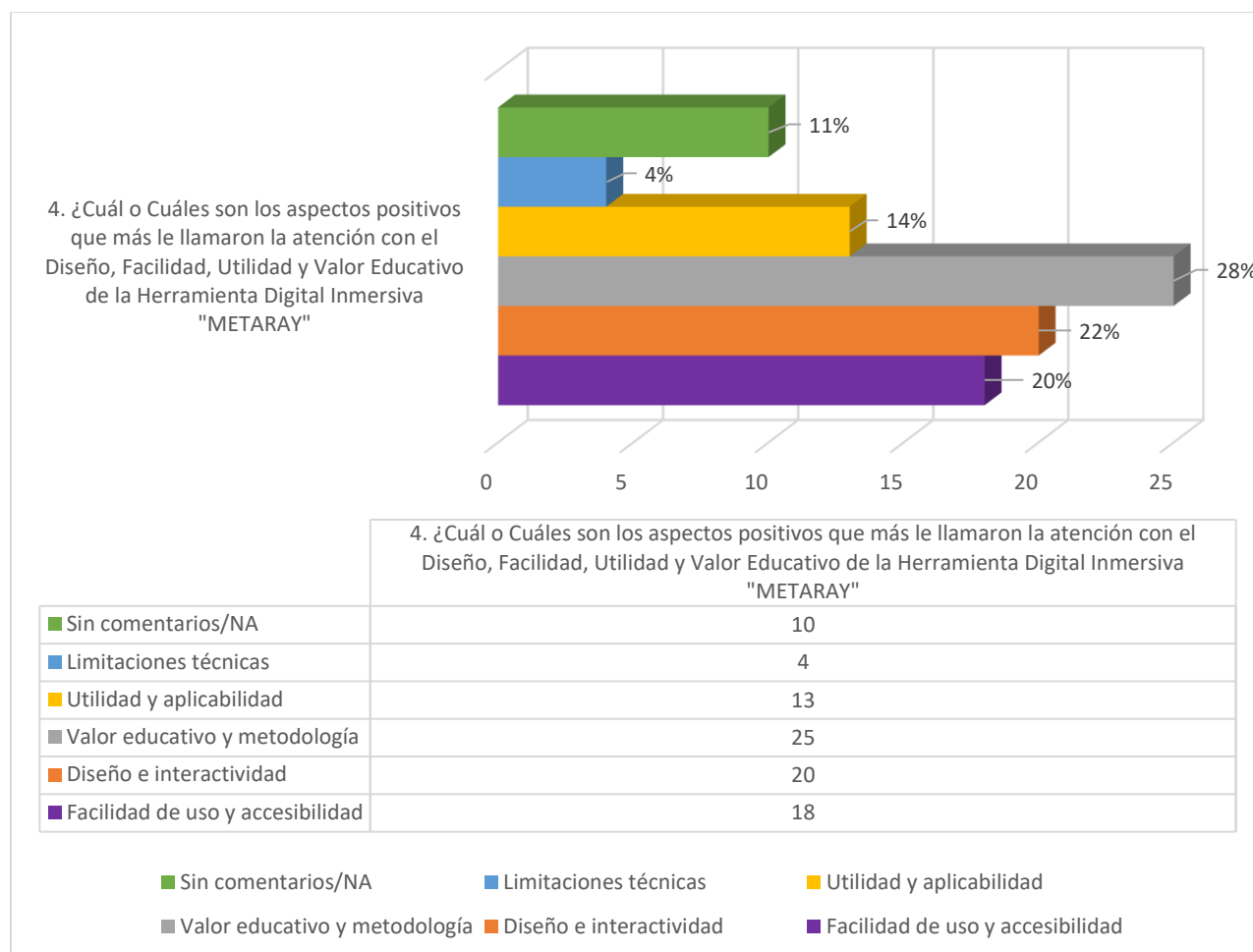
El análisis del gráfico correspondiente a la dimensión de usabilidad, diseño visual y utilidad educativa del entorno inmersivo MetaRay permite una lectura profunda de la experiencia

del usuario y de la coherencia pedagógica del recurso desarrollado. En primer lugar, la valoración relacionada con la facilidad de acceso y uso general de la herramienta evidencia una tendencia claramente positiva, dado que la mayoría de los participantes se ubica en las categorías de acuerdo y totalmente de acuerdo. Este resultado indica que, para una proporción significativa de los usuarios, MetaRay es percibido como un entorno comprensible y funcional desde el punto de vista operativo. No obstante, la presencia de un grupo relevante de respuestas neutrales y de un porcentaje reducido pero existente de desacuerdo sugiere que la experiencia de uso no es completamente homogénea. Desde una perspectiva metodológica avanzada, esta dispersión puede interpretarse como el reflejo de factores externos al diseño pedagógico del entorno, tales como las condiciones técnicas de acceso, el tipo de dispositivo utilizado y el nivel de familiaridad previa con entornos inmersivos. En este sentido, la facilidad de uso no aparece como una debilidad estructural del recurso, sino como un elemento susceptible de optimización que actúa como variable moduladora de la experiencia formativa. A medida que se avanza en el análisis del gráfico, la valoración del diseño visual del entorno muestra un comportamiento más homogéneo y un mayor consenso positivo entre los participantes. La concentración de respuestas en las categorías de acuerdo y totalmente de acuerdo, acompañada de una disminución notable de las respuestas negativas, indica que el diseño visual de MetaRay es percibido como llamativo y facilitador de la exploración. Este hallazgo adquiere especial relevancia si se considera que, en entornos inmersivos, el diseño visual no cumple únicamente una función estética, sino que actúa como un mediador cognitivo del aprendizaje. Un diseño visual coherente y atractivo contribuye a la orientación espacial del estudiante, reduce la carga cognitiva innecesaria y favorece la inmersión en escenarios simulados, elementos fundamentales para el aprendizaje experiencial en contextos de simulación clínica. La baja dispersión observada en este ítem sugiere que el entorno

logra un equilibrio adecuado entre atractivo gráfico y funcionalidad educativa, evitando tanto la saturación visual como la confusión perceptiva. Finalmente, el análisis del ítem relacionado con la utilidad educativa de MetaRay para el fortalecimiento de los protocolos especiales en radiología convencional constituye el núcleo conceptual del gráfico y presenta uno de los niveles más altos de acuerdo entre los participantes, con una marcada concentración en la categoría de totalmente de acuerdo. Este resultado es especialmente significativo desde una perspectiva de educación superior avanzada, ya que evidencia que los usuarios no solo aceptan el entorno desde una dimensión tecnológica o estética, sino que reconocen explícitamente su aporte al aprendizaje de contenidos técnicos complejos. La alta valoración de este ítem indica una alineación efectiva entre el diseño del entorno inmersivo y los objetivos formativos del curso, lo que permite afirmar que MetaRay es interpretado como un recurso pedagógico legítimo y pertinente. La baja proporción de respuestas negativas refuerza la consistencia de esta percepción y minimiza la posibilidad de que el entorno sea considerado una innovación superficial sin impacto formativo real. En conjunto, la lectura integrada de los tres ítems revela una jerarquía clara en la percepción de los participantes. Mientras que la facilidad de acceso y uso presenta una valoración positiva con mayor variabilidad, el diseño visual y, especialmente, la utilidad educativa muestra un consenso más sólido. Este patrón sugiere que, aun cuando existen aspectos técnicos susceptibles de mejora, el valor pedagógico percibido de MetaRay se mantiene alto y consistente. Desde una perspectiva metodológica y didáctica, este comportamiento indica que las limitaciones identificadas son orientadas a las acciones de mejora hacia la optimización técnica. En consecuencia, el gráfico analizado respalda la pertinencia de MetaRay como herramienta de apoyo al aprendizaje de protocolos especiales en radiología convencional y refuerza su potencial como recurso didáctico en contextos de educación superior.

**Figura 7**

*Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 17*



*Nota.* Resultados obtenidos del instrumento tipo encuesta. Autoría propia.

El análisis de la pregunta abierta la categoría con mayor frecuencia corresponde al valor educativo y la metodología, lo cual indica que los participantes reconocen a MetaRay como un recurso que trasciende la función tecnológica para consolidarse como una estrategia pedagógica efectiva. Los comentarios asociados a esta categoría resaltan la claridad en la explicación de los contenidos, la estructuración paso a paso de los casos clínicos y la posibilidad de aprender mediante la práctica en un entorno virtual seguro.

Este resultado es consistente con los principios del aprendizaje significativo, ya que la herramienta permite al estudiante integrar conocimientos teóricos con experiencias prácticas simuladas, favoreciendo la comprensión profunda de los procedimientos radiológicos y el fortalecimiento de la toma de decisiones clínicas.

El diseño e interactividad constituye la segunda categoría más mencionada donde los participantes valoran positivamente el diseño visual, la calidad gráfica y la interactividad del entorno virtual, elementos que contribuyen a una experiencia inmersiva y motivadora. La posibilidad de interactuar con escenarios, personajes y casos clínicos favorece un aprendizaje activo.

Desde una perspectiva pedagógica, este hallazgo sugiere que el diseño de MetaRay facilita la comprensión de contenidos complejos y promoviendo el compromiso cognitivo y emocional del estudiante durante el proceso formativo.

La facilidad de uso y accesibilidad emerge como un factor relevante en la percepción de la herramienta, los participantes destacan la navegación intuitiva, la simplicidad de uso y la facilidad de acceso, lo que indica una baja curva de aprendizaje y una adecuada adaptación a diferentes niveles de competencia digital.

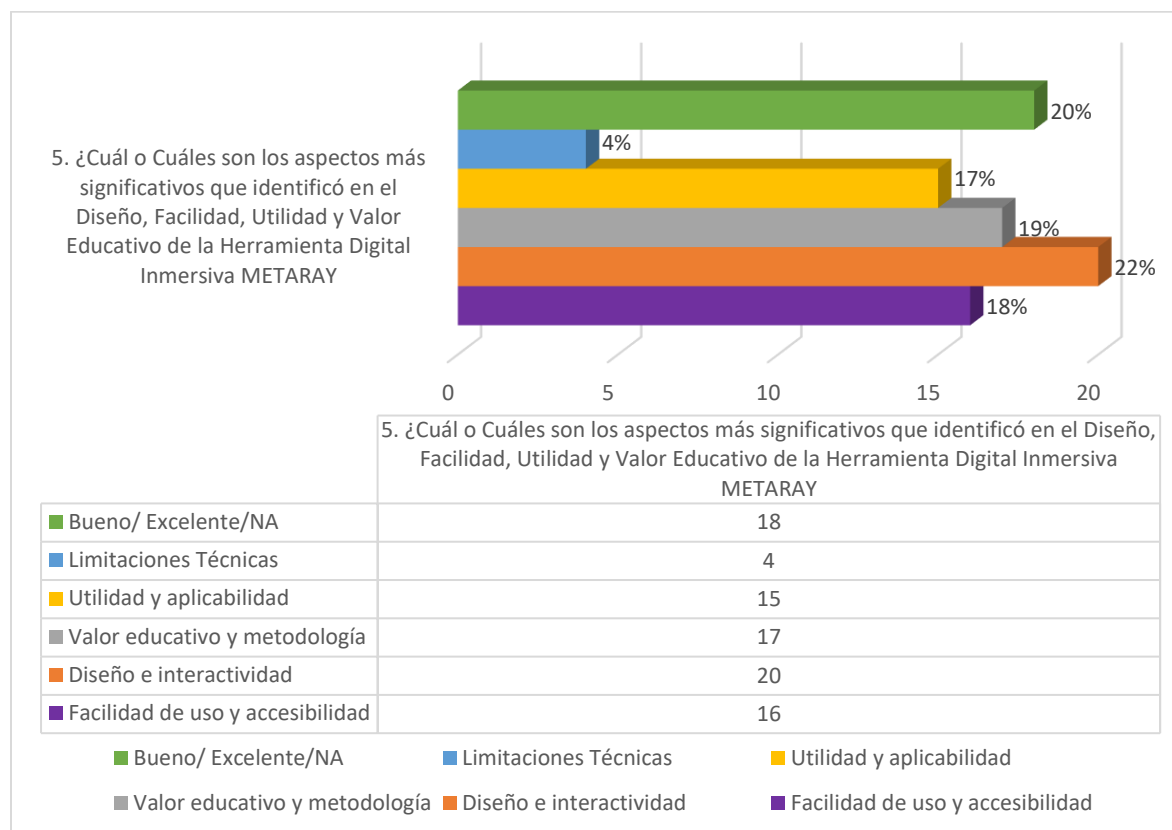
La categoría de utilidad y aplicabilidad refleja la percepción de MetaRay como una herramienta funcional para la práctica clínica simulada. Los participantes resaltan la posibilidad de analizar casos clínicos, practicar protocolos radiológicos y reforzar habilidades profesionales en un entorno controlado, lo cual contribuye a reducir riesgos asociados al aprendizaje en contextos reales.

Las limitaciones técnicas fueron mencionadas por una minoría de los participantes, lo que indica que, aunque existen dificultades puntuales relacionadas con el acceso o el rendimiento de

la plataforma. Los resultados evidencian que la herramienta digital inmersiva MetaRay es valorada principalmente por su alto aporte educativo, su diseño interactivo y su facilidad de uso, consolidándose como una estrategia innovadora para la enseñanza de la radiología.

### Figura 8

*Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 18*



*Nota.* Resultados obtenidos del instrumento tipo encuesta. Autoría propia.

Los resultados evidencian que los participantes identifican como aspectos más significativos de la herramienta digital inmersiva MetaRay aquellos relacionados con el diseño del entorno virtual, el valor pedagógico y la experiencia de uso, lo cual confirma el carácter multidimensional de la percepción de esta herramienta educativa.

La categoría diseño e interactividad, indica que los usuarios otorgan especial relevancia a la experiencia visual e inmersiva proporcionada por la plataforma. Este resultado sugiere que el

diseño de MetaRay no cumple únicamente una función estética, sino que actúa como un elemento estructurante del aprendizaje, facilitando la navegación, la orientación dentro del entorno virtual y la interacción con escenarios clínicos simulados.

Desde una perspectiva pedagógica, la interactividad favorece un rol activo del estudiante, promoviendo la exploración, la toma de decisiones y el compromiso cognitivo, aspectos fundamentales en entornos de aprendizaje basados en simulación.

El valor educativo y la metodología constituyen el segundo aspecto más significativo identificado, los participantes destacan la capacidad de la herramienta para explicar procedimientos de manera clara, guiar paso a paso los casos clínicos y reforzar la comprensión de contenidos complejos. Esto evidencia que MetaRay es percibida como una estrategia metodológica eficaz, alineada con enfoques de aprendizaje significativo.

La integración de simulaciones prácticas en un entorno virtual seguro contribuye al desarrollo de competencias profesionales, permitiendo al estudiante aprender a partir de la práctica sin los riesgos asociados al contexto clínico real.

La facilidad de uso y accesibilidad los participantes resaltan la navegación intuitiva, la claridad de los controles y la facilidad de comprensión del sistema. Este resultado es especialmente significativo en el ámbito educativo, ya que la usabilidad condiciona la aceptación, el uso sostenido y la efectividad de las herramientas digitales.

La categoría de utilidad y aplicabilidad refleja que los participantes identifican a MetaRay como una herramienta funcional para la práctica clínica simulada. Se destaca su aporte en el análisis de casos, la aplicación de protocolos y la comprensión del flujo de trabajo en el área de radiología.

Este resultado refuerza el potencial de la plataforma como un vínculo entre la formación académica y la práctica profesional, contribuyendo a la preparación del estudiante para escenarios reales de atención al paciente.

Las limitaciones técnicas se sugieren que la infraestructura tecnológica es adecuada, aunque susceptible de mejoras para optimizar la experiencia del usuario.

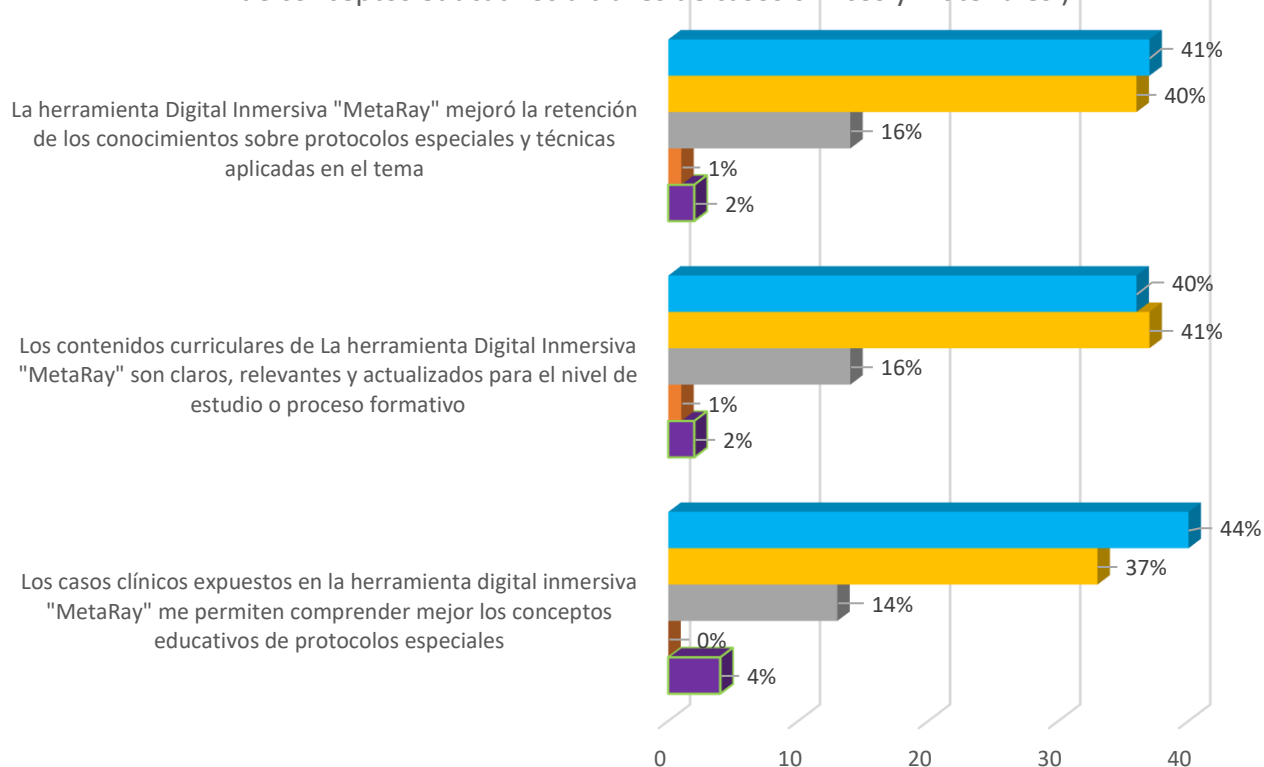
Un total de 18 respuestas fueron clasificadas como Bueno / Excelente / N.A., ya que no aportan información específica sobre los aspectos evaluados. Este grupo puede interpretarse como participantes que tienen una percepción general positiva de la herramienta, pero que no identificaron un aspecto particular.

Estos resultados permiten afirmar que MetaRay es percibida como una herramienta educativa inmersiva con alto potencial transformador, cuyo impacto se sustenta en la convergencia entre diseño interactivo, metodología pedagógica activa, facilidad de uso y aplicabilidad clínica.

## **Figura 9**

*Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 19*

**B. Comprensión y Conceptos de la Herramienta Digital Inmersiva "METARAY"**  
 (Evalúe, cómo la herramienta digital inmersiva "METARAY" facilita la comprensión de conceptos educativos a través de casos clínicos y materiales.)



	Los casos clínicos expuestos en la herramienta digital inmersiva "MetaRay" me permiten comprender mejor los conceptos educativos de protocolos especiales	Los contenidos curriculares de La herramienta Digital Inmersiva "MetaRay" son claros, relevantes y actualizados para el nivel de estudio o proceso formativo	La herramienta Digital Inmersiva "MetaRay" mejoró la retención de los conocimientos sobre protocolos especiales y técnicas aplicadas en el tema
■ 5. Totalmente de Acuerdo	40	36	37
■ 4. De acuerdo	33	37	36
■ 3. Ni en Acuerdo ni en Desacuerdo	13	14	14
■ 2. En Desacuerdo	0	1	1
■ 1. Totalmente en Desacuerdo	4	2	2

*Nota.* Resultados obtenidos del instrumento tipo encuesta. Autoría propia.

El análisis del gráfico correspondiente a la dimensión de comprensión y conceptos educativos de la herramienta inmersiva MetaRay permite una apreciación detallada de la percepción de los usuarios y de la integración pedagógica del recurso. Inicialmente, la evaluación sobre la capacidad de los casos clínicos para facilitar la comprensión conceptual evidencia una clara tendencia favorable, ya que la mayoría de los encuestados se ubica en las

categorías de acuerdo y totalmente de acuerdo. Este resultado sugiere que, para un porcentaje significativo de los participantes, MetaRay actúa como un entorno que favorece la apropiación del conocimiento y la contextualización de los protocolos especiales, ofreciendo experiencias de aprendizaje que trascienden la simple lectura de materiales teóricos.

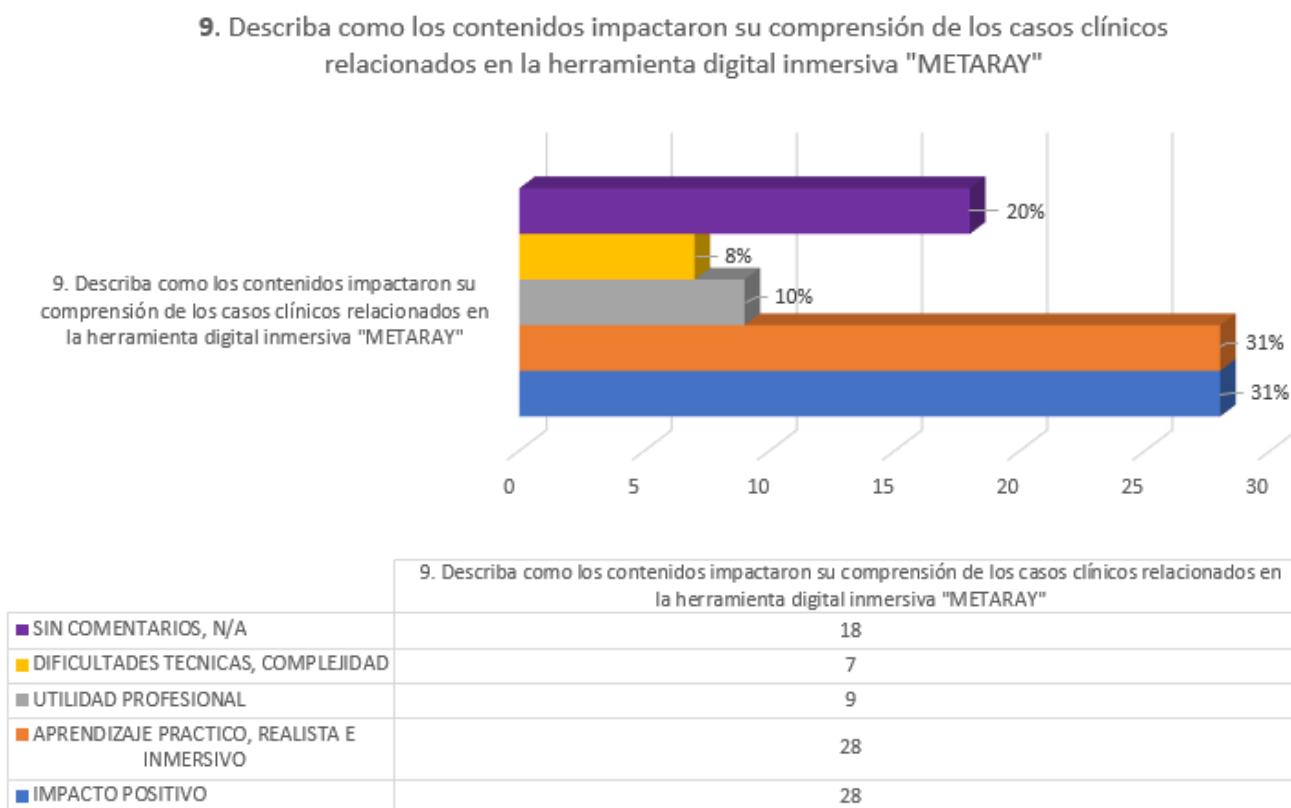
Con el avance del análisis, los resultados sobre la claridad y pertinencia de los contenidos curriculares indica que los usuarios perciben los contenidos como coherentes, actualizados y alineados con los objetivos formativos, lo que confirma la relevancia académica de MetaRay. Este resultado es importante, pues en entornos inmersivos la integración efectiva entre contenido y experiencia interactiva constituye un factor determinante para la transferencia a situaciones prácticas y conocimiento.

Por último, el ítem referido a la retención del conocimiento refleja uno de los mayores niveles de aceptación, con predominio de respuestas positivas y mínima proporción de desacuerdo. Este resultado evidencia que la interacción con escenarios simulados y la posibilidad de repetir procedimientos contribuyen de manera significativa a consolidar los aprendizajes, favoreciendo la memoria operativa y la internalización de protocolos complejos. Estas experiencias inmersivas permiten que los estudiantes codifiquen y recuperen la información de manera más eficiente, apoyándose en procesos multisensoriales y en la práctica autónoma. La interpretación integrada de los tres ítems revela la comprensión conceptual y la retención de conocimientos se perciben como altamente efectivas, mientras que la claridad de los contenidos mantiene un nivel igualmente sólido de aprobación. Esta estructura sugiere que, aunque existen factores externos susceptibles de mejora, el valor formativo percibido de MetaRay es consistente y significativo, consolidando su rol como recurso pedagógico pertinente para la enseñanza de protocolos especiales y técnicas clínicas. Desde una perspectiva didáctica, estas observaciones

respaldan la inclusión de la herramienta como un complemento estratégico, contribuyendo a la formación integral de los estudiantes en entornos de simulación clínica.

### Figura 10

*Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 20*



*Nota.* Resultados obtenidos del instrumento tipo encuesta. Autoría propia.

El análisis de las respuestas sobre cómo los contenidos impactaron la comprensión de los casos clínicos dentro de la herramienta digital inmersiva MetaRay revela una distribución significativa en distintas categorías que reflejan tanto la experiencia del usuario como las potencialidades y desafíos del recurso. En primer término, la alta frecuencia de menciones en los ítems de Aprendizaje práctico, realista e inmersivo e Impacto positivo, ambos con 28 registros, evidencia un reconocimiento robusto hacia la capacidad del entorno para generar un aprendizaje

experiencial y favorable. Este resultado subraya que los usuarios perciben la herramienta no solo como un medio teórico, sino como un espacio que posibilita la interacción activa con escenarios clínicos simulados, facilitando la consolidación de conocimientos a través de la inmersión y la aplicabilidad contextual.

Simultáneamente, en Utilidad profesional destaca la percepción de la herramienta como un recurso relevante y aplicable en el ámbito laboral y académico, lo cual reafirma la coherencia entre los contenidos curriculares y las demandas prácticas del perfil formativo. Este resultado sugiere que la integración de casos clínicos en un entorno inmersivo contribuye a acercar la teoría a la realidad profesional, fortaleciendo la preparación para la práctica clínica.

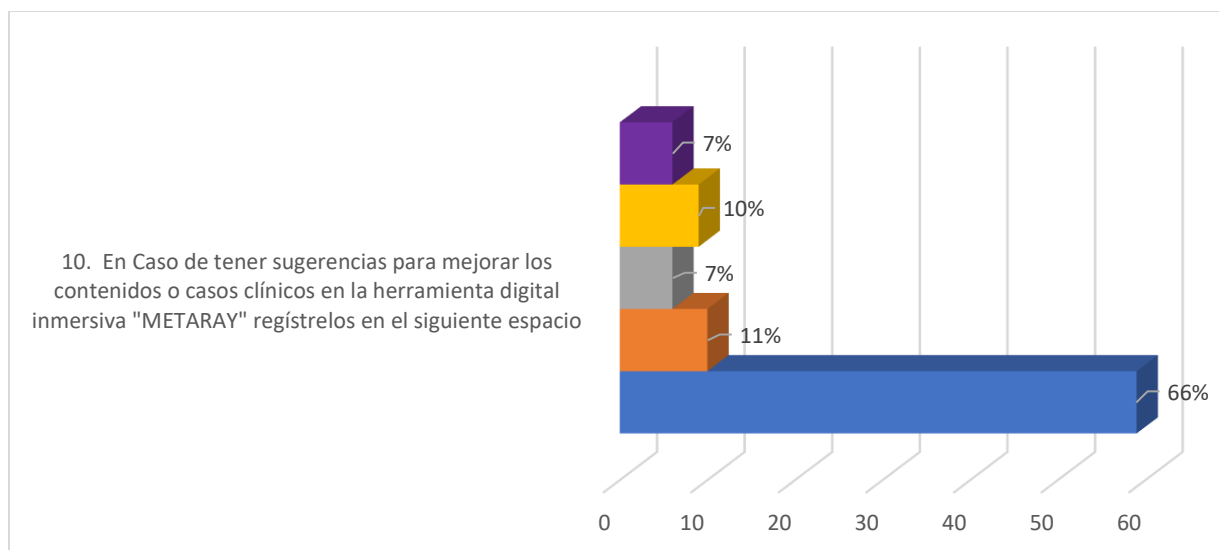
Por otro lado, la categoría de Dificultades técnicas y complejidad indica la presencia de ciertos retos que podrían limitar la experiencia pedagógica y operativa, como posibles inconvenientes en la usabilidad o complejidad de navegación que requieren atención.

Finalmente, la categoría Sin comentarios, N/A refleja un sector del grupo que no manifestó una opinión específica o no aplicó el ítem a su experiencia, aspecto que podría interpretarse como indicativo de una percepción neutral.

En conjunto, estos datos sugieren que la herramienta MetaRay posee un fuerte potencial para impactar positivamente la comprensión de casos clínicos a través de experiencias inmersivas y aplicadas, aunque es necesario continuar optimizando aspectos técnicos para maximizar su alcance y efectividad pedagógica.

## **Figura 11**

*Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 21*



■ Accesibilidad y expansión de la plataforma	6
■ Retroalimentación, realismo y funciones avanzadas	9
■ Ampliación y diversidad de casos clínicos	6
■ Mejora del rendimiento técnico y usabilidad	10
■ Sin sugerencias / No aplica	59

*Nota.* Resultados obtenidos del instrumento tipo encuesta. Autoría Propia.

El análisis de las sugerencias formuladas por los participantes respecto a la mejora de los contenidos y casos clínicos de la herramienta digital inmersiva MetaRay permite identificar sobre su nivel de madurez pedagógica y tecnológica. En primer lugar, destaca que la categoría “Sin sugerencias / No aplica” concentra la mayor frecuencia 59 respuestas, lo cual constituye un indicador de satisfacción general con los contenidos y la estructura actual de los casos clínicos. Desde una perspectiva evaluativa avanzada, esta ausencia de sugerencias no debe interpretarse como la falta de iniciativa del usuario, sino como evidencia de que el diseño instruccional cumple adecuadamente con las expectativas formativas de una proporción significativa de la muestra.

No obstante, el análisis de las categorías restantes aporta información clave para la mejora continua del recurso. La mejora del rendimiento técnico y la usabilidad emerge como una

de las principales áreas de oportunidad. Este resultado sugiere que, aunque los contenidos son valorados positivamente, las condiciones de fluidez, estabilidad y facilidad de interacción actúan como variables mediadoras del aprendizaje inmersivo.

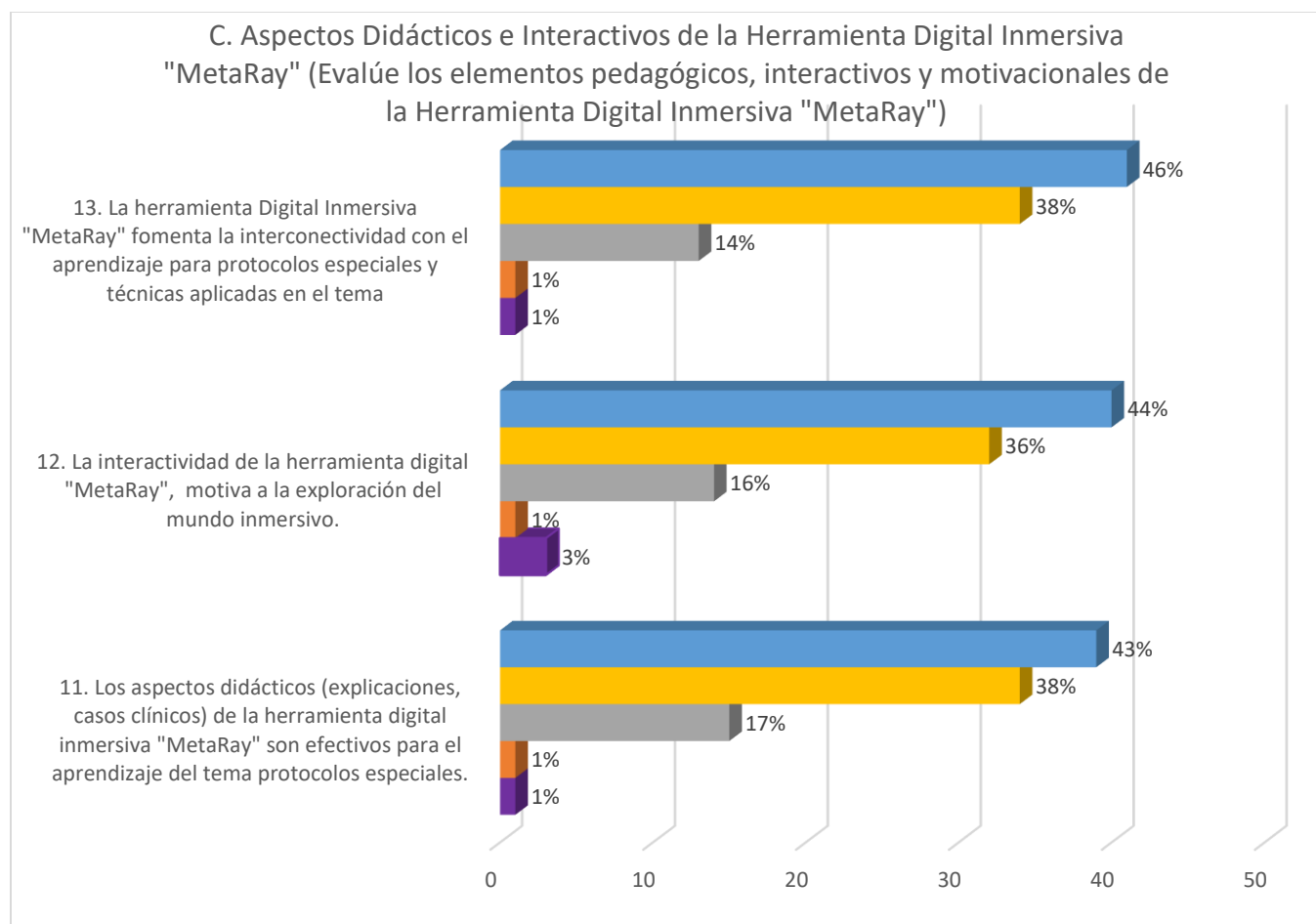
Por su parte, las sugerencias relacionadas con la retroalimentación, el realismo y la incorporación de funciones avanzadas evidencian una expectativa creciente por parte de los usuarios hacia entornos inmersivos con mayor nivel de fidelidad clínica y acompañamiento pedagógico. Este grupo de respuestas refleja una transición desde una aceptación básica de la simulación hacia una demanda de experiencias más sofisticadas, en las que el estudiante reciba simulación de consecuencias clínicas, elementos como videos fundamentales para el desarrollo de competencias profesionales de alto nivel.

La ampliación y diversificación de los casos clínicos y la accesibilidad y expansión de la plataforma refuerzan la idea de que los usuarios perciben a MetaRay como una herramienta con alto potencial de crecimiento. Estas sugerencias apuntan a la necesidad de incorporar mayor variabilidad clínica, distintos niveles de complejidad y posibilidades de acceso multiplataforma, lo cual permitiría fortalecer la transferencia del aprendizaje y su adaptación a distintos contextos educativos y perfiles de estudiantes.

Estos datos en conjunto, evidencian un nivel significativo de aceptación y valoración positiva por parte de los participantes del entorno inmersivo, acompañado de sugerencias que no cuestionan la pertinencia del recurso, sino que orientan su evolución hacia un modelo más robusto, inclusivo y pedagógicamente integrado, las sugerencias recogidas confirman que MetaRay es percibida como una herramienta formativa sólida y relevante, con oportunidades claras de mejora centradas en el fortalecimiento técnico, la profundización pedagógica y la expansión de su alcance educativo.

**Figura 12**

*Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 22*



	11. Los aspectos didácticos (explicaciones, casos clínicos) de la herramienta digital inmersiva "MetaRay" son efectivos para el aprendizaje del tema protocolos especiales.	12. La interactividad de la herramienta digital "MetaRay", motiva a la exploración del mundo inmersivo.	13. La herramienta Digital Inmersiva "MetaRay" fomenta la interconectividad con el aprendizaje para protocolos especiales y técnicas aplicadas en el tema
5. Totalmente de Acuerdo	39	40	41
4. De acuerdo	34	32	34
3. Ni en Acuerdo ni en Desacuerdo	15	14	13
2. En Desacuerdo	1	1	1
1. Totalmente en Desacuerdo	1	3	1

*Nota.* Resultados obtenidos del instrumento tipo encuesta. Autoría propia

El análisis de las respuestas correspondientes revela una amplia conformidad y una valoración altamente positiva sobre la efectividad pedagógica y la capacidad motivacional de la herramienta digital inmersiva MetaRay en el aprendizaje de protocolos especiales y técnicas

aplicadas. En primer lugar, el ítem que evalúa la eficacia de los aspectos didácticos como las explicaciones y los casos clínicos para el aprendizaje, muestra que 73 valoran favorablemente estos elementos. Esta predominancia indica que el diseño educativo de MetaRay es percibido como pertinente y alineado con las necesidades formativas, facilitando la comprensión y asimilación de contenidos complejos. La presencia de 15 respuestas neutrales sugiere, sin embargo, que una fracción menor de usuarios puede tener una experiencia menos definida o aspectos mejorables en la claridad o adecuación del material didáctico.

En relación con la motivación hacia la exploración del entorno inmersivo, reflejada en el ítem se observa una tendencia similar manifestando que la interactividad de MetaRay impulsa la inmersión. La ligera disminución en la categoría de total acuerdo, respecto al ítem anterior, podría asociarse a variabilidades en la familiaridad tecnológica o preferencias individuales, aspectos que podrían abordarse mediante ajustes en la interfaz o personalización del entorno.

Finalmente, el ítem que aborda la percepción sobre la capacidad de MetaRay para fomentar la interconectividad en el aprendizaje de protocolos y técnicas exhibe el mayor nivel de acuerdo total. Este dato sugiere que los usuarios reconocen el potencial de la herramienta para promover no solo el aprendizaje individual, sino también la colaboración y el intercambio de conocimientos, aspectos fundamentales en la formación profesional avanzada.

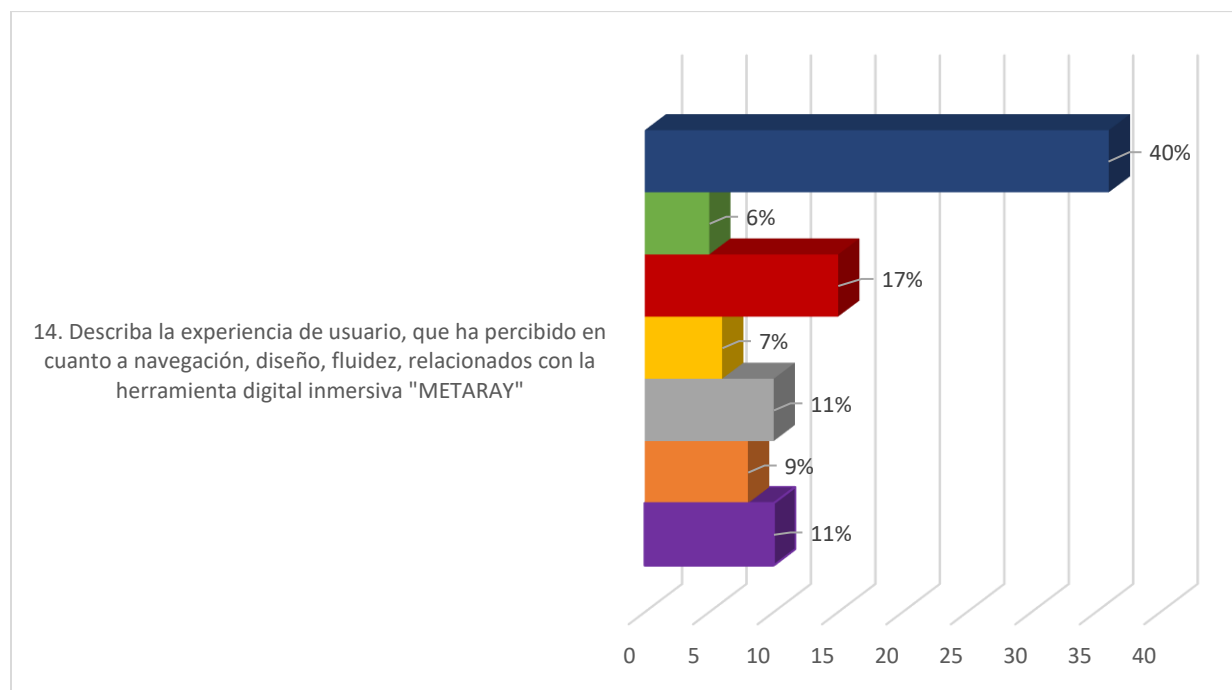
Cabe destacar que la proporción moderada de respuestas neutrales puede orientar futuras investigaciones para profundizar en las causas de esta neutralidad y así optimizar el diseño pedagógico y funcional.

Estos resultados reflejan que MetaRay se posiciona como un recurso educativo sólido y motivador, con capacidad para fortalecer el aprendizaje significativo y la interacción formativa

en entornos digitales inmersivos, con áreas potenciales que contribuirán a maximizar su impacto en contextos de educación superior.

### Figura 13

*Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 23*



■ SIN COMENTARIOS	36
■ Experiencia Inmersiva y Realismo	5
■ LIMITACIONES TECNICAS	15
■ Valor Educativo y Didáctico	6
■ Fluidez y Rendimiento	10
■ Diseño Visual y Estético	8
■ Navegación e Interfaz	10

*Nota.* Resultados obtenidos del instrumento tipo encuesta. Autoría Propia.

El análisis categorial de la experiencia de usuario percibida en relación con la navegación, el diseño, la fluidez y los aspectos pedagógicos de la herramienta digital inmersiva MetaRay ofrece una visión integral sobre la interacción entre el usuario, la tecnología y el propósito formativo del entorno. La distribución de las respuestas permite identificar tanto

fortalezas estructurales como tensiones inherentes al uso de entornos inmersivos en contextos educativos reales.

En primer lugar, la categoría sin comentarios con 36 registros, puede interpretarse como una señal de que la herramienta funcionó de manera adecuada para una parte importante de los usuarios. La ausencia de observaciones sugiere que la experiencia no presentó dificultades relevantes que interfirieran con el uso de la plataforma, permitiendo a los estudiantes concentrarse principalmente en las actividades de aprendizaje.

En cuanto a los aspectos positivos explicitados, las categorías de navegación e interfaz y fluidez y rendimiento evidencian una percepción equilibrada del funcionamiento operativo del sistema. Estas valoraciones sugieren que una parte relevante de los usuarios reconoce una estructura navegacional comprensible y una interacción suficientemente estable para cumplir con los objetivos de aprendizaje.

El diseño visual y estético con 8 respuestas, aparece como un componente valorado, indica que la presencia moderada de esta categoría sugiere que el diseño cumple adecuadamente su función, pero aún podría potenciarse para reforzar la sensación de inmersión y coherencia narrativa del entorno clínico simulado.

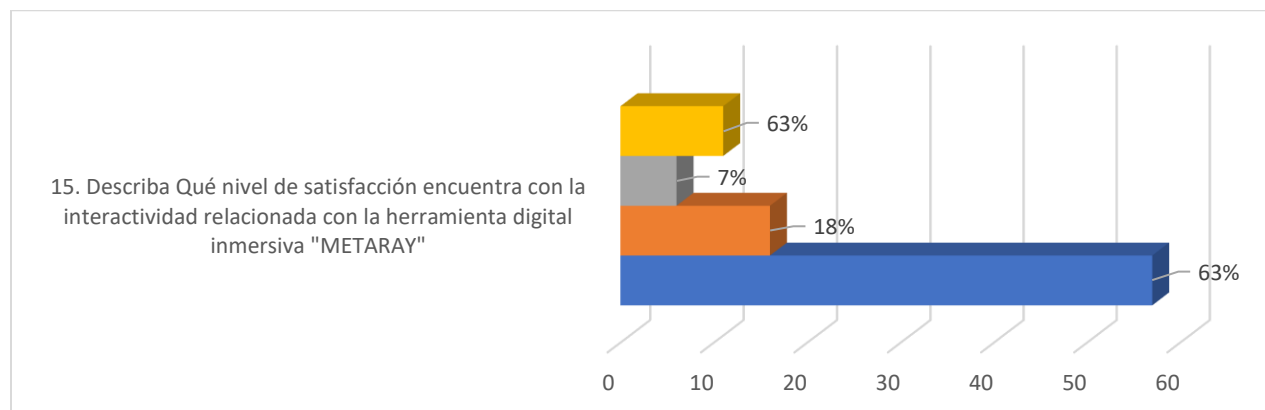
La categoría valor educativo y didáctico 6 respuestas adquiere una relevancia cualitativa significativa, pese a su menor frecuencia. Estas respuestas indican que los usuarios reconocen explícitamente su aporte al aprendizaje, este reconocimiento es importante, ya que evidencia una alineación entre el diseño del entorno inmersivo y los objetivos pedagógicos, particularmente en la enseñanza de contenidos clínicos complejos donde el aprendizaje experiencial resulta determinante.

En contraste, la categoría limitaciones técnicas, con 15 registros. Este resultado señala que, para un segmento relevante de participantes, factores como la lentitud, fallos de rendimiento o dificultades de acceso afectan la percepción global del entorno, estas limitaciones pueden entenderse como variables externas al diseño pedagógico, pero con un impacto directo sobre la efectividad del aprendizaje inmersivo.

Finalmente, la categoría experiencia inmersiva y realismo de 5 respuestas, aunque menor en frecuencia, posee un alto valor interpretativo donde estas menciones reflejan que una parte de los usuarios logra experimentar una sensación de presencia y realismo clínico, elemento central para la transferencia del aprendizaje a contextos reales.

#### Figura 14

Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 24



15. Describa Qué nivel de satisfacción encuentra con la interactividad relacionada con la herramienta digital inmersiva "METARAY"	
■ Sin Respuesta / No Aplica	11
■ Insatisfacción / Medio	6
■ Satisfacción Buena / Moderada	16
■ Satisfacción Muy Alta / Excelente	57

*Nota.* Resultados obtenidos del instrumento tipo encuesta. Autoría Propia.

El análisis cuantitativo de la percepción sobre la interactividad en la herramienta digital inmersiva MetaRay revela una mayoría significativa hacia evaluaciones altamente positivas,

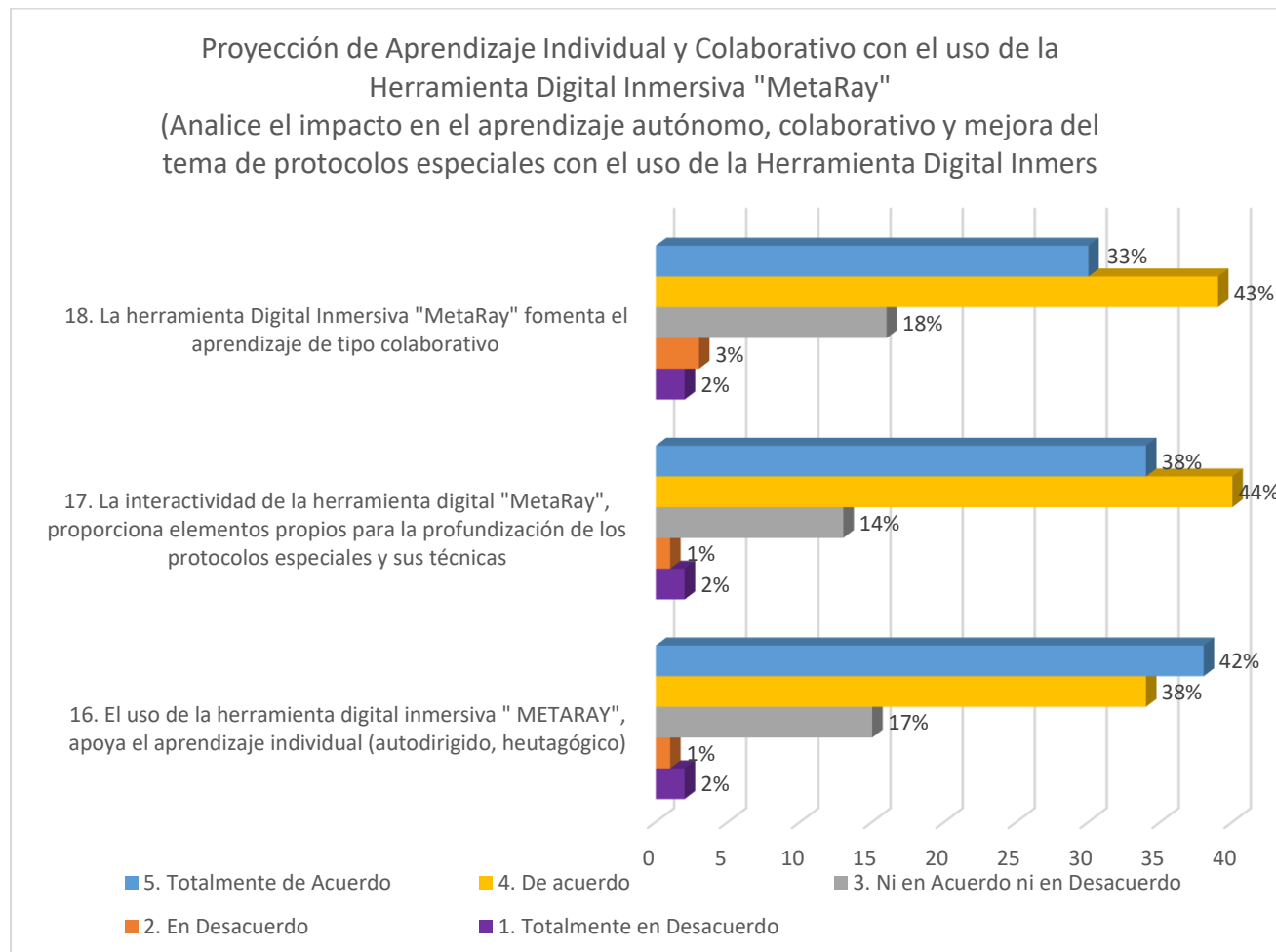
reflejadas en la mayoría de respuestas. Este registro sugiere que la interacción ofrecida por la plataforma cumple con las expectativas y necesidades de los usuarios en términos de fluidez, respuesta y naturalidad, aspectos fundamentales para la efectividad de entornos inmersivos en procesos formativos avanzados.

Desde una perspectiva crítica y metodológica, esta preeminencia de valoraciones positivas puede entenderse como un indicador de la adecuación tecnológica y pedagógica de la herramienta para facilitar un aprendizaje activo y significativo. La elevada satisfacción apunta a que la interfaz y los mecanismos interactivos logran mitigar la brecha entre el mundo físico y el virtual, favoreciendo la inmersión. Este fenómeno es crucial para el aprendizaje experiencial, especialmente en contextos técnicos y especializados como el estudio de protocolos clínicos, donde la interactividad no solo apoya la retención de conocimiento, sino que promueve la construcción dinámica de competencias.

No obstante, la presencia de un grupo minoritario que reporta insatisfacción o una experiencia intermedia, junto con una proporción de participantes que no emitieron respuesta o consideraron la pregunta no aplicable, puede atribuirse a múltiples factores externos o internos al diseño del entorno digital, tales como limitaciones técnicas, variabilidad en el nivel de familiarización con tecnologías inmersivas, o diferencias en las expectativas y estilos de aprendizaje individuales.

**Figura 15**

*Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 25*



	16. El uso de la herramienta digital inmersiva " METARAY", apoya el aprendizaje individual (autodirigido, heutagógico)	17. La interactividad de la herramienta digital "MetaRay", proporciona elementos propios para la profundización de los protocolos especiales y sus técnicas	18. La herramienta Digital Inmersiva "MetaRay" fomenta el aprendizaje de tipo colaborativo
■ 5. Totalmente de Acuerdo	38	34	30
■ 4. De acuerdo	34	40	39
■ 3. Ni en Acuerdo ni en Desacuerdo	15	13	16
■ 2. En Desacuerdo	1	1	3
■ 1. Totalmente en Desacuerdo	2	2	2

*Nota.* Resultados obtenidos del instrumento tipo encuesta. Autoría propia.

El análisis de los ítems permite evaluar de manera integral el impacto de la herramienta digital inmersiva MetaRay la distribución de las respuestas refuerzan la pertinencia pedagógica del entorno inmersivo.

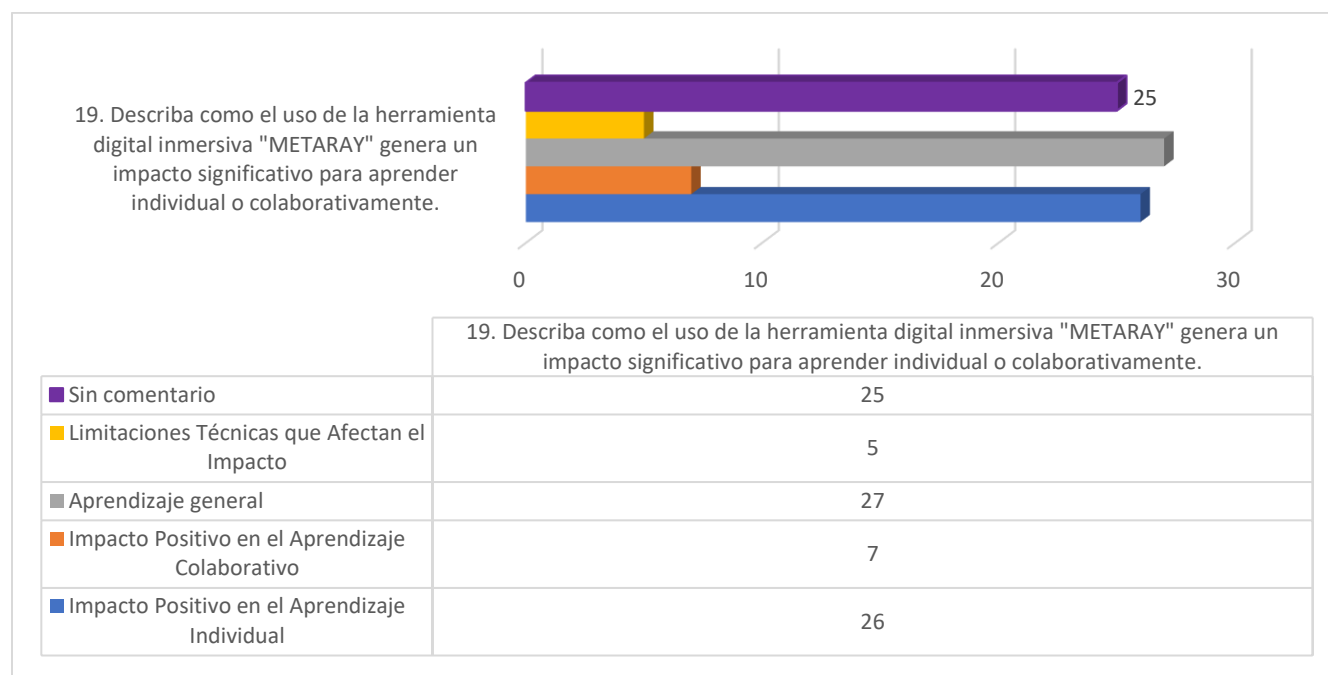
En relación con el aprendizaje individual de tipo autodirigido o heutagógico, se observa que la mayoría de los participantes se concentra en las categorías de acuerdo y totalmente de acuerdo, lo que representa una aceptación ampliamente favorable. Este resultado indica que los usuarios perciben a MetaRay como una herramienta que les permite avanzar a su propio ritmo, explorar contenidos de manera autónoma y tomar decisiones dentro del entorno virtual. Este dato es relevante, ya que el aprendizaje heutagógico se sustenta en la capacidad del estudiante para autorregular su proceso formativo, aspecto que se ve fortalecido por entornos inmersivos interactivos. La presencia de respuestas neutrales y un número reducido de desacuerdo sugiere que, aunque el enfoque autodirigido es claro para la mayoría, aún existen usuarios que requieren mayor orientación o familiarización con este tipo de metodologías.

Respecto al rol de la interactividad como elemento para la profundización de los protocolos especiales y sus técnicas, los resultados muestran una tendencia aún más marcada hacia la aceptación positiva. Esta distribución evidencia que la interactividad no es percibida únicamente como un recurso tecnológico, sino como un componente pedagógico que facilita la comprensión de procedimientos complejos. Desde un enfoque cognitivo, la posibilidad de interactuar con escenarios simulados favorece la integración entre teoría y práctica, reduciendo la abstracción propia de los protocolos clínicos y promoviendo un aprendizaje significativo. El grupo neutral puede interpretarse como un segmento que reconoce el potencial de la herramienta, pero que pudo verse limitado por factores técnicos o por una experiencia de uso parcial.

En cuanto al aprendizaje colaborativo, los resultados reflejan una valoración positiva sostenida. Estos datos indican que los participantes identifican en MetaRay un entorno propicio para el intercambio de ideas, la discusión de casos y la construcción colectiva del conocimiento, aun cuando la experiencia pueda desarrollarse de manera individual. Desde una perspectiva pedagógica avanzada, este resultado es especialmente significativo, ya que sugiere que la herramienta favorece dinámicas de aprendizaje social mediadas por la tecnología, alineadas con enfoques constructivistas y socioculturales. La presencia de 16 respuestas neutrales y un número ligeramente mayor de desacuerdo en comparación con los otros ítems podría estar asociada a limitaciones en las funciones colaborativas explícitas o a la ausencia de actividades diseñadas específicamente para el trabajo en grupo.

### Figura 16

*Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 26*



*Nota.* Resultados obtenidos del instrumento tipo encuesta. Autoría propia.

El análisis de los resultados correspondientes al ítem que indaga sobre el impacto del uso de la herramienta digital inmersiva MetaRay en los procesos de aprendizaje individual y colaborativo permite identificar tendencias relevantes en la percepción de los participantes respecto a su experiencia formativa.

En primer lugar, el impacto positivo en el aprendizaje individual, identificado por el 29% de los participantes, constituye una de las dimensiones más claramente valoradas. Este resultado sugiere que MetaRay es percibida como un recurso que favorece la exploración autónoma, la práctica repetida y la construcción del conocimiento a ritmo propio, esta percepción es coherente con los principios del aprendizaje autorregulado y experiencial, en los cuales el estudiante asume un rol activo en la gestión de su proceso formativo, especialmente en contextos de simulación vinculados a contenidos técnicos y procedimentales.

Por su parte, el impacto positivo en el aprendizaje colaborativo, alcanza un porcentaje del 8%, este hallazgo no debe interpretarse como una limitación inherente a la herramienta, sino más bien como un reflejo de las estrategias didácticas implementadas durante su uso. La menor visibilización del aprendizaje colaborativo sugiere que el potencial de MetaRay para promover la interacción, el trabajo conjunto y la construcción colectiva del conocimiento podría potenciarse mediante un diseño pedagógico explícitamente orientado a dinámicas colaborativas.

La categoría aprendizaje general, que concentra el mayor porcentaje de respuestas del 30%, refleja una percepción positiva global del impacto de la herramienta, aunque sin una diferenciación clara entre modalidades de aprendizaje. Este resultado indica que los participantes reconocen beneficios formativos asociados al uso de MetaRay.

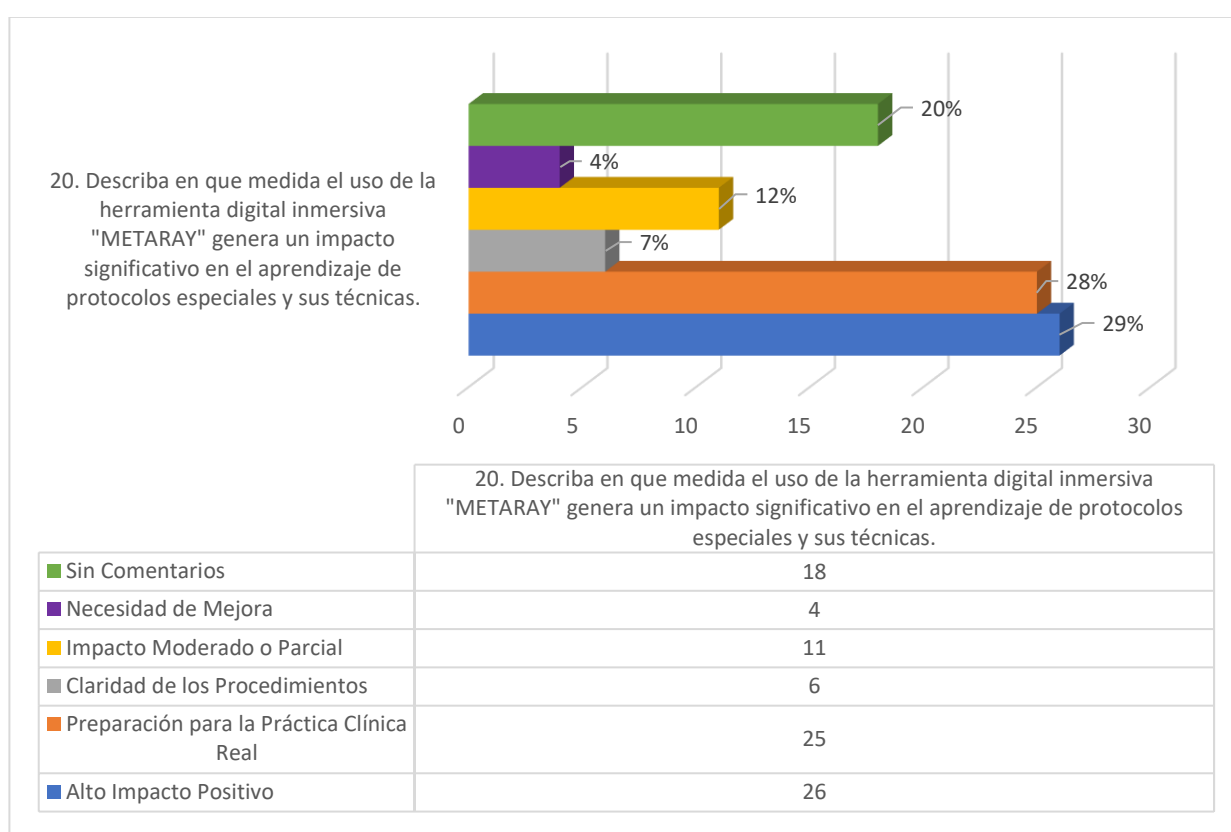
Finalmente, el 28% de respuestas correspondientes a sin comentario constituye un elemento analítico relevante. Esta ausencia de respuesta puede interpretarse como una dificultad

para verbalizar el impacto del aprendizaje, una experiencia de uso limitada o una falta de reflexión explícita sobre el proceso formativo.

Los resultados en conjunto permiten afirmar que MetaRay genera un impacto formativo mayoritariamente positivo, con una clara orientación hacia el aprendizaje individual y una percepción global favorable de su utilidad educativa.

### Figura 17

*Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 27*



*Nota.* Resultados obtenidos del instrumento tipo encuesta. Autoría Propia.

Según el análisis, la categoría Alto impacto positivo, con un 29% de las respuestas, constituye el indicador más representativo del conjunto de datos. Este resultado sugiere que una proporción significativa de los participantes percibe a MetaRay como una herramienta altamente efectiva para la adquisición y consolidación de conocimientos relacionados con proyecciones

especiales, esta valoración implica que el entorno inmersivo logra mediar de manera adecuada entre la teoría y la práctica, facilitando la comprensión de procedimientos complejos mediante la simulación contextualizada.

De manera complementaria, el 28% de los participantes destaca la preparación para la práctica clínica real como uno de los principales aportes de la herramienta. Este hallazgo resulta particularmente relevante en el ámbito de la formación en salud, donde la transferencia del aprendizaje a escenarios reales constituye un criterio central de calidad educativa. Desde el enfoque del aprendizaje experiencial y la simulación clínica, la percepción de preparación práctica indica que MetaRay no solo transmite información, sino que favorece el desarrollo de competencias procedimentales, la toma de decisiones y la familiarización con contextos clínicos que el estudiante enfrentará en su ejercicio profesional.

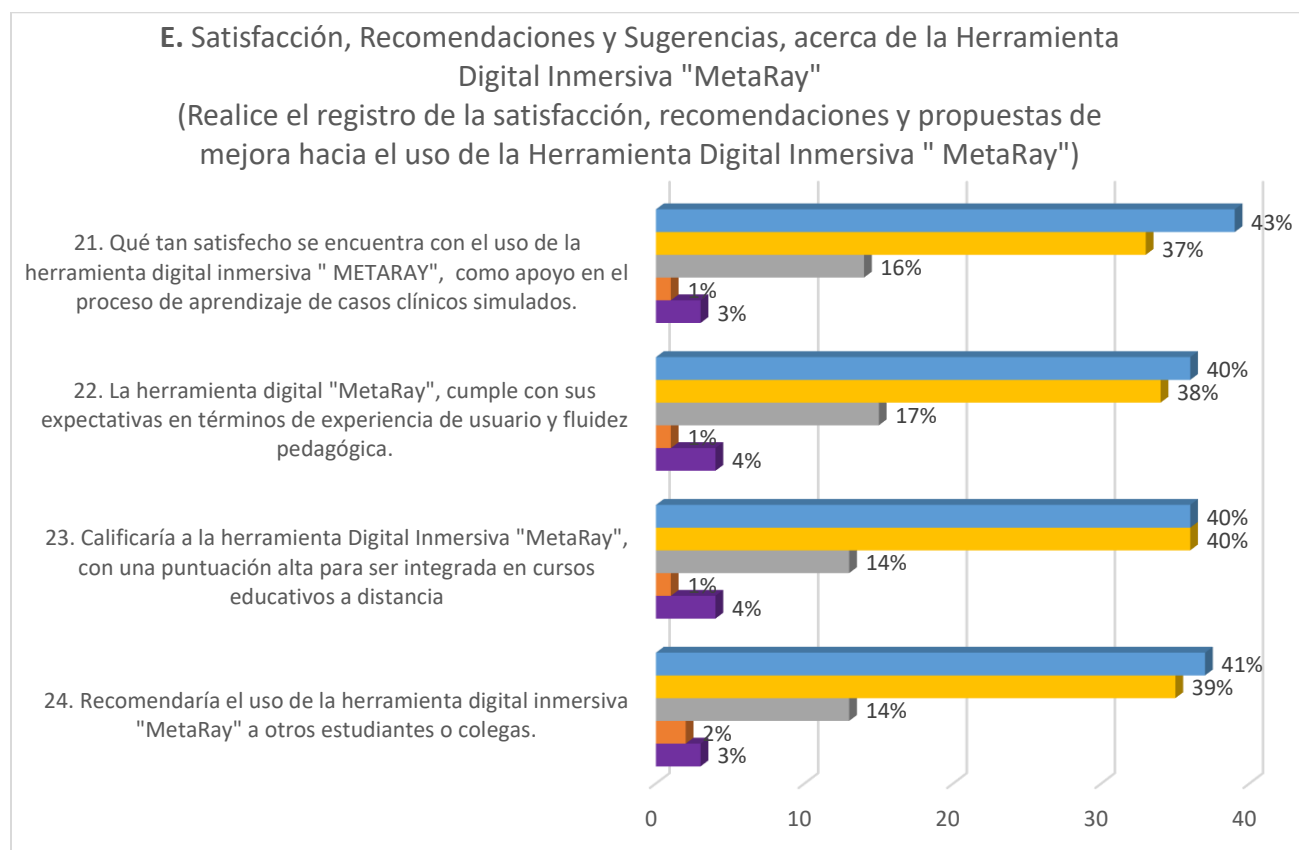
Por otro lado, en la Claridad de los procedimientos, aunque presenta un porcentaje menor del 7%, aporta información cualitativamente significativa. Este resultado sugiere que algunos participantes identifican en MetaRay un valor específico en la estructuración y secuenciación de los pasos que componen las proyecciones especiales, la claridad procedimental es un elemento clave para reducir errores, fortalecer el razonamiento técnico y promover aprendizajes seguros en disciplinas de alta complejidad, lo que refuerza el valor del entorno como apoyo didáctico. En contraste, un 12% de los encuestados señala un impacto moderado o parcial del uso de la herramienta. Este grupo introduce un matiz crítico en el análisis, indicando que, si bien MetaRay genera aportes al aprendizaje.

Así, mismo, el 4% de las respuestas corresponde a la categoría necesidad de mejora, lo que, aunque porcentualmente reducido. Este grupo pone de manifiesto la existencia de aspectos susceptibles de optimización, o funcionalidad. Finalmente, el 20% de las respuestas

correspondientes a la categoría Sin comentarios puede ser interpretado desde una perspectiva neutral. Donde se puede responder a múltiples factores, como la preferencia de los participantes por respuestas cerradas, la suficiencia de las categorías previamente seleccionadas para expresar su percepción o la decisión de no profundizar de manera escrita en su experiencia de aprendizaje.

### Figura 18

*Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 28*



	24. Recomendaría el uso de la herramienta digital inmersiva "MetaRay" a otros estudiantes o colegas.	23. Calificaría a la herramienta Digital Inmersiva "MetaRay", con una puntuación alta para ser integrada en cursos educativos a distancia	22. La herramienta digital "MetaRay", cumple con sus expectativas en términos de experiencia de usuario y fluidez pedagógica.	21. Qué tan satisfecho se encuentra con el uso de la herramienta digital inmersiva " METARAY", como apoyo en el proceso de aprendizaje de casos clínicos simulados.
■ 5. Totalmente de Acuerdo	37	36	36	39
■ 4. De acuerdo	35	36	34	33
■ 3. Ni en Acuerdo ni en Desacuerdo	13	13	15	14
■ 2. En Desacuerdo	2	1	1	1
■ 1. Totalmente en Desacuerdo	3	4	4	3

*Nota.* Resultados obtenidos del instrumento tipo encuesta. Autoría propia.

El análisis del gráfico correspondiente a la satisfacción general, cumplimiento de expectativas, valoración para la educación a distancia y recomendación del uso de la herramienta digital inmersiva MetaRay permite realizar una lectura integrada de la percepción global de los usuarios respecto a su experiencia formativa y a la solidez pedagógica del recurso. En términos generales, los resultados muestran una tendencia marcadamente positiva, evidenciada por la alta concentración de respuestas en las categorías de acuerdo y totalmente de acuerdo en los cuatro ítems evaluados.

En primer lugar, la valoración asociada al nivel de satisfacción con el uso de MetaRay como apoyo en el aprendizaje de casos clínicos simulados refleja un consenso favorable entre los participantes. La mayoría de las respuestas se sitúa en los niveles superiores de la escala, lo que indica que la herramienta es percibida como un recurso eficaz y pertinente para acompañar los procesos de aprendizaje en contextos de simulación. Este resultado sugiere que MetaRay cumple adecuadamente su función facilitando la comprensión de situaciones clínicas.

No obstante, la presencia de un grupo de respuestas ubicadas en la categoría neutral, junto con un porcentaje reducido de desacuerdo, evidencia que la experiencia de satisfacción no es completamente uniforme. Esta variabilidad puede interpretarse como el resultado de diferencias individuales en las expectativas, el grado de interacción con la herramienta o las condiciones de uso.

Al avanzar en el análisis, el ítem relacionado con el cumplimiento de expectativas en términos de experiencia de usuario y fluidez pedagógica presenta un comportamiento similar, con una marcada predominancia de valoraciones positivas. Este patrón indica que los participantes perciben una coherencia entre la interacción tecnológica y la lógica pedagógica del entorno, aspecto fundamental en el diseño de herramientas digitales inmersivas.

La baja dispersión de respuestas negativas sugiere que MetaRay logra un equilibrio adecuado entre funcionalidad tecnológica y estructura didáctica, favoreciendo una experiencia de aprendizaje continua y significativa.

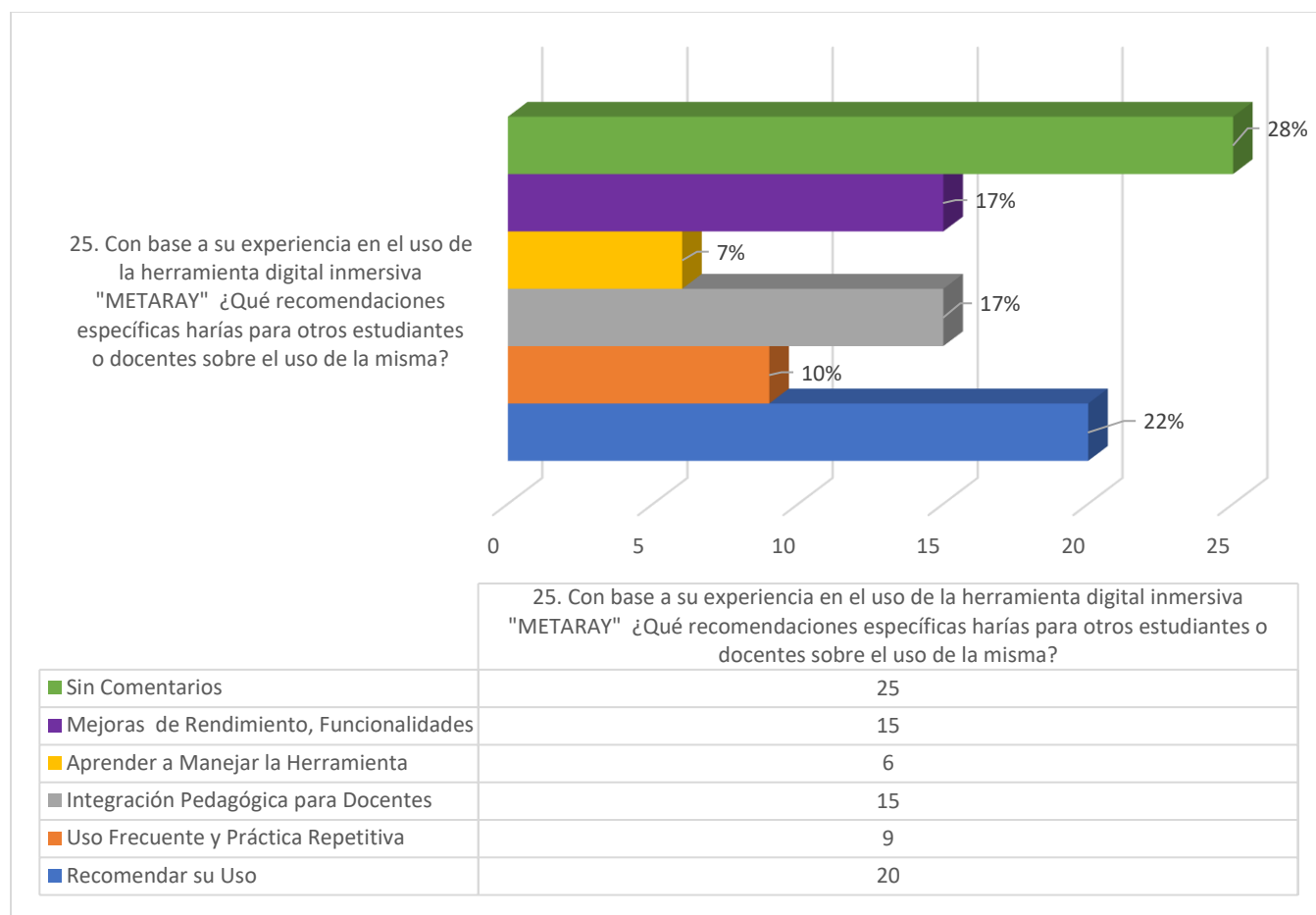
Por su parte, la valoración de MetaRay para su integración en cursos educativos a distancia muestra un nivel elevado de acuerdo entre los participantes, lo que evidencia el reconocimiento de su potencial más allá de contextos presenciales o de uso puntual. La concentración de respuestas en las categorías superiores indica que la herramienta es percibida como compatible con modalidades de educación no presencial. Este resultado posiciona a MetaRay como un recurso con capacidad de adaptación y escalabilidad dentro de entornos virtuales de aprendizaje.

Finalmente, el ítem referido a la recomendación del uso de MetaRay a otros estudiantes o colegas constituye uno de los indicadores más robustos del gráfico, con una alta proporción de respuestas en la categoría de totalmente de acuerdo. La disposición a recomendar una herramienta implica no solo satisfacción individual, sino también un nivel de confianza en su valor educativo y en su pertinencia académica.

En conjunto, la lectura integrada de los cuatro ítems revela una percepción global altamente favorable hacia MetaRay. Mientras que la satisfacción y el cumplimiento de expectativas presentan valoraciones positivas con cierta variabilidad, la integración en educación a distancia y la recomendación muestran un consenso más sólido. Este patrón sugiere que el valor pedagógico percibido de MetaRay se mantiene elevado, consistente y apoyo eficaz para el aprendizaje de casos clínicos simulados y refuerza su potencial de integración en contextos de educación superior mediados por tecnologías digitales inmersivas.

**Figura 19**

*Analítica de resultados estadísticos, pregunta N° 29*



*Nota.* Resultados obtenidos del instrumento tipo encuesta. Autoría propia.

El análisis de los resultados la categoría recomendar su uso, con un 22% de las respuestas, sugiere que una proporción significativa de los participantes considera a MetaRay como un recurso suficientemente valioso como para ser sugerido a otros usuarios. La disposición a recomendar una herramienta implica no solo satisfacción individual, sino también un reconocimiento implícito de su utilidad en procesos formativos relacionados con la simulación clínica.

De manera complementaria, el 10% de los participantes enfatiza la importancia del uso frecuente y la práctica repetitiva. Esta recomendación resulta especialmente significativa en el

contexto del aprendizaje de competencias procedimentales, donde la repetición controlada y la exposición continua a escenarios simulados favorecen la consolidación del conocimiento y el desarrollo de habilidades técnicas.

Por otra parte, el 17% de las respuestas se orienta hacia la integración pedagógica de la herramienta por parte de los docentes, lo que evidencia una conciencia clara sobre el rol del profesorado en el aprovechamiento del entorno inmersivo y de su incorporación intencionada dentro de estrategias didácticas coherentes con los objetivos del curso.

Asimismo, un 7% de los participantes señala la importancia de aprender a manejar adecuadamente la herramienta antes de su uso intensivo, que permitan a los usuarios interactuar con el entorno de manera fluida.

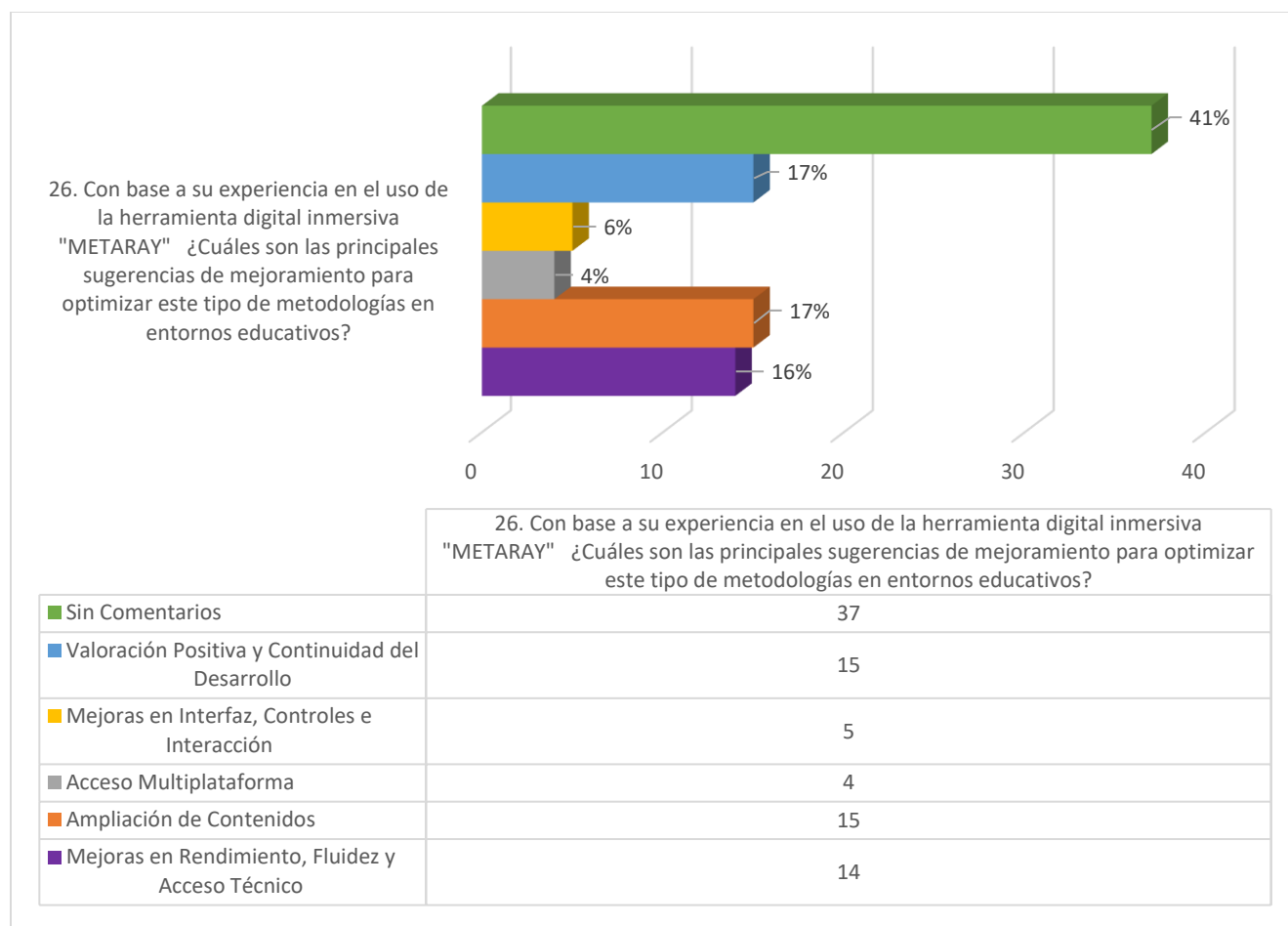
En relación con los aspectos técnicos, el 17% de las respuestas menciona la necesidad de mejoras en el rendimiento y las funcionalidades del entorno. Estos datos indican que, si bien la herramienta es valorada positivamente, existen oportunidades de optimización que podrían potenciar su impacto educativo.

Finalmente, la categoría sin comentarios, que corresponde al 28% de las respuestas, es una indicación de que, para este grupo, la experiencia de uso de MetaRay resultó suficientemente clara y satisfactoria, sin generar la necesidad de formular sugerencias específicas.

Los datos en conjunto evidencia que las recomendaciones formuladas por los participantes se orientan principalmente a promover el uso de MetaRay, fortalecer su integración pedagógica y optimizar su funcionamiento técnico, esto refuerza la idea de que la herramienta permite avanzar como un recurso didáctico con alto potencial en contextos de educación superior y simulación clínica.

## Figura 20

Análítica de resultados estadísticos, pregunta N° 30



*Nota.* Resultados obtenidos del instrumento tipo encuesta. Autoría Propia.

El análisis de los resultados indaga sobre las sugerencias de mejoramiento para optimizar la metodología inmersiva de MetaRay en entornos educativos permite identificar tendencias claras sobre las prioridades percibidas por los usuarios, así como la valoración global del recurso. Los datos muestran una combinación de propuestas orientadas a la optimización técnica y pedagógica, junto con un grupo importante de usuarios que no considera necesario realizar observaciones adicionales.

En primer lugar, las sugerencias relacionadas con mejoras en rendimiento, fluidez y acceso técnico, registradas por 14 participantes, destacan la importancia de garantizar que la herramienta funcione de manera estable y sin interrupciones.

De manera complementaria, la ampliación de contenidos, indicada por 15 participantes, evidencia la necesidad de diversificar y enriquecer los escenarios y casos clínicos disponibles. Este hallazgo resalta la relevancia de ofrecer experiencias más completas y variadas que permitan cubrir un espectro más amplio de competencias y protocolos, fortaleciendo la pertinencia de la herramienta como recurso integral en la formación profesional.

Así, mismo, un grupo de 4 participantes sugiere la implementación de acceso multiplataforma, mientras que 5 usuarios enfatizan la necesidad de mejoras en interfaz, controles e interacción. Ambos conjuntos de recomendaciones reflejan la importancia de garantizar que la herramienta sea intuitiva, flexible y adaptativa a diferentes dispositivos y estilos de uso.

Por otra parte, 15 participantes expresan valoración positiva y continuidad del desarrollo, lo que evidencia no solo satisfacción con la herramienta, sino también la disposición a mantener su uso y fomentar su evolución. Este tipo de observaciones refuerza la legitimidad pedagógica de MetaRay y respalda la inversión en su mejora continua, mostrando que los usuarios perciben el recurso como un activo valioso dentro de los entornos educativos inmersivos.

Finalmente, la categoría sin comentarios, que concentra 37 respuestas, debe interpretarse de manera neutral y positiva. Esta ausencia de sugerencias adicionales indica que, para este grupo de usuarios, la experiencia de uso de MetaRay ha sido satisfactoria y suficientemente completa, sin generar la necesidad de proponer cambios específicos.

Estos resultados sugieren que las principales oportunidades de optimización de MetaRay se concentran en la mejora del rendimiento técnico, la ampliación y diversificación de contenidos

y la optimización de la interfaz y la accesibilidad multiplataforma, mientras que la valoración positiva y la falta de comentarios de un grupo significativo de usuarios refuerzan la percepción de que el recurso ya cumple de manera consistente con sus objetivos formativos.

## Discusión

El análisis de los resultados obtenidos en el presente estudio evidencia una valoración global positiva del entorno virtual inmersivo MetaRay como estrategia didáctica para la enseñanza de protocolos especiales en radiología convencional. De manera específica, los datos cuantitativos muestran que más del 80% de los participantes calificaron la utilidad educativa del entorno en los rangos más altos de la escala (4 y 5), lo cual indica una percepción robusta de pertinencia pedagógica. Este hallazgo resulta particularmente relevante si se considera que el estudio fue aplicado en un contexto académico donde los estudiantes ya habían sido expuestos previamente a metodologías tradicionales, lo que permite inferir que la experiencia inmersiva no fue percibida como un recurso complementario marginal, sino como una herramienta con valor formativo real.

En relación con la dimensión de diseño interactivo y experiencia inmersiva, los resultados superaron el 75% de valoración positiva, evidenciando que los usuarios no solo reconocen la funcionalidad del entorno, sino que experimentan una sensación de participación activa dentro del proceso de aprendizaje. Esta cifra adquiere especial relevancia al contrastarse con estudios previos sobre simulación educativa, donde los niveles de aceptación suelen oscilar entre el 60% y 70% en fases iniciales de implementación tecnológica. El hecho de que MetaRay supere estos umbrales sugiere un diseño instruccional alineado con principios de usabilidad cognitiva y aprendizaje experiencial.

No obstante, la dimensión relacionada con la facilidad de uso presentó una ligera disminución porcentual en comparación con las demás variables, ubicándose en un rango aproximado del 68–72% de valoración alta. Esta variabilidad sugiere la existencia de una brecha tecnológica moderada, posiblemente asociada a factores como conectividad, compatibilidad de dispositivos o familiaridad previa con entornos inmersivos. Desde una perspectiva analítica, este

hallazgo no representa una debilidad estructural del modelo, sino un indicador de áreas de mejora técnica que podrían optimizar la experiencia general sin afectar el núcleo pedagógico del recurso.

Al integrar los resultados cuantitativos con los aportes cualitativos, se observa una coherencia significativa entre percepción y narrativa estudiantil. Los participantes destacan la posibilidad de repetir procedimientos sin riesgo, comprender mejor la orientación espacial de las estructuras anatómicas y simular escenarios clínicos que en la práctica real implicarían exposición a radiación ionizante. Esta convergencia entre datos numéricos y discursos cualitativos fortalece la validez interna del estudio y permite afirmar que la aceptación no responde únicamente a novedad tecnológica, sino a utilidad formativa percibida.

Desde el punto de vista epistemológico, los resultados sugieren que MetaRay favorece procesos de aprendizaje significativo al permitir la integración entre conocimiento declarativo (protocolos, criterios técnicos, indicaciones clínicas) y conocimiento procedimental (posicionamiento, elección de técnica, identificación de errores). Esta integración es particularmente relevante en disciplinas como la radiología, donde la precisión técnica y la toma de decisiones clínicas deben articularse bajo principios de protección radiológica y seguridad del paciente.

Sin embargo, es necesario reconocer que el estudio se fundamentó en un diseño descriptivo con enfoque perceptual. Aunque las cifras muestran una aceptación superior al 75% en la mayoría de las dimensiones evaluadas, no se midió de manera experimental el impacto directo sobre el rendimiento académico o la reducción de errores técnicos en escenarios reales. En consecuencia, los resultados deben interpretarse como evidencia de aceptación y viabilidad

pedagógica, mas no como prueba concluyente de superioridad metodológica frente a modelos tradicionales.

Otro elemento de análisis relevante es la relación entre innovación tecnológica y formación ética. Más del 85% de los participantes reconocieron que el entorno virtual facilita la comprensión del principio de protección radiológica y la importancia de evitar exposiciones innecesarias, lo cual vincula directamente la herramienta con el criterio ALARA y con estándares internacionales de seguridad en imagenología. Este dato posiciona a MetaRay no solo como recurso didáctico, sino como instrumento formativo alineado con políticas de calidad y seguridad en salud.

En síntesis, la discusión permite afirmar que los resultados obtenidos no solo evidencian aceptación tecnológica, sino una integración pedagógica efectiva entre simulación inmersiva, aprendizaje significativo y formación profesional responsable. Las variaciones porcentuales identificadas en la dimensión de usabilidad no comprometen la validez global del modelo, pero sí orientan procesos de mejora continua. Por tanto, MetaRay puede considerarse una innovación educativa con fundamento empírico preliminar sólido, susceptible de escalamiento institucional y de evaluación futura bajo diseños experimentales que permitan medir impacto académico cuantificable.

## Conclusiones

A partir del análisis integral de los resultados obtenidos, se concluye que el entorno virtual inmersivo MetaRay constituye una estrategia pedagógica pertinente y viable para la enseñanza de protocolos especiales en radiología convencional dentro del contexto de formación en educación superior en salud.

Los hallazgos evidencian una aceptación superior al 75% en la mayoría de las dimensiones evaluadas, destacándose particularmente la utilidad educativa y la experiencia inmersiva, con valoraciones que superan el 80% en los niveles más altos de la escala. Estos resultados permiten afirmar que el entorno no es percibido únicamente como una innovación tecnológica, sino como un recurso con impacto formativo significativo en la comprensión, análisis y aplicación de los contenidos relacionados con la práctica radiológica.

Se concluye igualmente que MetaRay favorece la integración entre conocimiento teórico y aplicación procedimental, permitiendo al estudiante interactuar con escenarios simulados que reducen la brecha entre la enseñanza conceptual y la práctica clínica. Esta característica resulta especialmente relevante en el área de la radiología, donde la precisión técnica y la toma de decisiones deben desarrollarse bajo principios de seguridad del paciente y protección radiológica.

El estudio confirma que los entornos virtuales inmersivos pueden fortalecer procesos de aprendizaje significativo al ofrecer repetición controlada, simulación segura y análisis contextualizado de casos clínicos, sin exponer al paciente a riesgos ni al estudiante a entornos clínicos de alta presión en fases tempranas de formación.

No obstante, se concluye que la dimensión relacionada con la usabilidad técnica presentó variabilidad moderada en comparación con las demás dimensiones evaluadas, lo cual sugiere la necesidad de optimización tecnológica continua. Este hallazgo no invalida el valor pedagógico

del entorno, pero sí evidencia la importancia de garantizar accesibilidad, estabilidad y compatibilidad multiplataforma para maximizar su impacto formativo.

Desde una perspectiva metodológica, se reconoce que el presente estudio evaluó principalmente la percepción y aceptación del entorno virtual, sin medir de manera experimental el impacto directo sobre indicadores objetivos de rendimiento académico o reducción de errores técnicos. En consecuencia, los resultados deben interpretarse como evidencia sólida de viabilidad pedagógica y aceptación académica, constituyendo una base preliminar para futuras investigaciones con diseños comparativos o longitudinales.

Finalmente, se concluye que MetaRay se posiciona como una herramienta alineada con los principios contemporáneos de innovación educativa, simulación clínica y formación ética en radiología, contribuyendo a la construcción de competencias técnicas y analíticas bajo un enfoque de calidad, optimización y seguridad en salud.

## Recomendaciones

A partir de los hallazgos obtenidos en el presente estudio, se recomienda consolidar la implementación progresiva de entornos virtuales inmersivos como MetaRay dentro del currículo formal de los programas de Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas, no como recursos aislados o complementarios, sino como estrategias estructuradas que articulen teoría, simulación y análisis clínico en fases específicas del proceso formativo.

Es pertinente que futuras investigaciones amplíen el alcance metodológico mediante diseños comparativos o cuasiexperimentales que permitan medir el impacto directo del uso del entorno virtual sobre variables objetivas como desempeño académico, reducción de errores técnicos, tiempo de respuesta en la toma de decisiones y retención del conocimiento a mediano plazo. La incorporación de indicadores estadísticos inferenciales fortalecería la evidencia empírica y permitiría establecer relaciones causales más robustas entre la simulación inmersiva y los resultados formativos.

Asimismo, se recomienda profundizar en el análisis de accesibilidad tecnológica, considerando factores como conectividad, compatibilidad de dispositivos y brecha digital, con el fin de garantizar que la innovación educativa no genere desigualdades en el acceso o en la experiencia de aprendizaje. La optimización técnica del entorno debe concebirse como un proceso continuo que acompañe su expansión institucional.

Desde una perspectiva pedagógica, resulta aconsejable integrar MetaRay dentro de modelos de aprendizaje activo, tales como el aprendizaje basado en casos o en problemas, de modo que la experiencia inmersiva no se limite a la exploración visual, sino que se articule con procesos de argumentación diagnóstica, razonamiento clínico y toma de decisiones fundamentadas en principios de protección radiológica y seguridad del paciente.

Se sugiere igualmente promover espacios de formación docente en el uso de tecnologías inmersivas, garantizando que los facilitadores comprendan no solo el funcionamiento técnico del entorno, sino su potencial didáctico, evaluativo y ético. La apropiación pedagógica por parte del cuerpo docente es un factor determinante para la sostenibilidad y el impacto real de la innovación.

Finalmente, se recomienda continuar desarrollando investigaciones interdisciplinarias que integren educación, tecnología y ciencias de la salud, consolidando líneas de investigación orientadas a la simulación clínica y a la transformación digital en imagenología. Este enfoque permitirá posicionar la innovación no como una tendencia pasajera, sino como un componente estructural de la formación profesional en contextos de alta complejidad tecnológica.

### Referencias bibliográficas

Academia Nacional de Medicina. (2021, 8 de noviembre). Historia de la radiología.

<https://anmdecolombia.org.co/historia-de-la-radiologia/>

Alonso Martínez, J. M., Ravaei, S., Lorenzo Álvarez, R., Rudolphi Solero, T., & Sendra Portero,

F. (2022). Juegos sociales para aprender radiología en pregrado dentro de un entorno

virtual 3D: trivial y pasapalabra. *Seram, I.* [https://piper.espacio-](https://piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/8395)

[seram.com/index.php/seram/article/view/8395](https://piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/8395)

Arango Valencia, L. N., Becerra Silva, C., Guzmán, L. C., Montillo Ortiz, V., Orejuela

Dorronsoro, F., Ruiz Sotelo, J. F., & Zuleta Cardona, J. K. (2024). Estudio comparativo

de radioprotección en radiología convencional entre la normatividad [Diplomado de

profundización para grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio

Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/56854>

Arboleda Ruiz, K. A., Rodríguez Posada, L. E., Botina Ibarra, M., & Muñoz Silva, V. A. (2024).

Propuesta de un protocolo para optimizar la dosis de radiación durante la práctica en

radiología convencional [Diplomado de profundización para grado, Universidad Nacional

Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/60574>

Armenta Mesura, A. (2024). Estudios radiológicos simples de mayor utilidad en el diagnóstico

de patologías en la columna lumbar [Tesis de licenciatura, Profesional Asociado en

Imagenología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla].

[https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstreams/cadbdf3f-9936-44d7-8f02-](https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstreams/cadbdf3f-9936-44d7-8f02-e8574f08d7b7/download)

[e8574f08d7b7/download](https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstreams/cadbdf3f-9936-44d7-8f02-e8574f08d7b7/download)

Arias Ortega, J., Daza, K. A., Ruiz, J. L., Prasca, Y. J., & Oyola, O. I. (2022). Elaboración del

protocolo de calidad y seguridad radiológica de la Clínica Hispanoamérica de la ciudad

de Pasto [Proyecto aplicado]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/53517>

Bonilla Lucas, D. (2022). Proyecciones radiológicas básicas y adicionales de rodilla [Trabajo de grado, Licenciatura en Radiología y Terapia Física, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/9a2da2e5-b910-49cb-9568-96135fc67746/content>

Colombia. (2010). Decreto 1295 de 20 de abril de 2010: Por el cual se reglamenta el registro calificado de que trata la Ley 1188 de 2008 y la oferta y desarrollo de programas académicos de educación superior (Diario Oficial No. 47 687 de 21 abril 2010).

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=39363>

Colombia. Congreso de la República. (1979). Ley 9 de 1979: Por la cual se dictan medidas sanitarias (Código Sanitario).

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=1177>

Colombia. Congreso de la República. (1994). Ley 115 de 8 de febrero de 1994: Por la cual se expide la Ley General de Educación (Diario Oficial No. 41 214).

[https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf)

Cortés, J. M., & Moncada, A. F. (2021). Diagnóstico acerca del uso de medidas de cuidado y protección radiológica por parte de tecnólogos y practicantes de radiología en estudios con radiación ionizante en instituciones de la salud del valle de Aburrá durante el año 2021 [Proyecto aplicado]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/47740>

Fuente, P. G. (2021). Realidad aumentada para la visualización e interacción con objetos 3D en Unity [Trabajo de fin de grado, Universidad de Valladolid].

<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/47964/TFG-I-1939.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García, F. C. (2011). El uso de metaversos en el mundo educativo: Gestionando conocimiento en Second Life. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 9(2), 137–160.

<https://polipapers.upv.es/index.php/REDU/article/view/6200/6250>

Gobierno de México, Secretaría de Salud. (2021). Encuestas nacionales en salud.

<https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/encuestas-nacionales-en-salud>

Hernández, Á. C., Lora, J. G., & Martín, I. R. (2021). Protocolos más frecuentes en radiología abdomen y pelvis. [http://publicacionescientificas.es/wp-content/uploads/2021/09/3960-](http://publicacionescientificas.es/wp-content/uploads/2021/09/3960-Mar%C3%ADa-de-los-%C3%81ngeles-Cano.pdf)

[Mar%C3%ADa-de-los-%C3%81ngeles-Cano.pdf](http://publicacionescientificas.es/wp-content/uploads/2021/09/3960-Mar%C3%ADa-de-los-%C3%81ngeles-Cano.pdf)

Instituto Nacional de Salud del Niño San Borja. (2024). Guía de procedimientos radiográficos [Guía técnica aprobada por Resolución Directoral N.º 000183-2024-DG-INSNSB].

<https://www.gob.pe/institucion/insnsb/normas-legales/6505469-000183-2024-dg-insnsb>

Juanes Méndez, J. A., Yurrebaso, A., Picado Valverde, E. M., & Guzmán Ordaz, R. (2022).

Manejo de entornos de simulación, con tecnologías emergentes, para la adquisición de habilidades prácticas en enfermería y ciencias afines. En A. Quintero Cabello (Ed.), *Nuevas tendencias educativas en ciencias de la salud*. Universidad de Salamanca.

<https://gredos.usal.es/handle/10366/156156>

López Martínez, L. A. (2023). Rendimiento diagnóstico de la ecografía en el diagnóstico precoz de fracturas de escafoides en la Clínica FOSCAL, en el periodo comprendido entre el 1 de mayo de 2022 al 30 de noviembre de 2022 [Tesis de especialización médica].

Universidad Autónoma de Bucaramanga – UNAB.

<http://hdl.handle.net/20.500.12749/19089>

- Mackenzie, R. A. (2020). Factores que influyen en la calidad de imagen de las radiografías de tórax del servicio de emergencia de adultos [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/05/05\\_11871.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/05/05_11871.pdf)
- Mayorquín Sánchez, A. E., Soto Decuir, M. G., & González García, L. A. (2023). Adaptación del Examen Clínico Objetivo Estructurado (ECO) para evaluar las competencias clínicas en imagenología. En *Debates en Evaluación y Currículum* (pp. 576–586). Centro de Investigación Educativa, Universidad Autónoma de Tlaxcala. <https://cie.uatx.mx/debates-en-evaluacion-y-curriculum/pdf2022/A085.pdf>
- Martínez Alamilla, A., & Salazar Valdez, D. (2020). Comprobar la simulación clínica en el aprendizaje de alumnos de 3º semestre de la licenciatura en enfermería [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/jspui/handle/231104/5396>
- Menjívar Valencia, E., Sánchez Rivas, E., Ruíz Palmero, J., & Linde Valenzuela, T. (2021). Revisión de la producción científica sobre la realidad virtual entre 2016 y 2020 a través de Scopus y WoS. *EDMETIC*, 10(2), 26–55. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v10i2.13422>
- Meison Medical. (2025). Cómo funcionan las máquinas de rayos X. <https://meisonmedical.com/como-funcionan-las-maquinas-de-rayos-x/>
- Narvárez Gutiérrez, A., & Morales García, M. M. (2024). Aplicaciones de realidad aumentada en educación en salud en radiología [Monografía]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/63259>
- Pérez Baena, A. V., Alonso Martínez, J. M., Rudolphi Solero, T., Domínguez Pinos, D., Lorenzo Álvarez, R., & Sendra Portero, F. (2024). ECOE RX: Una MiniECO virtual de

- Radiología de urgencias con alumnos de sexto curso de Medicina en el metaverso Second Life. *Seram*, 1(1). <https://piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/9697>
- Planelles Lorente, R. (2022). Diseño y desarrollo de una aplicación para creación de contenido docente de realidad aumentada basada en marcas [Trabajo de fin de grado, Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/d221f93d-7e8a-4b93-b40b-5297d4f8c792/content>
- Pico Melo, J. E. (2018). *Radiología convencional Tomo 1* (ISBN 978 958 5462 43 4). Fundación Universitaria del Área Andina. <https://digitk.areandina.edu.co/handle/areandina/3375>
- QuestionPro. (2025). Tipos de encuesta según la frecuencia de su aplicación. <https://www.questionpro.com/es/tipos-de-encuestas.html>
- Rojas Sánchez, C. D., Ochoa Arteaga, M. F., Niño Cubillos, Y. A., Perdomo, M. E., & Rodríguez Hermida, H. (2024). Propuesta para un programa de control de calidad en radiología general [Diplomado de profundización para grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/53751>
- Ruiz Ortiz, S. O., García Palencia, I., Acevedo Mora, I. V., Carvajal Pineda, M., & Galindo, S. P. (2024). Impacto del kilovoltaje y miliamperaje en la calidad de la imagen y control de dosis en radiología digital [Diplomado de profundización para grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/65285>
- Rudolphi Solero, T. (2022). Evaluación de un juego competitivo multiusuario para aprender radiología en pregrado dentro del entorno virtual 3D Second Life [Tesis doctoral, Universidad de Málaga]. <https://hdl.handle.net/10630/25581>

- Sánchez Huarcaya, A. O. (Coord.), Revilla Figueroa, D. M., Alayza Degola, M., Sime Poma, L., & Trelles de Peña, L. M. (Eds.). (2020). *Los métodos de investigación para la elaboración de las tesis de maestría en educación*. Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://repositorio.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/539f5c7e-a25c-4c40-897a-d11fd33c6e86/content>
- Tenorio, F. A. (2022). La aplicación de imágenes diagnósticas en la radiología forense [Curso de profundización, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/47706>
- Unity Technologies. (2019, febrero 28). UI del Editor pulida y modernizada. <https://unity.com/es/releases/2019-3/editor-tools>
- Unity Technologies. (2025). Download Unity. <https://unity.com/download>
- Webtools. (2020). Tipos de encuestas: ¿Cuál utilizar? <https://encuesta.com/blog/tipos-de-encuestas>

## Apéndices

### Apéndice A

#### Cuestionario Tipo Encuesta



Apreciado participante:

Usted ha sido seleccionado para suministrar información en Proyecto de Investigación Aplicado denominado "Didáctica Inmersiva en Radiología Convencional: Desarrollo de un Entorno Virtual para la Formación en Protocolos Especiales (Encuesta Herramienta Digital - METARAY)", desarrollada por el equipo investigador conformado por estudiantes y docentes del programa académico de Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD de Colombia.

El objetivo de este proyecto es: Desarrollar un entorno virtual inmersivo que fortalezca las competencias académicas teórico-prácticas en un entorno clínico, para protocolos especiales de radiología convencional.

El diligenciamiento y aceptación del presente formulario, es voluntario y anónimo, lo que garantiza la confidencialidad de las respuestas emitidas (Código Deontológico y Bioético para el ejercicio del profesional en Psicología en Colombia, Ley 1090 de 2006, en el título II, Artículo 2º punto número 5) indicando "la confidencialidad hace alusión a la obligación del profesional de guardar toda información de las personas en el desarrollo del trabajo y bajo los lineamientos de la Resolución 8430 de 1993, en donde se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud".

Como participante en este estudio al diligenciar el formulario indica que, ha sido informado que los datos aquí suministrados, son considerados como datos sensibles, por lo que están sujetos a una especial protección y tratamiento, y que **NO** representan ningún tipo de riesgo para su integridad física y emocional, así mismo, manifiesta que conoce que esta información no será utilizada para atentar contra su entereza ya que únicamente tendrá acceso a esta, el equipo investigador o profesionales en formación y encargados de guiar el proceso investigador, su identidad será protegida, la información se manejará a través de archivos planos los cuales serán realizados desde el momento en que usted decida diligenciar este formulario, sin exponer su información personal, datos o resultados, salvo sean para publicaciones de tipo académico para lo cual se protegerá la información.

Así mismo, le solicitamos que conteste sinceramente a todas las preguntas para la fiabilidad de este estudio, pues su opinión es importante para el fortalecimiento del proceso académico, es necesario que responda con precisión, teniendo como base que estas respuestas muestran el impacto de la intervención realizada en este aprendizaje al tema desarrollado para este trabajo de grado.

Para este ejercicio, es necesario que lea atentamente cada pregunta, así como sus opciones de respuesta y marque en cada caso la respuesta que considere más adecuada, señalando una sola respuesta por cada pregunta y diligenciando aquellas que son de tipo abierto.

Finalmente, en caso de requerir cualquier orientación o tener cualquier inquietud por favor comunicarse a los siguientes

correos: [amartinezgal@unadvirtual.edu.co](mailto:amartinezgal@unadvirtual.edu.co); [jmartinezgal@unadvirtual.edu.co](mailto:jmartinezgal@unadvirtual.edu.co); [maria.ojeda@unad.edu.co](mailto:maria.ojeda@unad.edu.co); [john.calderon@unad.edu.co](mailto:john.calderon@unad.edu.co). Agradecemos su participación invitándole a diligenciar este formulario.

⋮

**1**

Correo \*

Escriba una dirección de correo electrónico

**2**

Declaro que: \*

- Participo en este estudio de manera libre y voluntaria, que diligenciaré el formulario enviado a través del drive de Google y que podré retirarme cuando así lo decida y la información que suministre será cierta y tendrá un carácter confidencial. También certifico que se me brindó la asesoría y la información necesaria para la participación en el estudio y que estoy de acuerdo.
- No Participo en este estudio

3

Nacionalidad \*

Escriba su respuesta

4

Género \*

- Femenino
- Masculino
- Prefiero no decirlo

5

Edad \*

- Menor de 25 años
- Entre 25 y 35 años
- Entre 46 y 55 años
- Más de 56 años

6

Tipo de Institución en donde Labora \*

- Educativa
- De Salud
- Hogar

7

Naturaleza Jurídica de la entidad donde labora \*

- Pública
- Privada
- Mixta
- No aplica

8

Cargo

Nota: En caso de no laborar y estar en el hogar por favor registrar "No aplica" \*

Escriba su respuesta

9

Área de Trabajo:

Nota: En caso de no laborar y estar en el hogar por favor registrar "No aplica" \*

Escriba su respuesta

10

Tipología de Bachiller (Técnico, Comercial, Académico, etc) \*

Escriba su respuesta

11

Estudios de Educación Superior \*

- Técnico
- Tecnológico
- Profesional
- Otro estudios

12

Si seleccionó otros estudios por favor detallar cuales; en caso de no haber realizado otros estudios por favor registrar: "No Aplica" \*

Escriba su respuesta

13

Si se encuentra estudiando, indique a que programa académico pertenece; en caso de no estar estudiando por favor registrar: "No Aplica" \*

Escriba su respuesta

14

Institución Educativa a la que pertenece; en caso de no pertenecer a ninguna, por favor registrar: "No Aplica" \*

Escriba su respuesta

15

Si usted es estudiante de la UNAD, por favor indicar el Periodo Académico acorde a la malla curricular que se encuentra cursando; en caso de no ser estudiante o docente de la UNAD, registrar: "No Aplica" \*

Escriba su respuesta

#### IV. EVALUACIÓN DEL ENTORNO VIRTUAL PARA LA FORMACIÓN EN PROTOCOLOS ESPECIALES (HERRAMIENTA DIGITAL INMERSIVA "METARAY")

A continuación, encontrará aseveraciones respecto a la facilidad, utilidad y valor educativo del Entorno Virtual para la formación en protocolos especiales a través del uso de la herramienta digital inmersiva "METARAY"

##### ENLACE DE ACCESO AL ENTORNO VIRTUAL:

<https://gamejolt.com/games/MetaRay/1031892>

##### Instrucciones para ingresar a la herramienta METARAY

1. Acceda al siguiente enlace desde su navegador web:
2. Una vez cargada la página, diríjase a la parte central de la pantalla donde encontrará la información del juego.
3. Haga clic en el botón "Play" o "Jugar" para iniciar la experiencia.
4. Espere unos segundos mientras el entorno virtual carga correctamente.
5. Explore libremente la herramienta digital inmersiva y sus funcionalidades.

Por favor indique de uno (1) a cinco (5) el nivel de acuerdo o desacuerdo según su percepción en cada una de las secciones del formulario, de la siguiente manera:

1. Totalmente en Desacuerdo
2. En Desacuerdo
3. Ni en Acuerdo ni en Desacuerdo
4. De acuerdo
5. Totalmente de Acuerdo

16

A. Diseño, Facilidad, Utilidad y Valor Educativo de la Herramienta Digital Inmersiva "METARAY" (Evalúe la impresión y el valor práctico de la herramienta digital inmersiva "METARAY" en el aprendizaje). \*

	1. Totalmente en Desacuerdo	2. En Desacuerdo	3. Ni en Acuerdo ni en Desacuerdo	4. De acuerdo	5. Totalmente de Acuerdo
1. La herramienta Digital Inmersiva "MetaRay" es fácil de acceder y usar en general.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. La herramienta Digital Inmersiva "MetaRay" presenta un diseño visual llamativo para su exploración	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. La herramienta Digital Inmersiva "MetaRay" es útil para el fortalecimiento educativo en protocolos especiales.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17

4. ¿Cuál o Cuáles son los aspectos positivos que más le llamaron la atención con el Diseño, Facilidad, Utilidad y Valor Educativo de la Herramienta Digital Inmersiva "METARAY" \*

Escriba su respuesta

18

5. ¿Cuál o Cuáles son los aspectos más significativos que identificó en el Diseño, Facilidad, Utilidad y Valor Educativo de la Herramienta Digital Inmersiva METARAY \*

Escriba su respuesta

19

**B. Comprensión y Conceptos de la Herramienta Digital Inmersiva "METARAY"**  
(Evalúe, cómo la herramienta digital inmersiva METARAY" facilita la comprensión de conceptos educativos a través de casos clínicos y materiales.) \*

	1. Totalmente en Desacuerdo	2. En Desacuerdo	3. Ni en Acuerdo ni en Desacuerdo	4. De acuerdo	5. Totalmente de Acuerdo
6. Los casos clínicos expuestos en la herramienta digital inmersiva "MetaRay" me permiten comprender mejor los conceptos educativos de protocolos especiales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Los contenidos curriculares de La herramienta Digital Inmersiva "MetaRay" son claros, relevantes y actualizados para el nivel de estudio o proceso formativo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. La herramienta Digital Inmersiva "MetaRay" mejoró la retención de los conocimientos sobre protocolos especiales y técnicas aplicadas en el tema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

20

9. Describa como los contenidos impactaron su comprensión de los casos clínicos relacionados en la herramienta digital inmersiva "METARAY" \*

Escriba su respuesta

21

10. En Caso de tener sugerencias para mejorar los contenidos o casos clínicos en la herramienta digital inmersiva "METARAY" regístrelos en el siguiente espacio \*

Escriba su respuesta

22

**C. Aspectos Didácticos e Interactivos de la Herramienta Digital Inmersiva "METARAY"**  
(Evalúe los elementos pedagógicos, interactivos y motivacionales de la Herramienta Digital Inmersiva "METARAY") \*

	1. Totalmente en Desacuerdo	2. En Desacuerdo	3. Ni en Acuerdo ni en Desacuerdo	4. De acuerdo	5. Totalmente de Acuerdo
11. Los aspectos didácticos (explicaciones, casos clínicos) de la herramienta digital inmersiva "MetaRay" son efectivos para el aprendizaje del tema protocolos especiales.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12. La interactividad de la herramienta digital "MetaRay", motiva a la exploración del mundo inmersivo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13. La herramienta Digital Inmersiva "MetaRay" fomenta la interconectividad con el aprendizaje para protocolos especiales y técnicas aplicadas en el tema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

23

**14. Describa la experiencia de usuario, que ha percibido en cuanto a navegación, diseño, fluidez, relacionados con la herramienta digital inmersiva "METARAY" \***

Escriba su respuesta

24

**15. Describa Qué nivel de satisfacción encuentra con la interactividad relacionada con la herramienta digital inmersiva "METARAY" \***

Escriba su respuesta

25

**D. Proyección de Aprendizaje Individual y Colaborativo con el uso de la Herramienta Digital Inmersiva "METARAY"**  
 (Analice el impacto en el aprendizaje autónomo, colaborativo y mejora del tema de protocolos especiales con el uso de la Herramienta Digital Inmersiva " METARAY") \*

	1. Totalmente en Desacuerdo	2. En Desacuerdo	3. Ni en Acuerdo ni en Desacuerdo	4. De acuerdo	5. Totalmente de Acuerdo
<b>16.</b> El uso de la herramienta digital inmersiva " METARAY", apoya el aprendizaje individual (autodirigido, heutagógico)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>17.</b> La interactividad de la herramienta digital "MetaRay", proporciona elementos propios para la profundización de los protocolos especiales y sus técnicas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>18.</b> La herramienta Digital Inmersiva "MetaRay" fomenta el aprendizaje de tipo colaborativo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

26

**19.** Describa como el uso de la herramienta digital inmersiva "METARAY" genera un impacto significativo para aprender individual o colaborativamente. \*

Escriba su respuesta

27

**20.** Describa en que medida el uso de la herramienta digital inmersiva "METARAY" genera un impacto significativo en el aprendizaje de protocolos especiales y sus técnicas. \*

Escriba su respuesta

### E. Satisfacción, Recomendaciones y Sugerencias, acerca de la Herramienta Digital Inmersiva "METARAY"

(Realice el registro de la satisfacción, recomendaciones y propuestas de mejora hacia el uso de la Herramienta Digital Inmersiva " METARAY") \*

	1. Totalmente en Desacuerdo	2. En Desacuerdo	3. Ni en Acuerdo ni en Desacuerdo	4. De acuerdo	5. Totalmente de Acuerdo
21. Qué tan satisfecho se encuentra con el uso de la herramienta digital inmersiva " METARAY", como apoyo en el proceso de aprendizaje de casos clínicos simulados.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
22. La herramienta digital "MetaRay", cumple con sus expectativas en términos de experiencia de usuario y fluidez pedagógica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
23. Calificaría a la herramienta Digital Inmersiva "MetaRay", con una puntuación alta para ser integrada en cursos educativos a distancia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
24. Recomendaría el uso de la herramienta digital inmersiva "MetaRay" a otros estudiantes o colegas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

29

25. Con base a su experiencia en el uso de la herramienta digital inmersiva "METARAY" ¿Qué recomendaciones específicas harías para otros estudiantes o docentes sobre el uso de la misma? \*

Escriba su respuesta

30

26. Con base a su experiencia en el uso de la herramienta digital inmersiva "METARAY" ¿Cuáles son las principales sugerencias de mejoramiento para optimizar este tipo de metodologías en entornos educativos? \*

Escriba su respuesta

### V. CIERRE FORMULARIO

Agradecemos la participación activa y el interés que ha mantenido, al realizar el diligenciamiento completo de este formulario



Universidad Nacional  
Abierta y a Distancia



ACREDITADA  
EN ALTA CALIDAD



ECISA  
Escuela de Ciencias de la Salud

Nota. Autoría propia

## Apéndice B

### Manual de usuario de MetaRay

#### Introducción

El presente manual tiene como finalidad describir el uso del simulador MetaRay desarrollado en Unity Hub para su ejecución en navegador web, con el fin de orientar al usuario en el acceso a la herramienta y en la correcta navegación por el entorno virtual y sus funcionalidades principales.

#### Requisitos del sistema

<i>Ítem</i>	<b>Requisito</b>
Plataforma	Computador de escritorio o portátil
Sistema operativo	Windows, Linux o macOS
Navegador web	Google Chrome, Microsoft Edge o Mozilla Firefox (actualizado)
Conexión a internet	Requerida para acceder al simulador
Resolución de pantalla	Resolución de pantalla Mínimo 1280 × 720 píxeles (recomendado o superior)
Dispositivos de entrada	Teclado y mouse
Compatibilidad	No compatible con dispositivos móviles

*Nota.* Autoría propia

## Cómo usar el simulador

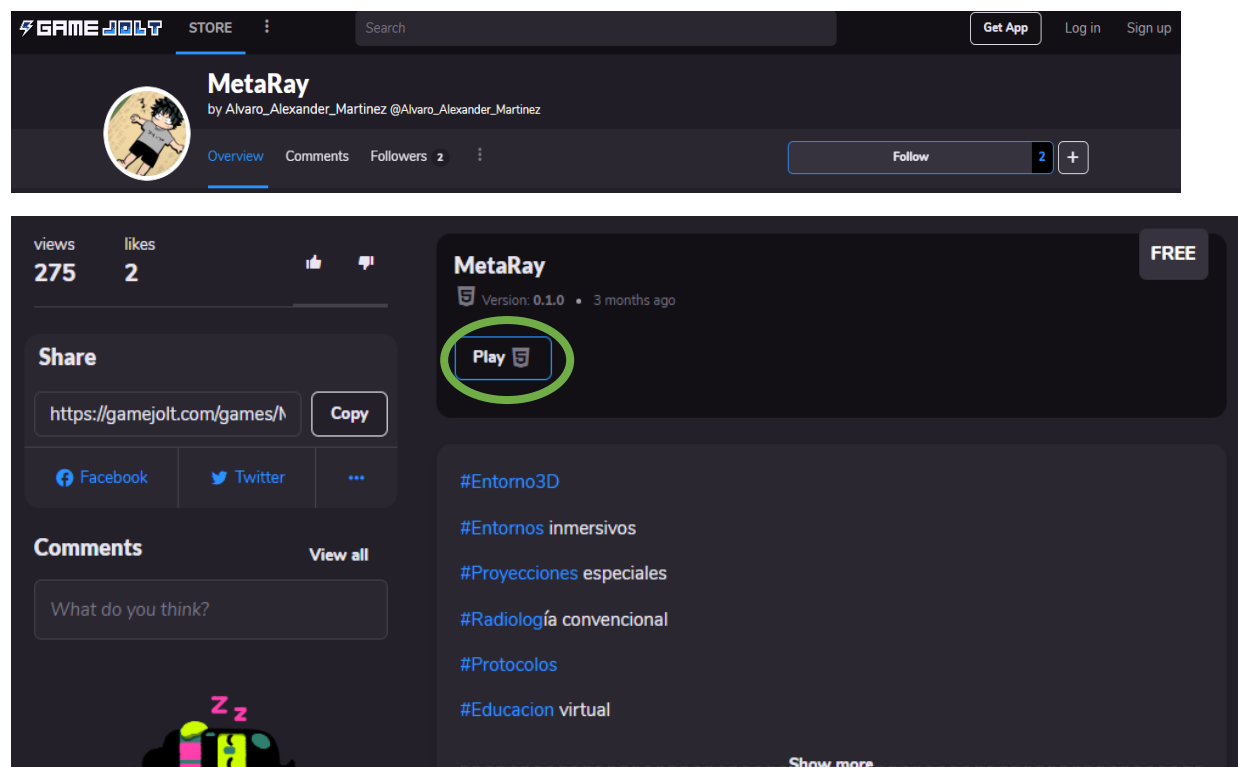
El simulador se encuentra disponible en la plataforma Game Jolt y puede accederse a través del siguiente enlace:

[<https://gamejolt.com/games/MetaRay/1031892>]

Para acceder al simulador, el usuario debe ingresar al enlace del proyecto publicado en la plataforma Game Jolt, el cual corresponde al canal de la persona que realizó la publicación del juego. Una vez en la página, se debe presionar el botón Play para iniciar la carga del simulador, ya que la plataforma no permite el acceso mediante un enlace directo al entorno de ejecución.

### Figura B 1

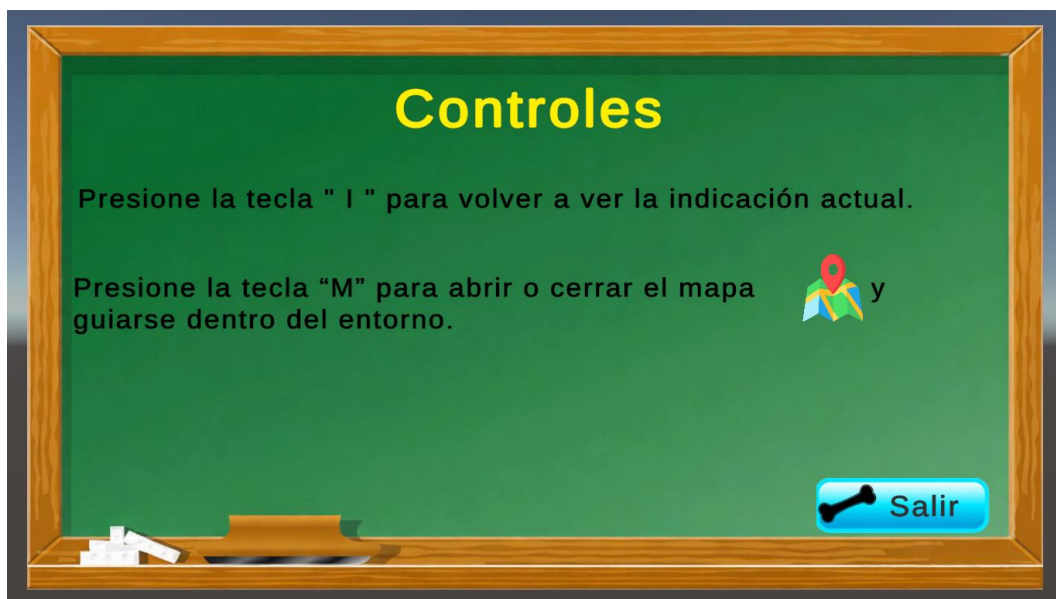
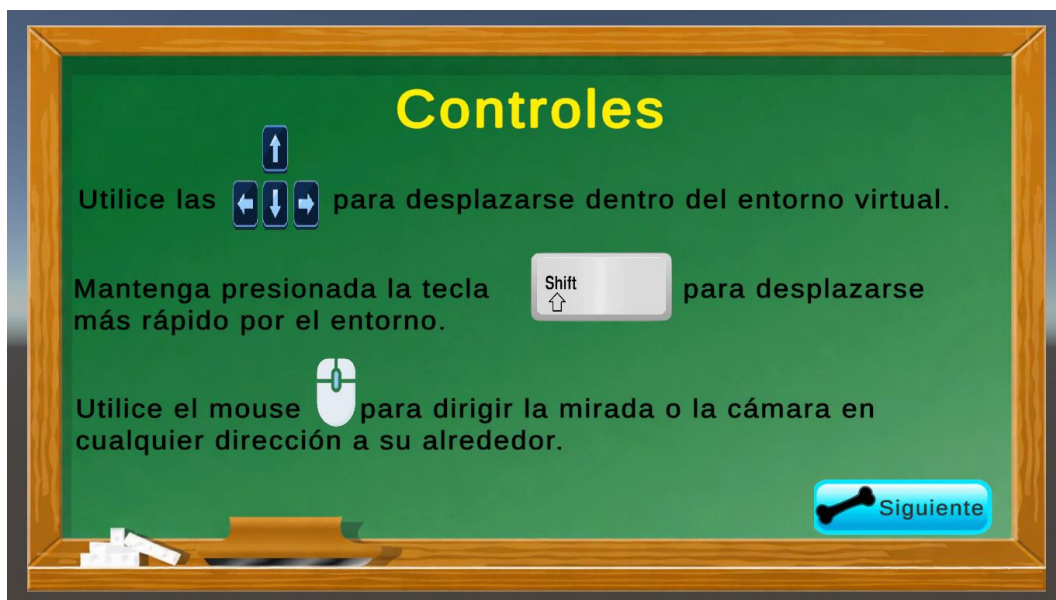
*Página del simulador en la plataforma Game Jolt.*



*Nota. Autoría propia*

Después de completar la carga, el sistema muestra una pantalla inicial con la información de los controles del simulador. En esta pantalla, el usuario debe seleccionar la opción Salir para continuar e ingresar al entorno virtual.

**Figura B 2** *Pantalla inicial con los controles del simulador.*



*Nota.* Autoría propia

A continuación, el usuario aparece con su avatar en la entrada del hospital, donde se inicia un breve recorrido guiado o tutorial. Este tutorial tiene como propósito orientar al usuario dentro del entorno y enseñarle cómo desplazarse hasta el área donde se seleccionan los casos clínicos.

### Figura B 3

*Aparición del avatar en la entrada del hospital.*

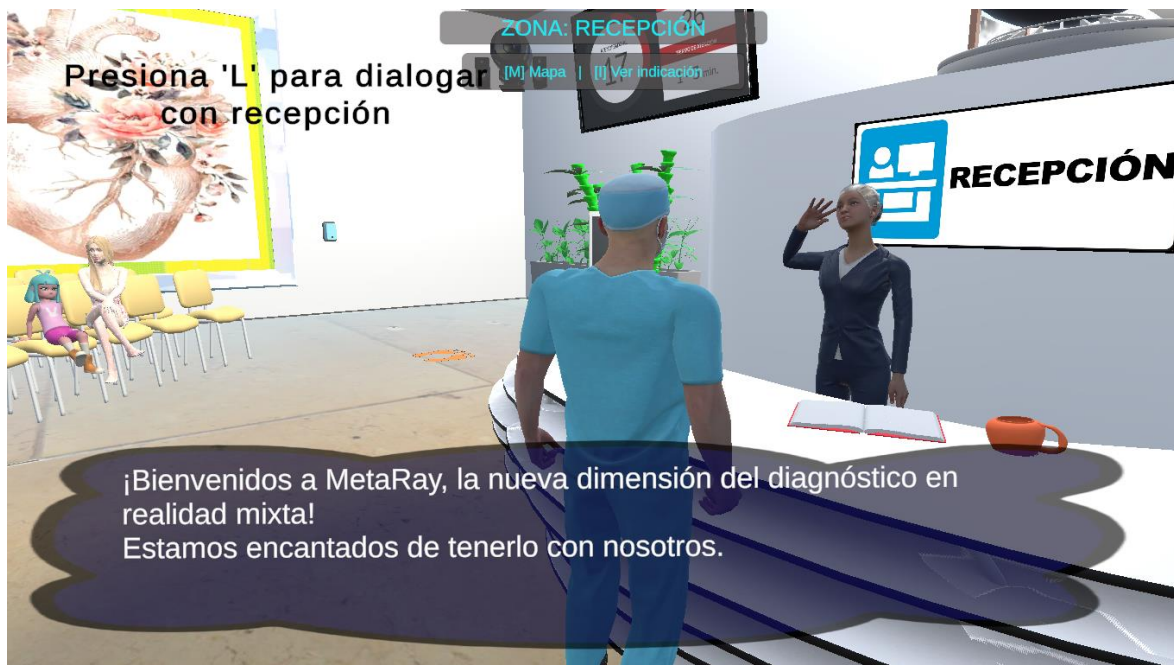


*Nota. Autoría propia*

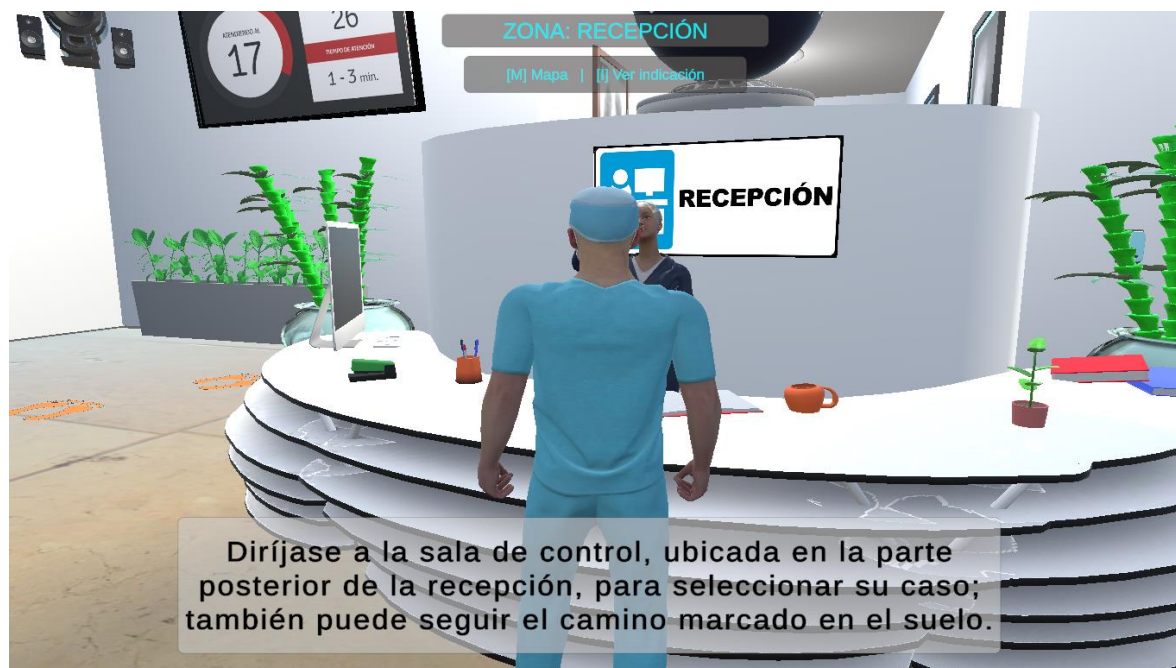
El primer punto del recorrido es la recepción. Al interactuar con el personaje de recepción, este da la bienvenida y explica la forma disponible para desplazarse por el hospital: siguiendo el camino marcado en el suelo.

#### Figura B 4

*Interacción con el personaje de recepción y opciones de navegación.*



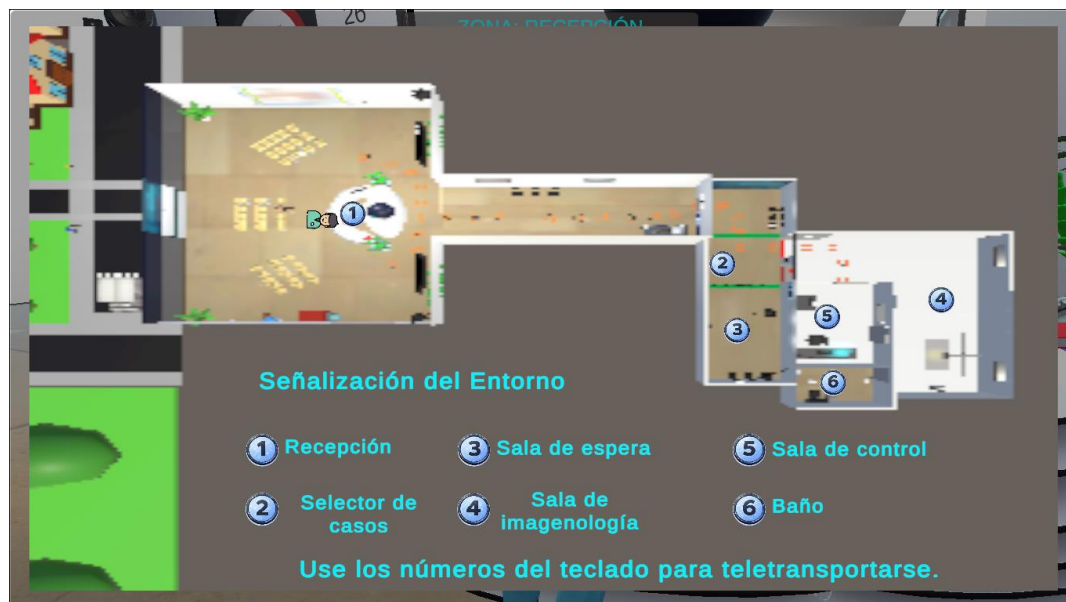
*Nota. Autoría propia*



*Nota.* Autoría propia

## Figura B 5

*Mapa*



*Nota:* Autoría propia

Una vez finalizada esta guía inicial, el usuario puede dirigirse al área correspondiente para seleccionar y comenzar el desarrollo de los casos clínicos del simulador.

### Figura B 6

*Acceso al menú de selección de casos*



*Nota. Autoría propia*

Al acceder al menú de casos, el usuario visualiza una lista de diez casos clínicos numerados del 1 al 10, así como un botón de acceso a los resultados. El usuario puede iniciar con el caso que desee; sin embargo, el botón de resultados únicamente se habilita cuando se han completado los diez casos, independientemente de si las respuestas fueron correctas o incorrectas.

### Figura B 7

*Menú de selección de casos clínicos*



*Nota. Autoría propia*



*Nota. Autoría propia*

### **Figura B 8**

*Pantalla de resultados sin completar*



*Nota. Autoría propia*

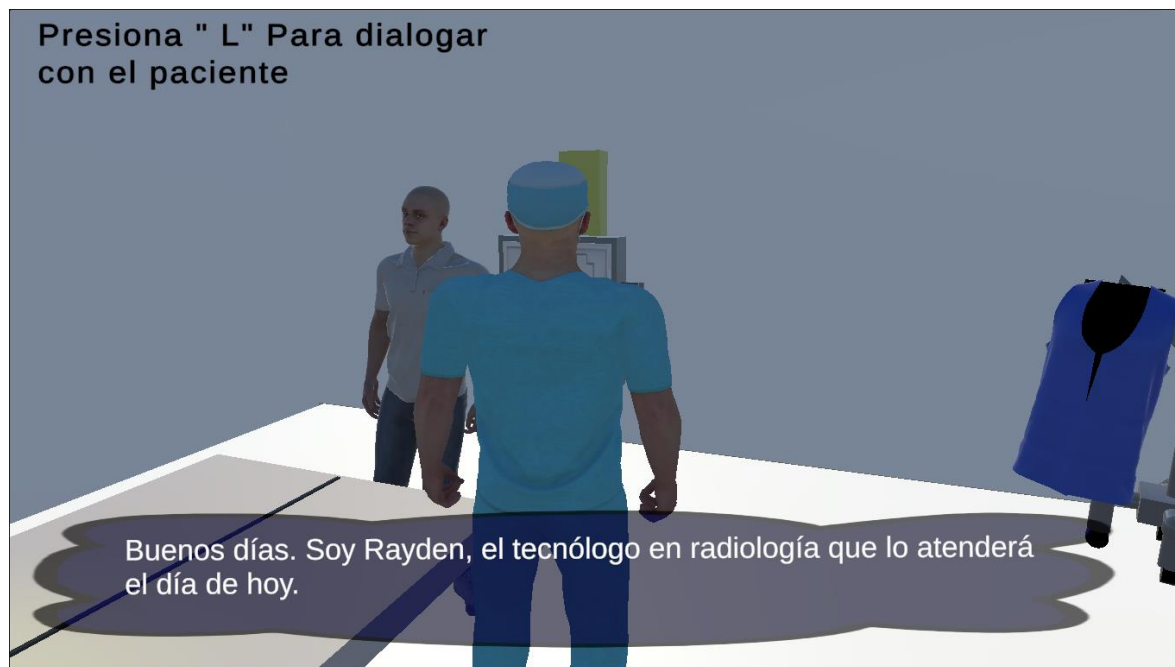
Una vez seleccionado un caso, el sistema traslada al usuario a la sala correspondiente, la cual corresponde a una escena diferente dentro del simulador. Inicialmente, el usuario se encuentra en la sala de control; no obstante, la guía del sistema indica que no es posible realizar el caso hasta que el usuario salga a la sala de rayos X y verifique los datos con el paciente. Después de realizar esta verificación, el usuario puede regresar a la sala de control para continuar con el desarrollo del caso.

### Figura B 9

*indicación verificación de datos con paciente*



*Nota: Autoría propia*

**Figura B 10***Diálogo con paciente*

*Nota.* Autoría propia



*Nota:* Autoría propia

Al iniciar el caso clínico, el sistema muestra en primer lugar la descripción del caso. Luego de leer esta información, se presenta una imagen de referencia y se solicita al usuario seleccionar la proyección radiográfica correcta de acuerdo con dicha imagen. El cuestionario correspondiente a cada caso consta de una única pregunta.

### Figura B 11

#### *Descripción del caso*



The screenshot displays the MetaRay application interface. At the top, the MetaRay logo is shown with the tagline "La nueva dimensión del diagnóstico en Realidad Mixta". Below the logo, a red-bordered box contains the text "Caso de estudio 1.". The main content is divided into two columns by a vertical green line. The left column contains a detailed clinical description of a 38-year-old male patient with trauma from a bicycle fall, including lacerations and severe wrist pain. The right column lists the clinical findings ("Extremidades: Dolor, edema y deformidad en muñeca derecha") and the management plan ("Plan de manejo: Rx de muñeca"). A yellow "Siguiete" button with a hand icon is located in the bottom right corner.

**MetaRay**  
La nueva dimensión del diagnóstico en Realidad Mixta

**Caso de estudio 1.**

Paciente masculino de 38 años de edad, con cuadro clínico de trauma contuso por caída de bicicleta de 2 días de evolución, el cual presenta laceraciones en miembros superiores e inferiores con marcado edema, deformidad y dolor intenso (8/10) en muñeca derecha por lo cual decide consultar al servicio de urgencias. Luego de triage se observa:

**Extremidades:**  
Dolor, edema y deformidad en muñeca derecha

**Plan de manejo:**  
Rx de muñeca

**Siguiete**


*Nota.* Autoría propia

**Figura B 12**

*Realización de caso clínico.*



Con base a esta imagen establezca a que proyección adicional corresponde



A. Oblicua semisupinada AP

B. Desviación Radial

C. Puente Carpal

D. Oblicua semipronada.

*Nota. Autoría propia*

Independientemente de si la respuesta del usuario es correcta o incorrecta, el sistema muestra a continuación un panel de retroalimentación que incluye el nombre de la proyección correspondiente a la imagen y una explicación general de en qué consiste dicha proyección. En este mismo panel se presenta un mensaje de felicitación o de motivación, dependiendo de la respuesta seleccionada por el usuario.

### Figura B 13

*Panel explicación*



*Nota. Autoría propia*

Posteriormente, el sistema muestra un nuevo panel en el que se explica para qué se utiliza la proyección radiográfica y se describe la técnica estándar de radiación correspondiente a la región o zona del cuerpo evaluada. A continuación, se presenta otro panel en el que se muestra la fórmula empleada para la obtención de la técnica de radiación, incluyendo los parámetros mA, mAs y kV, junto con la imagen radiográfica resultante y la posición correcta del paciente de acuerdo con la proyección seleccionada.

### Figura B 14

#### Panel de retroalimentación

**MetaRay**  
La nueva dimensión del diagnóstico en Realidad Mixta

Casos de uso	Protocolo
Fractura del escafoides, particularmente no desplazadas.	El paciente debe tener la mano en posición semipronada, con una rotación externa de 30 a 45° grados
Evaluar lesiones en los huesos del carpo.	La técnica de exposición estándar para muñeca es:
Sirve para visualizar espacios articulares entre huesos carpianos y detectar fracturas o luxaciones que no se observan bien en otras proyecciones.	kVp: 50 - 60 mA: 100 mAs: 2 - 5 Tamaño del chasis: 18 x 24cm

**Regresar** **Siguiete**

*Nota.* Autoría propia



**MetaRay**  
La nueva dimensión del  
diagnóstico en Realidad Mixta

### Explicación de técnica

**kV:** Se obtiene multiplicando el grosor de la región a estudiar por 2 y sumando la constante del equipo (valor mínimo de kV que permite aplicar el equipo).

**mA:** Cantidad de corriente en el equipo. El valor estándar es de 100 mA, pero puede aumentarse a 160–200 mA cuando se necesita reducir el tiempo de exposición y así evitar el desenfoco por movimiento.

**mAs:** Es la cantidad total de radiación producida durante una exposición donde se calcula:

Kv multiplicado por el mA y dividido por  
3 ( si no se usa bucky de pared o mesa )  
o por 4 ( si usa bucky )

Luego, el resultado se duplica si es una estructura pequeña (manos, húmero, muslo, pie, etc.) y se triplica si es una estructura grande o se quiere ver más hueso (columna, abdomen, cadera, cráneo, etc.).

### Imagen de la posición y rx



*Nota.* Autoría propia

Finalmente, el sistema presenta un último panel con los criterios radiológicos que permiten identificar si la imagen obtenida es correcta. Una vez finalizada esta etapa, el usuario regresa a la sala de control, donde se muestra un mensaje de felicitación por haber completado el caso y una indicación para salir a la sala de espera y dirigirse nuevamente al selector de casos, con el fin de elegir y desarrollar el siguiente caso clínico. Este procedimiento se repite hasta completar los diez casos disponibles en el simulador.

### Figura B 15

#### *Criterios radiológicos*



The screenshot displays the MetaRay interface. At the top, there is a logo for MetaRay with the tagline "La nueva dimensión del diagnóstico en Realidad Mixta". Below the logo, the title "Criterios radiológicos" is shown in green. A list of four criteria is presented in white text on a dark blue background. At the bottom, there are two buttons: a purple "Regresar" button on the left and a green "Salir" button on the right, which includes a small icon of a hand holding a device.

**MetaRay**  
La nueva dimensión del diagnóstico en Realidad Mixta

**Criterios radiológicos**

- Escafoides parcialmente libre de superposición.
- Pisiforme parcialmente superpuesto al ganchoso.
- Trapecio y articulación trapecio metacarpiana claramente visibles.
- Contornos óseos nítidos, sin rotación excesiva.

**Regresar** **Salir**

*Nota.* Autoría propia

Una vez completados los diez casos, el botón de resultados se habilita y permite al usuario acceder a la pantalla de evaluación final. En esta pantalla, el sistema muestra el nivel de desempeño alcanzado por el usuario, el cual puede clasificarse como bajo, medio o alto, de acuerdo con los resultados obtenidos durante el desarrollo de los casos clínicos.

### Figura B 16

*Panel de resultados finales con el nivel de desempeño del usuario.*



*Nota. Autoría propia*



*Nota.* Autoría propia



*Nota.* Autoría propia