UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

"MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DEL LABORATORIO DE MANUFACTURA E INGENIERÍA INVERSA DE MECATRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE PARA PRÁCTICAS DE ESTUDIANTES."

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL Y TECNOLOGÍA SOSTENIBLE

AUTOR: Est. Daryan Alberto Usiña Imbaquingo

DIRECTOR: PhD. Valencia Chapi Robert Mauricio

Ibarra-Ecuador 2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

DIRECCION DE BIBLIOTECA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS Y NOMBRES:	USIÑA IMABQUINGO DARYAN ALBERTO

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DEL LABORATORIO DE MANUFACTURA E INGENIERÍA INVERSA DE MECATRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE PARA PRÁCTICAS DE ESTUDIANTES.
AUTOR (ES):	USIÑA IMBAQUINGO DARYAN ALBERTO
FECHA: DD/MM/AAAA	Ibarra, a los 3 días del mes de septiembre del 2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	■ **PREGRADO** □ **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO INDUSTRIAL
DIRECTOR /ASESOR:	PHD. VALENCIA CHAPI ROBERT MAURICIO / ING. ERAZO ARTEAGA VICTOR ALFONSO

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 3 días del mes de septiembre de 2026

EL AUTOR:

Firma: 

_____

Nombre: Daryan Alberto Usiña Imbaquingo

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 3 de septiembre de 2026

PhD. Valencia Chapi Robert Mauricio
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

Firmado electrónicamente por VALENCIA CHAPI ROBERT MAURICIO - ***9849**.



_____

PhD. Valencia Chapi Robert Mauricio

C.C: 1003134879

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular "Modelación y simulación del laboratorio de Manufactura e Ingeniería Inversa de Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte para prácticas de estudiantes." elaborado por Usiña Imbaquingo Daryan Alberto, previo a la obtención del título del INGENIERO INDUSTRIAL, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

Firmado electrónicamente por VALENCIA CHAPI ROBERT MAURICIO - ***9849**.

PhD. Valencia Chapi Robert Mauricio

C.C: 1003134879

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
VICTOR ALFONSO ERAZO ARTEAGA

MSc. Erazo Arteaga Victor Alfonso

C.C: 1719188029

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mis padres, por ser el pilar fundamental de mi vida, por sus incontables sacrificios y por brindarme su apoyo incondicional en cada paso de este camino universitario; y a mi abuelo, cuya infinita sabiduría, cariño y sabios consejos han sido la brújula y el motor que me impulsaron a no rendirme. Este logro profesional es el reflejo de todo su amor y esfuerzo, demostrando que este triunfo es tan suyo como mío, además de las personas que conocí durante esta etapa universitaria que me han dado todo su apoyo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a la Universidad Técnica del Norte, mi alma mater, por acogerme en sus aulas y brindarme una formación académica y humana de excelencia a lo largo de toda mi carrera en Ingeniería Industrial. Expreso mi mayor gratitud a mi director de tesis, el Ing. Robert Mauricio Valencia Chapi, por su inagotable paciencia, dedicación y guía experta, elementos que fueron el pilar fundamental para estructurar, desarrollar y culminar con éxito esta investigación. Asimismo, extiendo un sincero agradecimiento a mi asesor, MSc. Erazo Arteaga Victor Alfonso, por su tiempo, valiosas correcciones y visión técnica, aportes que enriquecieron significativamente la calidad y el rigor de este simulador. Finalmente, a todos los docentes que compartieron su experiencia a lo largo de mi trayectoria, gracias por brindarme las herramientas necesarias e inspirarme a alcanzar esta gran meta profesional.

Resumen Ejecutivo

El presente trabajo de integración curricular detalla el desarrollo y la validación de un simulador interactivo del laboratorio de ingeniería inversa de mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte. El objetivo central de la investigación es desarrollar un entorno virtual del laboratorio de ingeniería inversa de mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte para la capacitación de estudiantes mediante herramientas de realidad virtual. Ante la limitación de respuestas de exposición al riesgo que presenta la metodología de enseñanza teórica tradicional y fortalecer practicas seguras, conocimientos de EPP´s y seguridad industrial, se modeló un gemelo digital funcional con el comportamiento operativo del torno mecánico y una soldadora utilizando el motor gráfico Unreal Engine, El estudio adoptó un enfoque mixto de carácter aplicado y experimental, estructurado en 4 fases: Fundamentación y Diagnóstico Documental, Levantamiento Técnico y Modelado Tridimensional, Integración en motor de renderizado y Validación.

Para evaluar la efectividad de la herramienta se diseñó un instrumento psicométrico basado en una escala de Likert de siete puntos, con un nivel “Excelente” al obtener un coeficiente de Cronbach de 0.98, el ensayo experimental se aplicó a una muestra de 37 estudiantes. Para cuantificar la absorción de conocimientos y la mitigación de accidentes el estudio evaluó el impacto pedagógico a través de siete dimensiones clave: Usabilidad del entorno, Aprendizaje percibido, compresión de riesgos, realismo, satisfacción del usuario y confianza para para usar el torno y soldadora en ámbitos profesionales. Al contrastar los resultados de la práctica simulada y real evidencian un impacto pedagógico positivo: Usabilidad +0.05, Aprendizaje percibido +0.06, Comprensión de riesgos +0.14, Realismo +0.03, Satisfacción +0.05, Confianza para operar el torno +0.15, Confianza para operar la soldadora +0.28. Se concluye que el simulador constituye un recurso pedagógico de alta fidelidad capaz de complementar la preparación previa a las practicas reales y fortalecer los procesos de aprendizaje en la educación superior.

Palabras clave: Simulación, Seguridad industrial, Modelado 3D, inmersión, Alfa de Cronbach, Unreal Engine, Practicas de laboratorio.

Abstract

This curricular integration work details the development and validation of an interactive simulator for the mechatronics reverse engineering laboratory at the Universidad Técnica del Norte. The main objective of the research is to develop a virtual environment of the mechatronics reverse engineering laboratory at the Universidad Técnica del Norte for student training using virtual reality tools. Given the limited response to risk exposure presented by traditional theoretical teaching methodologies, and in order to strengthen safe practices, PPE knowledge, and industrial safety, a functional digital twin was modeled with the operational behavior of the mechanical lathe and a welding machine using the Unreal Engine graphics engine. The study adopted a mixed applied and experimental approach, structured in 4 phases: Documentary Foundation and Diagnosis, Technical Survey and 3D Modeling, Integration into the rendering engine, and Validation.

To evaluate the tool's effectiveness, a psychometric instrument based on a seven-point Likert scale was designed, with "Excellent" as the highest rating; it achieved a Cronbach's alpha coefficient of 0.98. The experimental trial was administered to a sample of 37 students. To quantify knowledge retention and accident mitigation, the study evaluated the pedagogical impact across seven key dimensions: usability of the environment, perceived learning, understanding of risks, realism, user satisfaction, and confidence in using the lathe and welder in professional settings. A comparison of the results from the simulated and real-world practice sessions revealed a positive pedagogical impact: Usability +0.05, Perceived Learning +0.06, Risk Understanding +0.14, Realism +0.03, Satisfaction +0.05, Confidence in operating the lathe +0.15, and Confidence in operating the welder +0.28. It is concluded that the simulator is a high-fidelity educational resource capable of complementing preparation prior to real-world practice and strengthening learning processes in higher education.

Keywords: Simulation, Industrial safety, 3D Modeling, Immersion, Cronbach's alpha, Unreal Engine, Laboratory practices.

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR ..... **V**

DEDICATORIA ..... **VI**

AGRADECIMIENTO ..... **VII**

ÍNDICE GENERAL ..... **X**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **XIV**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **XIV**

ÍNDICE DE FÓRMULAS ..... **XIV**

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN **1**

1.1 Planteamiento Del Problema 1

1. 2 Objetivos 2

1.2.1 Objetivo General 2

1.2.2 Objetivos Específicos 2

1.3 Alcance y Delimitación 2

1.4 Justificación 3

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO **4**

2.1 Antecedentes 4

2.2 Bases Teóricas 5

2.2.1 Entorno Virtual (EV): 5

2.2.2 Realidad Virtual: (RV) 5

2.2.3 La Efectividad: 5

2.2.4 Gemelo Digital 6

2.2.5 Simulación De Entornos Virtuales: 6

2.2.6 Capacitación Industrial: 6

2.2.7 Capacitación con Realidad Virtual (VR): 6

2.2.8 Unreal Engine (UE): 6
2.2.9 Ventajas: 7
2.2.10 JAMOVI 7
2.3 Escala de Likert (ELK): 7
2.3.1 Coeficiente de Cronbach (CCR): 7
2.4 Marco Legal 9
2.4.1 ISO 9241-210:2019 – Ergonomía de la interacción persona-sistema: Diseño centrado en el usuario 9
2.4.2 ISO/IEC 19796-1:2005 – Tecnologías de la información – Marco de calidad para sistemas de e-learning 9
2.4.3 UNE 71362:2017 – Requisitos funcionales para simuladores de formación profesional 9
2.4.4 ISO 45001:2018 – Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo 9
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO 10
3.1 Enfoques y Tipos de Investigación 10
3.1.1 Investigación Mixta 10
3.1.2 Enfoque Cuantitativo: 10
3.1.3 Enfoque Cualitativo 10
3.2 Tipo De Investigación. 10
3.2.1 Investigación Aplicada 10
3.2.2 Investigación Descriptiva 10
3.2.3 Investigación Experimental 11
3.3 Población y Muestra 11
3.3.1 Población 11
3.3.2 Muestra 11
3.4 Técnicas e Instrumentos 11

3.4.1 Registro Estructurado 11
3.4.2 Observación Directa En La Infraestructura Del Laboratorio De Ingeniería Inversa De Mecatrónica. 11
3.4.3 Unreal Engine: Motor De Renderizado 3D Utilizado Para Videojuegos Y Cinemáticas. 12
3.5 Instrumento De Evaluación 12
3.5.1 Dimensiones 12
3.5.2 Escala De Medición 13
3.5.3 Validación De Instrumento 14
3.6 Diseño De La Investigación 15
Fase 1: Fundamentación y Diagnóstico Documental 16
Fase 2: Levantamiento Técnico y Modelado Tridimensional 16
Fase 3: Integración en motor de renderizado. 16
Fase 4: Validación. 16
3.7 Caracterización Del Laboratorio 17
3.8 Maquinas 18
3.8.1 Torno 18
3.8.2 Soldadora 18
3.9 Estado Actual De Las Capacitaciones 19
3.9.1 Metodología Tradicional Y Limitaciones. 20
CAPITULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS 21
4.1 Especificaciones del sistema a diseñar 21
4.1.1 Especificaciones Técnicas Del Avatar Del Estudiante 22
4.1.2 Arquitectura De Sistema De Entrada E Interfaz 22
4.2 Modelación Virtual Del Taller De Manufactura 22
4.3 Validación Y Verificación Del Entorno Virtual 24

4.4 Matriz De Verificación Y Cumplimiento Del Marco Legal 25
4.5 Ensayos Con Prácticas De Laboratorio 28
4.5.1 Validación De Instrumento De Evaluación 28
4.6 Comparación De Resultados De Práctica Simulada Vs Practicas Real 29
4.6.1 Resultados De Práctica Simulada 29
4.6.2 Análisis de resultados de práctica simulada 30
4.7 Impacto de los ensayos en la absorción de conocimiento de los estudiantes 32
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 36
REFERENCIAS 38
ANEXOS 1
1.- Encuesta practica simulada 1
2.- Estudiantes usando el simulador 13
3.- Respuestas encuesta de práctica simulada. 14
4.- Respuestas encuesta práctica real 15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de flujo de las fases del diseño de investigación 15
Figura 2 Plano y cotas del laboratorio 17
Figura 3 Representación de distribución del laboratorio en Flexim 17
Figura 4 Torno del laboratorio de practicas 18
Figura 5 Equipo de soldadura convencional 19
Figura 6 Blueprint Visual Scripting- diagrama de bloques y eventos del simulador 21
Figura 7 Construcción del espacio virtual del laboratorio 23
Figura 8 Ubicación de maquinaria en el laboratorio virtual 24
Figura 9 Resultados resumidos en gráfico de barras 35
Figura 10 Puntos de que aumentaron en cada dimensión Practica Simulada vs Real 35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rangos de interpretación de Alpha de Cronbach 8
Tabla 2 Encuesta es el instrumento usado para la evaluación en dos momentos de aplicación. 12
Tabla 3 Criterios de evaluación de la efectividad del simulador de capacitación 12
Tabla 4 Escala Likert de siete puntos y valoración de respuestas 13
Tabla 5 Puntos de verificación, depuración técnica y corrección de entorno virtual 24
Tabla 6 Criterios de evaluación y cumplimiento de la norma ISO 9241-210:2019 26
Tabla 7 Cumplimiento de los criterios educativos de la Norma ISO/IEC 19796-1:2005 27
Tabla 8 Evaluación del cumplimiento de la Norma ISO 45001:2018 27
Tabla 9 Evaluación del cumplimiento de la Norma UNE 71362:2017 en el simulador 28
Tabla 10 Confiabilidad por coeficiente de Cronbach 29
Tabla 11 Resultados de práctica simulada 29
Tabla 12 Resultados de practica real 31
Tabla 13 Comparación de resultados 32

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1: Coeficiente de fiabilidad Alfa de Cronbach 7

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento Del Problema

En el laboratorio de ingeniería inversa de mecatrónica, los estudiantes deben interactuar con equipos para prácticas como el torno, soldadora, taladro de columna, etc., los cuales presentan riesgos mecánicos si no se manejan de manera adecuada. Actualmente, las capacitaciones en seguridad se imparten mediante clases teóricas, e indicaciones durante las clases, lo cual no garantiza que el estudiante sepa cómo usar estas máquinas ni cómo actuar correctamente ante situaciones peligrosas reales.

Esta forma de enseñanza limita la capacidad del estudiante para reaccionar ante eventos críticos. Además, no se puede recrear situaciones de riesgo reales sin poner en peligro a los alumnos o dañar los equipos. La falta de entrenamiento práctico y seguro puede generar que los estudiantes no conozcan como se usan las maquinas adecuadamente, pérdida de recursos o incluso una actitud negligente hacia la seguridad industrial.

Para abordar esta problemática, se propone el simulador interactivo y seguro, donde el estudiante pueda simular y practicar con las máquinas recreadas en un entorno simulado y familiarizarse con el laboratorio de ingeniería inversa de mecatrónica. Esta herramienta se construirá con Unreal Engine, permitiendo una experiencia diferente a la forma tradicional. De este modo, se busca la percepción y el entendimiento en del torno y soldadora desde la etapa educativa, mediante el uso de tecnologías innovadoras.

1. 2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar un entorno virtual del laboratorio de ingeniería inversa de mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte para la capacitación de estudiantes mediante herramientas de realidad virtual.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Investigar del estado de la técnica de herramientas para desarrollo de entornos virtuales y normativa referente a capacitaciones de estudiantes en talleres de manufactura.
- Modelar en 3D el entorno del taller de manufactura de mecatrónica para su integración en un entorno virtual.
- Validar el entorno virtual con ensayos prácticos y virtuales mediante prácticas de laboratorio, presentando resultados estadísticos sobre el impacto del uso del entorno virtual en la educación superior.

1.3 Alcance y Delimitación

El presente proyecto comprende el desarrollo de un simulador virtual del laboratorio de ingeniería inversa de mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte, con fines de prácticas de estudiantes. El desarrollo del entorno se realizará utilizando la plataforma Unreal Engine, integrando herramientas de realidad virtual, limitándose a desarrollar únicamente el Torno, Soldadora y Taladro de Columna usadas en prácticas de laboratorio, mediante animaciones de las herramientas.

El alcance incluye la investigación del estado del arte sobre tecnologías de desarrollo de entornos virtuales y la normativa que se aplica en temas de capacitaciones sobre EPP´s y procedimiento de máquinas, riesgos, el modelado tridimensional de espacios reales, así como la validación pruebas prácticas y simulaciones con estudiantes.

El proyecto no incluirá la integración del simulador con sistemas de evaluación de la institución, ni la aplicación masiva como método oficial de enseñanza, limitándose en esta fase a la propuesta de una herramienta funcional para pruebas internas.

1.4 Justificación

La presente propuesta de tesis busca dar una solución concreta dentro del proceso formativo de los estudiantes de ingeniería: la capacitación en seguridad dentro de laboratorios de prácticas. En especial, el laboratorio de ingeniería inversa de mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte involucra el uso de equipos mecánicos que, sin el cocimiento adecuado, representan riesgos potenciales tanto para los estudiantes como para el entorno. Actualmente, las capacitaciones en seguridad y uso de las maquinas se bridan principalmente en clases de manera teórica, lo que limita la real comprensión y aplicación práctica de estos conocimientos de los protocolos en situaciones reales. El desarrollo de un simulador inmersivo, elaborado con herramientas de realidad virtual como Unreal Engine, aportará una solución innovadora, segura y eficiente para que los estudiantes puedan practicar con simulaciones sin exponerse físicamente. De esta manera, el trabajo responde a una necesidad técnica concreta, con un alto grado de aplicabilidad práctica.

Desde el aspecto académico y educativo, el simulador se presenta como un recurso de nueva generación que complementa al aprendizaje tradicional y da una retroalimentación viable. Además, hay la posibilidad de que en futuras asignaturas o empresas puedan incorporar este tipo de tecnologías como herramienta pedagógica de aprendizaje. En el plano investigativo, la propuesta deja puertas abiertas a la mejora del modelo y a futuro, podría servir como punto de partida para investigaciones más avanzadas sobre nuevas formas de enseñar y aprender.

Desde una perspectiva social, este trabajo contribuye a formar profesionales más conscientes y responsables con su seguridad y la de su entorno, esto impacta en la prevención de accidentes laborales, daños materiales, y aprendizaje, tanto dentro como fuera del entorno académico.

En resumen, este proyecto no solo responde a una necesidad educativa puntual, sino que aporta valor a la formación técnica, mejora los procesos de enseñanza/aprendizaje, promueve la innovación y fomenta una cultura preventiva, haciendo un aporte relevante y tangible a la ingeniería industrial y educativa.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

[1] Buitrago Cortés *"La realidad virtual como recurso en las capacitaciones de seguridad y salud en el trabajo"*, evaluó el uso de la realidad virtual como herramienta formativa en capacitaciones de seguridad y salud laboral. Se analizó beneficios por medio de una revisión documental cualitativa, en la que se concluye que la VR permite una mayor conciencia sobre riesgos laborales, el trabajo promueve una participación, mejorando el aprendizaje de los trabajadores.

[2] Costales Muñoz y Ortiz Ledesma, definen *"Realidad virtual como herramienta de capacitación en el mejoramiento del desempeño laboral en las empresas de seguridad, cantón Ambato"*, realizaron un estudio donde su enfoque fue mixto con aplicación de encuestas y análisis estadísticos. El trabajo demostró que el uso de entornos virtuales en procesos de formación mejora el desempeño de los colaboradores, aumentando la productividad y la competitividad de las empresas de seguridad.

[3] Valencia, desarrolló una aplicación inmersiva utilizando Unreal Engine3D en el estudio *"Aplicación de la tecnología de realidad virtual inmersiva (Industria 4.0) para la mejora del proceso de capacitación en seguridad y salud ocupacional en la empresa minera Antamina S.A."*. Por medio de un enfoque cuantitativo-experimental, se comprobó un incremento en el aprendizaje cognitivo de los empleados puestos a prueba, esto valida la efectividad de la VR como una forma estratégica de capacitación en entornos de alto riesgo.

[4] En Chile, Lorca Gutiérrez hizo una propuesta de una aplicación en Unreal Engine para la capacitación de trabajadores en ambientes industriales. Su tesis *"Desarrollo de aplicación de realidad virtual para la capacitación de trabajadores en ambientes industriales"* se engloba en un diseño 3D, simulación de máquinas y escenarios controlados, que permitió entrenamientos seguros y eficaces. Los resultados evidenciaron una mejora en la comprensión operativa y reducción de tiempos de formación tradicional.

[5] Rodríguez Mendoza y demás diseñaron un sistema VR en el estudio *"Sistema de realidad virtual para mejorar la capacitación de personal sobre prevención de riesgos en una empresa industrial"*, enfocado en la identificación de riesgos y uso de equipos de protección personal. Utilizando simulaciones interactivas, el sistema permitió medir la efectividad mediante

pruebas pre y post capacitación, obteniendo mejoras sustanciales en los niveles de conocimiento y aplicación práctica

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Entorno Virtual (EV):

Definición: Es un espacio tridimensional simulado generado por computadora mediante software especializado en el que se recrea elementos físicos reales en elementos digitales interactivos que permiten al usuario experimentar situaciones del mundo real a través de herramientas tecnológicas, como pantallas, micrófonos o gafas de realidad virtual, siento una tecnología emergente de gran utilidad en áreas de educación, formación profesional y simulación de procesos.

Características: La interactividad, flexibilidad, escalabilidad y su facilidad para la comunicación con usuarios además de la capacidad de adaptación a distintos recursos y materiales. [6]

2.2.2 Realidad Virtual: (RV)

Definición: Es el medio tecnológico que permite interactuar con las ilustraciones generadas por computadora en tiempo real capturando la voluntad implícita del usuario como movimientos naturales, simulándolos en el entorno virtual generado, dando la sensación de estar dentro de un "mundo digital" (EV). [7]

2.2.3 La Efectividad:

La realidad virtual (RV) se basa en tres fundamentos:

- **La inmersión**: La sensación de estar físicamente dentro de un mundo digital, es decir un entorno virtual.
- **La interacción**: La forma en la que se interactúa con los elementos dentro del entorno virtual.
- **La implicación**: El grado de atención y compromiso que genera en el usuario.

Estos tres elementos se combinan correctamente, se obtiene una experiencia virtual envolvente, realista y satisfactoria para el usuario. [8]

2.2.4 Gemelo Digital

Definición: Es un modelo digital de un sujeto u objeto de la vida real, que representa el estado físico real exacto de forma visual, dimensional y funcional de manera digital. [9]

2.2.5 Simulación De Entornos Virtuales:

Definición: En la industria 4.0 la simulación se presenta como una herramienta ideal para ensayar y conocer el funcionamiento de sistemas y máquinas anticipándose a problemas, además en el área de capacitación de trabajadores ofrece la posibilidad de enfrentar diversas situaciones, Además, la realidad virtual brinda la facilidad de capacitar al personal en tareas complejas o peligrosas antes de ejecutarlas en la vida real, evitando el riego físico *in situ* para los trabajadores y adquieran más bien la experiencia práctica mejorando la seguridad laboral y evitando accidentes en el trabajo. [10]

Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) la simulación de entorno virtuales permite representar y ajustar virtualmente el funcionamiento de máquinas, procesos y personas antes de ser puestos en marcha, este método de representar ayuda a prevenir fallas, optimizar y ahorra tiempo y evaluar el resultado de todos estos factores en un entorno controlado. [11]

2.2.6 Capacitación Industrial:

Definición: Es el proceso de enseñar a los trabajadores a ejecutar las actividades de forma segura en un entorno industrial, capacitando desde la identificación y prevención de accidentes hasta la corrección de problemas que pongan en riesgo a los trabajadores. [12]

2.2.7 Capacitación con Realidad Virtual (VR):

La integración de RV en la capacitación técnica ofrece beneficios como mayor seguridad, mejores resultados de aprendizaje y ahorro de costos, sobre todo innovando la manera en la que se capacita a las personas. [13]

2.2.8 Unreal Engine (UE):

Definición: Es un motor de renderizado gráfico con una plataforma y editor de desarrollo y diseño de entornos 2D y 3D interactivos. Proporciona herramientas visuales, físicas y de scripting que permiten la simulación de entornos con alto nivel de realismo, siendo de utilidad para proyectos de educación, industria, entretenimiento y capacitación profesional. [14]

2.2.9 Ventajas:

Interoperabilidad: Es el intercambio de datos entre sistemas diferentes basado en estándares y normas comunes, En software CAD y Unreal Engine se refiere a la capacidad de compartir datos de manera fluida, debido a que en la práctica los sistemas CAD permiten crear modelos en formatos propios del sistema (STL, SLDPRT, etc.) mientras que Unreal Engine acepta formatos estándar de mallas 3D (FBX o OBJ) [15]

2.2.10 JAMOVI

Software estadístico gratuito y de código abierto basado en el lenguaje R diseñado para ser intuitivo y fácil de usar, con una interfaz similar a Excel, se usa como alternativa a SPSS, permite a investigadores realizar análisis de datos complejos. [16]

2.3 Escala de Likert (ELK):

Desarrollada por Rensis Likert es una herramienta psicométrica para medir de forma ordinal las actitudes, percepciones u opiniones de una persona sobre un tema en específico, no se limita a preguntas cerradas de si o no, esta escala le pide la encuestado que especifique su nivel de acuerdo con satisfacción, frecuencia, etc. La gran ventaja de esta escala es que permite convertir datos cualitativos a datos cuantitativos para facilitarnos un análisis estadístico.

Las escalas más comunes siguen un orden lógico de menos a más, se plantea una afirmación "Ítem" y el encuestado reacciona a ella, las escalas más comunes van de 5 o 7 puntos, [17]

2.3.1 Coeficiente de Cronbach (CCR):

Mide la consistencia interna o confiabilidad de los elementos que componen una encuesta mediante estadística, se usa este coeficiente para determinar si los elementos miden consistentemente la misma dimensión, variable o característica, y luego validar la calidad de la herramienta antes de aplicarla a personas.

El coeficiente de Cronbach se cuantifica en una escala estandarizada de 0 a 1, donde valores más altos indican una mayor concordancia entre elementos. Los expertos suelen utilizar 0,7 como un mínimo o valor de referencia, donde un valor igual o mayor a este indica que los ítems son lo suficientemente consistentes para poder aplicar y realmente medir lo necesario. [18]

Fórmula 1: Coeficiente de fiabilidad Alfa de Cronbach

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_T^2}\right)$$

Variables

- α**:** Coeficiente de fiabilidad Alfa de Cronbach.
- k**:** Número de ítems (preguntas) de tu encuesta de satisfacción.
- σ_i^2**:** Varianza de cada ítem individual.
- $\sum \sigma_i^2$**:** Sumatoria de las varianzas de todos los ítems.
- σ_T^2**:** Varianza total del puntaje global obtenido por los estudiantes.

Tabla 1

Rangos de interpretación de Alpha de Cronbach

Rango del coeficiente	Nivel de confiabilidad	Decisión metodológica
Si α ≥ 0.9	Excelente	Conservar el ítem para otras pruebas
Si α ≥ 0.8	Bueno	Conservar el ítem para otras pruebas
Si α ≥ 0.7	Aceptable	Posibilidades de mejorar ítem para otras pruebas
Si α ≥ 0.6	Cuestionable	Descartar o revisar ítem para otras pruebas
Si α ≥ 0.5	Es pobre	Descartar definitivamente ítem

Nota: Niveles de confiabilidad de acuerdo con el rango resultado del coeficiente.

2.4 Marco Legal

2.4.1 ISO 9241-210:2019 – Ergonomía de la interacción persona-sistema: Diseño centrado en el usuario

Definición: Esta norma establece los principios y requisitos para el diseño centrado en el usuario de sistemas interactivos, con el objetivo de mejorar la usabilidad y experiencia del usuario. En el contexto del simulador virtual, esta norma garantiza que el desarrollo considere las necesidades, capacidades y limitaciones de los estudiantes, permitiendo una interacción cómoda, eficiente y satisfactoria. Aplicar esta norma ayuda a optimizar la interfaz y la dinámica de aprendizaje en el entorno virtual. [19]

2.4.2 ISO/IEC 19796-1:2005 – Tecnologías de la información – Marco de calidad para sistemas de e-learning

Definición: Esta norma define un marco para la gestión y evaluación de la calidad en sistemas de aprendizaje electrónico. Es fundamental para asegurar que el contenido y la estructura del entorno virtual cumplan con criterios de calidad educativa, facilitando la adquisición efectiva de conocimientos y habilidades. Su aplicación permite la implementación de procesos que mejoran continuamente la efectividad del simulador como herramienta de capacitación. [20]

2.4.3 UNE 71362:2017 – Requisitos funcionales para simuladores de formación profesional

Definición: Esta normativa, aunque de origen español, aporta lineamientos técnicos y funcionales específicos para simuladores de formación profesional, incluyendo aspectos como la fidelidad del simulador respecto a la realidad, la interacción del usuario con el sistema, y los mecanismos de evaluación del aprendizaje. Es útil para establecer criterios claros sobre el nivel de realismo y funcionalidad que debe tener el entorno virtual desarrollado. [21]

2.4.4 ISO 45001:2018 – Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo

Definición: Aunque esta norma no regula directamente el desarrollo de simuladores, es esencial para definir los contenidos de capacitación en seguridad industrial. Asegura que la formación impartida a través del simulador cumpla con los estándares internacionales para la prevención de riesgos laborales, promoviendo un ambiente de trabajo seguro y saludable. [22]

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoques y Tipos de Investigación

3.1.1 Investigación Mixta

Este enfoque consiste en recopilar, analizar, e integrar tanto investigación cuantitativa como cualitativa, cuando se requiere una mejor compresión del problema a investigar, al contrario de usar cada uno de los enfoques por separado. [23]

3.1.2 Enfoque Cuantitativo:

El enfoque cuantitativo es la recolección y análisis de datos numéricos y resultados estadísticos que nos ayudara al momento de concluir, estos datos serán derivados de las validaciones con ensayos prácticos y escalas de puntuación.

3.1.3 Enfoque Cualitativo:

Es una actividad sistemática que se orienta a la comprensión de la profundidad de fenómenos educativos y sociales, estudia la realidad en su contexto natural y cómo sucede, mediante encuestas, observaciones, etc. Se toma el enfoque cualitativo en el trabajo dado que permite mostrar la información de manera sistemática. Se centrará en la en la percepción de los estudiantes respecto al aprendizaje sobre seguridad industrial, inmersión, interacción con elementos virtuales. [24]

El trabajo investigativo será de carácter cualitativo y cuantitativo, dado que se obtendrán resultados investigativos y estadísticos, resultado de la recolección de información de los estudiantes a los cuales se les va a aplicar el simulador.

3.2 Tipo De Investigación.

3.2.1 Investigación Aplicada

Se usará este tipo de investigación debido a que se busca la manera de dar solución concreta a un problema a través de herramientas innovadoras y nuevas formas de capacitar y aprender en comparación a la manera tradicional.

3.2.2 Investigación Descriptiva:

Se usa este tipo debido a que se encarga de investigar el estado de la técnica y la normativa vigente, estado de capacitaciones, y detallar las características del entorno para modelar el gemelo digital.

3.2.3 Investigación Experimental

El trabajo implica la validación del entorno virtual mediante pruebas, manipulando la variable del simulador para observar el efecto en el nivel se conocimiento sobre seguridad industrial, interacción e inmersión. [25]

3.3 Población y Muestra

3.3.1 Población

La población de estudio estuvo conformada por los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, e Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte que realizan prácticas en el laboratorio de ingeniería inversa de mecatrónica, durante el periodo académico correspondiente.

3.3.2 Muestra

La muestra estuvo conformada por un curso de Ingeniería Industrial 12 personas y un curso de Mecatrónica de 25 personas quienes participaron en las prácticas de laboratorio durante el periodo en el que se realiza la investigación.

3.4 Técnicas e Instrumentos

3.4.1 Registro Estructurado

Técnica para ordenar y documentar datos específicos de las máquinas y sus espacios para el modelado en 3D.

3.4.2 Observación Directa En La Infraestructura Del Laboratorio De Ingeniería Inversa De Mecatrónica.

Toma de fotografías de las máquinas y toma de medidas con flexómetro de los espacios físicos del laboratorio.

3.4.3 Unreal Engine: Motor De Renderizado 3D Utilizado Para Videojuegos Y Cinemáticas.

3.5 Instrumento De Evaluación.

Herramienta para registrar la satisfacción de los alumnos sobre el simulado se basa en una encuesta Likert de siete puntos, primero fue aplicado luego de realizar el simulador en la práctica virtual, y la segunda encuesta después de realizar la práctica real en el laboratorio, ambos instrumentos se diseñaron con las mismas dimensiones para permitir la comparación estadística entre ambas modalidades.

Tabla 2

Encuesta es el instrumento usado para la evaluación en dos momentos de aplicación

Encuesta 1	Evaluar percepción de la práctica simulada
Encuesta 2	Evaluar percepción de la práctica real

Nota: Las encuestas utilizan la escala de Liker de siete puntos para su posterior comparación.

3.5.1 Dimensiones

Se evalúa 7 dimensiones acorde a al marco legal planteado anteriormente donde dichas dimensiones sirven para evaluar de manera integral la efectividad como herramienta de capacitación para prácticas de los estudiantes previo a las prácticas reales.

Tabla 3

Criterios de evaluación de la efectividad del simulador de capacitación

	Dimensiones
Usabilidad del entorno virtual	Facilidad con que los estudiantes interactúan con el simulador, considerando la navegación, la claridad de las instrucciones y la facilidad de uso durante la práctica simulada.
Aprendizaje percibido	Percepción del estudiante sobre el aprendizaje de los procedimientos del uso de las máquinas y al fortalecimiento de sus conocimientos antes de realizar la práctica real

Dimensiones	
Comprensión de riesgos	Capacidad percibida del estudiante para utilizar correctamente el equipo de protección personal (EPP) y comprender los procedimientos seguros de trabajo después de utilizar el simulador.
Realismo del entorno virtual	Similitud entre el entorno virtual y el laboratorio real, considerando la representación de las máquinas, el ambiente y la secuencia de las actividades desarrolladas durante la práctica.
Satisfacción del usuario	Satisfacción y aceptación del estudiante respecto a la experiencia de aprendizaje proporcionada por simulador, así como su recomendación para volver a utilizarlo nuevamente como herramienta de capacitación.
Confianza para operar el torno	Confianza que percibe el estudiante para realizar de forma segura las actividades relacionadas con el torno después de haber utilizado el simulador.
Confianza para operar la soldadora	Confianza que percibe el estudiante para realizar de forma segura las actividades relacionadas con la soldadora después de haber utilizado el simulador.

Nota: Definición de las siete dimensiones aplicadas en la evaluación del simulador en aprendizaje, prevención, usabilidad y confianza técnica antes de la practica real.

3.5.2 Escala De Medición

Tabla 4

Escala Likert de siete puntos y valoración de respuestas

Valor	Interpretación
1	Totalmente en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Parcialmente en desacuerdo
4	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
5	Parcialmente de acuerdo

Valor	Interpretación
6	De acuerdo
7	Totalmente de acuerdo

Nota: Escala usada para categorizar y cuantificar las distintas dimenciones del estudio.

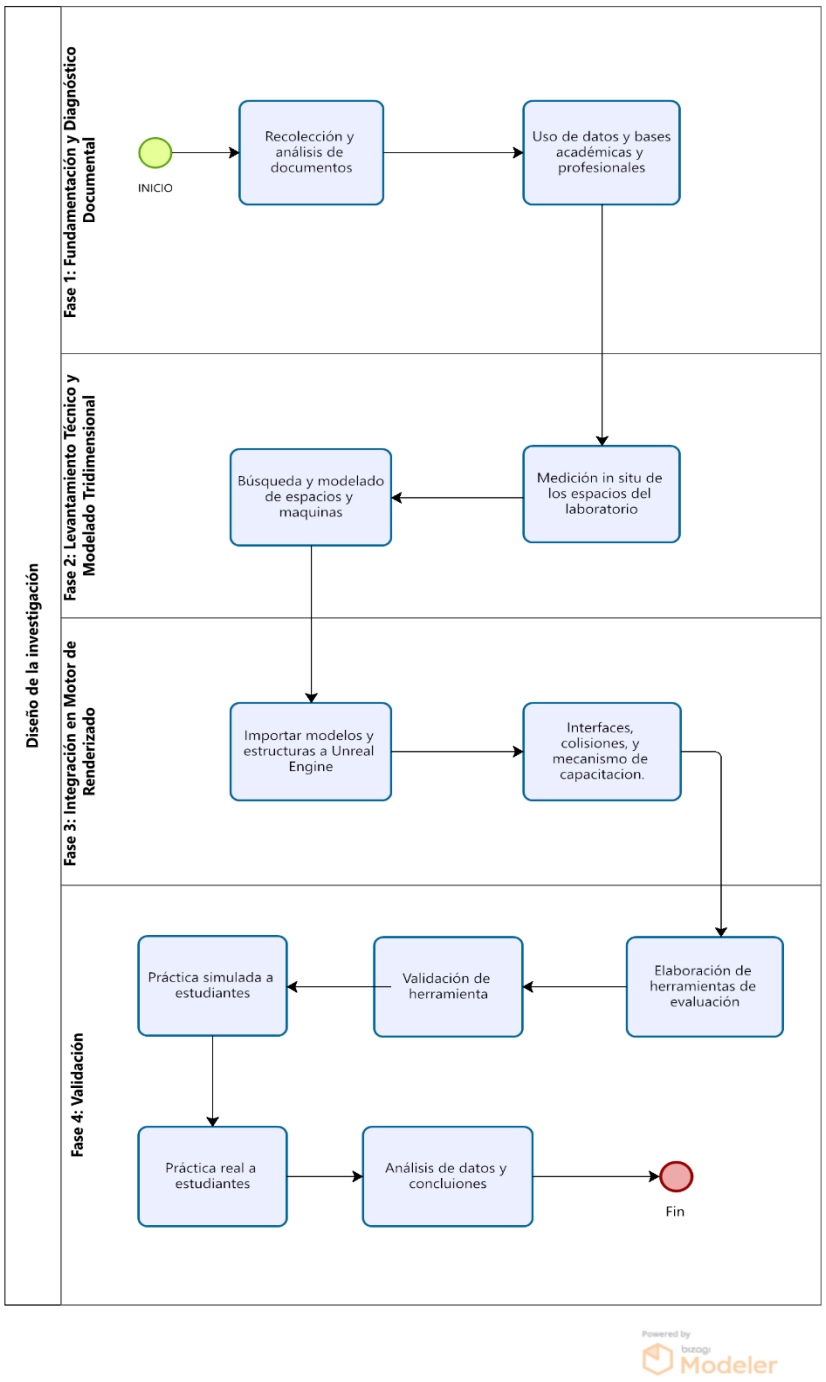
3.5.3 Validación De Instrumento

La confiabilidad de este instrumento se realizó mediante el coeficeinte Alfha de Cronbach, la prueba piloto se realizo a estudiantes con caracteristica similares a la poblacion objetivo, porteriormente se analizó la consistencia interna del cuestionario para su aplicación definitiva.

3.6 Diseño De La Investigación

Figura 1

Diagrama de flujo de las fases del diseño de investigación



Nota: Esquema general detallado de olas etapas de instigación en cuatro fases: diagnostico, modelado, implementación tecnológica, prueba de campo virtual y real.

Fase 1: Fundamentación y Diagnóstico Documental

- **Recolección y análisis de documentos:** La etapa inicial procede con la recolección y análisis de bases de datos y documentos académicos.
- **Uso de datos y bases académicas y profesionales:** Análisis de información importante en relación con capacitaciones en seguridad industrial y realidad virtual, inmersión e interactividad y normativa vigente.

Fase 2: Levantamiento Técnico y Modelado Tridimensional

- **Medición in situ de los espacios del laboratorio:** En esta parte del trabajo se mide con un flexómetro las dimensiones reales del laboratorio.

Fase 3: Integración en motor de renderizado.

- **Importar modelos y estructuras a Unreal Engine:** Con los modelos descargados se debe importar al motor, escalar y colocar en las posiciones establecidas.
- **Interfaces, colisiones y mecanismo de capacitación:** En este punto se configura las interfaces y blueprints con los que van a funcionar las maquinas, las colisiones y el contenido de la práctica.

Fase 4: Validación.

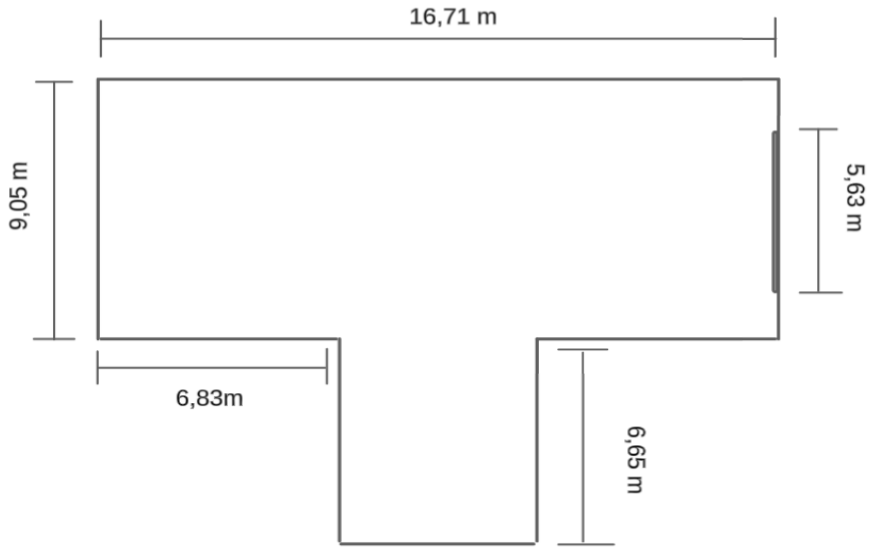
- **Elaboración de herramienta de evaluación:** Se elabora encuestas para la práctica simulada y práctica real para aplicarlas a los estudiantes.
- **Validación de herramienta:** Se aplica un aprueba piloto y se calcula la confiabilidad del instrumento mediante coeficiente de Cronbach.
- **Práctica simulada a estudiantes:** Se realiza la practica usando el simulado desarrollado para posteriormente realizar la encuesta,
- **Práctica real a estudiantes:** Se concreta la práctica real en el laboratorio para posteriormente aplicar la encuesta.
- **Análisis de datos y conclusiones:** En este apartado comparamos los datos de las dos practicas realizadas con el fin de ver su impacto pedagógico del uso previo del simulador al momento de realizar la práctica real.

3.7 Caracterización Del Laboratorio

- **Layout laboratorio de ingeniería inversa.**

Figura 2

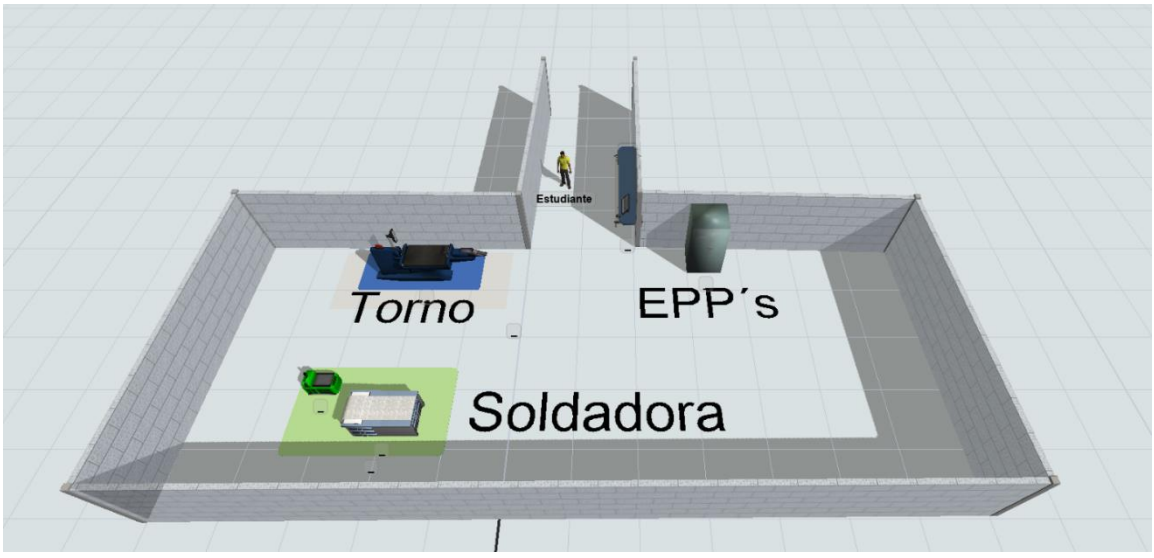
Plano y cotas del laboratorio



Nota: Distribución y dimensiones de la infraestructura del laboratorio donde se desarrollan las practicas.

Figura 3

Representación de distribución del laboratorio en Flexim



Nota: Distribución en Flexim de máquinas acorde al simulador.

El laboratorio consta de una sola planta baja, donde los estudiantes acuden previa programación de actividades a clases o prácticas dentro de las instalaciones.

3.8 Maquinas

3.8.1 Torno

Es una herramienta mecánica utilizada para el arranque de viruta para cortar, dar forma y pulir piezas de materiales diferentes como metal, madera o plástico, el mecanizado realizado con torno requiere una gran cantidad de fuerza y precisión al momento de manipular, la finalidad del torno es cortar, roscar, desbastar y dar forma a las piezas. [26]

Figura 4

Torno del laboratorio de practicas



Nota: Fotografía del equipo real disponible en el laboratorio para la capacitación de estudiantes.

3.8.2 Soldadora

Una máquina de soldar es una máquina que une dos piezas mediante la aplicación de calor, es decir derrite el metal hasta hacerlo semilíquido y estando en este estado se fusionan, esto lo logra mediante el arco eléctrico y cerrando el circuito entre la masa y el electrodo,

Fuente de energía: Esta electricidad se canaliza a través de la máquina para crear un arco eléctrico.

Electrodo: Varilla metaliza que se funde con el calor y une las dos piezas de metal.

Material Base: Puede ser acero, aluminio u otros metales que necesitan ser unidos para formar una estructura más grande. [27]

Figura 5

Equipo de soldadura convencional



Nota: Fotografía del equipo de soldadura disponible en el laboratorio para la ejecución de uniones metálicas.

3.9 Estado Actual De Las Capacitaciones

En este apartado de analiza la metodología vigente utilizada en el laboratorio de ingeniería inversa de la Universidad Técnica del Norte para la difusión de normas de seguridad, el uso de máquinas y sus equipos de protección personal necesarias durante las prácticas.

3.9.1 Metodología Tradicional Y Limitaciones.

Capacitación teórica predominante: Actualmente la instrucción en materia de seguridad se imparte por medio de clases teóricas, guías verbales y videos informativos dadas durante las practicas o en clases previas de diferentes materias que incluyen prácticas en su silabo.

- **Limitación de respuesta ante crisis:** Esta forma de enseñar limita la capacidad de los estudiantes para reaccionar adecuadamente ante eventos que presenten riesgos críticos o situaciones peligrosas
- **Restricción de escenarios de riesgo**: En el sistema actual, es imposible simular situaciones de riesgo reales para fines educativos sin poner en peligro la integridad física de los alumnos o causar daños materiales a los equipos.

Consecuencias de la falta de entrenamiento Práctico/Seguro

- **Accidentes potenciales:** Al no haber mucha practicidad y conocimiento del funcionamiento de las máquinas y sus respectivos EPP´s existe mayor probabilidad de accidentes.
- **Pérdida de recursos:** Daños en herramientas y materiales por maniobras erróneas por desconocimiento procedimental.
- **Actitudes negligentes:** Posible desarrollo de conductas poco profesionales hacia los protocolos de seguridad industrial al no comprender su importancia en un entorno controlado.

CAPITULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Especificaciones del sistema a diseñar

Esta sección define la estructura técnica y requerimientos funcionales y no funcionales que se quiere obtener como resultado en el simulador, el diseño se enfoca en principios de modularidad, portabilidad y eficiencia computacional.

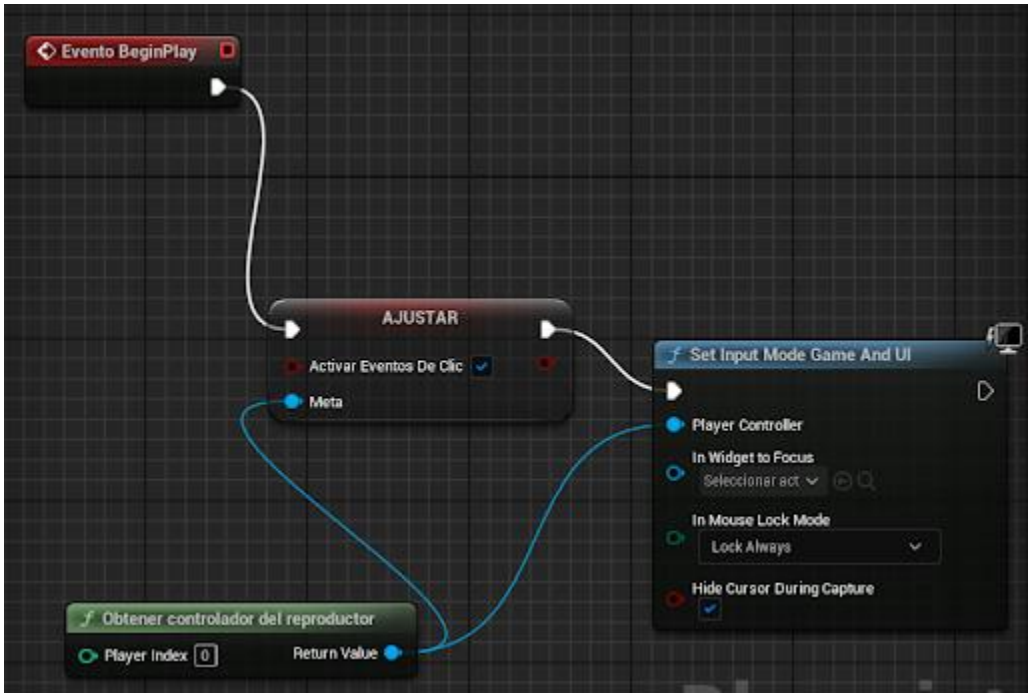
- **Arquitectura del Software**

  El núcleo de toda la simulación, es decir el motor de renderizado grafico es Unreal Engine en la versión 5.0.3.

Se escoge esta plataforma para responder a la necesidad de realismo y calidad de imagen, y forma de programar, Unreal Engine tiene una programación tipo gráfica.

Figura 6

Blueprint Visual Scripting- diagrama de bloques y eventos del simulador



Nota: Muestra la lógica visual de configuración de interacción y control del usuario.

Esta herramienta facilita la fluidez de trabajo compilando de manera nativa en bytecode ejecutable por la maquina visual motor, reduciendo drásticamente la latencia de respuesta entre las acciones físicas del operario y la respuesta del entorno virtual.

4.1.1 Especificaciones Técnicas Del Avatar Del Estudiante

El avatar no debe ser una cara flotante, sino un sólido, una entidad física simulada que tenga propiedades de gravedad, colisión, y espacio.

- **Capsula de colisión:** Es la frontera física y volumétrica del estudiante, define el radio y altura que debe tener el estudiante dentro del laboratorio, necesariamente no debe ser un cuerpo con anatomía física humana.
- **Componente de dinámica y movimiento:** Este módulo calcula en tiempo real los vectores de aceleración, y colisión con el suelo del laboratorio, configurado en (Walking) simulando una caminata normal de una persona.
- **Sistema de captura visual:** Se integra una cámara de cine digital para emular la visión del estudiante tanto en perspectiva y en distorsión focal del ojo humano, dentro del sistema se desactiva el modo (Focus Method: Disable) garantizando nitidez absoluta en el entorno virtual.

4.1.2 Arquitectura De Sistema De Entrada E Interfaz

- **Controlador de interfaz:** Organiza de manera indexada en forma de slides o diapositivas que optimiza el rendimiento del sistema.
- **Mapeo de Flujo de Hardware (Game and UI Mode):** En este apartado se comprueba que todo el flujo se cumpla de manera correcta en aspectos de Hardware y el UI del simulador, esto se alinea con lo mencionado en la norma sobre interfaces cómodas para el usuario y acorde a un simulador de aprendizaje

4.2 Modelación Virtual Del Taller De Manufactura

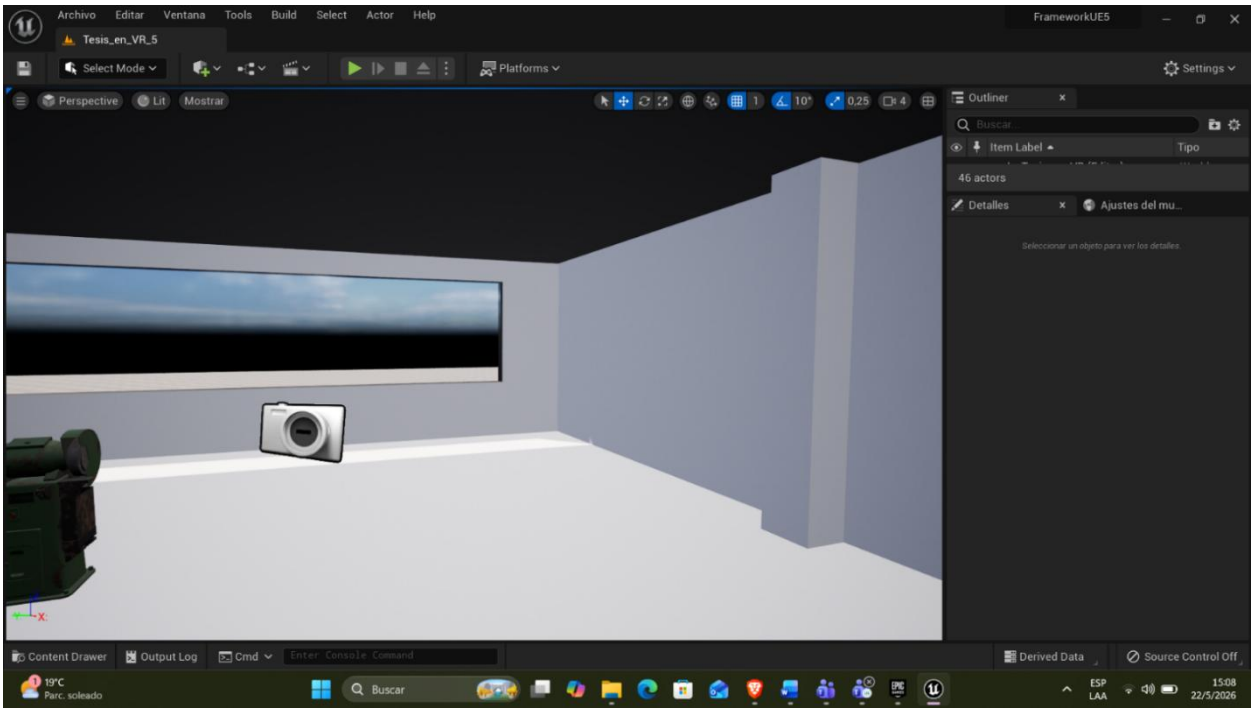
Esta etapa abarca la construcción del gemelo digital dentro de Unreal Engine, al igual que la asignación de propiedades físicas, materiales y espacios físicos.

- **Modelado de estructura:** En este apartado se realizó el modelado a partir de la herramienta (modelo) dentro de Unreal Engine, esta herramienta nos permite crear cubos y darles forma y cambiar de posiciones, teniendo la libertad de crear paredes, columnas, ventanas, puertas.

- **Migración de recursos:** Los recursos se pueden encontrar en la tienda original de Unreal Engine, las mesas, focos, estantes, sillas, puertas son recursos usables que optimizan el trabajo en cuestión de tiempo.

Figura 7

Construcción del espacio virtual del laboratorio

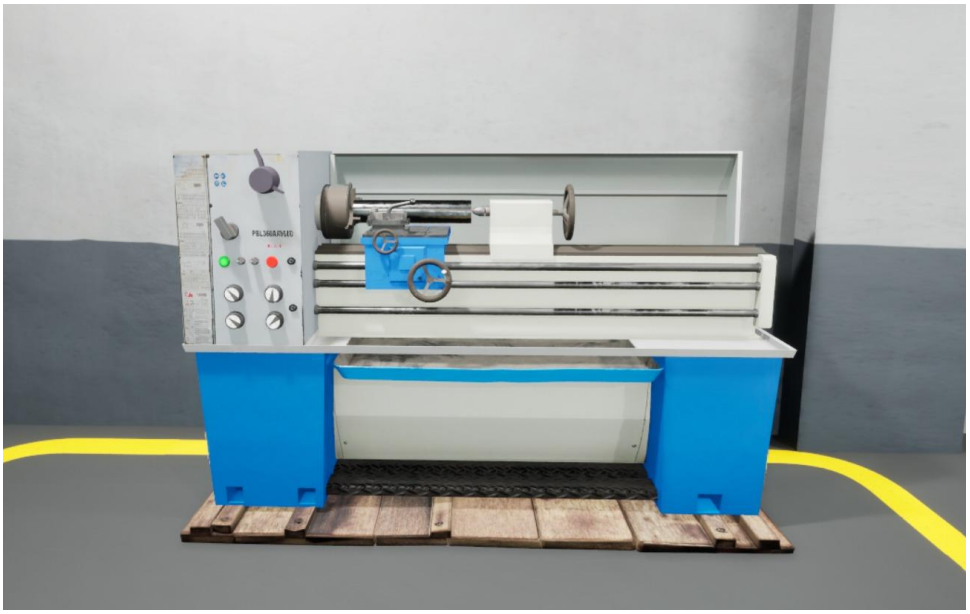


Nota: Muestra la interfaz de desarrollo geométrico de elementos que delimitan el área de la simulación.

- **Maquinas:** Las maquinas que se requieren se pueden modelar o encontrar en assets en la tienda de Unreal Engine, pero se las encuentra de manera que es un bloque sólido, no se descargan dividida por partes, ese es un trabajo secundario, en cierto punto tiene varios beneficios, como poder dividir lo que se requiere para las animaciones principales, además de poder etiquetar las partes con nombres fáciles de usar.

Figura 8

Ubicación de maquinaria en el laboratorio virtual



Nota: Muestra el proceso de modelo del torno en el espacio virtual que replica la distribución real del laboratorio.

- **Ubicaciones:** Se trata de ubicar las maquinas en los espacios reales en los que están en el laboratorio de la universidad, los estantes y mesas no son exactamente la misma, pero cumplen su función de rellenar y recrear el espacio de manera idéntica.

4.3 Validación Y Verificación Del Entorno Virtual

Tabla 5

Puntos de verificación, depuración técnica y corrección de entorno virtual

Componente Evaluado	Error Detectado	Causa Raíz de Ingeniería	Solución Implementada
Modelado de paredes	Desproporción en tamaño.	El sistema de Unreal Engine no tenía definido un sistema de medición.	Se parametrizo todo a centímetros.
Color de paredes y texturas	Las paredes se ven sin colores, se ve con cuadros negros y grises.	El sistema crea elementos en “blanco” sin color ni textura	Se creó un material blanco con textura de pared rugosa para todos los elementos estructurales del laboratorio.

Componente Evaluado	Error Detectado	Causa Raíz de Ingeniería	Solución Implementada
Importación de máquinas	Las maquinas generan un error de compilación	El sistema no reconoce el formato de las maquinas importadas del programa anterior.	Importación de máquinas directamente de la tienda de Unreal Engine
Gravedad del Avatar	El personaje volaba o traspasaba el suelo al presionar espacio, actuando como fantasma.	Falta de posesión del controlador sobre el Blueprint del personaje; el motor usaba el modo espectador por defecto (*DefaultPawn*).	Se activó el parámetro Auto Possess Player en la opción Player 0 y se configuró el modo físico en Walking.
Control de la Mirada (Cámara)	La cámara se mantenía estática al mover el ratón horizontal o verticalmente.	Falta de instrucciones de entrada de hardware (Input Axis) para articular el "cuello" del avatar.	Programación nativa de los eventos de hardware Ratón X y Ratón Y enlazados a los nodos Add Controller Yaw/Pitch Input.
Giro de Cámara	Los cables de los ejes del ratón estaban listos, pero la pantalla seguía inmóvil.	La cámara de cine estaba desvinculada de la rotación del controlador del peón.	Activación de la casilla de verificación estricta Use Pawn Control Rotation dentro de los detalles de la cámara.
Fluidez del Ratón (Modo Videojuego)	Se requería mantener presionado el clic izquierdo y arrastrar para poder girar la mirada.	El motor operaba en modo UI puro, tratando la pantalla como un navegador web en lugar de un entorno interactivo en 3D.	Implementación en serie de los nodos Set Input Mode Game And UI y configuración del parámetro In Mouse Lock Mode en Lock Always, capturando el foco con un clic inicial.

Nota: Clasificación de errores técnicos identificados durante el modelado y las soluciones implementadas para optimizar la experiencia del usuario.

4.4 Matriz De Verificación Y Cumplimiento Del Marco Legal

Con el propósito de verificar que el entorno virtual cumple con criterios dados por las normas mencionadas en el marco legal de la investigación y su implementación dentro del simulador desarrollado, verificando que el sistema cumple los criterio técnicos, funcionales y pedagógicos definidos por las normas.

Tabla 6

Criterios de evaluación y cumplimiento de la norma ISO 9241-210:2019

Norma ISO 9241-210:2019 (Diseño centrado en el usuario)		
Requisito	**Evidencia en el simulador**	**¿Cumple?**
Interfaz fácil de comprender	El estudiante navega mediante el teclado y ratón sin capacitación previa.	Si
Navegación intuitiva	Movimientos en primera persona.	Si
Consistencia en la interfaz	Las interacciones utilizan la misma estructura de interfaz.	Si
Retroalimentación al usuario	El simulador indica cada paso mediante instrucciones mostradas en la pantalla.	Si
Facilidad de aprendizaje	El estudiante puede completar al primer intento el simulador.	Si
Reducción de errores del usuario	El simulador obliga a seguir una secuencia para poder continuar.	Si
Diseño centrado en el estudiante	Flujo desarrollado acorde a las prácticas realizadas.	Si

Nota: Muestra el nivel de conformidad del entorno virtual centrado en el usuario, comparando los requisitos de la norma.

Tabla 7

Cumplimiento de los criterios educativos de la Norma ISO/IEC 19796-1:2005

Requisito	Evidencia en el simulador	¿Cumple?
Objetivos de aprendizaje definidos	Cada práctica tiene objetivos que cumplir	Si
Organización del contenido	El simulador sigue una secuencia lógica de actividades	Si
Calidad del material educativo	Emplea imágenes, videos e instrucciones para una simulación interactiva y de calidad	Si
Aprendizaje activo	EL estudiante realiza cada practica directamente al acercarse	Si
Evaluación de aprendizaje	Encuesta de percepción y práctica real	Si
Mejora continua	Se corrigió el simulador mediante pruebas piloto	Si

Nota: Muestra la conformidad con la metodología y el enfoque de aprendizaje.

Tabla 8

Evaluación del cumplimiento de la Norma ISO 45001:2018

Requisito	Evidencia en el simulador	¿Cumple?
Prevención de accidentes	El simulador te muestra que debes entre EPP´s antes de manipular cualquier maquina	Si
Uso correcto del EPP	Te muestra cual EPP corresponde a cada máquina y procedimiento	Si
Capacitación del personal	El objetivo es capacitarte en cómo usar las máquinas y sus EPP´s	Si
Cultura preventiva	El estudiante recibe instrucciones de seguridad durante la práctica.	Si
Reducción de exposición al riesgo	La capacitación ocurre en un entorno virtual sin riesgo físico	Si

Nota: Matriz que contrasta los requisitos de seguridad y uso de EPP según la norma ISO 45001:2018.

Tabla 9

Evaluación del cumplimiento de la Norma UNE 71362:2017 en el simulador

Norma UNE 71362:2017		
Requisito	**Evidencia en el simulador**	**¿Cumple?**
Representación realista del entorno	Modelado con dimensiones reales	si
Fidelidad de las máquinas	Semejanza del torno y soldadora a los modelos reales, colores dimensiones.	si
Interacción de objetos	El usuario puede manipular máquinas y elementos del laboratorio	si
Simulación de procedimientos	Se ejecuta en orden la secuencia correcta de las operaciones de las maquinas	si
Secuencia lógica de actividades	Los pasos no se desbloquean sin completarlos correctamente	si
Aprendizaje práctico	El estudiante va aprendiendo mientras va ejecutando las actividades	si
Retroalimentación	Mensajes informativos durante la práctica	si
Distribución de elementos	Las maquinas están ubicadas donde están realmente en el laboratorio	si

Nota: la tabla valida los criterios de calidad del simulador según la Norma UNE 71362:2017.

4.5 Ensayos Con Prácticas De Laboratorio

4.5.1 Validación De Instrumento De Evaluación

Con el fin de evaluar la confiabilidad interna del instrumento se aplicó a 20 estudiantes que tengan un conocimiento previo de las prácticas a realizar para validar el instrumento mediante el coeficiente de Cronbach en software JAMOVI, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 10

Confiabilidad por coeficiente de Cronbach

Parámetro	**Valor**
Participantes	20
Número de Ítems	33
Coeficiente de Cronbach	*0.98*

Nota: El coeficiente de Cronbach es superior al estándar lo que respalda la confiabilidad de la herramienta.

El coeficiente Alpha de Cronbach que se obtuvo fue de *0.98*, con un nivel Excelente, este valor evidencia que existe una consistencia interna entre elementos del instrumento al superar el mínimo recomendado de *0.70*, por consecuencia el instrumento se considera confiable para la posterior aplicación en la siguiente etapa de la investigación.

4.6 Comparación De Resultados De Práctica Simulada Vs Practicas Real

4.6.1 Resultados De Práctica Simulada

Para evaluar la percepción de los estudiantes se aplicó el instrumento de evaluación previamente validado a 37 estudiantes al finalizar la práctica simulada, el instrumento consta de 33 ítems distribuidos en 7 dimensiones, usabilidad del entorno virtual, aprendizaje percibido, comprensión de riesgos, realismo del entorno virtual, satisfacción del usuario, confianza para usar el torno, confianza para utilizar la soldadora, las respuestas se recopilaron en una escala de Likert en una rango de 1-7, donde 1 es la menor valoración y 7 la mayor valoración.

Tabla 11

Resultados de práctica simulada

Dimensión	**Media**	**Desviación estándar**
Usabilidad del entorno virtual	5.76	1.13
Aprendizaje percibido	5.78	1.28
Comprensión de riesgos	5.58	1.24
Realismo	5.67	1.02
Satisfacción	5.66	1.21

Confianza para operar el torno	4.99	1.44
Confianza para operar la soldadora	5.03	1.64

Nota: Resultados tabulados de encuesta de práctica simulada por dimensión.

4.6.2 Análisis de resultados de práctica simulada

Los resultados obtenidos evidencian una percepción favorable por parte de los estudiantes evaluados hacia el entorno virtual desarrollado, **La dimensión de Usabilidad del entorno virtual con una media de 5.86 y aprendizaje percibido con 5.76** alcanzaron la puntuación media mas alta lo que indica que los estudiantes consideraron que el simulador fue fácil de usar y contribuyo al proceso de aprendizaje de los procedimientos.

La dimensión de realismo del entorno virtual obtuvo una media de 6.05 lo que refleja que los estudiantes si percibieron un gran parecido entre el laboratorio real y el laboratorio modelado en Unreal Engine.

En cuanto a la **comprensión de riesgos se obtuvo una media de 5.62** lo que indica el simulador favorece el reconocimiento del uso correcto del EPP´s y procedimientos del uso de las máquinas.

La dimensión de satisfacción de usuario presenta una media de 5.66 que evidencia una valoración positiva con respecto a la experiencia del estudiante usando un entorno virtual para aprender.

Finalmente, las dimensiones de **confianza para operar el torno 5.02 y confianza para operar la soldadora 5.01** obtuvieron una media más baja, lo cual es un resultado esperable ya que los estudiantes únicamente habían utilizado estas máquinas de manera virtual y aun no interactuaban con las maquinas reales del laboratorio, por esta razón se espera que estas dimensiones incrementen sus valores después de la práctica real.

4.6.3 Resultados de práctica real

Los resultados obtenidos para conocer la percepción de los estudiantes al realizar la práctica real en el laboratorio de ingeniería inversa se tabularon, y procesaron los datos de 37 estudiantes. En la Tabla se presentan las medias y desviaciones estándar obtenidas para cada una de las dimensiones tratadas en el trabajo de investigación.

Tabla 12

Resultados de practica real

Dimensión	Media	Desviación estándar
Usabilidad del entorno virtual	5.78	0.96
Aprendizaje percibido	5.81	0.64
Comprensión de riesgos	5.75	0.93
Realismo	5.69	1.10
Satisfacción	5.71	1.11
Confianza para operar el torno	5.16	1.04
Confianza para operar la soldadora	5.31	1.17

Nota: Resultados tabulados de encuesta de práctica real por dimensión.

4.6.4 Análisis de resultados de practica real

En general se logra evidenciar una valoración favorable del simulador como herramienta de apoyo para prácticas de estudiantes debido a que todas las dimensiones evaluadas alcanzaron medias que superan a 5.0 en una escala de 7 puntos. En términos generales los estudiantes manifiestan una percepción positiva respecto al simulador durante el desarrollo de las prácticas en el laboratorio.

La dimensión de **Aprendizaje percibido obtuvo la media mas alta con 5.84**, lo que evidencia que los estudiantes consideraron que el simulador contribuyo de manera significativa a comprender el procedimiento que se debe desarrollar en el laboratorio, además esta dimensión presenta una desviación estándar mas bajo, que quiere decir que existe un consenso entre los estudiantes de que el simulador es de utilidad como recurso de aprendizaje para las prácticas.

El resultado de Usabilidad del entorno virtual alcanzó una media de 5.81 reflejando que los estudiantes perciben que el simulador como una herramienta intuitiva y adecuada como apoyo previo a las prácticas reales.

La dimensión de comprensión de riesgos, la media resultante fue de 5.72 mostrando que el simulador favoreció la identificación de riesgos enfocado en Equipos de protección personal

y procedimientos seguros relacionadas con el uso de las máquinas. Este Resultado es relevante porque se relaciona directamente con el objetivo principal de la investigación.

La dimensión de realismo presentó una media de 5.70 indicando que los estudiantes tuvieron una percepción de que el entorno modelado, represento de manera realista el torno, soldadora, espacios físicos y secuencia de actividades desarrolladas durante la práctica real.

Con respecto a la **satisfacción, se obtuvo una media de 5.71** lo que muestra que los estudiantes valoraron de manera positiva la incorporación del simulador dentro del procesos de guía previa y complementar la enseñanza práctica.

En cuanto a la confianza para operar el torno, la media fue de 5.14 reflejando que los estudiantes manifiestan un nivel favorable de preparación para realizar actividades de torneado posterior a la práctica real y en entornos laborales.

Finalmente, la confianza para operar una soldadora alcanzo una media de 5.31, indica que los estudiantes percibieron un nivel adecuado de preparación para desarrollar actividades de soldadura no solamente en el laboratorio si no, en un entorno profesional dentro de una empresa.

4.7 Impacto de los ensayos en la absorción de conocimiento de los estudiantes

Tabla 13

Comparación de resultados

Dimensión	Práctica simulada Media	Practica Real Media	Diferencia
Usabilidad del entorno virtual	5.76 ± 1.13	5.81 ± 0.88	+0.05
Aprendizaje percibido	5.78 ± 1.28	5.84 ± 0.61	+0.06
Comprensión de riesgos	5.58 ± 1.24	5.72 ± 0.94	+0.14
Realismo	5.67 ± 1.02	5.70 ± 1.08	+0.03
Satisfacción	5.66 ± 1.21	5.71 ± 1.11	+0.05
Confianza para operar el torno	4.99 ± 1.44	5.14 ± 1.03	+0.15
Confianza para operar la soldadora	5.03 ± 1.64	5.31 ± 0.81	+0.28

Nota: Resultados de comparación entre práctica simulada vs real.

4.7.1 Análisis de resultados de comparación

Usabilidad del entorno:

La dimensión de usabilidad presentó un incremento de 0.05 puntos, pasando de una media de 5.76 en la práctica simulada a 5.81 en la práctica real. Este resultado indica que, una vez enfrentados al laboratorio físico, los estudiantes mantuvieron la percepción de que el entorno virtual era intuitivo y facilitaba la realización de las actividades. La disminución de la desviación estándar de 1.13 a 0.88 evidencia un mayor consenso entre los participantes, sugiriendo que la experiencia práctica reforzó la valoración positiva de la interfaz y de la interacción con el simulador.

Aprendizaje percibido:

La media aumentó de 5.78 a 5.84, convirtiéndose en la dimensión mejor valorada del estudio. Aunque el incremento fue de solo 0.06 puntos, la desviación estándar disminuyó considerablemente de 1.28 a 0.61, indicando que los estudiantes coincidieron ampliamente en que el simulador contribuyó a facilitar el aprendizaje antes de la práctica real. Este comportamiento sugiere que el entorno virtual cumplió eficazmente su función de preparar a los estudiantes para comprender los procedimientos desarrollados posteriormente en el laboratorio.

Comprensión de riesgos y seguridad industrial

Esta dimensión registró uno de los incrementos más importantes +0.14 puntos, pasando de 5.58 a 5.72. Este resultado tiene especial relevancia porque está directamente relacionado con el objetivo principal de la investigación. El incremento observado indica que la experiencia de trabajar con equipos reales permitió consolidar los conocimientos adquiridos mediante el simulador, favoreciendo la identificación del uso adecuado de los equipos de protección personal y la comprensión de los procedimientos de trabajo seguro. La reducción de la desviación estándar también refleja una mayor uniformidad en la percepción de los estudiantes.

Realismo del entorno virtual

La dimensión de realismo presentó una variación mínima +0.03 puntos, pasando de 5.67 a 5.70. Este comportamiento es particularmente significativo, ya que la valoración del realismo se

mantuvo prácticamente constante incluso después de que los estudiantes conocieron el laboratorio físico. Esto sugiere que el entorno virtual reprodujo de manera adecuada aspectos como la distribución del laboratorio, la ubicación de las máquinas y la secuencia de las actividades prácticas. La estabilidad de esta dimensión constituye un indicador favorable sobre la fidelidad del simulador desarrollado.

Satisfacción del usuario

La satisfacción aumentó ligeramente de 5.66 a 5.71. Este resultado evidencia que la experiencia en el laboratorio no modificó negativamente la percepción del simulador; por el contrario, los estudiantes continuaron considerando que constituye una herramienta útil para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje. La disminución de la variabilidad de las respuestas indica que esta percepción fue compartida por la mayoría de los participantes.

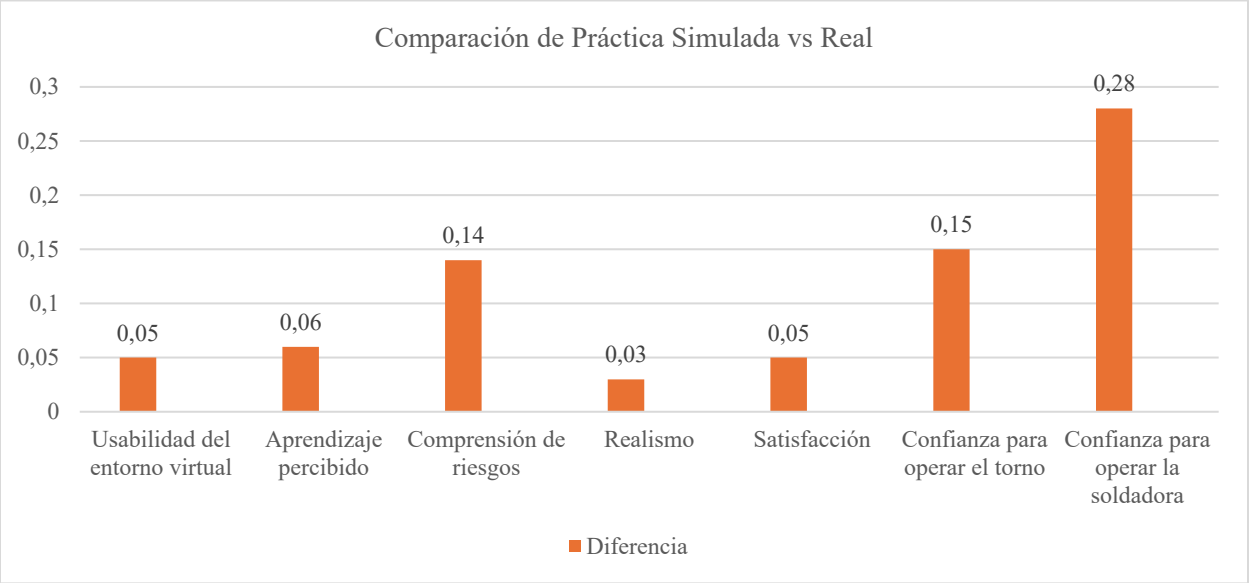
Confianza para operar el torno

La confianza para operar el torno pasó de 4.99 a 5.14, representando un incremento de 0.15 puntos. Aunque esta dimensión continúa presentando una de las medias más bajas, el aumento observado es coherente con el proceso de aprendizaje esperado. Después de utilizar el simulador y realizar la práctica real, los estudiantes manifestaron una mayor percepción de preparación para operar esta máquina en condiciones similares a las de un entorno industrial. La reducción de la desviación estándar de 1.44 a 1.03 indica además que las respuestas fueron más homogéneas, lo que sugiere que la experiencia práctica contribuyó a fortalecer la confianza de un mayor número de estudiantes.

Confianza para operar la soldadora

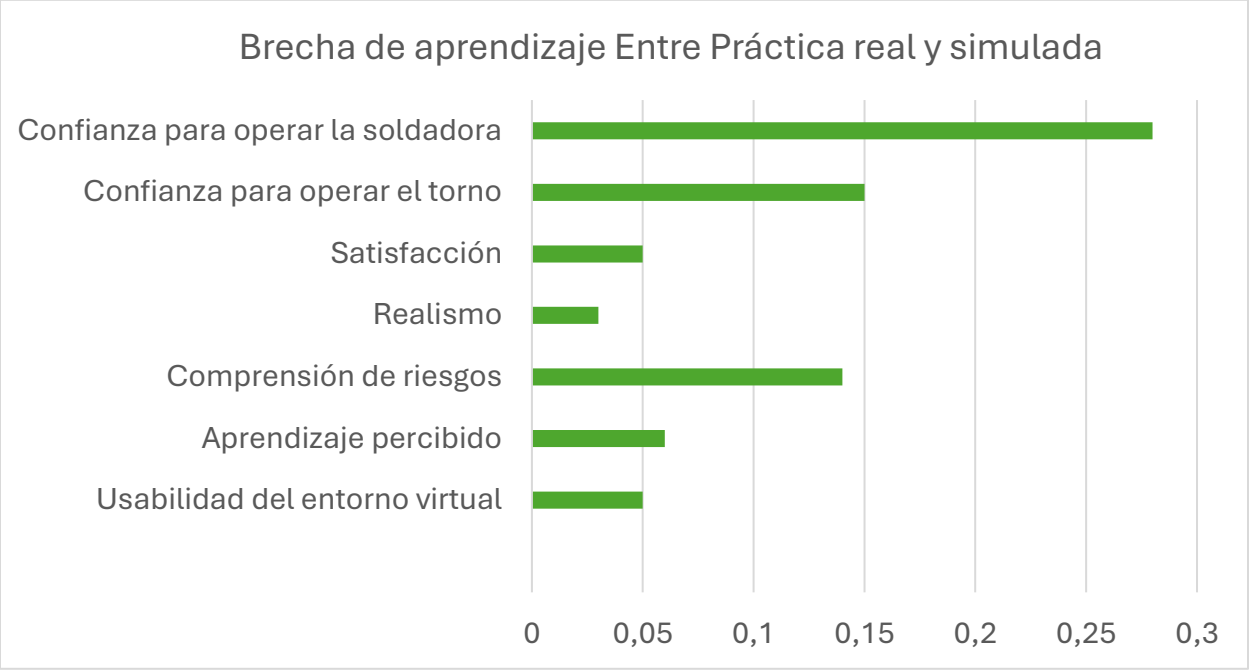
La mayor diferencia entre ambas mediciones se registró en la dimensión Confianza para operar la soldadora, cuya media aumentó de 5.03 a 5.31, equivalente a un incremento de 0.28 puntos. Este resultado indica que la práctica real permitió consolidar la preparación percibida por los estudiantes para realizar actividades relacionadas con procesos de soldadura. Adicionalmente, la desviación estándar disminuyó significativamente de 1.64 a 0.81, lo que refleja una reducción importante en la dispersión de las respuestas. Esto sugiere que, tras la experiencia práctica, los estudiantes desarrollaron una percepción más uniforme sobre su nivel de confianza para operar esta máquina.

Figura 9 Resultados resumidos en gráfico de barras



Nota: Comparación de resultados de manera gráfica.

Figura 10 Puntos de que aumentaron en cada dimensión Practica Simulada vs Real



Nota: Brecha comparativa de dimensiones entre práctica real y simulada.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se desarrolló el simulador virtual para prácticas de estudiantes del laboratorio de ingeniería inversa de Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte mediante el uso de Unreal Engine, integrando la distribución real del laboratorio, los equipos utilizados en las prácticas y contenidos referentes a las prácticas. La validación realizada con estudiantes evidenció que el simulador fue percibido favorablemente en aspectos relacionados con contenidos en usabilidad, aprendizaje, comprensión de riesgos, realismo y satisfacción, demostrando que constituye una herramienta capaz de complementar la preparación previa a las practicas reales y fortalecer los procesos de aprendizaje en la educación superior.

- La revisión del estado del arte permitió identificar que los simuladores de realidad virtual como herramienta usada en procesos de capacitación, es una tecnología ampliamente utilizada debido a su capacidad para recrear escenarios seguros, inmersivos e interactivos, del mismo modo el análisis de las normas ISO 9241-210:2019, ISO/IEC 19796-1:2005, UNE 71362:2017 e ISO 45001:2018 que constituyen el trabajo, garantizan que cumpla con criterios de usabilidad, aprendizaje, realismo, satisfacción y seguridad industrial, fortaleciendo el sustento científico y técnico de la investigación.

- El modelado tridimensional permitió representar el laboratorio fielmente considerando la distribución física, las máquinas y las secuencias de actividades desarrolladas dentro de las prácticas de laboratorio, estos componentes se integraron dentro de Unreal Engine hizo posible la construcción del entorno dentro del simulador, los resultados obtenidos en la dimensión de realismo reflejan que los estudiantes percibieron una alta correspondencia entre el simulador y el entorno real del laboratorio.

- La validación del simulador se realizó mediante la aplicación de un instrumento de evidencia confiable a los mismos estudiantes después de la practica simulada y posteriormente de la práctica real, permitiendo comparar ambas experiencias bajo las mismas dimensiones planteadas en el trabajo. Los resultados mostraron valoraciones altas

en usabilidad, aprendizaje, comprensión de riesgos, realismo y satisfacción, así como incrementos en las dimensiones relacionadas con la confianza para operar maquinaria después de la práctica real. Estos hallazgos evidencian que el simulador constituye un recurso pedagógico que favorece la preparación previa de los estudiantes y complementa el aprendizaje adquirido durante las prácticas presenciales.

Recomendaciones.

- El simulador constituye un prototipo funcional que se enfoca principalmente en máquinas como el torno y la soldadora, por ello se recomienda que futuras investigaciones integren mas maquinas como fresadoras, taladros de columna, esmeriles y demás maquinas presentes en el laboratorio, con el fin de disponer un simulador que integre la totalidad de las prácticas de laboratorio.
- Aunque el simulador cumple su función utilizando un computador convencional, se recomienda a futuro implementar visores de realidad aumentada, para incrementar la inmersión de los estudiantes y mejorar la interacción con el laboratorio.
- Con el fin de mantener la fidelidad entre el laboratorio real y su gemelo digital, se recomienda realizar revisiones y actualizaciones periódicas del simulador cuando exista nueva maquinaria, modificaciones en laboratorio.

REFERENCIAS

[1] M. B. Cortés, «Internacional SEK,» 21 Septiembre 2021. [En línea]. Available: https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4409.

[2] J. P. C. M. y. M. P. O. Ledesma, «Universidad Técnica de Ambato,» 2023. [En línea]. Available: https://repositorio.uta.edu.ec/items/86b3b228-a56a-4f0c-be5b-42e38027ec97.

[3] H. Valencia, «Aplicación de la tecnología de realidad virtual inmersiva (Industria 4.0) para la mejora del proceso de capacitación en seguridad y salud ocupacional en la empresa minera Antamina S.A.».

[4] C. H. L. Gutiérrez, «Desarrollo de aplicación de realidad virtual para la capacitación de trabajadores en ambientes industriales,» 2022.

[5] P. F. V. M. y. R. J. B. B. M. J. Rodríguez Mendoza, «Sistema de realidad virtual para mejorar la capacitación de personal sobre prevención de riesgos en una empresa industrial,» 2022.

[6] A. M. Méndez, «Realidad virtual en la educación: Una revisión de literatura,» 2021.

[7] R. virtual.

[8] J. Jerald, «Human-Centered Design for Virtual Reality, Morgan & Claypool,» 2015.

[9] E. H. C. D. y. M. A. M. R. J. C. Higuera Cubides, «Gemelos digitales: conceptos, aplicación y tendencias,» 2022.

[10] Innovae, «La Industria 4.0 y la Realidad Aumentada y Virtual,» 2023.

[11] B. I. d. Desarrollo, «Industria 4.0: Fabricando el Futuro,» 2017.

[12] L. Global, «Capacitación industrial, su relevancia para evitar accidentes,» 2022.

[13] J. G. D. G. P. Z. M. M. P. S. P. S. R. W. y. K. W. F. Górski, «The Impact of Virtual Reality on Technical Training: A Case Study in Live-Line Maintenance,» 2025.

[14] U. E. Technologies, «Unreal Engine: Plataforma y editor de desarrollo 3D en tiempo real,» 2025.

[15] IBM, «Qué es la interoperabilidad?,» 2022.

[16] R. V. R. Andrea Canals Cifuentes, «Programa de Bioestadística, Escuela de Salud Pública, Facultad de Medicina,» Universidad de Chile, 2022. [En línea]. Available: https://saludpublica.uchile.cl/publicaciones/otras-publicaciones-esp/publicaciones-esp/boletin-de-bioestadistica/boletin-de-bioestadistica-2022/jamovi-un-software-estadistico-util-para-la-practica-docente.

[17] ESIC, «Escala de Likert: qué es y cómo utilizarla en encuestas,» Octubre 2025. [En línea]. Available: https://www.esic.edu/rethink/comercial-y-ventas/escala-de-likert-que-es-y-como-usarla-en-encuestas-c.

[18] J. Frost, «Estadísticas de Jim,» 2026. [En línea]. Available: https://statisticsbyjim.com/basics/cronbachs-alpha/.

[19] L. Luján, «ISO 9241-210: Diseño centrado en el usuario.,» 2026.

[20] I. O. f. Standardization, «ISO/IEC 19796-1:2005 – Tecnologías de la información – Marco de calidad para sistemas de e-learning».

[21] A. E. d. Normalización, «UNE 71362 Calidad de los materiales educativos digitales,» 2017.

[22] ISO, «ISO 45001:2018(es),» 2018.

[23] C. Ortega, «QuestionPro,» 2026. [En línea]. Available: https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-mixta/.

[24] A. Gayubas, «CONCEPTO,» 2026. [En línea]. Available: https://concepto.de/investigacion-cualitativa-y-cuantitativa/.

[25] U. VERACRUZANA, «INVESTIGACIÖN UV,» 2026. [En línea]. Available: https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/unidad1/investigacion-tipos.html.

[26] EONSI, «¿Qué es un torno? Principales partes, funciones y usos,» 2022.

[27] Construpedia, «Soldadora,» 2022.

ANEXOS

1.- Encuesta practica simulada

ENCUESTA DE EVALUACIÓN DEL ESTUDIANTE SOBRE LA **PRÁCTICA SIMULADA**

Lea atentamente cada una de las siguientes afirmaciones y marque la opción que mejor represente su opinión respecto a la PRÁCTICA SIMULADA

* Obligatoria

1. **ACUERDO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Estimado(a) Estudiante

Le informamos que un equipo multidisciplinar de docentes investigadores y estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica del Norte, estamos realizando una investigación titulada "Modelación y simulación del laboratorio de Manufactura e Ingeniería Inversa de Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte para prácticas de estudiantes" con el propósito de evaluar la percepción de los estudiantes sobre la capacitación recibida mediante el entorno virtual y la práctica real en el laboratorio de ingeniería inversa.
Instrucciones

Por consiguiente, solicito de la manera más comedida y respetuosa, autorice mediante una firma en el presente documento, su participación de forma libre y voluntaria en una entrevista, así como permita fotografiar o filmar hechos u objetos relacionados con la investigación (de ser el caso).

Su participación en el presente estudio no conlleva ningún riesgo y se garantiza que sus aportes tendrán un uso y destino exclusivamente académico y científico. Cabe indicar que, el participante no recibirá ningún beneficio o compensación económica por su contribución.

Si una vez iniciado el estudio, usted decidiera interrumpir su participación en la entrevista, entonces debe informar de inmediato al investigador con el fin de cerrar adecuadamente el proceso.

2. Ingrese sus nombres completos *

3. Ingrese su Nro de Cédula *

4. **Usabilidad del entorno virtual** *

	1	2	3	4	5	6	7
El simulador fue fácil de utilizar desde el primer momento.	○	○	○	○	○	○	○
La navegación dentro del entorno virtual fue intuitiva.	○	○	○	○	○	○	○
Las instrucciones presentadas durante la práctica fueron claras.	○	○	○	○	○	○	○
La interacción con las máquinas y objetos fue sencilla.	○	○	○	○	○	○	○

5. **Aprendizaje percibido** *

	1	2	3	4	5	6	7
El simulador facilitó mi comprensión de los procedimientos de seguridad industrial.	○	○	○	○	○	○	○
El entorno virtual mejoró mi aprendizaje respecto a una explicación únicamente teórica.	○	○	○	○	○	○	○
La práctica virtual me permitió comprender mejor el funcionamiento del laboratorio..	○	○	○	○	○	○	○
Considero que el simulador favorece el aprendizaje de los estudiantes.	○	○	○	○	○	○	○

6. **Comprensión de riesgos** *

	1	2	3	4	5	6	7
El simulador me ayudó a identificar los riesgos presentes en cada estación de trabajo.	○	○	○	○	○	○	○
La práctica virtual fortaleció mis conocimientos sobre el uso correcto del EPP.	○	○	○	○	○	○	○
Después de utilizar el simulador me siento más seguro para realizar una práctica real.	○	○	○	○	○	○	○
El simulador contribuyó a reforzar la cultura de seguridad dentro del laboratorio.	○	○	○	○	○	○	○
El simulador me enseñó a actuar de forma segura antes de iniciar una práctica.	○	○	○	○	○	○	○
El simulador fortaleció mis hábitos de trabajo seguro.	○	○	○	○	○	○	○
Después de utilizar el simulador, considero la seguridad como una prioridad antes de operar una máquina.	○	○	○	○	○	○	○

7. **Realismo** *

	1	2	3	4	5	6	7
El entorno virtual representa adecuadamente el laboratorio de ingeniería inversa.	○	○	○	○	○	○	○
Las máquinas utilizadas en el simulador son similares a las existentes en el laboratorio	○	○	○	○	○	○	○
Las actividades desarrolladas en el simulador se asemejan a una práctica real.	○	○	○	○	○	○	○
La secuencia de las actividades fue coherente con los procedimientos realizados en el laboratorio	○	○	○	○	○	○	○

8. **Satisfacción** *

	1	2	3	4	5	6	7
Me sentí cómodo utilizando el simulador.	○	○	○	○	○	○	○
La experiencia de aprendizaje mediante realidad virtual fue satisfactoria.	○	○	○	○	○	○	○
Me gustaría utilizar nuevamente este simulador en otras prácticas de laboratorio	○	○	○	○	○	○	○
Recomendaría el uso de este simulador como complemento para la capacitación de estudiantes.	○	○	○	○	○	○	○

9. **Confianza y preparación para el entorno laboral. (TORNO)** *

	1	2	3	4	5	6	7
Después de realizar la practica de torno, me siento preparado para realizar actividades similares en una empresa.	○	○	○	○	○	○	○
La practica de torno aumentó mi confianza para trabajar con maquinaria industrial.	○	○	○	○	○	○	○
La practica de torno redujo mi inseguridad para realizar un trabajo similar real	○	○	○	○	○	○	○
La practica de torno me preparó para realizar actividades similares en un entorno laboral.	○	○	○	○	○	○	○
Me siento con la confianza suficiente para realizar trabajos de torno en una empresa.	○	○	○	○	○	○	○

10. **Confianza y preparación para el entorno laboral. (SOLDADORA)** *

	1	2	3	4	5	6	7
Después de realizar la practica de soldadura, me siento preparado para realizar actividades similares en una empresa.	○	○	○	○	○	○	○
La practica de soldadura aumentó mi confianza para trabajar con maquinaria industrial.	○	○	○	○	○	○	○
La practica de soldadura redujo mi inseguridad para realizar un trabajo similar real.	○	○	○	○	○	○	○
La practica de soldadura me preparó para realizar actividades similares en un entorno laboral.	○	○	○	○	○	○	○
Me siento con la confianza suficiente para realizar trabajos de soldadura en una factoria.	○	○	○	○	○	○	○

11. Qué recomendarias para mejorar el software? *

Este contenido no está creado ni respaldado por Microsoft. Los datos que envíe se enviarán al propietario del formulario.

Microsoft Forms

Encuesta práctica real.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL ENTORNO VIRTUAL EN LA **PRÁCTICA REAL**

Objetivo: Evaluar la percepción de los estudiantes sobre el impacto del entrenamiento mediante el entorno virtual durante la realización de la práctica en el laboratorio de ingeniería inversa.

Lea atentamente cada una de las siguientes afirmaciones y marque la opción que mejor represente su opinión respecto a la **PRÁCTICA REAL**

* Obligatoria

1. **ACUERDO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Estimado(a) Estudiante

Le informamos que un equipo multidisciplinar de docentes investigadores y estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica del Norte, estamos realizando una investigación titulada "Modelación y simulación del laboratorio de Manufactura e Ingeniería Inversa de Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte para prácticas de estudiantes" con el propósito de evaluar la percepción de los estudiantes sobre la capacitación recibida mediante el entorno virtual y la práctica real en el laboratorio de ingeniería inversa.
Instrucciones

Por consiguiente, solicito de la manera más comedida y respetuosa, autorice mediante una firma en el presente documento, su participación de forma libre y voluntaria en una entrevista, así como permita fotografiar o filmar hechos u objetos relacionados con la investigación (de ser el caso).

Su participación en el presente estudio no conlleva ningún riesgo y se garantiza que sus aportes tendrán un uso y destino exclusivamente académico y científico. Cabe indicar que, el participante no recibirá ningún beneficio o compensación económica por su contribución.

Si una vez iniciado el estudio, usted decidiera interrumpir su participación en la entrevista, entonces debe informar de inmediato al investigador con el fin de cerrar adecuadamente el proceso. *

2. Nombres completos *

3. Nro de Cédula *

4. **Usabilidad del entorno virtual con respecto a la práctica real** *

	1	2	3	4	5	6	7
El simulador facilitó la realización de la práctica.	○	○	○	○	○	○	○
El simulador facilitó mi orientación en el taller.	○	○	○	○	○	○	○
Las instrucciones del simulador fueron útiles durante la práctica.	○	○	○	○	○	○	○
La interacción con las máquinas virtuales facilitó el uso de las máquinas reales.	○	○	○	○	○	○	○

5. **Aprendizaje percibido** *

	1	2	3	4	5	6	7
El simulador mejoró mi comprensión de los procedimientos de seguridad.	○	○	○	○	○	○	○
El simulador facilitó mi aprendizaje durante la práctica.	○	○	○	○	○	○	○
El simulador me ayudó a comprender mejor el funcionamiento del laboratorio y sus espacios	○	○	○	○	○	○	○
El simulador fortaleció mi aprendizaje antes de la práctica real.	○	○	○	○	○	○	○

6. **Comprensión de riesgos** *

	1	2	3	4	5	6	7
El simulador me ayudó a identificar los riesgos presentes en cada estación de trabajo en la práctica real	○	○	○	○	○	○	○
El simulador fortaleció mis conocimientos sobre el uso del EPP en el laboratorio.	○	○	○	○	○	○	○
El simulador aumentó mi confianza para realizar la práctica.	○	○	○	○	○	○	○
El simulador reforzó mi conocimiento sobre las normas de seguridad.	○	○	○	○	○	○	○
La práctica real reforzó mi cultura de seguridad en el laboratorio.	○	○	○	○	○	○	○
La práctica real fortaleció mis hábitos de trabajo seguro	○	○	○	○	○	○	○
Después de realizar la práctica real, considero la seguridad como una prioridad antes de operar una máquina.	○	○	○	○	○	○	○

7. **Realismo** *

	1	2	3	4	5	6	7
El entorno virtual fue similar al laboratorio real.	○	○	○	○	○	○	○
Las máquinas virtuales fueron similares a las máquinas reales.	○	○	○	○	○	○	○
Las actividades de lapráctica real fueron similares a la práctica simulada	○	○	○	○	○	○	○
La secuencia de actividades del simulador coincidió con la práctica real.	○	○	○	○	○	○	○

8. **Satisfacción** *

	1	2	3	4	5	6	7
El simulador fue útil para mi capacitación.	○	○	○	○	○	○	○
El simulador facilitó mi desempeño durante la práctica.	○	○	○	○	○	○	○
El simulador debería utilizarse antes de las prácticas de laboratorio.	○	○	○	○	○	○	○
Recomendaría el uso del simulador a otros estudiantes.	○	○	○	○	○	○	○

9. **Confianza y preparación para el entorno laboral. (TORNO)** *

	1	2	3	4	5	6	7
Después de realizar la practica de torno, me siento preparado para realizar actividades similares en una empresa.	○	○	○	○	○	○	○
La practica de torno aumentó mi confianza para trabajar con maquinaria industrial.	○	○	○	○	○	○	○
La practica de torno redujo mi inseguridad para realizar un trabajo similar real	○	○	○	○	○	○	○
La practica de torno me preparó para realizar actividades similares en un entorno laboral.	○	○	○	○	○	○	○
Me siento con la confianza suficiente para realizar trabajos de torno en una empresa.	○	○	○	○	○	○	○

10. **Confianza y preparación para el entorno laboral. (SOLDADORA)** *

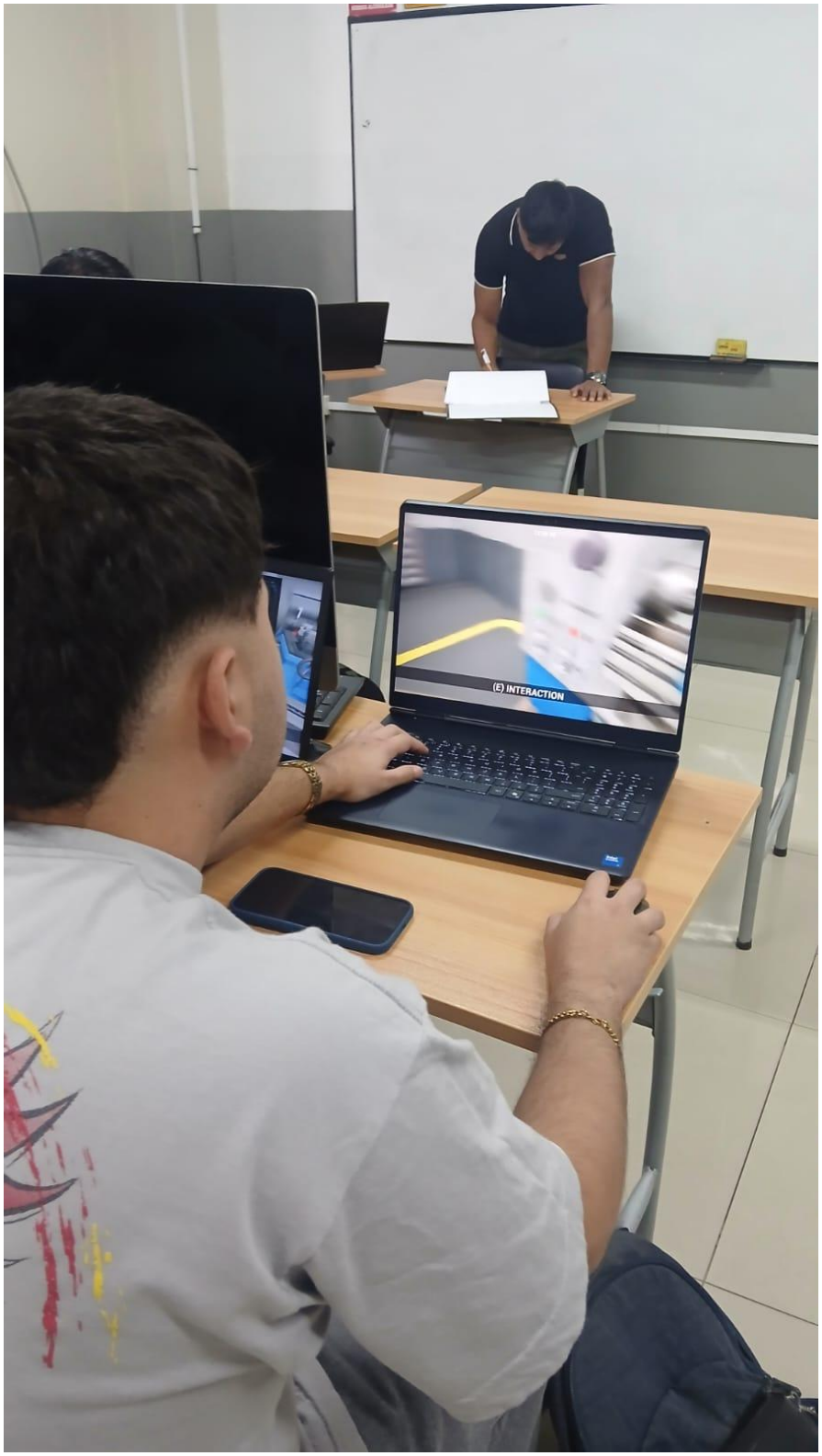
	1	2	3	4	5	6	7
Después de realizar la practica de soldadura, me siento preparado para realizar actividades similares en una empresa.	○	○	○	○	○	○	○
La practica de soldadura aumentó mi confianza para trabajar con maquinaria industrial.	○	○	○	○	○	○	○
La practica de soldadura redujo mi inseguridad para realizar un trabajo similar real.	○	○	○	○	○	○	○
La practica de soldadura me preparó para realizar actividades similares en un entorno laboral.	○	○	○	○	○	○	○
Me siento con la confianza suficiente para realizar trabajos de soldadura en una factoria.	○	○	○	○	○	○	○

11. Recomendaciones generales sobre el uso del entorno virtual previo a la practica real en el laboratorio. *

Este contenido no está creado ni respaldado por Microsoft. Los datos que envíe se enviarán al propietario del formulario.

Microsoft Forms

2.- Estudiantes usando el simulador.



3.- Respuestas encuesta de práctica simulada.

ESTUDIANTE	Usabilidad				Aprendizaje percibido				Compresión de riesgos							Realismo				Satisfacción				Confianza Torno					Confianza Soldadora				
E1	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E2	4	4	4	5	4	4	5	5	3	3	4	3	4	3	3	3	4	4	4	3	4	4	3	4	4	3	3	3	3	3	4	4	3
E3	6	6	7	6	7	7	6	7	7	7	6	6	6	7	6	6	7	6	6	6	6	7	6	6	7	7	7	6	7	7	7	7	7
E4	5	7	7	5	4	4	3	5	5	7	5	6	6	5	5	6	7	6	4	5	6	7	6	3	4	4	4	3	3	3	4	3	4
E5	7	7	6	5	4	4	4	4	2	3	4	4	4	4	5	3	6	4	6	6	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	2
E6	7	7	7	1	7	6	7	7	1	3	7	5	7	7	7	1	7	7	7	3	6	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
E7	6	6	6	5	7	6	5	5	4	6	4	6	6	5	6	4	4	4	6	5	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5	4	5	4
E8	4	6	6	4	5	6	4	5	3	5	5	6	5	5	6	5	5	5	6	5	5	5	5	4	5	4	6	4	4	4	4	5	4
E9	5	6	4	4	3	4	5	4	3	4	3	3	4	4	4	3	5	6	5	5	5	5	6	3	3	2	2	3	2	2	2	2	2
E10	7	7	7	7	7	6	7	7	4	7	6	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	4	4	5	4	4	7	7	7	7	7
E11	3	5	4	3	5	5	6	6	7	5	6	7	5	6	6	4	6	5	6	5	4	4	5	4	7	6	6	5	5	6	6	6	5
E12	3	3	6	4	6	6	4	6	4	5	2	6	5	5	4	4	6	3	4	4	4	7	6	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
E13	2	3	6	2	6	4	6	5	4	5	5	5	4	4	6	7	7	6	7	1	1	2	4	5	4	6	5	4	5	5	6	5	5
E14	7	5	7	6	5	6	5	6	4	5	6	4	5	6	6	6	7	7	7	6	6	7	7	6	7	6	6	6	7	6	6	6	6
E15	7	7	7	7	5	5	6	6	3	6	5	6	5	7	7	6	7	5	7	7	7	7	6	5	6	6	6	5	5	6	5	5	5
E16	6	6	7	6	6	4	6	6	5	6	5	6	6	6	7	5	5	5	5	6	6	6	6	4	5	5	4	5	3	4	3	3	3
E17	6	6	6	5	6	7	7	5	5	7	5	6	5	5	5	5	7	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4
E18	4	5	7	5	6	4	5	5	1	2	2	4	5	5	3	5	6	4	6	4	5	4	5	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1
E19	4	6	7	7	5	6	7	7	3	7	4	7	7	7	7	3	5	5	6	7	7	7	4	4	5	5	5	4	5	6	6	6	6
E20	5	5	6	4	6	6	6	6	5	6	6	6	5	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	5	5	6	6	5
E21	7	7	6	7	6	6	6	7	6	7	4	5	6	6	7	7	4	4	6	7	6	7	6	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
E22	6	6	7	6	6	6	6	7	6	7	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	7	6	6	7	6	7	7	7	7
E23	6	6	5	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	7	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E24	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	7	7	6	6
E25	7	7	6	6	7	7	6	5	6	6	5	7	7	6	7	6	7	5	6	6	6	6	6	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5
E26	7	7	5	7	7	6	7	6	6	7	5	7	7	6	7	6	7	4	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	6	6	5	6
E27	4	6	6	7	7	7	7	7	6	7	6	6	7	7	6	7	6	6	6	7	5	6	7	7	7	6	7	7	7	7	6	6	7
E28	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
E29	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
E30	6	6	6	5	7	7	7	7	6	7	6	7	6	7	7	7	6	6	6	6	6	6	7	3	4	5	5	5	6	6	6	6	6
E31	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7	6	7	7	7	7	6	6	6	6	7	7	7	7	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7
E32	7	6	7	6	6	7	7	7	6	7	6	7	7	7	7	7	7	6	7	6	6	7	7	6	7	6	7	7	7	7	6	7	6
E33	7	7	6	5	6	6	7	6	5	6	6	7	7	7	7	7	7	4	7	5	6	7	7	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4
E34	5	3	2	4	1	1	1	2	3	2	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	7	5	3
E35	7	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
E36	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	3	4	4	3	3
E37	6	6	6	6	6	5	6	5	6	5	6	5	4	5	4	4	5	6	5	6	5	6	6	6	6	5	5	6	6	6	5	3	5

4.- Respuestas encuesta práctica real

ESTUDIANTE	Usabilidad				Aprendizaje percibido				Compresión de riesgos							Realismo				Satisfacción				Confianza Torno					Confianza Soldadora				
E1	7	7	7	6	5	6	6	5	6	6	6	5	6	7	7	7	7	6	7	6	6	7	7	3	3	6	3	7	5	5	5	5	5
E2	3	7	4	4	7	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
E3	6	6	6	6	7	5	7	6	3	7	5	7	7	6	5	6	7	3	5	5	5	7	7	5	5	5	5	4	5	4	4	5	7
E4	6	5	6	6	7	6	6	6	7	3	6	4	6	6	4	6	6	6	7	6	7	5	5	7	6	5	7	6	7	4	7	4	7
E5	6	7	7	6	7	6	7	7	4	6	6	6	7	6	7	6	7	7	6	6	7	7	6	6	7	6	6	6	7	5	7	4	5
E6	3	3	4	3	6	7	6	3	2	7	2	3	4	6	3	4	3	7	3	6	2	4	4	3	7	2	3	6	7	6	7	6	6
E7	5	6	6	3	7	6	6	4	5	7	5	6	7	7	7	6	6	5	6	6	3	5	6	6	5	6	4	6	7	7	4	3	4
E8	6	6	6	7	6	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	4	5	4	4
E9	6	5	4	2	4	4	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	3	2	3	4	5	6	6	4	3	2	3	3	7	7	5	6	4
E10	5	7	7	6	7	4	6	6	1	7	7	7	4	7	7	7	3	7	3	7	5	7	7	3	4	4	5	7	5	5	5	5	5
E11	3	6	3	2	3	7	7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	7	7	7	7
E12	7	6	7	6	6	7	6	7	7	5	7	5	7	6	6	4	5	4	4	3	3	4	3	5	6	6	6	6	5	5	7	7	5
E13	4	4	3	7	7	3	7	7	3	3	6	6	7	3	3	4	7	2	3	2	4	4	7	4	3	3	3	2	5	6	7	7	7
E14	6	7	6	7	6	7	5	7	6	5	7	6	5	6	5	7	7	7	7	6	7	7	7	6	6	6	6	6	4	4	4	7	7
E15	7	7	7	7	6	6	6	6	5	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	5	5	5	5	5
E16	6	5	5	6	7	6	7	6	6	7	6	6	5	6	6	5	6	6	5	5	6	5	6	6	5	6	3	3	4	5	4	4	4
E17	6	7	6	7	6	5	6	5	5	6	6	5	6	5	6	6	7	6	7	6	5	7	6	5	7	6	6	7	4	5	4	4	5
E18	6	6	7	6	5	6	6	7	6	7	6	7	6	6	5	6	5	7	6	6	7	5	6	6	7	7	6	3	4	5	4	5	5
E19	5	6	5	7	5	5	6	7	7	6	7	5	6	6	7	4	5	6	7	5	6	4	6	2	5	2	6	5	4	7	5	4	3
E20	6	6	7	6	5	6	5	6	6	7	5	6	5	6	5	5	6	5	5	6	6	7	7	6	5	5	6	5	4	7	4	4	3
E21	6	6	7	7	6	6	7	5	5	6	6	7	7	6	7	6	6	7	5	6	7	6	7	6	2	6	5	6	4	4	5	4	5
E22	4	5	5	7	5	6	5	6	5	6	7	6	5	6	6	6	6	7	5	5	7	6	7	6	2	5	6	6	4	5	5	5	5
E23	6	6	6	5	5	6	7	6	5	7	6	5	6	7	7	6	5	6	7	6	7	7	7	6	5	5	4	5	4	5	4	4	5
E24	6	7	7	5	5	6	7	6	6	6	4	6	3	5	5	5	6	6	6	5	6	7	6	6	5	6	7	6	4	5	4	5	4
E25	6	5	6	6	5	7	7	5	6	6	7	5	5	7	6	5	6	6	5	7	5	6	6	5	2	5	2	6	4	5	5	4	5
E26	7	6	5	6	7	7	7	5	7	5	6	5	5	5	6	7	6	7	6	6	7	5	6	2	5	6	6	5	5	4	7	4	5
E27	6	5	6	6	5	5	7	5	6	6	5	7	6	6	7	7	5	5	6	6	6	7	5	5	6	5	5	6	7	4	6	5	4
E28	7	6	6	6	5	6	7	6	7	6	7	6	6	5	7	6	5	5	7	5	6	7	6	7	7	6	2	6	6	7	6	7	6
E29	7	6	6	6	6	6	7	7	6	6	7	6	7	6	6	6	7	6	7	6	7	6	7	7	2	2	7	7	7	7	7	6	7
E30	5	7	6	6	5	7	6	5	5	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	6	6	7	6	4	6	6	5	6	6	5
E31	5	6	5	7	5	5	5	6	6	6	6	5	6	5	7	7	6	7	7	6	7	6	5	5	6	3	6	7	6	7	7	6	7
E32	7	6	7	6	6	5	6	7	6	6	7	5	6	6	5	5	5	6	6	6	7	5	6	5	6	5	6	6	5	6	5	6	6
E33	7	6	6	7	7	6	7	5	5	6	5	5	6	7	7	7	6	7	7	6	6	5	5	5	3	6	7	7	7	7	6	6	7
E34	6	6	4	5	4	5	5	6	4	5	5	4	6	5	6	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	5	6	5	6	5
E35	4	5	6	6	6	5	5	5	5	6	7	6	7	6	6	6	6	7	7	6	6	7	7	7	6	6	6	5	5	5	5	5	5
E36	6	7	6	7	6	5	5	6	5	6	5	5	6	6	5	6	7	6	7	7	6	7	6	7	2	6	6	7	7	6	6	7	6
E37	7	6	7	7	6	6	6	7	5	7	6	6	7	6	6	7	5	6	6	6	7	6	7	6	6	7	6	7	7	7	6	6	7