



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE REALIDAD VIRTUAL PARA
LA CAPACITACIÓN EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE
ENVASADO DE AGUA”**

Propuesta tecnológica presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Industrial

AUTORES:

Murillo Jacome Angel Israel

Tigse Casillas Danny Joel

TUTOR:

Ing. MSc. Angel Guillermo Hidalgo Oñate

LATACUNGA – ECUADOR

AGOSTO- 2024



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Murrillo Jacome Angel Israel** portador del número de cedula 171840100-1, **Tigse Casillas Danny Joel** portador del número de cedula 172885142-7 declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE REALIDAD VIRTUAL PARA LA CAPACITACIÓN EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ENVASADO DE AGUA** siendo el Ing. MSc. Angel Guillermo Hidalgo Oñate tutor (a) del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....
Murrillo Jacome Angel Israel
C.I. 1718401001

.....
Tigse Casillas Danny Joel
C.I. 1728851427



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE REALIDAD VIRTUAL PARA LA CAPACITACIÓN EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ENVASADO DE AGUA”, de Murillo Jacome Angel Israel y Tigse Casillas Danny Joel, de la carrera de ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto del 2024

Ing. MSc. Ángel Guillermo Hidalgo Oñate

CC: 050325740-4



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Propuesta tecnológica de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Murillo Jacome Angel Israel y Tigse Casillas Danny Joel con el título de Proyecto de titulación: **“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE REALIDAD VIRTUAL PARA LA CAPACITACIÓN EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ENVASADO DE AGUA”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto del 2024

Para constancia firman:


.....
Ing. Ángel Tello Córdor (Presidente)
CC: 050151882-9


.....
Ing. Raúl Andrange Guayasamín
CC: 171762625-3


.....
Ing. Jaime Acurio Masabanda
CC: 050257424-7

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestra más sincera gratitud a Dios por darnos la fuerza y la perseverancia para alcanzar nuestras metas. A nuestros padres, por ser nuestro pilar fundamental, por su amor incondicional y por siempre creer en nosotros. A nuestra familia, por su apoyo constante y sus sabios consejos que nos han guiado en cada paso de este camino.

Agradecemos profundamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a la Facultad de Ciencias e Ingenierías Aplicadas por brindarnos las herramientas necesarias para nuestra formación profesional. A cada uno de nuestros profesores, quienes con su dedicación y conocimiento han contribuido significativamente a nuestro desarrollo académico.

Finalmente, un especial agradecimiento al Ing. Ángel Hidalgo y al Ing. José Naranjo cuyo apoyo y dirección fueron esenciales para la realización de esta propuesta tecnológica. Su colaboración y experiencia han sido invaluable para el éxito de este trabajo.

Angel y Danny

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios, por ser la luz guía en este viaje de conocimiento.

A mi querida madre, Aida Marina, cuya amor, paciencia y sabiduría han marcado el camino hacia mis logros. Eres mi pilar y modelo a seguir. Sin tu apoyo incondicional y tus sabias palabras, este trabajo no habría sido posible. Deseo que estas páginas sean un tributo a tu amor y sacrificio, y espero hacerte sentir orgullosa de este logro.

A mi padre, Wilson Jonás, por su apoyo constante y su ejemplo de esfuerzo y dedicación. Tus enseñanzas y tu fortaleza han sido fundamentales en este camino.

A mi hermana, Karla, por su cariño y apoyo, y por estar siempre presente con una palabra de aliento.

A mi fiel compañero, Sr. Salchicha, cuya presencia constante y amor incondicional me han brindado el apoyo emocional necesario para superar los momentos más difíciles de este proceso. Gracias por estar siempre a mi lado y por ser una fuente inagotable de alegría y motivación. Esta tesis no habría sido posible sin tu compañía y lealtad inquebrantable.

Angel Israel

DEDICATORIA

Es para mí muy grato hacer esta dedicatoria a las dos personas más importantes en mi vida como los son mis padres, Martha Cecilia y Álvaro Guillermo, cuyas enseñanzas, amor incondicional y sacrificio han sido mi mayor fuente de fortaleza. Su confianza en mí ha sido el faro que me ha guiado a lo largo de esta travesía académica. Cada paso que he dado en este camino ha sido posible gracias a su apoyo constante y su fe en mis sueños.

A mis hermanos y familiares, que con su compañía y estímulo han hecho que cada desafío se sienta más ligero y cada éxito, más gratificante. Su paciencia y comprensión han sido un gran consuelo durante las largas noches de estudio y los momentos de incertidumbre.

Finalmente, a todos aquellos que han creído en mí y me han animado a seguir adelante. Este logro es el reflejo de la suma de todos sus esfuerzos y afecto. A cada uno de ustedes, mi más sincero agradecimiento.

Con todo mi cariño y gratitud

Danny Joel

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “PROPUESTA DE UN SISTEMA DE REALIDAD VIRTUAL PARA LA CAPACITACIÓN EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ENVASADO DE AGUA”

Autores: Murillo Jacome Angel Israel

Tigse Casillas Danny Joel

RESUMEN

La industria del envasado de agua enfrenta el desafío de reducir los errores humanos y optimizar los tiempos de capacitación. Este estudio propone a la realidad virtual inmersiva como una solución innovadora para abordar esta problemática. Al sumergir a los trabajadores en simulaciones realistas de la línea de producción, la realidad virtual (RV) permite practicar tareas críticas en un entorno seguro y controlado, reduciendo el riesgo de accidentes y mejorando la eficiencia. Se desarrolló un entorno de RV con el software Unity3D en el que se creó una interfaz a través de diseños y entornos tridimensionales compatible con las gafas Oculus Quest 2 basado en las instrucciones de la línea de producción de envasado de agua de 500 BPH, replicando con precisión el proceso de producción de envasado de agua, se evaluó la usabilidad de la simulación mediante el System Usability Scale (SUS), asegurando un aprendizaje óptimo para el personal. La efectividad del sistema se midió utilizando la prueba T-Student para muestras independientes con el software IBM SPSS, comparando la eficiencia y retención de conocimientos de los participantes. El estudio reveló un avance significativo en el aprendizaje y la retención de conocimientos del personal a través del uso de RV, logrando un 94% de respuestas correctas en comparación con el 61% alcanzado mediante métodos tradicionales. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas, lo que valida la primera hipótesis y confirma la superioridad del sistema de RV. Además, el SUS arrojó una puntuación de 72.85, indicando una alta aceptación del sistema. Este entorno virtual no solo facilita la adquisición de habilidades y conocimientos de manera más efectiva y eficiente, sino que también promueve la participación activa del usuario, optimizando el proceso de capacitación.

Palabras clave: Realidad Virtual inmersiva, SUS, T-Student, Unity 3D

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

THEME: “PROPOSAL OF A VIRTUAL REALITY SYSTEM FOR TRAINING IN A WATER BOTTLING PRODUCTION LINE”

Authors: Murillo Jacome Angel Israel

Tigse Casillas Danny Joel

ABSTRACT

The water packaging industry faces the challenge of reducing human errors and optimizing training times. This study proposes immersive virtual reality as an innovative solution to address this problem. By immersing workers in realistic simulations of the production line, virtual reality (VR) allows them to practice critical tasks in a safe and controlled environment, reducing the risk of accidents and improving efficiency. A VR environment was developed with Unity3D software in which an interface was created through three-dimensional designs and environments compatible with Oculus Quest 2 glasses based on the instructions of the 500 BPH water packaging production line, accurately replicating the water packaging production process. The usability of the simulation was evaluated using the System Usability Scale (SUS), ensuring optimal learning for the staff. The effectiveness of the system was measured using the T-Student test for independent samples with IBM SPSS software, comparing the efficiency and knowledge retention of the participants. The study revealed a significant advance in staff learning and knowledge retention through the use of VR, achieving 94% correct answers compared to 61% achieved through traditional methods. These differences were statistically significant, validating the first hypothesis and confirming the superiority of the VR system. Furthermore, the SUS returned a score of 72.85, indicating a high acceptance of the system. This virtual environment not only facilitates the acquisition of skills and knowledge more effectively and efficiently, but also promotes active user participation, optimizing the training process.

Keywords: Immersive Virtual Reality, SUS, T-Student, Unity 3D

ÍNDICE GENERAL

1.	INFORMACIÓN GENERAL	1
2.	INTRODUCCIÓN	2
2.1	SITUACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
2.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
2.3	OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.3.1	Objeto de la investigación	3
2.3.2	Objeto de la acción	3
2.4	BENEFICIARIOS	4
2.4.1	Beneficiarios Directos	4
2.4.2	Beneficiarios Indirectos.....	4
2.5	JUSTIFICACIÓN	4
2.6	OBJETIVOS	5
2.6.1	Objetivo General.....	5
2.6.2	Objetivos Específicos	5
2.7	SISTEMAS DE TAREAS.....	5
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
3.1	ANTECEDENTES	7
3.2	MARCO REFERENCIAL.....	10
3.2.1	Definición de producción	10
3.2.2	Definición de una línea de producción	10
3.2.3	Tipos de línea de producción.....	11
3.2.4	Línea de producción de envasado de agua de botellón de 500 BPH.....	12
3.2.5	La industria de envasado de agua	12
3.2.6	Modelado tridimensional.....	12
3.2.7	Impacto de la tecnología 3D en la capacitación en una línea de producción.	13
3.2.8	Unity 3D	13

3.2.9	Interacción de software CAD (SolidWorks) con Unity 3D.....	14
3.2.10	Realidad virtual	14
3.2.11	Elementos de la realidad virtual	15
3.2.12	Tipos de sistemas virtuales	15
3.2.13	Beneficios del entrenamiento virtual para la industria de embotellado de agua	16
3.2.14	Preceptos fundamentales para la optimización en la línea de producción.	17
4.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	18
4.1	Metodología.....	18
4.2	MODALIDAD O ENFOQUE DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	18
4.3	TIPO DE INVESTIGACIÓN	18
4.3.1	Diseño de la investigación.....	19
4.4	CARACTERIZACIÓN DE TAREAS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ENVASADO DE AGUA DE LA EMPRESA VOLCANIC PREMIUM WATER S.A.	20
4.4.1	Descripción de la empresa.....	20
4.4.2	Layout de VOLCANIC PREMIUM WATER S.A.	21
4.4.3	Mapa de procesos de la empresa	22
4.4.4	Descripción del proceso de envasado de agua de botellón en la línea de producción	22
4.4.5	Ficha del proceso de envasado de agua de botellón	29
4.5	DESARROLLO DEL MODELADO 3D.....	30
4.5.1	Comparativa de Software CAD.....	30
4.5.2	Selección del software	31
4.5.3	Diseño CAD banda de la transportadora	31
4.5.4	Diseño CAD máquina destapadora.....	32
4.5.5	Diseño CAD de la máquina Cepilladora	33
4.5.6	Diseño CAD máquina lavadora y llenadora	34
4.5.7	Diseño CAD máquina taponadora	36
4.5.8	Diseño CAD máquina selladora	36

4.6	DISEÑO DEL ENTORNO VIRTUAL EN UNITY 3D PARA LA CAPACITACION DEL PERSONAL	37
4.6.1	Exportación de modelos CAD.....	37
4.6.2	Creación del proyecto en Unity 3D	37
4.6.3	Importación de archivos	38
4.6.4	Animación en Unity de las etapas de la línea de embotellado	38
4.7	IMPLEMENTACIÓN DE MECANISMOS INTUITIVOS DE INTERACCIÓN NATURAL	45
4.7.1	Desarrollo de mensajes en la animación.....	45
4.7.2	Audio de Enseñanza en la Línea de Producción de Envasado de Agua	48
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	48
5.1	ANIMACIÓN COMPLETA DE LA LÍNEA DE ENVASADO DE AGUA EN UNITY 48	
5.2	SISTEMA DE RV FUNCIONAL	49
5.2.1	Inmersión y experiencia de usuario	49
5.2.2	Rendimiento	49
5.2.3	Precisión y Realismo:	50
5.3	ANÁLISIS DEL APRENDIZAJE ALCANZADO CON SISTEMA RV	51
5.3.1	Test 1.....	51
5.3.2	Test 2.....	52
	Uso del software IBM SPSS Statistics	56
5.4	ANÁLISIS DE LA USABILIDAD DEL SISTEMA RV	61
5.4.1	Cálculo de usabilidad del sistema VR	65
5.5	IMPACTO ECONÓMICO	68
5.5.1	Costos de desarrollo de proyecto.....	68
5.5.2	Costos de capacitación tradicional	70
5.5.3	Evaluación Financiera del Proyecto	72
5.5.4	Cálculo del ROI.....	73

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
6.1	CONCLUSIONES	76
6.2	RECOMENDACIONES.....	77
7.	REFERENCIAS	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Diagrama causa-efecto sobre los desafíos de la capacitación.....	3
Figura 3.1. Ejemplo gráfico de una línea de producción [23]	11
Figura 3.2: Elementos de la RV [33].	15
Figura 3.3. Preceptos para la optimización de una línea de producción[1].....	17
Figura 4.1. Esquema del desarrollo del proyecto por etapas	19
Figura 4.2. Arquitectura del sistema RV	20
Figura 4.3. Layout de VOLCANIC PREMIUM WATER S.A.	21
Figura 4.4. Mapa de procesos de VOLCANIC PREMIUM WATER S.A.	22
Figura 4.5. Máquina destapadora	23
Figura 4.6: Máquina cepilladora.....	25
Figura 4.7. Máquina de llenado y lavado	26
Figura 4.8. Máquina de tapado	28
Figura 4.9. Diagrama de flujo del proceso de envasado de agua de botellón	28
Figura 4.10. Ficha perteneciente al proceso de envasado de agua	29
Figura 4.11. Diseño CAD de la banda transportadora.....	32
Figura 4.12. Diseño CAD de la máquina destapadora	32
Figura 4.13. Diseño CAD de la garra extractora de tapas	33
Figura 4.14. Diseño CAD de la maquina cepilladora.....	33
Figura 4.15. Diseño CAD de los cepillos giratorios.....	34
Figura 4.16. Diseño CAD de la máquina de lavado y llenado	34
Figura 4.17. Diseño CAD de la parte de lavado.....	35
Figura 4.18. Diseño CAD de la parte de llenado.....	35
Figura 4.19. Diseño CAD de la máquina taponadora.....	36
Figura 4.20. Diseño CAD de la máquina selladora	36
Figura 4.21. Creación del proyecto en Unity.....	37
Figura 4.22. Área de trabajo.	37
Figura 4.23. Archivos importados a Unity	38
Figura 4.24. Script personalizable generado por ChatGPT para la primera y cuarta etapa.....	39
Figura 4.25. Script generado por ChatGPT para la segunda etapa.....	40
Figura 4.26. Script personalizable generado por ChatGPT para la tercera etapa	40
Figura 4.27. Aplicación de texturas a la primera etapa.	41
Figura 4.28. Proceso de animación de la primera etapa	42
Figura 4.29. Aplicación de texturas a la segunda etapa.....	42

Figura 4.30. Proceso de animación de la segunda etapa	43
Figura 4.31. Aplicación de texturas a la tercera etapa	43
Figura 4.32. Proceso de animación de la tercera etapa.....	44
Figura 4.33. Aplicación de texturas de la cuarta etapa	44
Figura 4.34. Proceso de animación de la cuarta etapa.....	45
Figura 4.35. Creación de mensajes para la animación del proceso de envasado de agua+	45
Figura 4.36. Ventana de configuración de mensajes	46
Figura 4.37. Implementación de los mensajes en la animación	46
Figura 4.38. Panel de configuración e intrusiones de la maquina	47
Figura 4.39. Segundo panel de configuración e intrusiones de la maquina	47
Figura 4.40. Implementación de audios en la simulación	48
Figura 5.1. Animación completa de la línea de producción de envasado de agua	49
Figura 5.2. Interactividad del usuario con el sistema RV	49
Figura 5.3. Animación optimizada en los Oculost Quest 2	50
Figura 5.4. Panel de mensajes interactivos para la capacitación	50
Figura 5.5. Comparación del porcentaje de la nota media	55
Figura 5.6. Selección de datos para realizar la prueba de normalidad	57
Figura 5.7. Datos de la prueba de normalidad.....	58
Figura 5.8. Prueba de normalidad realizada.	58
Figura 5.9. Prueba de Levene generada.....	59
Figura 5.10. Prueba T Student generada.....	60
Figura 5.11.Resultados de la puntuación SUS.....	67
Figura 5.12. Flujograma del Proceso de Capacitación.	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Tareas realizadas en el proyecto de titulación	5
Tabla 4.1. Técnicas usadas en el proyecto	18
Tabla 4.2. Tabla comparativa de los programas de diseño CAD.....	30
Tabla 5.1. Notas de conocimientos básicos antes del implementar la RV test 1	51
Tabla 5.2. Porcentaje de preguntas incorrectas y correctas del test 1	52
Tabla 5.3. Notas obtenidas del grupo de control test 2.....	52
Tabla 5.4. Notas obtenidas del grupo experimental test 2	53
Tabla 5.5. Porcentajes del test de Control test 2.....	54
Tabla 5.6. Porcentajes del test experimental test 2	54
Tabla 5.7. Tipo de pruebas paramétricas y no paramétricas	56
Tabla 5.8. Comparación de normalidad.....	59
Tabla 5.9. Comparación de normalidad en términos de variables.....	59
Tabla 5.10. Comparación del valor de alfa.....	60
Tabla 5.11. Resultados de las pruebas estadísticas realizadas	61
Tabla 5.12. Resultados de la prueba de usabilidad del primer participante.....	62
Tabla 5.13. Resultados de la prueba de usabilidad del segundo participante	62
Tabla 5.14: Resultados de la prueba de usabilidad del tercer participante	63
Tabla 5.15: Resultados de la prueba de usabilidad del cuarto participante	63
Tabla 5.16: Resultados de la prueba de usabilidad del quinto participante	64
Tabla 5.17:Resultados de la prueba de usabilidad del sexto participante.....	64
Tabla 5.18: Resultados de la prueba de usabilidad del séptimo participante	65
Tabla 5.19. Datos de preguntas positivas	66
Tabla 5.20. Tabla de valores de las 5 preguntas negativas	66
Tabla 5.21. Tabla de resultados del test SUS.....	67
Tabla 5.22.Matriz de Costos atribuibles al Proyecto	68
Tabla 5.23. Costos de Mantenimiento del Software.....	69
Tabla 5.24. Matriz de Costo Actividad: Capacitación al Personal en la empresa	72
Tabla 5.25. Flujos de Efectivo Esperados del proyecto.....	73
Tabla 5.26. Cálculo del ROI del proyecto	74
Tabla 5.27. Cálculo de Recuperación de Inversión	74
Tabla 5.28. Resumen de Resultados	75

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título:

Propuesta de un sistema de realidad virtual para la capacitación en una línea de producción de envasado de agua.

Fecha de inicio:

Marzo 2024

Fecha de finalización:

Agosto 2024

Lugar de ejecución:

San Felipe- Eloy Alfaro-Latacunga-Cotopaxi-Zona 3-Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia:

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

Carrera que auspicia:

Ingeniería Industrial

Propuesta Tecnológica vinculada:

Proyecto de la carrera

Equipo de trabajo:

Tutor de Titulación.

Ing. MSc. Ángel Guillermo Hidalgo Oñate

Estudiantes:

Murillo Jacome Angel Israel

Tigse Casillas Danny Joel

Área de Conocimiento:

Ingeniería, Industria y Construcción

Línea de investigación:

Tecnología Industrial

Sublíneas de investigación de la Carrera:

Innovación tecnológica de los sistemas productivos

2. INTRODUCCIÓN

La presente propuesta tecnológica describe un sistema de realidad virtual (RV) para la capacitación del personal en una línea de producción de envasado de agua. La propuesta proporciona una experiencia inmersiva y realista que permite a los usuarios familiarizarse con el entorno de trabajo, los equipos y las operaciones de la planta sin necesidad de estar físicamente presentes, ya que es un concepto más atractivo que facilita la capacitación del personal de manera eficaz y más rápida, evitando así el paro de la línea de producción. La RV facilita de mejor manera el entendimiento de los procesos en una línea de producción y también ayuda a minimizar los riesgos en el campo laboral, ya que a través de la realidad virtual se puede simular un entorno más seguro para el personal nuevo o que aún no se encuentra capacitado.

2.1 SITUACIÓN DEL PROBLEMA

La capacitación del nuevo personal en las empresas ecuatorianas, particularmente en industrias con procesos complejos como una la línea de producción de envasado de agua, enfrenta serias limitaciones.

Los métodos tradicionales de enseñanza no logran proporcionar una formación eficiente, lo que se traduce en un aumento de errores, demoras en el aprendizaje y riesgos significativos en el entorno laboral.

En la empresa VOLCANIC PREMIUM WATER SA, la situación es aún más crítica debido al ritmo acelerado de producción y la alta complejidad técnica que caracteriza su operación. La dependencia de empleados experimentados para capacitar a nuevos operarios no solo reduce la eficiencia, sino que también pone en riesgo la continuidad de la producción y la integridad de la maquinaria. Además, la creciente demanda de asimilación de conocimientos técnicos en un corto período de tiempo agudiza los desafíos de la formación.

Esta situación genera pérdidas económicas y afecta la calidad del producto final, subrayando la necesidad urgente de adoptar métodos de capacitación más avanzados. La implementación de tecnologías como la realidad virtual podría ofrecer una solución, permitiendo a los operarios practicar en un entorno seguro y reducir significativamente los errores durante la fase de aprendizaje.

En la Figura 2.1 se puede observar un diagrama Causa-efecto de los desafíos presentes al capacitar personal de manera tradicional.

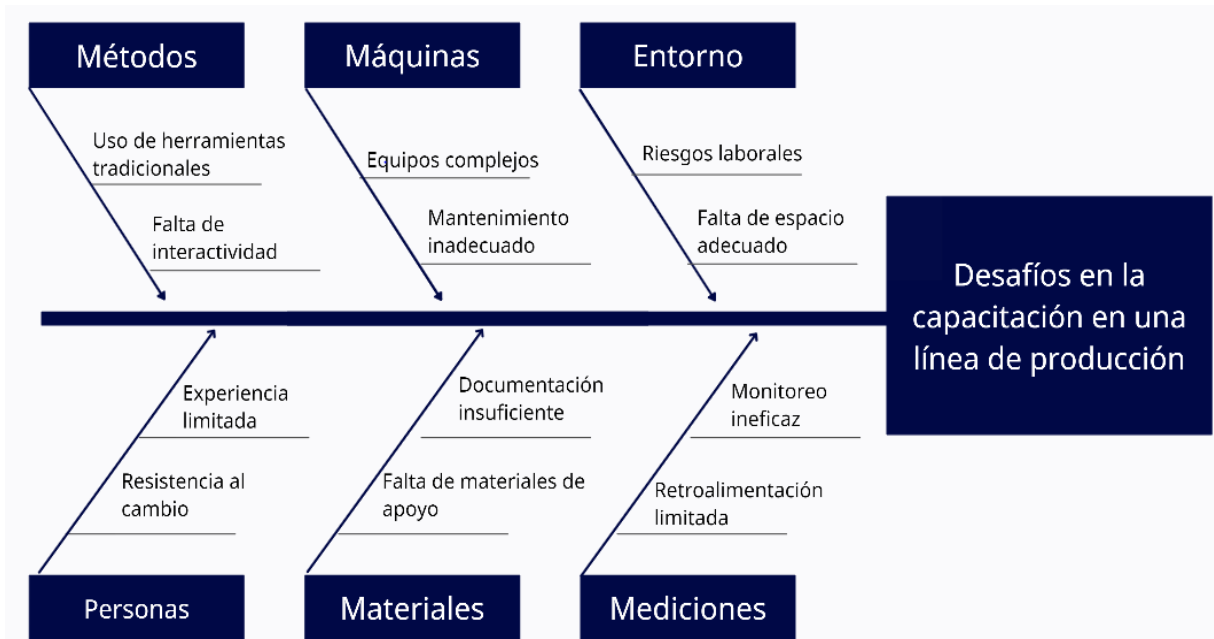


Figura 2.1. Diagrama causa-efecto sobre los desafíos de la capacitación

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La metodología de capacitación tradicional no ofrece una formación adecuada y eficiente, lo que se traduce en una elevada tasa de errores y un tiempo extendido en el proceso de aprendizaje.

2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.3.1 Objeto de la investigación

El uso de la realidad virtual como herramienta para la capacitación del personal en líneas de producción de envasado de agua.

2.3.2 Objeto de la acción

Se toma como referencia la norma CINE – UNESCO se detalla lo siguiente: Área Principal: 32 - Ingeniería y Tecnología, subárea: 329 - Otras Ingenierías y Tecnologías Campo detallado: 3299 - Otras Ingenierías y Tecnologías no clasificadas en otras partes

2.4 BENEFICIARIOS

2.4.1 Beneficiarios Directos

Personal de la planta de envasado de agua, los 7 empleados que participarán en el proceso de capacitación mediante el sistema de realidad virtual. Se beneficiarán al adquirir habilidades y conocimientos de manera más segura y efectiva.

2.4.2 Beneficiarios Indirectos

Empresa de envasado de agua, la empresa se beneficiará de una mayor eficiencia operativa y reducción de paros en la producción debido a una capacitación más efectiva.

2.5 JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con la encuesta PwC 2022 US Metaverse, más de la mitad de las empresas en el mundo (51%) están en la fase de implementar la realidad virtual dentro de sus estrategias corporativas o ya la han integrado en al menos un área de negocio. [4] Este dato subraya la creciente importancia de la realidad virtual en el panorama empresarial actual. Además, un significativo 34% de las empresas reconoce que uno de los mayores beneficios que han obtenido o anticipan del metaverso es la optimización en el desarrollo y capacitación de sus empleados. Esto refleja una tendencia hacia la adopción de tecnologías inmersivas para mejorar la eficiencia y efectividad de los programas de formación laboral, lo que a su vez puede conducir a una fuerza laboral más competente y preparada para enfrentar los desafíos del futuro.

La RV se está posicionando como una solución vanguardista en el ámbito de la capacitación laboral, especialmente en entornos de producción complejos como el embotellamiento de agua. La RV ofrece un entorno seguro y controlado donde los operadores pueden desarrollar habilidades esenciales como la motricidad fina, los reflejos rápidos y la comprensión profunda de los procesos, sin el riesgo asociado con la capacitación en un entorno real. [5]

Los simuladores de RV, al ser herramientas de aprendizaje inmersivo, no solo benefician a los empleados en su desarrollo profesional, sino que también ofrecen ventajas significativas a los empleadores. Estas incluyen la promoción de prácticas laborales seguras, la reducción de accidentes y errores, y una mayor eficiencia en la producción, lo que a su vez contribuye al desarrollo económico sostenible de la empresa. [6]

En el caso específico de VOLCANIC PREMIUM WATER S.A, la implementación de un sistema de RV para la capacitación del personal en la línea de producción de envasado de agua

promete ser una inversión inteligente. Se anticipa que este sistema no solo mejorará la seguridad y el rendimiento del personal, sino que también resultará en un ahorro de costos significativo a largo plazo, al reducir la necesidad de recursos físicos y minimizar el tiempo de inactividad de la maquinaria por errores humanos. [5]

La metodología propuesta para integrar la RV en el proceso de capacitación incluirá un análisis exhaustivo, tanto cualitativo como cuantitativo, de los métodos de capacitación actuales en comparación con los basados en RV. Este análisis se centrará en datos reales y aplicará metodologías de investigación rigurosas para garantizar que los sistemas de RV proporcionen soluciones efectivas y eficientes a los desafíos de capacitación en el lugar de trabajo. [1]

Con esta propuesta, VOLCANIC PREMIUM WATER S.A. se posiciona a la vanguardia de la innovación en capacitación, estableciendo un precedente para la industria y reforzando su compromiso con la excelencia operativa y la responsabilidad corporativa.

2.6 OBJETIVOS

2.6.1 Objetivo General

Desarrollar una propuesta de un sistema de realidad virtual para la capacitación en una línea de producción de envasado de agua.

2.6.2 Objetivos Específicos

- Realizar un levantamiento de la información sobre las tareas realizadas en la línea de producción de envasado de agua de botellón
- Desarrollar una interfaz que permita a los operarios interactuar, de manera eficiente, con el sistema de realidad virtual propuesto.
- Evaluar la efectividad de este enfoque en términos de aprendizaje y retención de conocimientos.

2.7 SISTEMAS DE TAREAS

Para alcanzar los objetivos de la propuesta tecnológica se plantean las siguientes actividades junto con sus posibles resultados en la siguiente Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Tareas realizadas en el proyecto de titulación

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
<p>Objetivo 1</p> <p>Realizar un levantamiento detallado de la información sobre las tareas realizadas en la línea de producción de envasado de agua de botellón.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realización de visitas técnicas a la empresa para recolectar información. • Desarrollo de un mapa de procesos de la empresa. • Diseño de un diagrama de flujo de la línea de producción de envasado de agua. • Elaboración de una ficha de procesos para el proceso de envasado de agua de botellón. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estado actual de la empresa. • Representación gráfica de cómo se interconectan las actividades de la empresa. • Representación visual los pasos de la línea de producción. • Información detallada del proceso de envasado de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Observación directa, notas de campo, cámara fotográfica. • Herramientas para la creación de diagramas de flujo, software especializado.
<p>Objetivo 2</p> <p>Desarrollar una interfaz que permita a los operarios interactuar, de manera eficiente, con el sistema de realidad virtual propuesto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de softwares para la elaboración de las internas. • Modelado virtual de las máquinas de la línea de producción de envasado de botellón. • Implementación de mecanismos intuitivos de interacción natural. • Animación virtual de la línea de producción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Softwares de diseño y animación seleccionados. • Máquinas diseñadas en SolidWorks. • Mensajes y audios que ayudan al entrenamiento del personal. • Interfaz intuitiva y fácil de usar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Software de modelado 3D(SolidWorks) • Software de animación Unity 3D. • Programación para el funcionamiento del entorno virtual en Unity.
<p>Objetivo 3</p> <p>Evaluar la efectividad de este enfoque en términos de aprendizaje y retención de conocimientos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realización de ensayos del funcionamiento del sistema de R.V. • Aplicación de pruebas de aprendizaje y retención de conocimientos. • Realización de análisis del aprendizaje alcanzado con la interfaz desarrollada para determinar la efectividad del sistema de RV. • Medición la usabilidad del sistema RV. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema funcional RV funcional para la capacitación de personal. • Datos sobre el aprendizaje y la retención de conocimiento del funcionamiento de las maquinas en la línea de producción. • Mejora demostrable en el aprendizaje. • Feedback positivo de los operarios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizarán un test para medir el conocimiento adquirido de los participantes • Software IBM SPSS Statistics. • Prueba SUS de usabilidad.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 ANTECEDENTES

El proyecto plantea un problema relevante sobre la falta de capacitación adecuada como causa principal de accidentes laborales. Se propone la Realidad Virtual (RV) como una solución innovadora para mejorar la eficacia y seguridad en los entrenamientos de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST). A través de una revisión sistemática y entrevistas a expertos, se concluye que la RV es altamente valorada por su capacidad de simular situaciones peligrosas, permitiendo a los trabajadores aprender de manera inmersiva y repetitiva. Sin embargo, se identifican desafíos como la necesidad de personal capacitado y la inversión tecnológica.[7]

Para capacitar a trabajadores en una variedad de áreas, como la electricidad, la Realidad Virtual (RV) es una tecnología versátil que permite simular situaciones peligrosas de manera segura. Los linieros realizan tareas de alta tensión que implican riesgos importantes en el sector eléctrico. CLERV 3D es una herramienta de RV que se ha creado para aumentar la eficacia y la seguridad de estos trabajos. Los linieros pueden practicar y aprender de manera segura gracias a esta plataforma, que brinda simulaciones realistas de tareas de mantenimiento en líneas energizadas. La mejora en la planificación de trabajos, la estandarización de procedimientos y la disminución de accidentes laborales son algunos de los beneficios de CLERV 3D.[8]

MECHLAB es un simulador que aborda los inconvenientes de las visitas convencionales a la industria y las prácticas profesionales. Con el fin de superar las restricciones impuestas por la infraestructura y las regulaciones, MECHLAB permite a estudiantes, profesionales y trabajadores adquirir experiencia práctica en un ambiente industrial simulado. El potencial de MECHLAB para mejorar la capacitación en múltiples industrias se destaca por la acogida favorable de los alumnos de ingeniería de diferentes disciplinas. Para mejorar la capacitación y la enseñanza de estudiantes, profesionales y trabajadores en una variedad de sectores, MECHLAB es un simulador. Las regulaciones y la infraestructura pueden limitar las visitas a la industria y las prácticas profesionales tradicionales.[9]

Para capacitaciones en habilidades blandas, VirtualMan ofrece soluciones de realidad virtual que combinan escalabilidad y alta efectividad. Un diseño de ambientes virtuales y avatares de alta calidad, el reconocimiento de voz, las métricas de rendimiento y la retroalimentación en tiempo real son elementos fundamentales para su desarrollo. "Desarrollamos a las personas para que se desempeñen al máximo", es su propuesta de valor. El desarrollo técnico y conceptual del producto, las actividades comerciales y el servicio posventa son actividades importantes. Las

compañías con una estrecha relación con los clientes o las empresas del sector servicios constituyen el mercado objetivo. Se benefician financieramente de economías de escala y de un modelo SaaS que garantiza ingresos constantes. [10]

El estudio se enfoca en la psicología industrial, en particular en cómo la capacitación virtual afecta el rendimiento laboral. Para mejorar el desempeño de los trabajadores de Fundación Alternativa, se pretende implementar un plan de capacitación virtual. El rendimiento laboral del personal de la fundación se incrementará con la capacitación virtual, según la hipótesis. Los postulados de Idalberto Chiavenato y de TACCLE sobre recursos didácticos para ambientes de aprendizaje constituyen la base teórica del estudio. El enfoque de la investigación no es experimental.[11]

La sociedad contemporánea ha adoptado ampliamente la RV. Aunque muchos la perciben principalmente como una forma de entretenimiento, esta tecnología digital tendrá un impacto significativo en el futuro de la educación, especialmente en la formación en ingeniería. La RV puede ofrecer a los estudiantes una estimulación multisensorial más visual e intuitiva, facilitando un aprendizaje más profundo y el desarrollo de intereses al permitir el acceso a espacios virtuales para actividades educativas. Además, puede acelerar los procesos cognitivos y de aplicación. Por lo tanto, es fundamental integrar esta tecnología en los programas de educación en ingeniería.[12]

Las operaciones de maquinaria en sitios de construcción suelen causar lesiones graves y muertes. La capacitación práctica en entornos virtuales es clave para mejorar la seguridad de los operadores. Este estudio compara la efectividad de la capacitación en seguridad utilizando cascos de realidad virtual frente a pantallas planas entre aprendices de grúas torre. Durante simulaciones, se recopiló retroalimentación con un joystick para evaluar la precisión en la identificación de peligros y se utilizaron cuestionarios para identificar factores que contribuyen a una capacitación efectiva. El análisis mostró que los cascos de realidad virtual aumentan la eficiencia del entrenamiento al ofrecer mayor inmersión, realismo y percepción de profundidad, mejorando la precisión en la identificación de peligros críticos como los cables eléctricos.[13]

El principal objetivo de esta investigación fue optimizar el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional mediante el uso de tecnología de Realidad Virtual inmersiva en la empresa minera Antamina S.A., ubicada en Huari, Áncash. El estudio fue de carácter aplicado, con un enfoque explicativo y diseño cuasi experimental. Se seleccionó una muestra de 18 trabajadores mediante muestreo por conveniencia.[14] En el trabajo de investigación se usaron técnicas como la revisión de documentos y encuestas con cuestionarios que abarca las

fases de análisis, diseño, desarrollo y evaluación para crear escenarios tridimensionales. Los resultados del proyecto indican una mejora al momento de capacitar personal lo que pudo confirmar la hipótesis planteado por el autor.

La producción Upstream de Oil & Gas es llevada a cabo por empresas que se dedican a identificar, extraer o producir materias primas. Este sector industrial ha experimentado un crecimiento constante en el campo de la automatización, con el objetivo de mejorar sus procesos y aumentar la productividad, al mismo tiempo que buscan garantizar la seguridad de sus trabajadores, maquinaria e instalaciones. [15] Debido a que la mayoría de los equipos industriales son muy costosos, los operadores de campo y los técnicos de instrumentos deben recibir capacitación virtual. Además, se pueden reducir los costos mediante el uso de herramientas como la RV y la Realidad Aumentada (RA), que requieren tiempo de capacitación.

Un tema de interés mundial es la accidentalidad laboral, así como las técnicas y recursos para evitarla. Los espacios de entrenamiento que contribuyan a la prevención de accidentes se pueden crear gracias a la tecnología emergente, como los dispositivos hápticos y la realidad virtual. El diseño de un ambiente de realidad virtual con dispositivos hápticos para capacitar en gestión del riesgo laboral se explica en este artículo. Estos avances son útiles para la capacitación en la gestión de riesgos en entornos seguros, según las pruebas de funcionamiento y la validación del entorno realizadas por personal técnico operativo del sector eléctrico.[16]

El manejo de las gafas Óculos Quest 2 con Unity 3D ayuda a proporcionar un conocimiento inmerso en un entorno de realidad virtual. El cual ayuda, a la capacidad de utilizar de manera más fácil y adecuada las gafas Óculos Quest 2 permitiendo una mayor participación y un mayor conocimiento de maneras más natural e intuitivo con los componentes virtuales[1]. En definitiva, con las gafas Óculos Quest 2 y Unity 3D nos ayuda a proporcionar una gran experiencia de la realidad virtual y lo beneficiosa que puede llegar a ser para el operador. [17]

La RV se ha convertido en una herramienta revolucionaria para la capacitación laboral, ofreciendo una forma de aprendizaje inmersiva y efectiva a un costo significativamente menor en comparación con los entrenamientos en entornos reales. La RV permite a los usuarios sumergirse en entornos simulados de alta calidad, donde pueden interactuar con cada componente y proceso de manera detallada, lo que facilita una comprensión profunda y completa del funcionamiento de los sistemas. Además, la RV es particularmente valiosa para el desarrollo de habilidades motoras, reflejos y comprensión cognitiva [1]. Los operadores pueden practicar y perfeccionar sus habilidades en un entorno seguro y controlado, sin riesgos

asociados, lo que les permite experimentar y resolver problemas de manera creativa y eficiente. [18]

La sociedad contemporánea ha adoptado ampliamente la realidad virtual (RV). Aunque muchos la perciben principalmente como una forma de entretenimiento, esta tecnología digital tendrá un impacto significativo en el futuro de la educación, especialmente en la formación en ingeniería. La RV puede ofrecer a los estudiantes una estimulación multisensorial más visual e intuitiva, facilitando un aprendizaje más profundo y el desarrollo de intereses al permitir el acceso a espacios virtuales para actividades educativas. Además, puede acelerar los procesos cognitivos y de aplicación. Por lo tanto, es fundamental integrar esta tecnología en los programas de educación en ingeniería.

Un aspecto crucial de la simulación en RV es la programación en C# (CSharp), que es el lenguaje de programación predominante en Unity 3D, una plataforma líder para el desarrollo de simulaciones tridimensionales. Con el tiempo, C# ha demostrado ser una herramienta indispensable en la industria, permitiendo la creación de escenarios complejos y realistas que son fundamentales para el entrenamiento efectivo en RV. [19]

La RV no solo reduce costos y mejora la eficacia de las capacitaciones laborales, sino que también proporciona un medio seguro y flexible para el desarrollo de habilidades críticas, apoyado por la robusta programación en C# dentro del entorno de Unity 3D. [20] Gran parte de los beneficios de utilizar Unity 3D son las interacciones que se puede llegar a tener con objetos y simulaciones virtuales y la gran capacidad de adaptarse a diferentes entornos y realizar un modelaje real y en tiempo real. [1]

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Definición de producción

La producción es el proceso en el que se transforma la materia prima en bienes o servicios para el consumo, es decir se le da un valor agregado con un fin de producción a través de satisfacer las necesidades humanas. [21]

3.2.2 Definición de una línea de producción

Un conjunto de operaciones secuenciales que se realizan durante la fabricación de un producto se conoce como línea de producción. Este proceso se lleva a cabo de manera organizada, con personal y maquinaria dispuestos en diferentes áreas de trabajo dentro de la fábrica. Este tipo

de producción crea productos a partir de materias primas o componentes que deben unirse para convertirse en un producto final que se vende al consumidor. En la siguiente Figura 3.1 se presenta un ejemplo gráfico de cómo se compone una línea de producción, se puede observar que los trabajadores están situados estratégicamente en las máquinas para evitar cuellos de botella .[22]



Figura 3.1. Ejemplo gráfico de una línea de producción [23]

3.2.3 Tipos de línea de producción

El tipo de línea de producción es una decisión estratégica que tiene un impacto directo en la flexibilidad, la eficiencia y la calidad de un proceso productivo. La siguiente es una clasificación de los principales tipos de líneas de producción:

- Línea de Producción Continua: caracterizada por un flujo ininterrumpido de materiales y productos
- Línea de Producción Intermitente: se adapta a la producción de lotes de productos diferentes, con cambios frecuentes en la configuración de la línea.
- Línea de Producción en Masa: diseñada para la producción a gran escala de productos idénticos.
- Producción Celular: organiza los recursos en células de trabajo autónomas, cada una dedicada a la producción de un componente o subensamblaje específico.[24]

3.2.4 Línea de producción de envasado de agua de botellón de 500 BPH

La estructura específica de la línea de envasado de agua varía según el tipo de envase producido, la capacidad de producción deseada y el presupuesto disponible. No obstante, todas las líneas de producción de envasado de agua comparten los pasos básicos: limpieza, llenado y sellado. La línea de embotellado de agua de 5 galones y 500 BPH es una unidad industrial diseñada para lavar, llenar y tapar automáticamente 500 galones de botellas de agua por hora. Esta línea de producción de envasado está compuesta de una estructura compacta, además de tecnología altamente automatizada y trabajo confiable y eficiente. [25]

La máquina llenadora de agua embotellada es un equipo de producción de agua embotellada completamente automático que combina componentes de máquina, electrónicos y neumáticos[26]. La máquina llenadora de agua embotellada de 5 galones puede venir en una variedad de modelos para proporcionar una capacidad de producción de 60 a 500BPH. El equipo principal de la máquina llenadora de agua embotellada de 5 galones consta de un marco de acero inoxidable 304, tubería de acero inoxidable 304, bomba, cilindro, transmisión y componentes eléctricos. El modelo de utilidad tiene funciones integrales de limpieza, llenado y taponado automáticos, y la cantidad de llenado es precisa. La longitud del transportador de botellas vacías y del transportador de botellas llenas se puede diseñar de acuerdo con el taller del comprador. Esta línea de producción cuenta con un sistema complejo que consta de varias máquinas interconectadas que realizan tareas específica.[27]

3.2.5 La industria de envasado de agua

A causa de que las personas buscan estilos de vida saludables, la industria del agua embotellada ha experimentado un crecimiento exponencial. Para satisfacer esta creciente demanda, se asumen desafíos para mejorar la eficiencia de sus procesos operativos, lo que requiere personal capacitado para operar máquinas especializadas para limpiar, llenar, etiquetar y sellar la botella. Las principales características de esta industria incluyen una alta exigencia de calidad y eficiencia del proceso de producción, así como una fuerte competitividad. Las líneas de producción se adaptan a la forma, tamaño y material del envase, siendo el plástico PET el material más popular entre las líneas de producción. [28]

3.2.6 Modelado tridimensional

El modelado 3D es una herramienta poderosa que permite crear, analizar e investigar formas tridimensionales mediante programas informáticos. Esta tecnología abre un mundo de

posibilidades para observar e interactuar con objetos virtuales de una manera más precisa y realista, también tiene un amplio campo de aplicaciones, desde la medicina y la industria de producción, hasta la ingeniería y la arquitectura [1]. En el ámbito de la realidad virtual, el modelado 3D es fundamental para la creación de diseños y entornos virtuales que se pueden visualizar y comprender antes de ser implementados en el mundo real, ofrece una serie de ventajas, como la reducción de tiempo y costos, la mejora de la precisión en los procesos y la optimización de la preparación y capacitación se ha convertido en una herramienta esencial para la creación y visualización de elementos en el mundo actual. Su papel en la creación de modelos virtuales es fundamental para diversos sectores, permitiendo anticipar resultados, mejorar la comunicación y potenciar la innovación. [29]

3.2.7 Impacto de la tecnología 3D en la capacitación en una línea de producción.

Es innegable que la formación ha experimentado cambios significativos a lo largo del tiempo, integrando progresivamente el empleo de nuevas tecnologías con el propósito de mejorar. La capacitación mediante el uso de tecnología 3D ha emergido como una herramienta crucial en el proceso de aprendizaje, ofreciendo una amplia gama de beneficios en la actualidad. A través de la tecnología 3D, los individuos tienen la oportunidad de sumergirse y explorar entornos virtuales, lo que facilita una comprensión más profunda de su entorno [1]. La realidad virtual (RV) desempeña un papel fundamental en el ámbito de la formación, al proporcionar una plataforma innovadora que fomenta el desarrollo de habilidades prácticas. La RV ofrece experiencias envolventes y realistas que permiten a los empleados interactuar con diversos escenarios virtuales, practicando en un entorno motivador y seguro. La aplicación de la RV conlleva una reducción en los costos asociados con los métodos de capacitación convencionales. La eficacia de la formación en RV puede evaluarse mediante indicadores tales como el rendimiento y la satisfacción laboral, lo que contribuye a preparar a los empleados para enfrentar los desafíos del mundo real. La formación en 3D, por ende, se revela como un recurso fundamental y beneficioso, ya que promueve la colaboración y facilita un proceso de aprendizaje más efectivo para el personal. [21]

3.2.8 Unity 3D

Unity 3D es ampliamente reconocido como un motor de videojuegos utilizado por programadores y diseñadores a nivel global. Su versatilidad lo convierte en una herramienta fundamental para la creación y diseño eficiente de videojuegos, experiencias virtuales y aplicaciones. Más allá de esta función primordial, Unity 3D también se destaca por su conjunto

de rutinas que posibilitan el funcionamiento de entornos interactivos. Este software no solo facilita la construcción de experiencias inmersivas, sino que también impulsa el uso de tecnologías avanzadas, como las gráficas en tiempo real [1]. La capacidad de Unity 3D para generar gráficos en tiempo real proporciona un nivel adicional de realismo y emoción a las experiencias desarrolladas con este software. Además, su amplia gama de herramientas y características avanzadas brinda a los usuarios un conjunto completo de recursos para potenciar sus habilidades de desarrollo, Unity 3D no solo es un motor de videojuegos, sino también una plataforma integral que permite a los creadores explorar nuevas fronteras en la creación de contenido interactivo y emocionante. [30]

3.2.9 Interacción de software CAD (SolidWorks) con Unity 3D

La interacción entre el software CAD SolidWorks y Unity 3D es un proceso que permite a los diseñadores e ingenieros llevar modelos tridimensionales detallados a un entorno interactivo y en tiempo real. Para lograr esta integración, generalmente se sigue un flujo de trabajo que implica la exportación de archivos de SolidWorks a formatos compatibles con Unity. [31] La elección del formato ideal dependerá de las necesidades particulares, aunque FBX y OBJ son los formatos más adaptables y empleados en Unity. Se puede elegir el formato que mejor se adapte al trabajo que se realizara al entender las características de cada formato y las opciones de importación de Unity.

3.2.10 Realidad virtual

La realidad virtual (RV) engloba una variedad de tecnologías inmersivas que sumergen al usuario en entornos virtuales simulados. El objetivo principal es crear simulaciones que proporcionen imágenes y experiencias lo más cercanas posible a la realidad, permitiendo al individuo vivir situaciones simuladas de forma inmersiva. En el contexto moderno, la RV se ha convertido en una herramienta crucial, generando simulaciones atractivas que fomentan la interacción y el aprendizaje. [1]

Para lograr esta inmersión, se utilizan dispositivos como los lentes de RV, que ofrecen una experiencia realista y envolvente. La RV facilita la familiarización con entornos de riesgo sin exponer a los usuarios a procedimientos complejos, lo que permite una exploración más fácil y detallada de diversas situaciones, la realidad virtual ofrece una plataforma poderosa para la creación de experiencias inmersivas que pueden mejorar significativamente la interacción y el aprendizaje en el mundo actual. [32]

3.2.11 Elementos de la realidad virtual

Se deben considerar tres elementos fundamentales en la realidad virtual. Los mismos se muestran ver en la Figura 3.2.



Figura 3.2: Elementos de la RV [33].

- i. **La inmersión:** es fundamental porque crea ambientes tridimensionales creados por computadora que brindan al usuario una sensación de realismo.
- ii. **La interacción:** los sistemas de posicionamiento y los dispositivos hápticos, que facilitan la manipulación del escenario y la aplicación de fuerzas en lugares particulares, permiten al usuario influir en el ambiente virtual.
- iii. **La imaginación:** dentro del entorno virtual con diferentes dispositivos de entrada, como los sensores de movimiento, el usuario tiene la capacidad mental de visualizar y crear la ilusión de elementos no existentes.[33]

3.2.12 Tipos de sistemas virtuales

3.2.12.1 Realidad virtual inmersiva

La realidad virtual inmersiva se ha convertido en una herramienta fundamental en la formación debido a su capacidad para sumergir al usuario en entornos digitales, lo que permite una comprensión más profunda y realista del entorno [1]. Esta modalidad de realidad virtual ofrece un potencial excepcional en el ámbito de la capacitación y formación del personal, ya que aporta beneficios significativos en términos de tiempo, ahorro económico y seguridad. [34]

3.2.12.2 Realidad virtual no inmersiva

Es un tipo de realidad en la cual el usuario accede a un entorno virtual mediante una pantalla, lo que le permite interactuar con los elementos presentes utilizando un controlador u otro objeto físico [1]. Aunque esta modalidad no brinda una inmersión total, ofrece la posibilidad de agregar diversos objetos y dispositivos que pueden generar efectos de sonido o vibración para enriquecer la experiencia. [34]

3.2.12.3 Realidad virtual semi-inmersiva

En la realidad semi-inmersiva, el usuario puede discernir entre el entorno real y el virtual, dado que esta modalidad integra elementos físicos con los virtuales [1]. Por ejemplo, se pueden emplear: guantes, cabinas, volantes u otros dispositivos que permitan al usuario interactuar de manera más directa y sensorial con el entorno virtual. Esta combinación de elementos físicos y virtuales enriquece la experiencia, proporcionando una sensación más realista y envolvente. [34]

3.2.13 Beneficios del entrenamiento virtual para la industria de embotellado de agua

Actualmente, el empleo de Realidad Virtual (RV) representa una alternativa sumamente completa y prometedora para la formación del personal en una línea de producción de embotellado de agua. Esta tecnología permite alcanzar resultados significativos de manera óptima y precisa.[1]

Por medio de un entorno virtual más inmersivo, podemos crear y simular las operaciones pertinentes, brindando una serie de beneficios a los usuarios. En primer lugar, esta modalidad de capacitación práctica en un entorno inmersivo elimina por completo cualquier riesgo o peligro para el usuario, mientras que facilita un aprendizaje más práctico al demostrar habilidades y procedimientos de manera rápida, agilizando así la adquisición de conocimientos.[1]

Otro beneficio destacado es la posibilidad de personalizar múltiples escenarios o simulaciones de equipos y líneas de producción, lo que permite a los usuarios cometer errores sin consecuencias, fomentando el desarrollo de conocimientos y habilidades de forma efectiva y sin temor. [1]

Asimismo, la RV posibilita la realización de evaluaciones y seguimientos detallados del progreso del personal, lo que facilita la medición del desempeño y la identificación de áreas de mejora, adaptando los procesos de formación a las necesidades específicas de la empresa.

La utilización de tecnologías como la RV y las simulaciones 3D también conlleva la reducción de costos y tiempos de capacitación, ajustándose a las exigencias de la empresa y permitiendo una formación continua de nuevas habilidades de manera accesible, sin interrumpir las operaciones. [35]

En última instancia, la implementación de RV en una línea de producción de embotellado de agua ofrece una serie de ventajas y beneficios que contribuyen a tener un personal más capacitado y versátil, reduciendo costos, mejorando la seguridad del trabajador y optimizando su experiencia de aprendizaje. Gracias a la tecnología 3D, se logra aumentar la eficiencia de los trabajadores de manera significativa. [35]

3.2.14 Preceptos fundamentales para la optimización en la línea de producción.

Los cinco preceptos esenciales para mejorar el rendimiento de la máquina de llenado de agua constituyen un conjunto de procedimientos estandarizados diseñados para minimizar el tiempo de producción y garantizar su ejecución de manera precisa y eficiente. Esta máquina, que combina una lavadora, una selladora y una embotelladora en una sola unidad, cumple una función crucial al lavar y esterilizar las botellas para su uso [1]. La llenadora de agua de 5 galones puede satisfacer automáticamente las necesidades, gracias a su digitalización, facilitando su producción que incorpora tecnologías innovadoras y semiautomáticas. En la Figura 3.3 se muestra un diagrama de los 5 conceptos. [36]

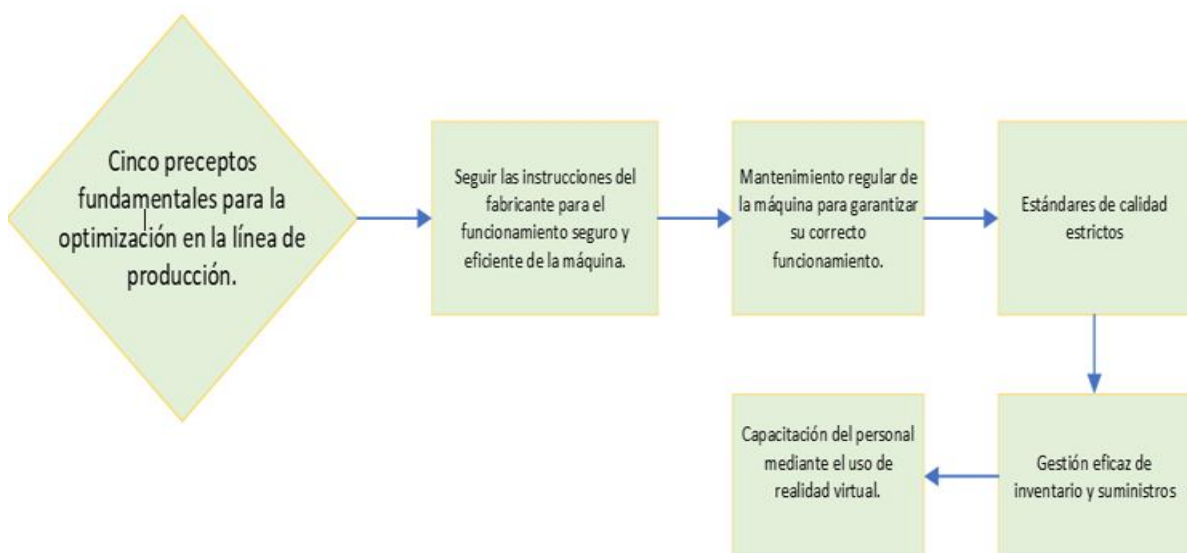


Figura 3.3. Preceptos para la optimización de una línea de producción[1]

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El presente proyecto se basa en generar un entorno virtual inmersivo para el entrenamiento de operadores en la línea de envasado de agua embotellada utilizando el software Unity 3D. La iniciativa surge de la necesidad de mejorar las habilidades de los operadores en un entorno seguro y controlado, reduciendo el riesgo de errores y accidentes en la producción real.

4.1 METODOLOGÍA

El estudio es de tipo aplicativo y descriptivo, lo que implica que se aplican tecnologías avanzadas para describir y simular el proceso de envasado de agua. Una parte esencial del proyecto es la recopilación exhaustiva de información sobre cada etapa de la línea de producción, desde el manejo de las botellas vacías hasta el llenado, sellado, etiquetado y empaquetado final. Este análisis detallado permite crear un entorno de capacitación que refleje fielmente el proceso real, ofreciendo a los operadores una experiencia de aprendizaje práctica y efectiva. En la Tabla 2.1 se presentan las técnicas aplicadas en el presente proyecto.

Tabla 4.1. Técnicas usadas en el proyecto

Técnicas	
Observación	Modelación y simulación
Mediante la observación directa se entenderá comportamiento de las máquinas y operadores en la línea de producción.	Diseño y creación de un entorno virtual inmersivo utilizando Unity 3D y SolidWorks para simular el proceso de envasado de agua.

4.2 MODALIDAD O ENFOQUE DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

El presente proyecto adopta un enfoque cuantitativo, que permite demostrar de manera numérica y estadística que la realidad virtual mejora significativamente el aprendizaje de los operarios al interactuar directamente con elementos virtuales que replican el uso de las máquinas de la línea de producción de envasado de agua.

4.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Con la investigación descriptiva se determina las distintas etapas del proceso de envasado de agua de botellón en la línea de producción con su respectivo control. Además, se busca replicar fielmente el entorno de producción en un entorno 3D, utilizando el software Unity 3D, para ofrecer una experiencia inmersiva y realista a los operadores en entrenamiento.

Se puede incorporar otros tipos de investigación para enriquecer el proyecto. Por ejemplo:

- i. **Investigación aplicada:** En el contexto del proyecto, podría incluir la implementación y evaluación de tecnologías emergentes como o la simulación interactiva, para mejorar la experiencia de capacitación de un operador.
- ii. **Investigación evaluativa:** Una vez implementado el entorno virtual, es esencial realizar evaluaciones para medir su efectividad del proyecto en términos de aprendizaje. Esto incluiría la recopilación de datos sobre el desempeño de los operadores antes y después del entrenamiento.

4.3.1 Diseño de la investigación

Con el fin de garantizar la validez científica de esta investigación, los datos obtenidos de los participantes serán analizados de manera rigurosa y objetiva. Se emplearán métodos estadísticos apropiados para evaluar la efectividad del proyecto en términos de retención de conocimientos y usabilidad. Es importante destacar que los datos personales de los participantes serán tratados de forma confidencial y anónima, cumpliendo con las normas éticas establecidas.

El proyecto se divide en 4 etapas importantes como se puede observar en la Figura 4.1.

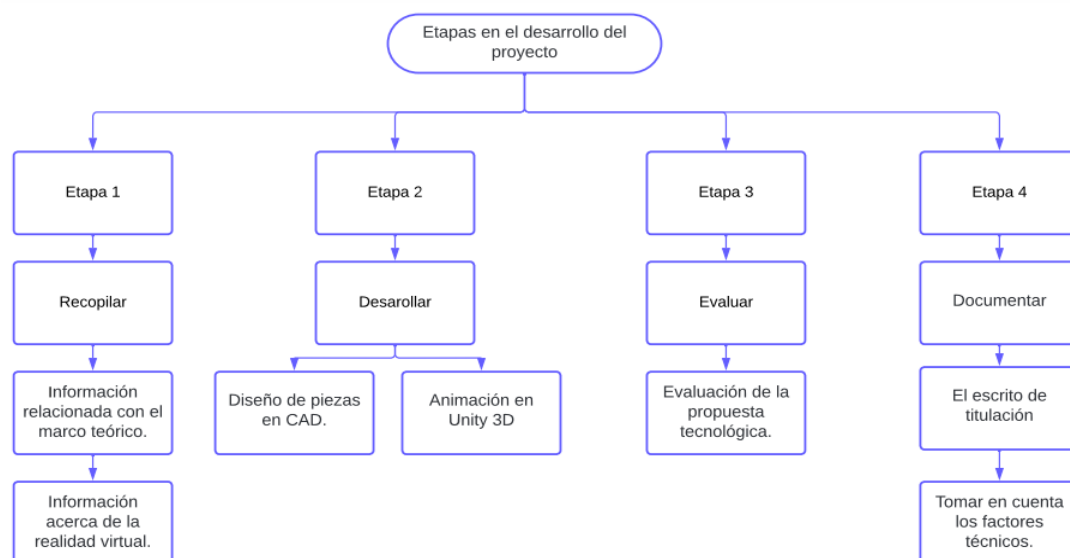


Figura 4.1. Esquema del desarrollo del proyecto por etapas

Para lograr entender de manera óptima la propuesta tecnológica, se presentó en la Figura 4.2 una arquitectura del sistema de RV detallando los principales componentes utilizados en el desarrollo del entorno inmersivo. Estos componentes incluyen software para diseño, software para simulación y herramientas para la comunicación con dispositivos externos, con el objetivo de cumplir con los requerimientos funcionales necesarios para una simulación óptima.

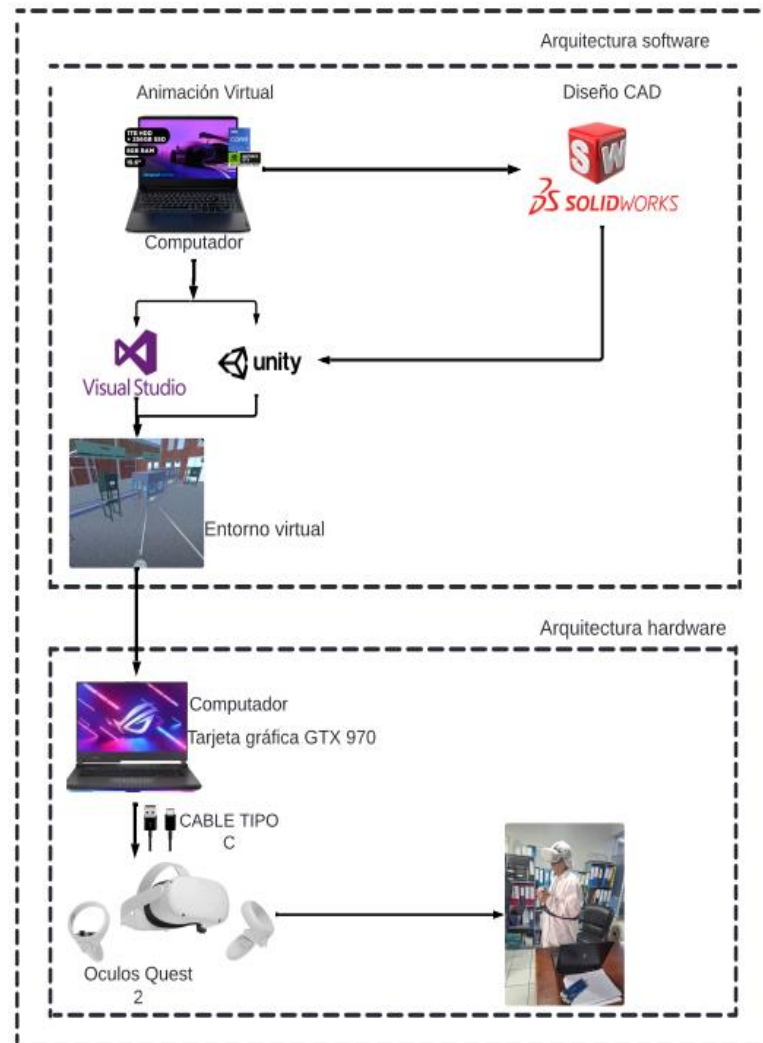


Figura 4.2. Arquitectura del sistema RV

4.4 CARACTERIZACIÓN DE TAREAS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ENVASADO DE AGUA DE LA EMPRESA VOLCANIC PREMIUM WATER S.A.

4.4.1 Descripción de la empresa

VOLCANIC PREMIUM WATER S.A. es una empresa ecuatoriana con 40 años de experiencia en el envasado y comercialización de agua pura de manantial artesiano. Ubicada en el cantón Mejía (Tambillo), esta agua se caracteriza por su rica variedad de minerales en bajas proporciones y propiedades de hidratación ideales, proporcionando a sus consumidores un agua de excelente calidad y origen.

Tradicional Agua de Manantial se origina de manera natural en los glaciares volcánicos a 14° C y se embotella directamente en su fuente, a más de 2800 metros sobre el nivel del mar, para preservar su exclusiva composición mineral. Este proceso se perfecciona durante su recorrido

por los puros y delicados páramos andinos, garantizando que el consumidor pueda disfrutar de un agua inalterablemente pura.

4.4.2 Layout de VOLCANIC PREMIUM WATER S.A.

En el siguiente layout presente en la Figura 4.3 se muestra el área donde se encuentra la línea de producción de envasado de agua de botellón.

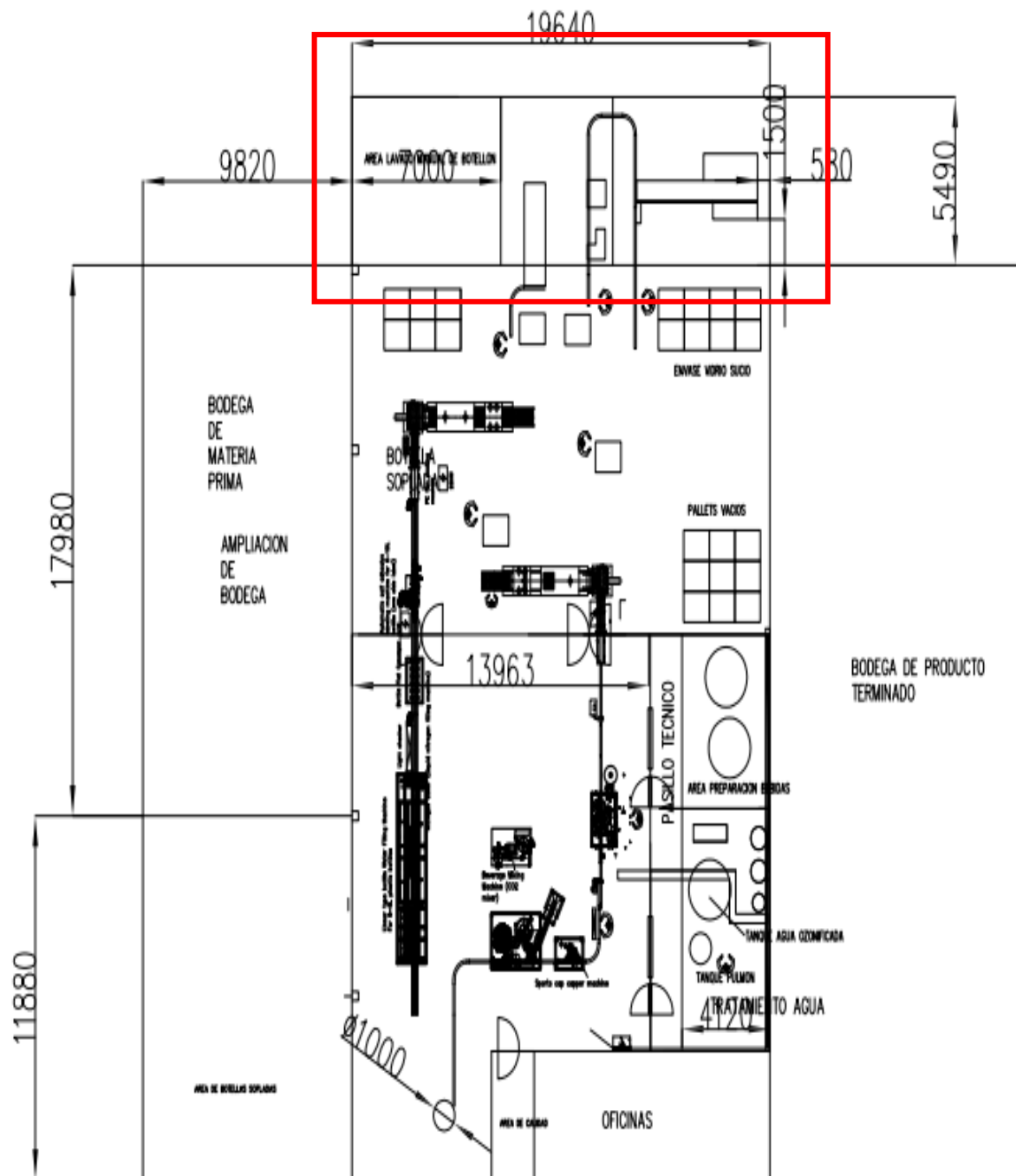


Figura 4.3. Layout de VOLCANIC PREMIUM WATER S.A.

4.4.3 Mapa de procesos de la empresa

En la siguiente Figura 4.4 se muestra el mapa de procesos perteneciente a VOLCANIC PREMIUM WATER S.A.

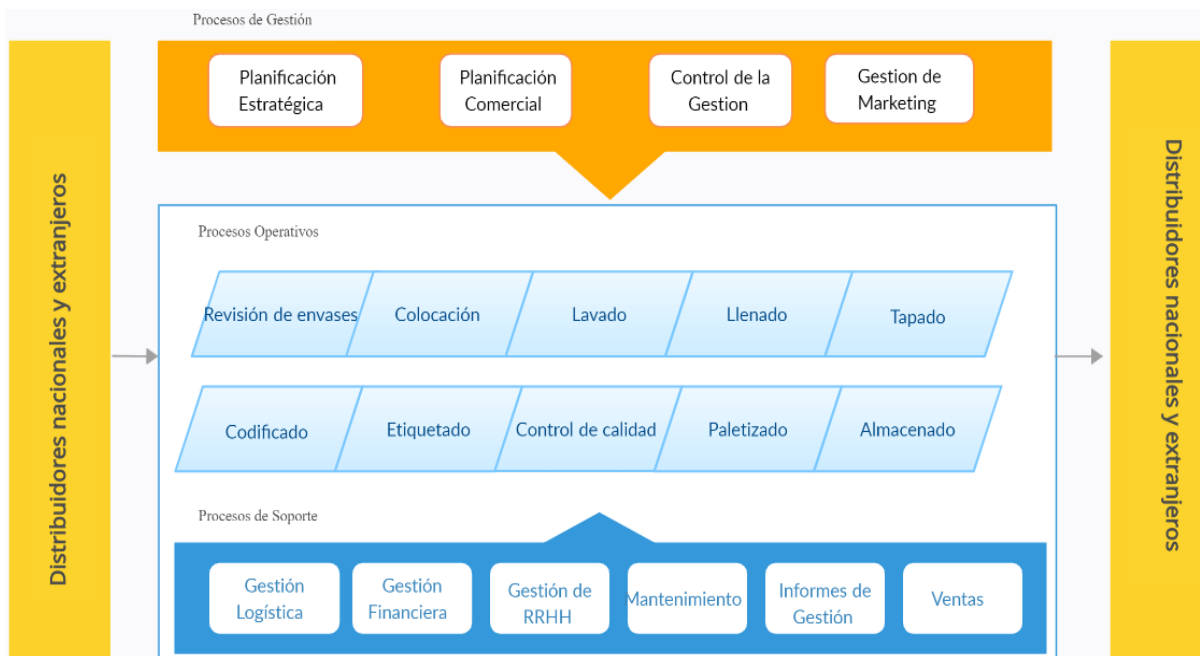


Figura 4.4. Mapa de procesos de VOLCANIC PREMIUM WATER S.A.

4.4.4 Descripción del proceso de envasado de agua de botellón en la línea de producción

A continuación, se describirá el proceso de cada etapa existente en la línea de producción.

4.4.4.1 Destapador automático

El destapador automático es un equipo especializado para los botellones con una capacidad de 0 a 900 galones por hora (BPH) además de estar construido de acero inoxidable lo cual le otorga una resistencia a la corrosión. El destapador es fundamental en una línea de envasado de agua ya que asegura la optimización del proceso. El destapador se encarga de retirar de forma rápida y precisa las tapas de los botellones, garantizando un flujo de producción continuo. [26]

La extracción automática de las tapas de botellón se puede dividir en los siguientes pasos:

- Transporte de botellas: los botellones vacíos se trasladan mediante una cinta transportadora a la estación de descorche. Para garantizar un rendimiento continuo, se debe sincronizar la velocidad de la cinta con la velocidad del destapador automático.

- ii. Colocación del botellón: con ayuda de un sistema mecánico el botellón se colocará de manera correcta en la estación de destapado. El sistema mecánico asegura que la tapa del botellón esté en la posición adecuada para retirarla.
- iii. Sujeción del botellón: la abrazadera trabaja como un mecanismo de retención, manteniendo en su lugar al botellón. Así impidiendo que el botellón caiga o se mueva, lo que podría causar salpicaduras o daños a la maquinaria.
- iv. Captura y extracción: con ayuda de un brazo robótico la tapa del botellón es capturada. La tapa se retira con un movimiento controlado y rápido una vez que se ha capturado el botellón. La forma del mecanismo de agarre debe tener coincidir con la forma del tapón.
- v. El retiro de la tapa: La tapa removida es enviada a un contenedor desechos. Evitando así la contaminación del lugar de trabajo.
- vi. Liberación del botellón: Ya que la tapa fue retirada del botellón, este se libera y se dirige hacia la siguiente máquina para su debido proceso.
- vii. Monitoreo y Control: El monitoreo y control es importante en el destapador automático para supervisar el funcionamiento de todos los componentes. Garantizando un funcionamiento seguro y continuo.

En conclusión, el funcionamiento de un destapador automático puede variar dependiendo de la capacidad de la línea de envasado, el tipo de botellón y tapa. Además, los destapadores automáticos son beneficiosos ya que logran mantener un flujo constante de trabajo. En la siguiente Figura 4.5 se puede ver el destapador automático perteneciente a la línea de producción. [37]



Figura 4.5. Máquina destapadora

4.4.4.2 Máquina cepilladora de exteriores

Esta máquina cepilladora está diseñada específicamente para una línea de producción de envasado de agua de 500BPH. Por lo cual utiliza un motor con una fuerza de 1.1 KW para impulsar el cilindro del cepillo. Su función es la de cepillar y eliminar residuos y suciedad de manera eficaz. Estos resultados se consiguen ya que es una máquina automatizada y también por la ubicación de los cepillos rotatorios que se encuentran estratégicamente ubicados a lo largo de la línea de producción. [38] El proceso de limpieza en la maquina cepilladora se divide en las siguientes partes:

- i. Pre-enjuague: los botellones que llegan de la estación de destapado son pre-enjuagados con agua, esto se realiza para eliminar la suciedad visible en los botellones.
- ii. Cepillado: posterior al pre-enjuague, los botellones entran a la estación de cepillado donde se encuentran los cepillos exteriores. Estos cepillos de cerdas suaves giran a alta velocidad. las cerdas suaves ayudan a limpiar todos los rincones que tengan suciedad acumulada del botellón sin dejar imperfecciones en el mismo.
- iii. Enjuague final: luego del cepillado, los botellones son enjuagados con agua limpia para remover cualquier resto de suciedad o partículas restantes del paso anterior. Es recomendable siempre hacer una inspección para verificar que los botellones lleguen a la siguiente estación sin imperfecciones.

Consideraciones clave en el proceso de cepillado

- Selección del tipo de cepillo correcto. es una parte importante, ya que, si se elige mal los cepillos, estos podrían dañar al botellón o no ser los aptos para remover la suciedad. Existe una gran variedad de cepillos, materiales, tamaños y configuraciones para satisfacer las necesidades de cada línea de producción.
- Mantenimiento de los cepillos: el mantenimiento es importante, ya que esto ayuda a un funcionamiento total sin fallas inesperadas, también evitando así la contaminación de los cepillos por bacterias producida por la suciedad. [37]

En resumen, la máquina cepilladora de exteriores es una parte importante en la línea de producción de envasado de agua, ya que en esta estación se limpia de gran manera la suciedad acumulada, ya sea por almacenamiento de los botellones o por transporte, como antes se mencionó se debe seleccionar los componentes correctos como son el motor, cepillos. También se debe tener un sistema de control correctamente sincronizado para que no existan paradas de producción [37]. La estación de cepillado se puede observar en la siguiente Figura 4.6.



Figura 4.6: Máquina cepilladora

4.4.4.3 Máquina de lavado interno y llenado de 500BPH

La máquina de lavado interno y llenado está fabricada por acero inoxidable, ya que existen piezas que entran en contacto con el agua. Este tipo de máquina cumple con dos funciones específicas, como son el lavado interno de botellones y su posterior llenado. Para el lavado de botellones se trabaja con una variedad de subprocesos como el de lavado, desinfección y esterilización, así garantizando la limpieza aséptica de botellones. La máquina llenadora ofrece un sofisticado sistema de llenado, garantizando un alto grado de precisión al llenar los botellones, minimizando errores y manteniendo la estación de llenado limpia. [39] El proceso de funcionamiento de la máquina de lavado interno y llenado consta de las siguientes etapas:

- i. Transporte de botellones: los botellones que salen de la estación de cepillado son trasladados automáticamente por toda la estación de limpieza para cumplir con todas las etapas del proceso de manera eficiente, esto gracias a un sistema de movimiento que se conforma de cadenas, husillos, sensores y motores.
- ii. Lavado interno: el proceso de lavado empieza de forma automática, el motor de husillo hace funcionar la cadena. Cuando se detecta el sensor del husillo, el motor de husillo se detiene automáticamente para dar funcionamiento a la bomba de lavado. Cuando el tiempo de lavado se ha completado, el motor del husillo continúa funcionando hasta completar el tiempo de producción estipulado. En este proceso de lavado se utilizan diferentes técnicas y productos de limpieza, como pueden ser lavados con agua alcalina, lavado con agua reciclada, lavado con cloro y lavado con agua potable o del mismo

producto. Además, en este proceso se utilizan boquillas giratorias para limpiar completamente el interior de las botellas.

- iii. Llenado: una vez que los botellones sean lavados, estos se colocan debajo de las válvulas de llenado. Al ser una máquina automática, esta trabaja con un sensor de detección de llenado. Detectando así el nivel de agua en el botellón. Una vez que los botellones estén correctamente posicionados, la bomba de agua de llenado funciona. El tiempo de llenado se configura dependiendo de la necesidad en la línea de producción. Cuando se complete el llenado del botellón, este entra en espera a que la fila trasera de botellones sea empujada hacia adelante. Mientras la fila trasera de botellones se empuja hacia adelante, los botellones que se han llenado en la parte delantera se empujarán hacia afuera de la posición de llenado hasta que estén en la banda transportadora y luego se trasladan para su siguiente proceso. [37]

En general, la máquina de lavado interno utiliza chorros de agua reciclada y otras sustancias higiénicas para limpiar a fondo el interior de los botellones garantizando un alto grado de limpieza en los botellones. El llenado de los botellones se realiza de manera precisa gracias a la automatización de la máquina, así eliminando desperdicios y optimizando el tiempo requerido en la línea de producción de 500BPH. [37] En la Figura 4.7 se puede observar la estación de lavado interno y llenado.



Figura 4.7. Máquina de llenado y lavado

4.4.4.4 Taponadora

La máquina de taponado, al igual que los otros equipos, está automatizada, por lo cual está sincronizada con la velocidad de la línea de producción gracias a los sensores con los que cuenta. Tiene como tarea el sellado hermético. Con ayuda de un sistema mecánicos de alta precisión, se manipulan las tapas con delicadeza y firmeza para sellar los botellones. Los botellones tapados se dirigen a la siguiente etapa del proceso, como el etiquetado, el empaquetado o la paletización. [40] A continuación, se describirá el funcionamiento de la máquina de tapado.

- i. Transporte de botellas: posterior al llenado, los botellones son empujados afuera de la sección de llenado hasta llegar a una cinta transportadora que lleva los botellones llenos a la máquina de taponado. Para que el flujo de botellones sea constante, la velocidad de la cinta transportadora debe estar sincronizada con la velocidad de la máquina de taponado. Mediante sensores se encuentran las botellas y estos se encargan de poner el botellón en la posición correcta para el proceso de taponado.
- ii. Colocación de tapas: la tapa se desenvuelve en orden, luego se envía a la rampa de la tapa. Cuando pasa por la toma de corriente de la tapa, la tapa es atrapada. Si la tapa es compatible con la tolerancia de la boca del botellón se procede a tapar el botellón automáticamente. La tapa se posiciona con precisión sobre el botellón, centrándolo y alineándolo correctamente. Los botellones con tapas defectuosas o mal colocadas se retiran de la línea de producción para su reprocesamiento o descarte.
- iii. Salida de botellones: los botellones tapados se expulsan de la máquina de taponado y se transportan a la siguiente etapa del proceso de empaquetado o paletizado. La velocidad de salida de las botellas está sincronizada con la velocidad de la máquina de taponado y el resto de la línea de producción. [37]

Consideraciones clave en el proceso de tapado

- Preparación: Antes de comenzar el taponado, asegúrese de que los parámetros de la máquina estén ajustados para el tipo de tapa y botellón que se utilizará. La configuración de la velocidad, la presión y el mecanismo de alimentación de las tapas son parte de esto.
- Alimentación de tapas: el mecanismo de alimentación de tapas debe funcionar al 100% porque este se encarga de orientar y colocar las tapas en las botellas.

- Sincronización con los demás equipos: La máquina debe sincronizarse de manera eficiente con el resto de la línea de producción para garantizar la producción de 500BPH.

En definitiva, la máquina de tapado o taponadora implica una serie de pasos automatizados que aseguran un sellado hermético y seguro de los botellones. [37] En la Figura 4.8 se puede observar la máquina de tapado.



Figura 4.8. Máquina de tapado

El proceso de envasado de agua de botellón se puede observar en el siguiente diagrama de flujo presente en la Figura 4.9.

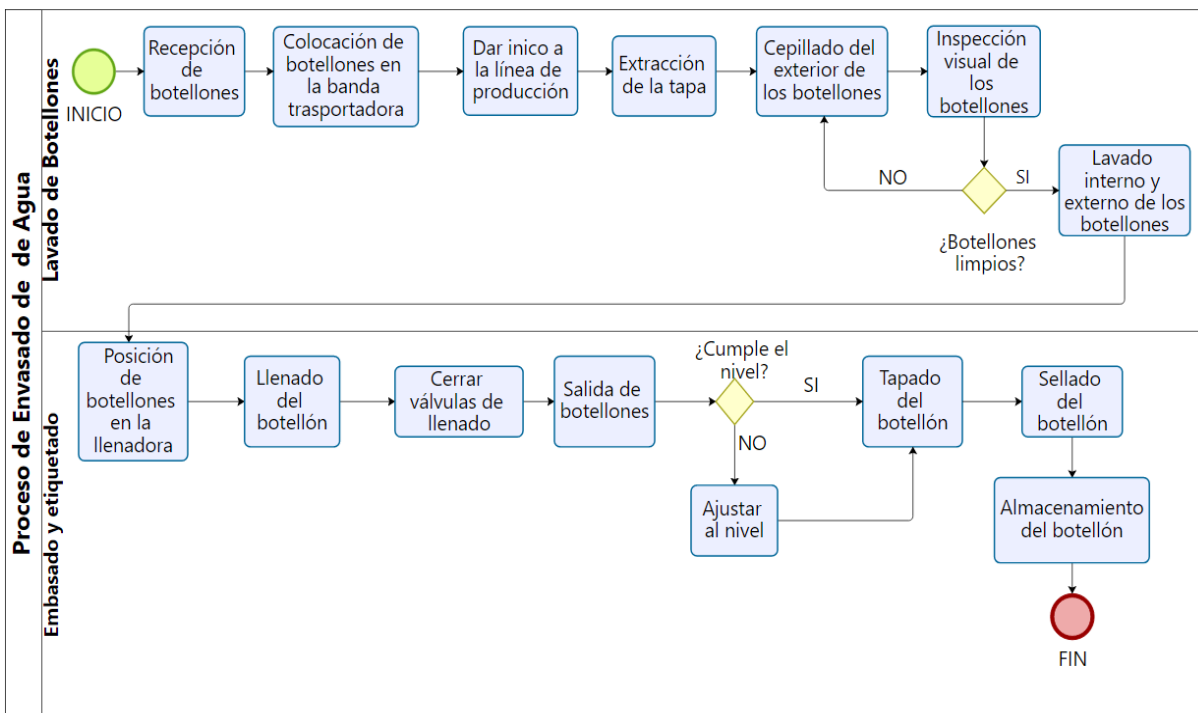


Figura 4.9. Diagrama de flujo del proceso de envasado de agua de botellón

4.4.5 Ficha del proceso de envasado de agua de botellón

El proceso de envasado de agua en botellones es un procedimiento complejo que requiere una planificación detallada y una ejecución precisa para garantizar la seguridad y la calidad del producto final. Con el fin de documentar y entender mejor cada fase del proceso, se elaboró una ficha de proceso. Esta ficha, se presenta en la Figura 4.10, proporciona una visión integral de las actividades realizadas en cada etapa del envasado,


		CÓDIGO: E-B EDICIÓN: 1		PROCESO Envasado de Agua de Botellón		TIPO DE PROCESO Operativo	
						FECHA VIGOR: 6/30/2024	
OBJETIVO Garantizar el envasado de agua de botellón de alta calidad cumpliendo con las normativas de higiene y seguridad establecidas		INICIA Recepción de botellones vacíos y agua tratada		TERMINA Producto terminado (botellones llenos y sellados)		RESPONSABLE DEL PROCESO Jefe de producción	
ENTRADAS Botellones vacíos Agua tratada Sellos y etiquetas		PROVEEDOR Proveedor de botellones Planta de tratamiento de agua Proveedor de sellos y etiquetas		ACTIVIDADES <ul style="list-style-type: none"> Recepción y limpieza de botellones Llenado de botellones Tapado de botellones Sellado de botellones 		SALIDA Botellones limpios Botellones llenos Botellones sellados y etiquetados	
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO El proceso operativo abarca todas las actividades necesarias para convertir el agua cruda en agua purificada envasada. Esto incluye la recepción y almacenamiento de materias primas, el proceso de purificación, el envasado, el etiquetado y el almacenamiento del producto final.						DOCUMENTOS <ul style="list-style-type: none"> Registros de limpieza y desinfección. Registro de lotes de producción. Manual de procedimientos de envasado. 	
RECURSOS HUMANOS <ul style="list-style-type: none"> Operarios de limpieza. Operarios de llenado. Supervisores de calidad. Personal de mantenimiento. 		EQUIPO Y MATERIAL <ul style="list-style-type: none"> Maquinaria de lavado, desinfección y llenado. Selladoras y taponadoras. Botellones, sellos y etiquetas. 				INDICADORES <ul style="list-style-type: none"> Número de botellones procesados por día. Porcentaje de botellones rechazados por daños 	

Figura 4.10. Ficha perteneciente al proceso de envasado de agua

4.5 DESARROLLO DEL MODELADO 3D

4.5.1 Comparativa de Software CAD

El proyecto consiste en la creación de un entorno virtual inmersivo, lo que requiere la representación gráfica en 3D de las máquinas de la línea de producción de envasado de agua. Para ello, se ha llevado a cabo una cuidadosa selección de software que permitirá desarrollar y trabajar eficientemente en este proyecto. Las características de los softwares se presentan a continuación en la siguiente Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Tabla comparativa de los programas de diseño CAD

Característica	Fusion 360	SolidWorks	SelfCAD
Plataforma	Windows, macOS	Windows	Web-based
Modelado 3D	Sí	Sí	Sí
Diseño paramétrico	Sí (Medio)	Sí (Alto)	No
Manejo de ensamblajes complejos	Si (Medio)	Sí (Alto)	No
Colaboración en la nube	Sí	Limitada	Sí
Facilidad de uso	Interfaz moderna e intuitiva	Interfaz moderna y robusta	Interfaz simple y fácil de aprender
Biblioteca de componentes	Amplia biblioteca de componentes	Amplia biblioteca de componentes	Limitada en comparación
Compatibilidad de archivos	Amplia variedad de formatos comunes	Amplia variedad de formatos	Limitada a formatos comunes
Actualizaciones y soporte	Actualizaciones frecuentes, soporte 24/7	Actualizaciones periódicas	Actualizaciones periódicas, soporte
Renderizado	Sí	Sí	Sí
Realidad Virtual (VR)	Sí	Sí	No
Fabricación asistida (CAM)	Sí (integrado)	Sí (integrado)	No
Precisión y Tolerancias	Media: capacidades de precisión adecuadas pero limitadas	Alta: permite especificar tolerancias precisas	Baja: capacidad muy limitada
Requisitos de hardware	Altos	Altos	Bajos

4.5.2 Selección del software

SolidWorks se destaca sobre los otros softwares para la creación de un sistema de VR destinado a la capacitación en una línea de producción, especialmente cuando se usa Unity como la plataforma de desarrollo VR por las siguientes características:

a) Capacidad de Modelado Avanzado

Se puede confiar en la capacidad de modelado paramétrico avanzado de SolidWorks. Esta habilidad es esencial para el diseño preciso de los componentes de una línea de producción de envasado de agua.

b) Manejo de ensamblajes complejos

SolidWorks es bien conocido por su capacidad para gestionar ensamblajes grandes y complejos. Lo hace ideal para proyectos de simulación en Unity porque ofrece herramientas robustas para la administración de ensamblajes, relaciones de piezas y referencias.

c) Interoperabilidad y Exportación de Datos

A través de formatos de exportación como FBX y OBJ, SolidWorks ofrece una excelente interoperabilidad con Unity. Estos formatos aseguran que los modelos se importen a Unity sin pérdida de precisión, manteniendo la integridad geométrica y los datos de textura. El flujo de trabajo hacia Unity se optimiza gracias a la facilidad de exportación de modelos complejos de SolidWorks.

d) Precisión y Tolerancias

En el contexto de una línea de producción, la precisión y las tolerancias son críticas. SolidWorks permite especificar tolerancias precisas y evaluar la conformidad de los modelos con estos requisitos. Esto asegura que los modelos utilizados en la simulación VR reflejen fielmente las capacidades y limitaciones del equipo real, proporcionando una experiencia de capacitación más realista y efectiva.

Las características avanzadas de SolidWorks en modelado, simulación, interoperabilidad, y su enfoque en la precisión lo hacen una opción superior para desarrollar el proyecto.

4.5.3 Diseño CAD banda de la transportadora

En SolidWorks se creó las piezas pertenecientes a la banda transportadora, esta banda es crucial en el proceso de embotellado de agua, puesto que transporta los botellones de agua por cada

proceso de la línea de producción a través de sus bandas y rodillos. En la siguiente Figura 4.11 se puede observar el diseño CAD de la banda transportadora.

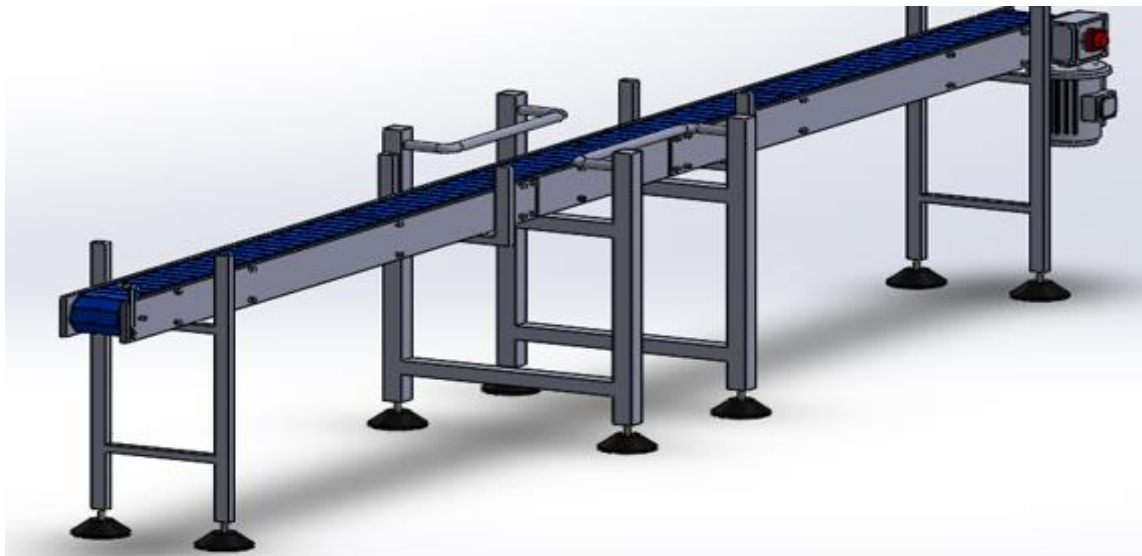


Figura 4.11. Diseño CAD de la banda transportadora

4.5.4 Diseño CAD máquina destapadora

En la primera etapa se encuentra la máquina destapadora de botellones, un mecanismo encargado de retirar las tapas de los botellones en la línea de producción de envasado de agua. Esta máquina cuenta con una garra que extrae y retira las tapas, lo que permite proceder con la limpieza adecuada del botellón. Este proceso es crucial para garantizar la higiene y calidad del envasado. La máquina destapadora diseñado en SolidWorks se puede observar en la siguiente Figura 4.12.

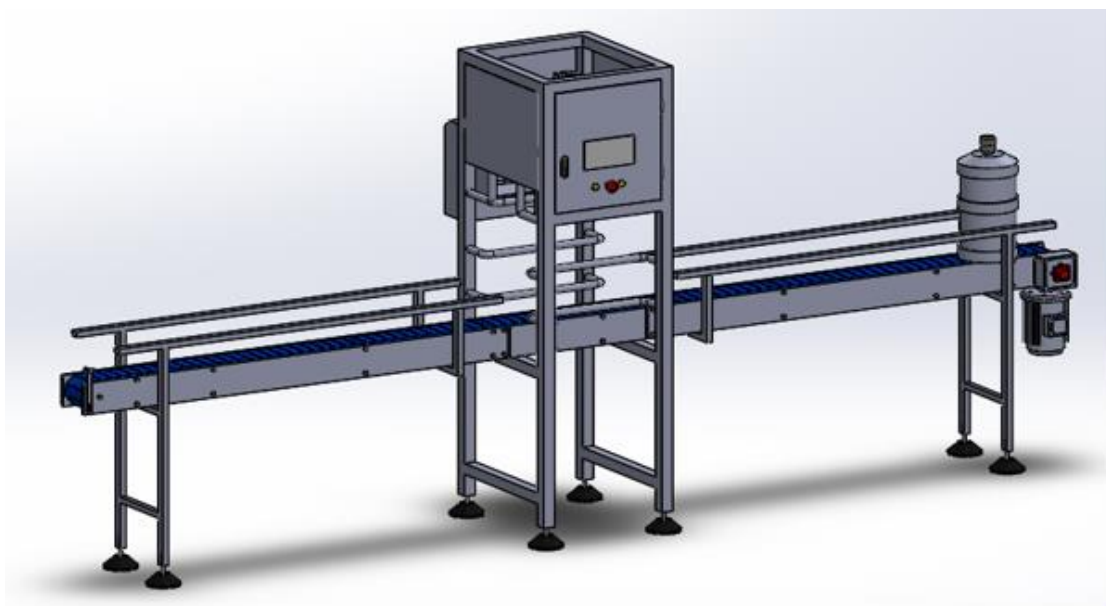


Figura 4.12. Diseño CAD de la máquina destapadora

4.5.4.1 Diseño CAD de la garra

La máquina destapadora cuenta con una garra que se encarga de retirar la tapa de los botellones el diseño CAD de la garra extractora de tapas se lo puede observar en la Figura 4.13.

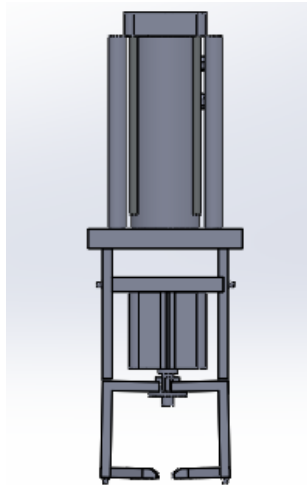


Figura 4.13. Diseño CAD de la garra extractora de tapas

4.5.5 Diseño CAD de la máquina Cepilladora

En la segunda etapa de la línea de producción se encuentra la a máquina cepilladora que se encarga de limpiar el exterior del botellón con la ayuda de cepillos giratorios en la siguiente Figura 4.14 se puede observar la maquina cepilladora

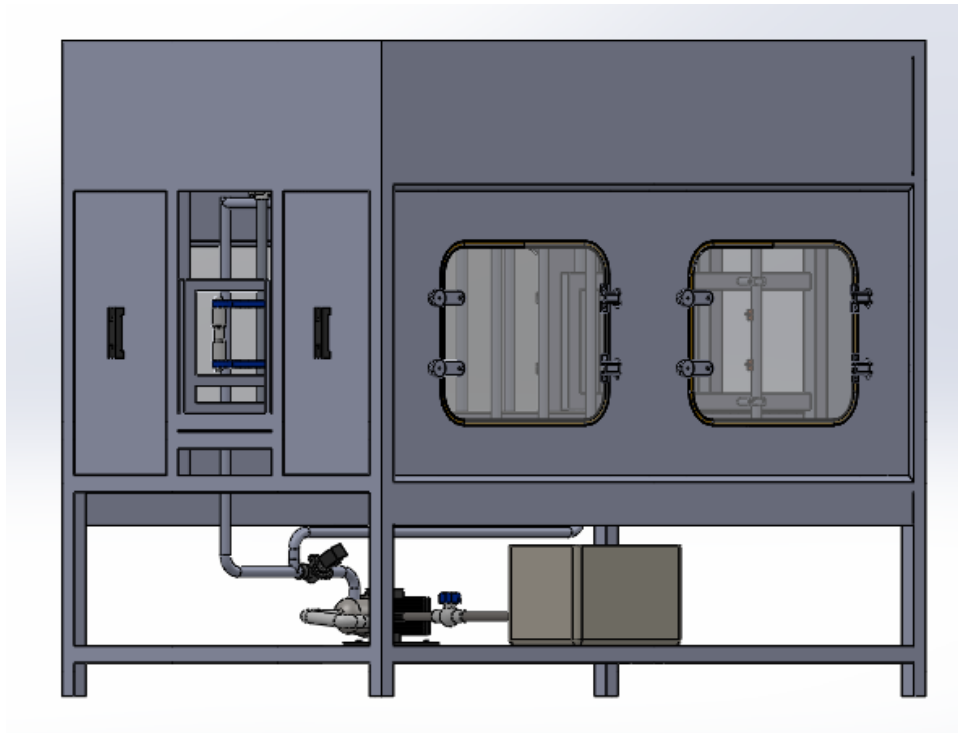


Figura 4.14. Diseño CAD de la maquina cepilladora

4.5.5.1 Diseño CAD de los Cepillos giratorios

En el interior de la máquina se encuentran situados los cepillos giratorios que limpian el exterior del botellón, son 8 en total 4 a cada lado de la máquina, los cepillos se pueden observar en la siguiente Figura 4.15.



Figura 4.15. Diseño CAD de los cepillos giratorios

4.5.6 Diseño CAD máquina lavadora y llenadora

La máquina de lavado y llenado se encuentra en la tercera etapa de la línea de producción. Esta se encarga de lavar internamente el botellón con distintos tipos de líquidos para su posterior llenado. En la siguiente Figura 4.16 se puede observar en diseño 3D de la máquina.

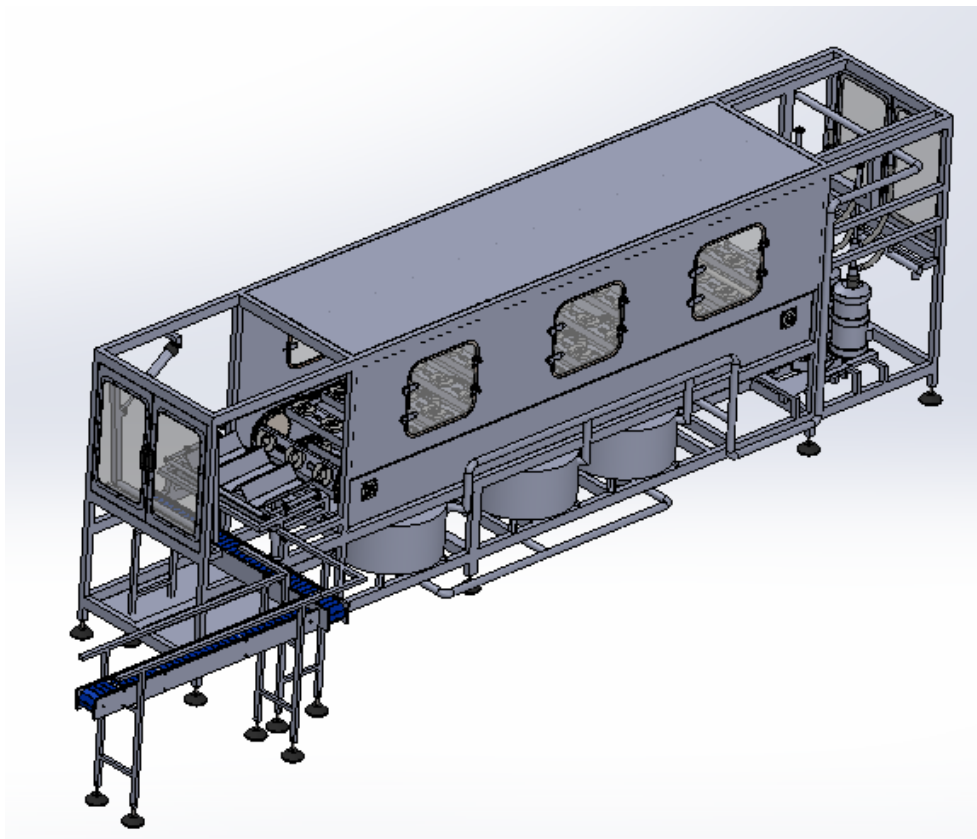


Figura 4.16. Diseño CAD de la máquina de lavado y llenado

4.5.6.1 Diseño CAD de la parte de lavado

En la parte de lavado, el botellón llega por medio de una banda transportadora para ser empujado por un brazo mecánico hacia las boquillas, donde se incrusta para realizar el proceso de lavado. La máquina de lavado se puede ver en la siguiente Figura 4.17.

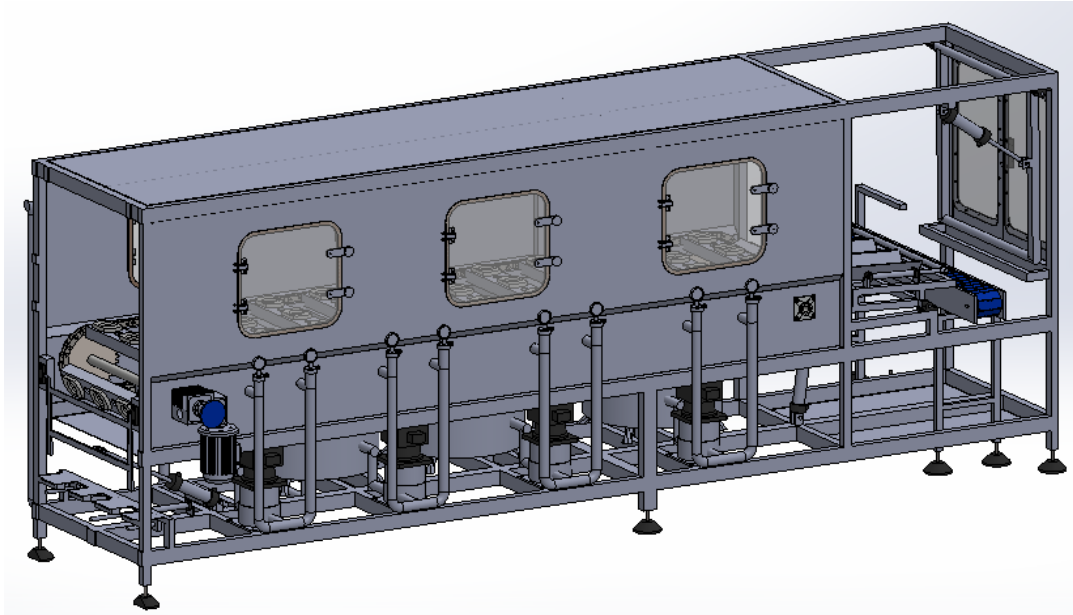


Figura 4.17. Diseño CAD de la parte de lavado

4.5.6.2 Diseño CAD parte llenadora

Terminada la parte de lavado el botellón se deja caer en la bandeja para que pueda ser incrustado por las válvulas de llenado como se muestra en la Figura 4.18.

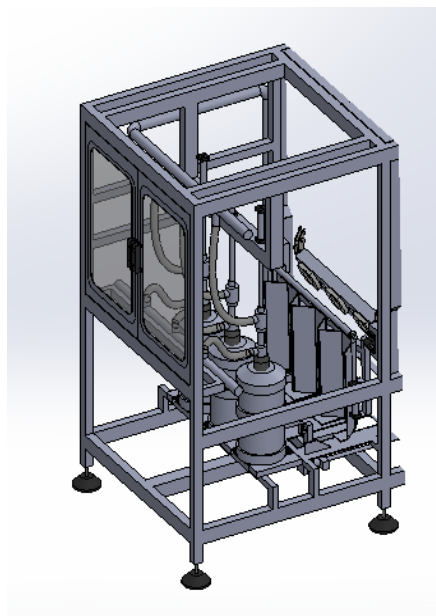


Figura 4.18. Diseño CAD de la parte de llenado

4.5.7 Diseño CAD máquina taponadora

En la etapa final de la línea encuentra la máquina de tapado, esta máquina se encarga de tapar los botellones de manera automática. El diseño de la máquina taponadora se puede ver en la siguiente Figura 4.19.

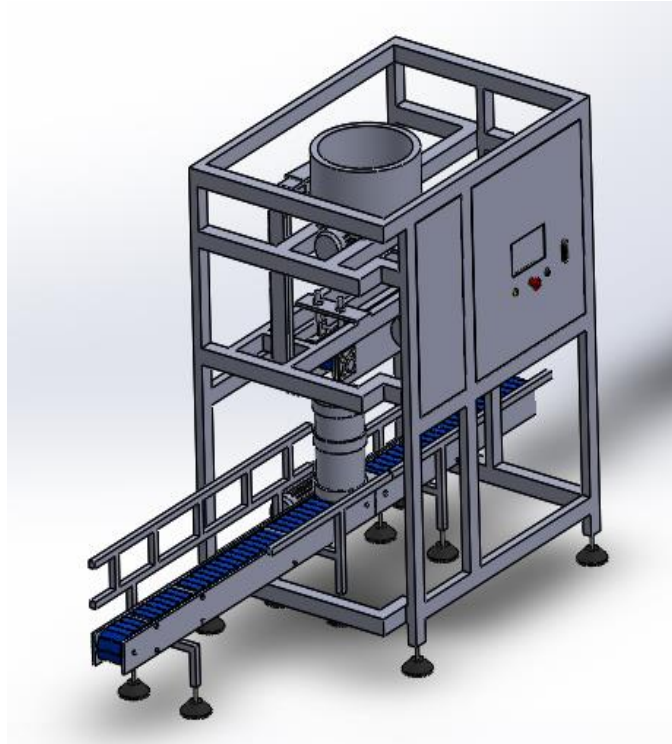


Figura 4.19. Diseño CAD de la máquina taponadora

4.5.8 Diseño CAD máquina selladora

Al igual que la anterior máquina, la selladora se encuentra en la etapa final de la línea de envasado de agua. Esta máquina se encarga de sellar la tapa con un capuchón de plástico termo encogible. En la siguiente Figura 4.20 se puede observar la máquina selladora.

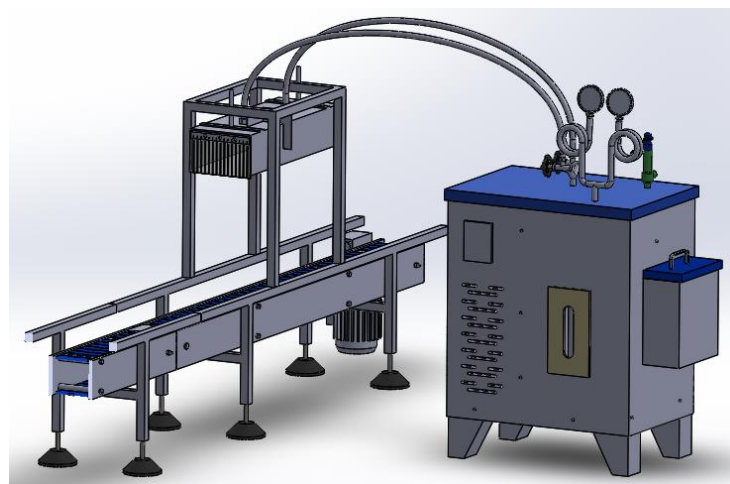


Figura 4.20. Diseño CAD de la máquina selladora

4.6 DISEÑO DEL ENTORNO VIRTUAL EN UNITY 3D PARA LA CAPACITACION DEL PERSONAL

4.6.1 Exportación de modelos CAD

Los modelos diseñados en SolidWorks deben exportarse en archivos OBJ para el desarrollo de la interfaz virtual en Unity. Para el proyecto, los archivos se exportaron de formato SLDASM a formato STL, y luego se convirtieron a formato OBJ con la ayuda de la aplicación Inventor.

4.6.2 Creación del proyecto en Unity 3D

Unity 3D es un motor gráfico de videojuegos que ayuda a la animación virtual de procesos. Este programa ayudará a llevar adelante el proyecto de capacitación virtual en la línea de envasado de agua. Como primer paso, se crea un nuevo proyecto en Unity 3D. En la siguiente Figura 4.21 se muestra la creación del proyecto en Unity.

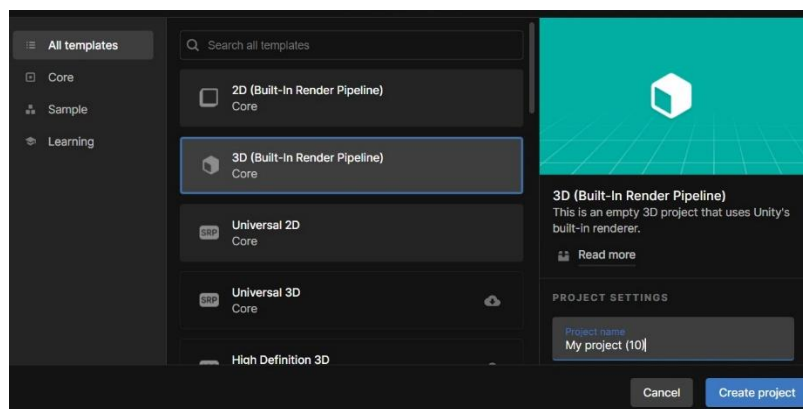


Figura 4.21. Creación del proyecto en Unity

Una vez creado el entorno virtual, se procederá a crear un área de trabajo en el cual se trabajará el proyecto de animación virtual de la línea de envasado de agua. En la siguiente Figura 4.22 se muestra el área de trabajo.

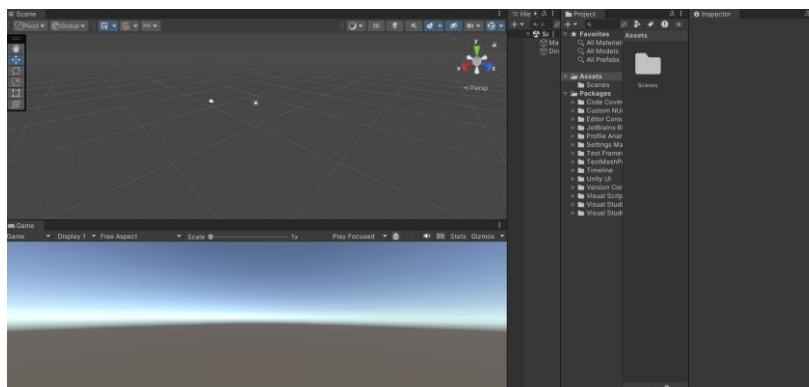


Figura 4.22. Área de trabajo.

4.6.3 Importación de archivos

Para comenzar con la animación virtual en Unity 3D, se importa el modelado en formato *.obj. Una de las funciones características de Unity es la capacidad de añadir texturas y movimiento a cada uno de los objetos para crear un entorno virtual lo más realista y detallado posible, lo cual contribuye a la conveniencia y la facilidad de interacción con el usuario. En la siguiente Figura 4.23 se pueden observar los archivos importados a Unity.

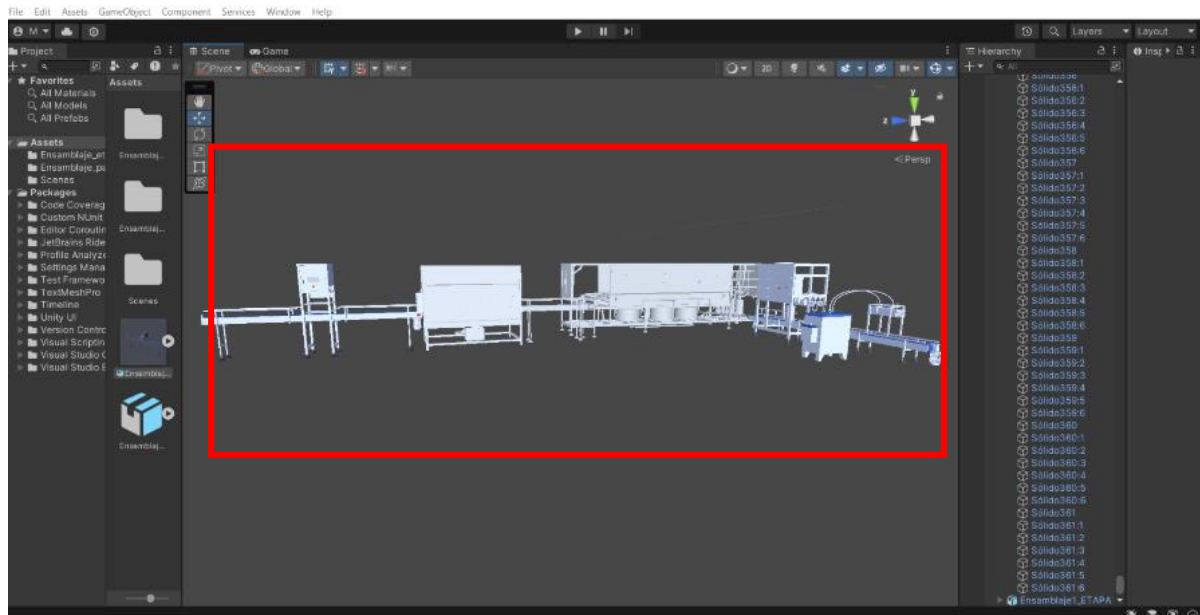


Figura 4.23. Archivos importados a Unity

4.6.4 Animación en Unity de las etapas de la línea de embotellado

4.6.4.1 Uso de inteligencia artificial

ChatGPT se convirtió en una herramienta de ayuda en la creación de scripts para animar la maquinaria de la línea de producción de envasado de agua en Unity. Al ofrecer sugerencias de código altamente personalizadas, aceleró significativamente el desarrollo de animaciones realistas. Esto permitió simular con precisión cada etapa del proceso, desde el destapado hasta el sellado de los botellones, garantizando un movimiento fluido y preciso de los elementos a lo largo de la línea. A continuación, se muestra el desarrollo de scripts con inteligencia artificial para cada etapa del proceso de envasado de agua.

i. Script para la primera etapa y cuarta etapa

Se le da la orden a ChatGPT de que genere un script personalizable “Genera un script C# personalizable, este debe mover un objeto1(botellón) a lo largo de una banda transportadora y debe detenerse en un cierto punto de la misma para que una un objeto2

(Garra extractora de tapas) baje y retire la tapa del botellón”. En la Figura 4.24 se muestra una parte del script proporcionado por ChatGPT.

El script generado por ChatGPT se lo personaliza o modifica si fuera el caso esto depende si ChatGPT genero un script que funcione de manera correcta. Al ser similares los procesos de la primera y cuarta etapa se optó por usar el mismo script como base para el movimiento de los objetos.

```

csharp Copiar código

using System.Collections;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI; // Para el manejo de UI
using TMPro;

public class ObjectMover1 : MonoBehaviour
{
    public GameObject objeto1;
    public GameObject objeto2;
    public GameObject objeto3;
    public float tiempoAntesDeBajar = 2f;
    public float tiempoDeBajada = 1f;
    public float tiempoDeSubida = 1f;
    public float distanciaDeMovimiento = 2f;
    public float distanciaDeMovimiento2 = 2f;
    public float velocidadMovimiento = 1f;
    //public TextMeshProUGUI mensajeUI; // Usar TextMeshProUGUI para mensajes de UI

    private Vector3 posicionInicialObjeto2;
    private Vector3 posicionInicialObjeto3;
    private bool isMoving = false;

    void Start()
    {
        posicionInicialObjeto2 = objeto2.transform.position;
        posicionInicialObjeto3 = objeto3.transform.position;
        objeto1.SetActive(false);
    }
}

```

Figura 4.24. Script personalizable generado por ChatGPT para la primera y cuarta etapa

Este script maneja el movimiento de varios objetos en una secuencia específica, incluyendo la activación y desactivación de objetos y su movimiento a lo largo de un eje.

ii. Script para la segunda etapa

Al igual que en la primera etapa, se le da la orden a ChatGPT de generar un script personalizable. “Genera un script que pueda ser personalizado, este debe mover un objeto1 (botellón) a lo largo de los rodillos(washPoint) hasta llegar al punto de salida de la maquina cepilladora (endPoint)”. En la Figura 4.25 se muestra una parte del script generado por ChatGPT.

```

public class RollerController : MonoBehaviour
{
    public Transform[] rollers; // Asigna los rodillos desde el inspector
    public GameObject bottle; // Asigna el botellón desde el inspector
    public Transform startPoint; // Punto inicial del botellón
    public Transform washPoint; // Punto de lavado del botellón
    public Transform endPoint; // Punto de salida del botellón
    public float rotationSpeed = 100f; // Velocidad de rotación de los rodillos
    public float washTime = 5f; // Tiempo que los rodillos estarán activos
    public float moveSpeed = 2f; // Velocidad de movimiento del botellón

    private bool isWashing = false;
    private bool isMovingToWash = false;
    private bool isMovingToEnd = false;
    private float washTimer = 0f;
}

```

Figura 4.25. Script generado por ChatGPT para la segunda etapa

El script maneja un proceso de lavado de un botellón usando rodillos giratorios. El botellón se mueve entre tres puntos: el punto inicial, el punto de lavado y el punto final. El control del proceso se lo realiza con el método StartProcess() para iniciar el ciclo de lavado y movimiento del botellón.

iii. Script de la tercera etapa

Se le ordeno a ChatGPT generar un script personalizable que controle el movimiento de varios objetos a lo largo de una trayectoria definida por puntos. También incluye botones para iniciar y detener el movimiento. Este script se visualiza en la Figura 4.26.

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

public class ConveyorBeltMovement : MonoBehaviour
{
    public Transform[] movingCubes; // Referencia a los cubos que se moverán a lo largo
    public Transform[] pathPoints; // Array de puntos que definen la trayectoria
    public float speed = 2.0f; // Velocidad del movimiento
    public Button startButton; // Botón para iniciar el movimiento
    public Button stopButton; // Botón para detener el movimiento

    private int[] currentPointIndices; // Índices de los puntos actuales en la trayectoria
    private bool isMoving = false; // Bandera para determinar si los cubos se están

    void Start()
    {
        // Inicializar los índices de los puntos actuales para cada cubo
        currentPointIndices = new int[movingCubes.Length];
    }
}

```

Figura 4.26. Script personalizable generado por ChatGPT para la tercera etapa

Este proceso está controlado por varios métodos, como Start, Update, StartMovement, StopMovement y MoveAlongPath. Cada uno de estos métodos tiene una función específica para garantizar que la animación del proceso se ejecute correctamente y sin errores.

En resumen, el uso de ChatGPT para la creación y personalización de scripts ha acelerado significativamente el desarrollo de animaciones y simulaciones en Unity. La capacidad de adaptar los scripts a las necesidades específicas de cada etapa del proceso ha sido fundamental para lograr una representación precisa y funcional de la maquinaria en la simulación.

4.6.4.2 Animación de movimientos y aplicación de texturas de la primera etapa

Una vez importado el archivo CAD en el entorno virtual de Unity, se procede a aplicar texturas para lograr una mayor comodidad al manipular el objeto 3D. Cuando el entorno sea más fácil de entender y manejar, se agregarán movimientos a las partes necesarias para que el entorno virtual proporcione el conocimiento adecuado de la primera etapa a un nuevo usuario. En la siguiente Figura 4.27 se puede observar la máquina con sus respectivas texturas y movimientos.

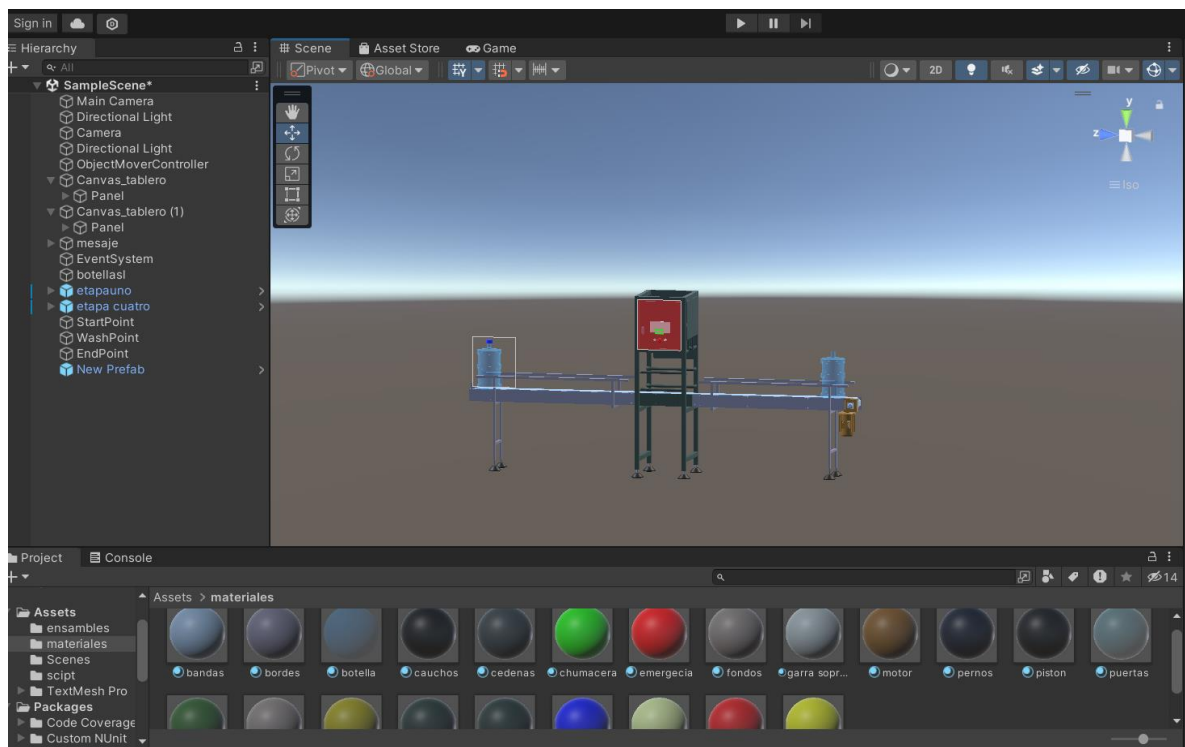


Figura 4.27. Aplicación de texturas a la primera etapa.

La animación de la primera etapa se basa en el movimiento del botellón a través de la banda. Dicho botellón aparece y se mueve con una tapa que llega al módulo central de la máquina donde la garra baja y extrae la tapa. Después de un tiempo, el botellón sale sin tapa para seguir el

proceso. En la siguiente Figura 4.28 se muestra un diagrama de flujo del proceso de animación en Unity.

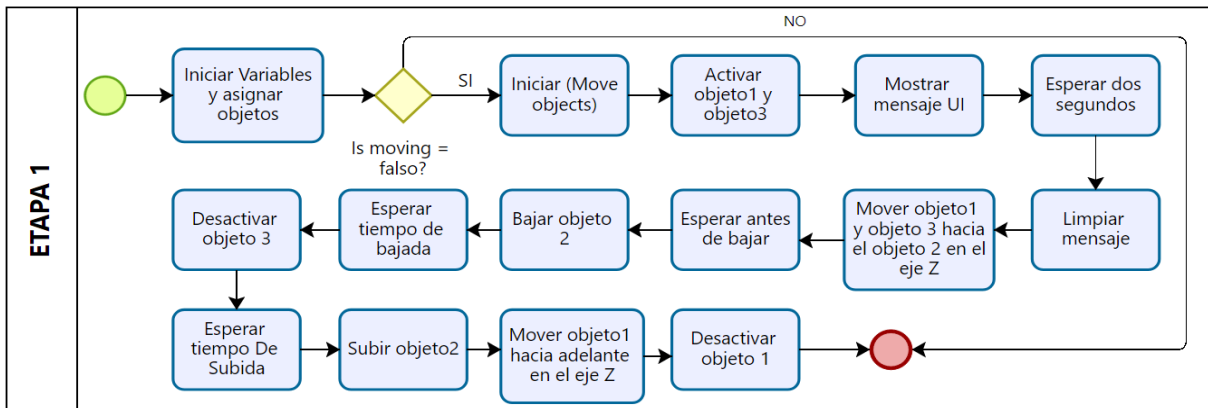


Figura 4.28. Proceso de animación de la primera etapa

4.6.4.3 Animación de movimientos y aplicación de texturas de la segunda etapa

Se han incorporado texturas y movimientos a la máquina cepilladora para facilitar la comprensión del proceso en la segunda etapa. El funcionamiento y la interacción de la máquina con los botellones se pueden representar de manera más detallada y realista gracias a estas mejoras. Como se muestra en la siguiente Figura 4.29, estas animaciones y texturas ayudan a dar una representación más precisa del proceso de cepillado en la línea de producción.



Figura 4.29. Aplicación de texturas a la segunda etapa

El botellón que sale de la primera etapa animada entra al conducto de la máquina cepilladora, donde, a través de rodillos giratorios, el botellón es ingresado para su respectiva limpieza exterior. En la animación se puede visualizar que los rodillos se mueven y logran una cobertura total, limpiando el botellón. Una vez finalizada la limpieza, los rodillos lo impulsan para dar

paso al siguiente proceso. En la Figura 4.30 siguiente se muestra el diagrama de flujo del proceso de animación de la segunda etapa.

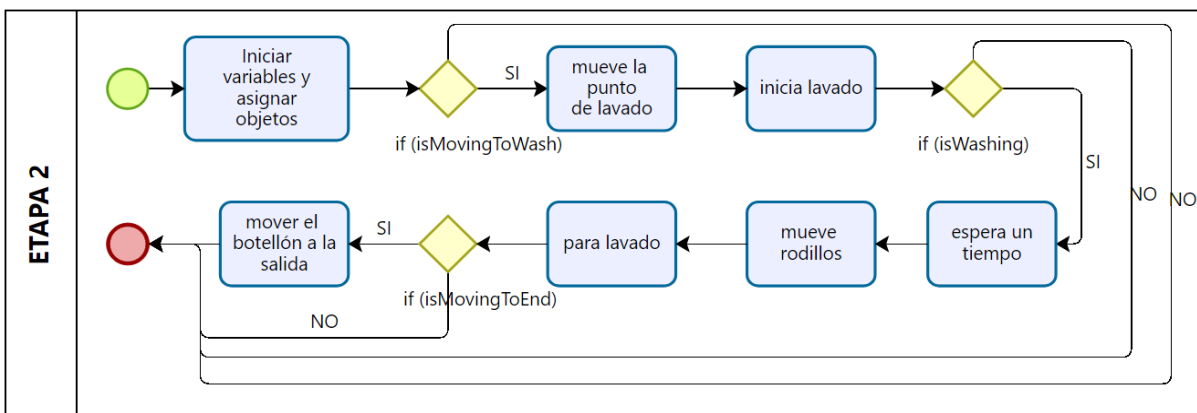


Figura 4.30. Proceso de animación de la segunda etapa

4.6.4.4 Animación de movimientos y aplicación de texturas de la tercera etapa

En la tercera etapa, al igual que en las anteriores, se agregó el archivo CAD, donde se le colocaron texturas y movimientos con el fin de interactuar y visualizar el funcionamiento de la maquina llenadora y lavadora. Las texturas aplicadas se observan en la siguiente Figura 4.31.

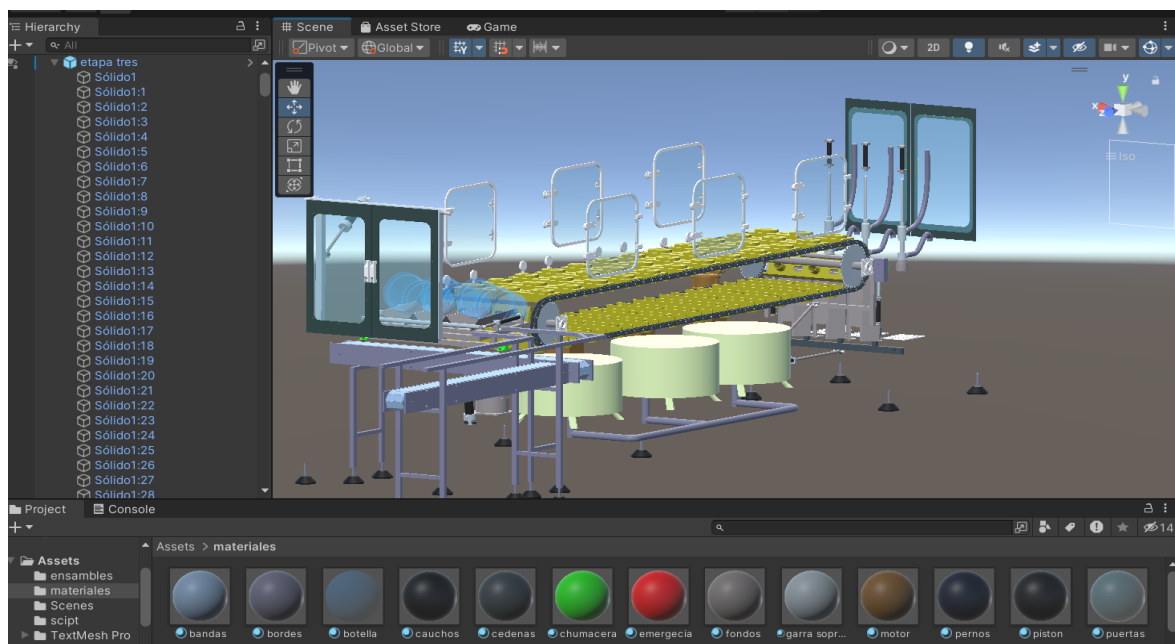


Figura 4.31. Aplicación de texturas a la tercera etapa

Finalizado el proceso de la etapa dos, el botellón ingresa a la cadena de transporte del proceso de lavado. En esta etapa, la animación muestra el movimiento de los botellones mientras son sometidos a limpieza y desinfección interna. El enfoque se centra en el movimiento de tres botellones y el proceso de llenado de los mismos, preparando así el sistema para iniciar el último

proceso. En la siguiente Figura 4.32 se muestra el proceso de animación correspondiente esta etapa.

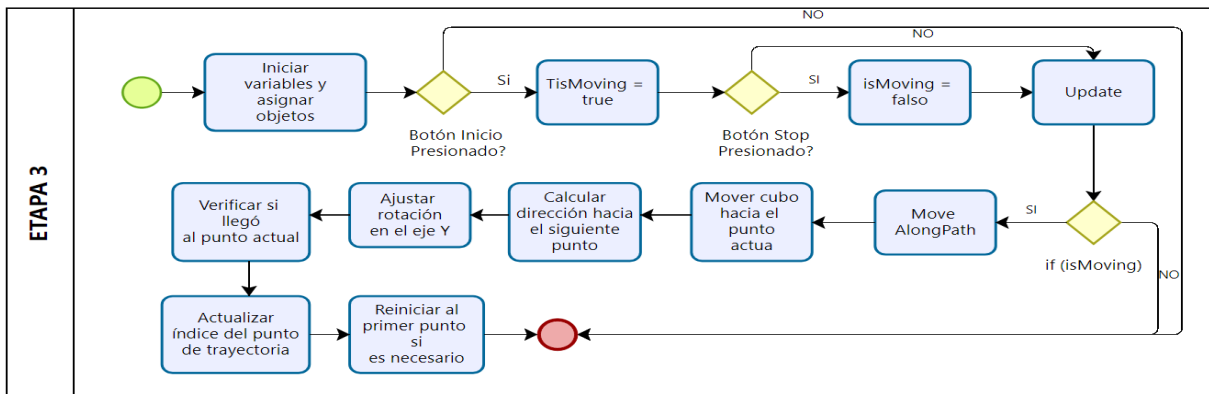


Figura 4.32. Proceso de animación de la tercera etapa

4.6.4.5 Animación de movimientos y aplicación de texturas de la cuarta etapa

En la etapa final, al igual que en las etapas previas, se añadió el respectivo archivo CAD al entorno virtual de Unity. Se le agregaron movimientos y texturas para facilitar la comprensión de su funcionamiento. En la siguiente Figura 4.33 se muestra esta etapa con sus respectivas texturas.

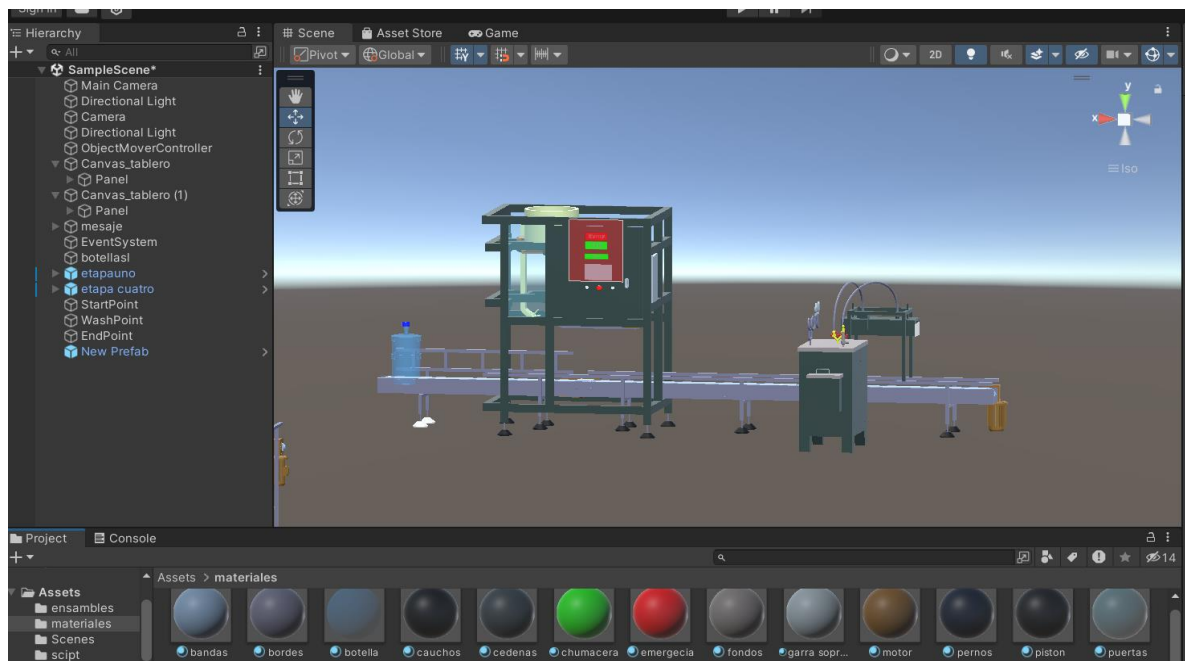


Figura 4.33. Aplicación de texturas de la cuarta etapa

La animación de la cuarta etapa muestra el botellón completamente lleno. A continuación, el botellón se traslada a la máquina de tapado, donde se representa el movimiento de colocar la tapa y el capuchón de seguridad. La animación detalla cada paso del proceso, desde el

posicionamiento del botellón bajo la máquina de tapado hasta la aplicación del capuchón termo encogible. En la siguiente Figura 4.34 se puede observar el proceso de esta etapa animada.

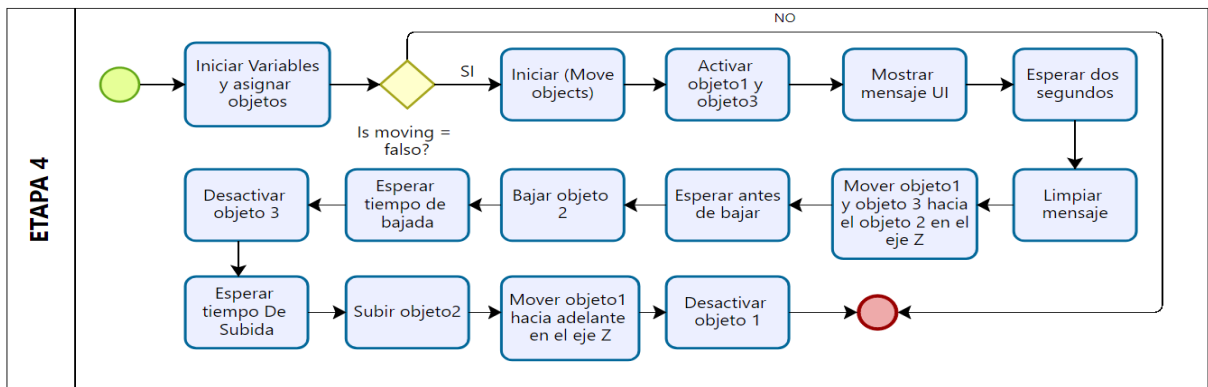


Figura 4.34. Proceso de animación de la cuarta etapa

4.7 IMPLEMENTACIÓN DE MECANISMOS INTUITIVOS DE INTERACCIÓN NATURAL

4.7.1 Desarrollo de mensajes en la animación

La Figura 4.35 muestra el entorno de desarrollo en Unity de una línea de producción de envasado de agua. Para crear un mensaje, se debe dirigir a Assets, seleccionar Create y finalmente Texto. Aquí se observan las configuraciones de texto que se utilizarán para mostrar mensajes en la simulación de Unity. A continuación, se detallan la creación y configuración de los mensajes.

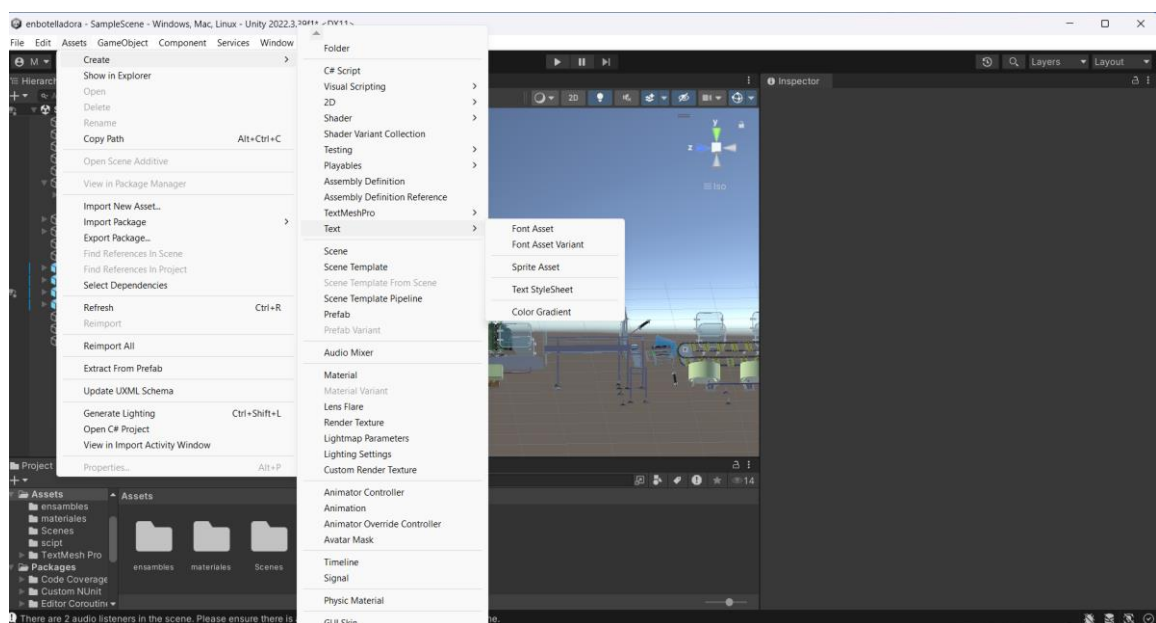


Figura 4.35. Creación de mensajes para la animación del proceso de envasado de agua+

Para configurar los mensajes en el módulo, se utiliza la ventana de Unity, la cual ofrece la opción de agregar mensajes de texto. En estos mensajes incluyen todo lo necesario para que la simulación sea más interactiva con el usuario, proporcionando información o instrucciones del proceso de manera eficiente. En la siguiente Figura 4.36 se muestra la ventana de configuración de mensajes.

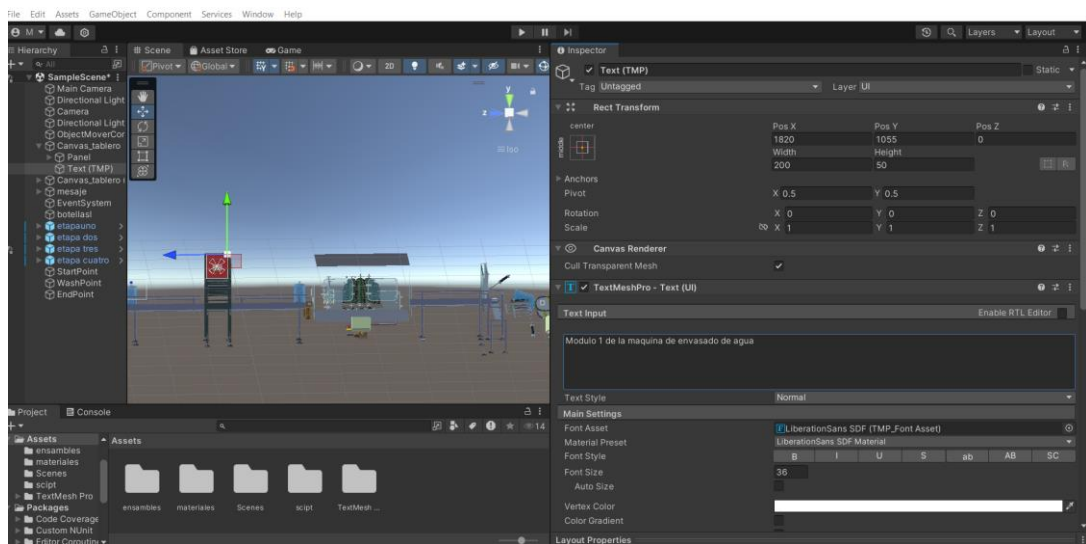


Figura 4.36. Ventana de configuración de mensajes

En la siguiente Figura 4.37 se pueden observar los textos incluidos en la simulación de Unity. Cada texto se ha colocado en el panel de control de cada módulo, el cual consta de dos paneles: uno en el módulo uno y otro en el módulo cuatro. Esto permite analizar cada mensaje y revisar las configuraciones de las máquinas.



Figura 4.37. Implementación de los mensajes en la animación

Para que la simulación sea lo más realista e interactiva en el panel presenta dos tipos de mensajes importantes: el primero detalla las medidas preventivas que el operario debe seguir antes de utilizar la máquina, y el segundo ofrece la configuración de la máquina, incluyendo la velocidad, la cantidad a producir, el tiempo de producción y el movimiento de la cinta transportadora, entre otros. En el panel de control se puede gestionar tanto la etapa uno, que es el extractor de tapas, como la etapa dos, que es la cepilladora, cada una con sus respectivas medidas preventivas y configuraciones de la máquina. En la Figura 4.38 se puede observar una simulación de los mensajes en el primer panel de control.



Figura 4.38. Panel de configuración e intrusiones de la maquina

De igual forma, en el segundo panel se encuentran las medidas preventivas para la máquina de limpieza y desinfección, la máquina de llenado, la máquina que coloca la tapa y, finalmente, la máquina de vapor que sella el botellón con el capuchón. En este panel también se proporciona información sobre cada máquina, su forma de uso y su configuración. En la siguiente Figura 4.39 se puede observar el segundo panel de control simulado

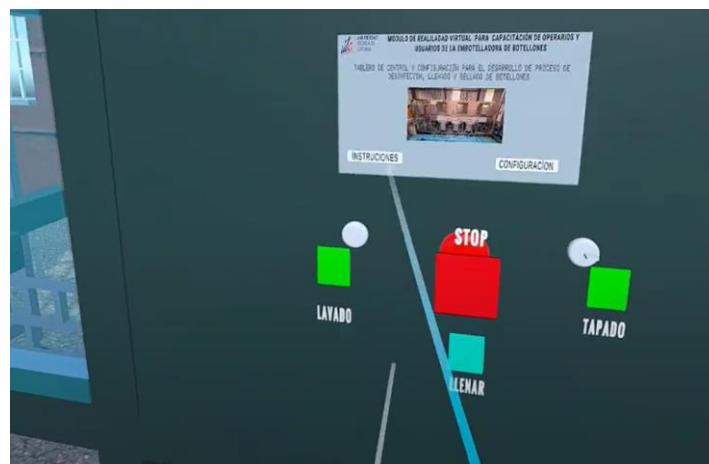


Figura 4.39. Segundo panel de configuración e intrusiones de la maquina

4.7.2 Audio de Enseñanza en la Línea de Producción de Envasado de Agua

Se colocaron audios para mejorar la experiencia de aprendizaje mediante un ícono de audio en ambos paneles de control. Estos audios proporcionan instrucciones detalladas sobre el funcionamiento y el uso correcto de las máquinas de la línea de producción. En la siguiente Figura 4.40, se puede observar la simulación del audio en el panel de control, que guía al usuario a través de cada etapa del proceso de envasado, desde la remoción de la tapa hasta el llenado y sellado del botellón.

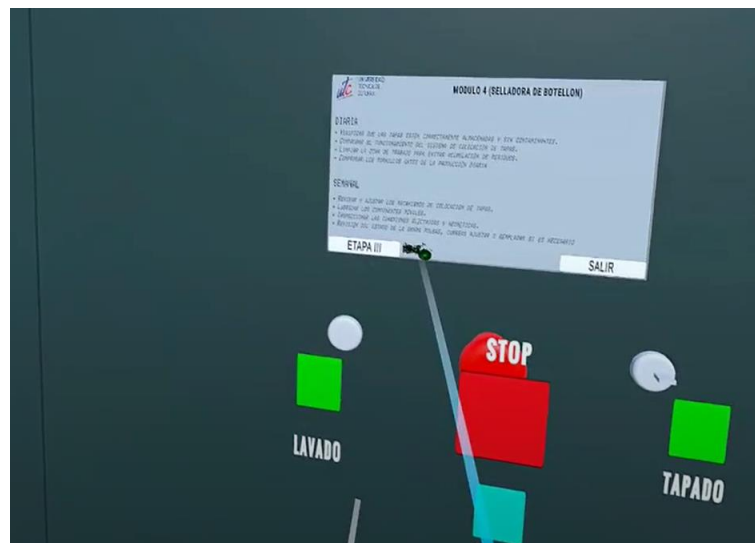


Figura 4.40. Implementación de audios en la simulación

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 ANIMACIÓN COMPLETA DE LA LÍNEA DE ENVASADO DE AGUA EN UNITY

Se pudo completar la animación del proceso de envasado de agua realizando pruebas, lo que permitió obtener una animación en Unity que demostró ser efectiva en la simulación de cada etapa del proceso de envasado de agua, con una representación visual clara de cada acción. Además, las pruebas evidenciaron una buena sincronización entre los diferentes componentes, así como una representación realista de los procesos involucrados. En la siguiente Figura 5.1 se muestra la animación completada de las 4 etapas de la línea de producción.



Figura 5.1. Animación completa de la línea de producción de envasado de agua

5.2 SISTEMA DE RV FUNCIONAL

5.2.1 Inmersión y experiencia de usuario

La animación simulada del proceso de envasado de agua en el ambiente de realidad virtual ofrece un buen nivel de inmersión. Los usuarios perciben el entorno simulado y cómo interactúan con los diversos componentes del proceso de envasado de agua es importante. En la siguiente Figura 5.2 se muestra la interactividad de los usuarios



Figura 5.2. Interactividad del usuario con el sistema RV

5.2.2 Rendimiento

Para asegurar una experiencia inmersiva y sin interrupciones en Oculus Quest 2, es esencial la fluidez en una animación. Medir la tasa de refresco e identificar cualquier caída de frames o lag que pueda afectar la percepción de movimiento son requisitos. Para garantizar que la animación funcione de manera efectiva, utilizando los recursos del sistema de manera inteligente, también

es fundamental la optimización. En la Figura 5.3 se observa que la animación funciona de manera correcta dentro de los Oculus Quest 2.



Figura 5.3. Animación optimizada en los Oculus Quest 2

5.2.3 Precisión y Realismo:

La calidad visual de la animación del proceso de envasado de agua de botellón se mantiene en el ambiente virtual, lo cual demuestra la precisión y el realismo de las máquinas creadas. Para asegurar una experiencia inmersiva, la implementación en los Oculus Quest 2 ofrece una representación clara y fiel a la realidad de cada paso del proceso.

Los usuarios pueden observar y comprender con precisión cada paso del proceso gracias a la excelente sincronización y fluidez de la animación entre los distintos componentes del sistema un ejemplo de estos componentes son los mensajes interactivos que se pueden ver en la siguiente Figura 5.4.



Figura 5.4. Panel de mensajes interactivos para la capacitación

5.3 ANÁLISIS DEL APRENDIZAJE ALCANZADO CON SISTEMA RV

Se realizó dos test a los participantes una antes de la capacitación virtual y post capacitación para realizar el debido análisis del aprendizaje alcanzado con la interfaz desarrollada para determinar la efectividad del sistema de RV.

5.3.1 Test 1

El test uno se usó para medir el conocimiento básico en máquinas de los 14 participantes. En la Tabla 5.1 se muestra la calificación obtenida de los 14 participantes antes de realizar el test 2 y la capacitación virtual.

Tabla 5.1. Notas de conocimientos básicos antes del implementar la RV test 1

Persona	Cuestionario	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	TOTAL
1	1	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	7
2	1	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	9
3	1	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	8
4	1	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	8
5	1	✓	✓	✓	X	✓	X	✓	✓	X	✓	7
6	1	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	9
7	1	✓	X	X	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	7
8	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	9
9	1	✓	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	7
10	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	10
11	1	✓	✓	✓	X	✓	X	✓	✓	✓	✓	8
12	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	9
13	1	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	8
14	1	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	9
Total de cada pregunta		14	11	8	12	14	9	14	13	8	12	

La primera prueba fue realizada para verificar el conocimiento básico que tienen los participantes en uso de máquinas de una línea de producción.

En la Tabla 5.2, se presentan los porcentajes de preguntas correctas e incorrectas correspondientes al Test 1, el cual fue diseñado para evaluar los conocimientos básicos en el manejo de máquinas de la línea de producción de envasado de agua.

Tabla 5.2. Porcentaje de preguntas incorrectas y correctas del test 1

Preguntas	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Correctas	100%	78.57%	57.14%	85.71%	100%	64.29%	100%	92.86%	57.14%	85.71%
Incorrectas	-----	21.43%	42.86%	14.29%	-----	35.71%	-----	7.14%	42.86%	14.29%

Los resultados fueron los siguientes del primer test: Para la pregunta 1, el 100% de las respuestas fueron correctas. Para la pregunta 2, el 78.57% fueron correctas y el 21.43% fueron inexactas. Para la pregunta 3, el 57.14% fueron correctas y el 42.86% se equivocó. Para la pregunta 4, el 85.71% fueron correctas y el 14.29% estuvieron mal. Para la pregunta 5, el 100% de las respuestas fueron correctas. Para la pregunta 6, el 64.29% fueron correctas y el 35.71% fueron incorrectas. Para la pregunta 7, el 100% de las respuestas fueron correctas. Para la pregunta 8, el 92.86% fueron correctas y el 7.14% estuvieron mal. Para la pregunta 9, el 57.14% fueron correctas y el 42.86% fueron incorrectas.

Finalmente, para la pregunta 10, el 85.71% fueron correctas y el 14.29% fueron inexactas.

5.3.2 Test 2

Tras la finalización del Test 1 de conocimientos básicos, los 14 participantes fueron divididos en dos grupos: el grupo de control, que no utilizó el sistema de RV y el grupo experimental, que recibió instrucción utilizando el sistema de RV.

El Test 2 se utilizó para evaluar el conocimiento adquirido tras la capacitación por ambos grupos, junto con sus respectivas calificaciones. A continuación, se presentan las calificaciones obtenidas por el grupo de control en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3. Notas obtenidas del grupo de control test 2

Persona	Cuestionario	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	TOTAL
1	2	✓	X	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	X	7
2	2	✓	✓	✓	X	X	✓	X	X	X	✓	5
3	2	✓	X	✓	✓	X	✓	X	✓	X	✓	6
4	2	✓	X	✓	X	X	✓	X	X	✓	✓	5
5	2	✓	✓	✓	X	✓	X	✓	✓	X	✓	7
6	2	✓	X	✓	X	✓	✓	✓	X	✓	✓	7
7	2	✓	X	✓	✓	X	✓	X	✓	X	✓	6
Total de cada pregunta		7	2	7	3	2	6	3	4	3	6	

Los resultados obtenidos por el grupo experimental, reflejados en la Tabla 5.4, constituyen un elemento clave para comprender los efectos de capacitar con RV.

Tabla 5.4. Notas obtenidas del grupo experimental test 2

Persona	Cuestionario	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	TOTAL
1	2	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	9
2	2	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	9
3	2	✓	✓	✓	X	✓	X	✓	✓	✓	✓	8
4	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	10
5	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	10
6	2	✓	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	✓	8
7	2	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	9
Total de cada pregunta		5	5	5	3	4	4	5	5	5	5	

Con los resultados de las pruebas, se calculó el porcentaje de preguntas correctas e incorrectas para cada grupo.

La fórmula utilizada para calcular el porcentaje de preguntas correctas es:

$$\text{Porcentaje de correctas} = \frac{\text{Total de correctas}}{14} * 100 \quad (\text{V.1})$$

Donde, Porcentaje de correctas: representa el porcentaje de respuestas correctas obtenidas por un participante, Total de correctas: representa el número total de respuestas correctas obtenidas por un participante y 14: representa el total de participantes en el test.

La fórmula utilizada para calcular el porcentaje de preguntas incorrectas es:

$$\text{Porcentaje de incorrectas} = \frac{\text{Total de incorrectas}}{14} * 100 \quad (\text{V.2})$$

Donde, Porcentaje de incorrectas: representa el porcentaje de respuestas correctas obtenidas por un participante, Total de incorrectas: representa el número total de respuestas correctas obtenidas por un participante y 14: Representa el total de participantes en el test.

En la siguiente Tabla 5.5 se presentan los resultados obtenidos por el grupo de control en el Test 2, realizado tras la finalización de la capacitación mediante el método tradicional.

Tabla 5.5. Porcentajes del test de Control test 2

Preguntas	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Correctas	100%	28.57%	100%	42.86%	28.57%	85.71%	42.86%	57.14%	42.86%	85.71%
Incorrectas	-----	71.43%	-----	57.14%	71.43%	14.29%	57.14%	42.86%	57.14%	14.29%

Los resultados de la prueba de control, realizada a los operadores, indican que en las preguntas 1 y 3, el 100% de las respuestas fueron correctas, lo que refleja un rendimiento excelente. Sin embargo, en las preguntas 2 y 5, solo el 28,57% de las respuestas fueron correctas, lo que sugiere que faltó información o material de apoyo. En las preguntas 4, 7 y 9, el 42,86% de las respuestas fueron correctas y el 57,14% fueron incorrectas, lo que señala posibles fallas en la información proporcionada. Para las preguntas 6 y 10, el 85,71% de las respuestas fueron correctas y el 14,29% fueron inexactas, lo que indica que la información fue bien retenida durante la capacitación. Finalmente, en la pregunta 8, el 57,14% de las respuestas fueron correctas, lo que sugiere que, aunque la mayoría logró responder bien, una parte significativa de los participantes no retuvo los conocimientos necesarios, lo que podría atribuirse a la capacitación a dificultades en la retención de la información. En la siguiente Tabla 5.6 se presentan los resultados obtenidos por el grupo experimental en el Test 2, realizado tras la finalización de la capacitación mediante el sistema de RV.

En la siguiente Tabla 5.6 se presentan los resultados obtenidos por el grupo experimental en el Test 2, realizado tras la finalización de la capacitación mediante el sistema de RV.

Tabla 5.6. Porcentajes del test experimental test 2

Preguntas	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Correctas	100%	100%	100%	85.71%	71.43%	85.71%	100%	100%	100%	100%
Incorrectas	-----	-----	-----	14.29%	28.57%	14.29%	-----	-----	-----	-----

Por otro lado, al aplicar la enseñanza mediante realidad virtual (RV) se evidencia una notable mejora en la eficiencia de la formación, lo cual se refleja en el incremento significativo de las respuestas correctas obtenidas por los operarios en la evaluación. En un análisis detallado, se observa que en un amplio conjunto de preguntas del test, específicamente en las preguntas 1, 2, 3, 7, 8, 9 y 10, se alcanzó un 100% de aciertos, lo que sugiere que los contenidos fueron no solo precisos, sino también presentados de manera altamente didáctica y accesible, facilitando la comprensión integral por parte de los operarios. Este desempeño sobresaliente indica que la instrucción mediante RV optimizó la adquisición y retención de conocimientos. Por otro lado,

en las preguntas 4 y 6, el 85,71% de las respuestas fueron correctas, mientras que el 14,29% resultaron incorrectas, lo que se entiende como una mejora significativa en comparación con los resultados obtenidos mediante métodos de enseñanza. tradicionales, reforzando la eficacia de la RV en la capacitación. En el caso de la pregunta 5, el 71,43% de aciertos y el 28,57% de respuestas inexactas sugieren que, aunque se retuvo la información, existe un margen de mejora, relacionado con la complejidad del contenido o la necesidad de reforzamiento. adicional en ese apartado específico. En conjunto, estos resultados demuestran que la realidad virtual no solo facilita la comprensión y retención de la información, sino que también potencia el rendimiento en la evaluación, consolidando su efectividad como herramienta formativa de capacitación.

Según el promedio de calificaciones de ambos grupos, se observa que el entrenamiento mediante RV es una metodología de aprendizaje y enseñanza más efectiva. El 94% de los operarios comprendió las instrucciones sobre el funcionamiento de la línea de envasado de agua de botellón, así como la forma de configurar y entender el entorno que los rodea. En contraste, solo el 61% de los operarios que recibieron la formación convencional logró responder de manera eficiente a los conceptos básicos de la línea de producción de envasado de agua. La diferencia significativa entre ambas metodologías de enseñanza se ilustra en la Figura 5.5.

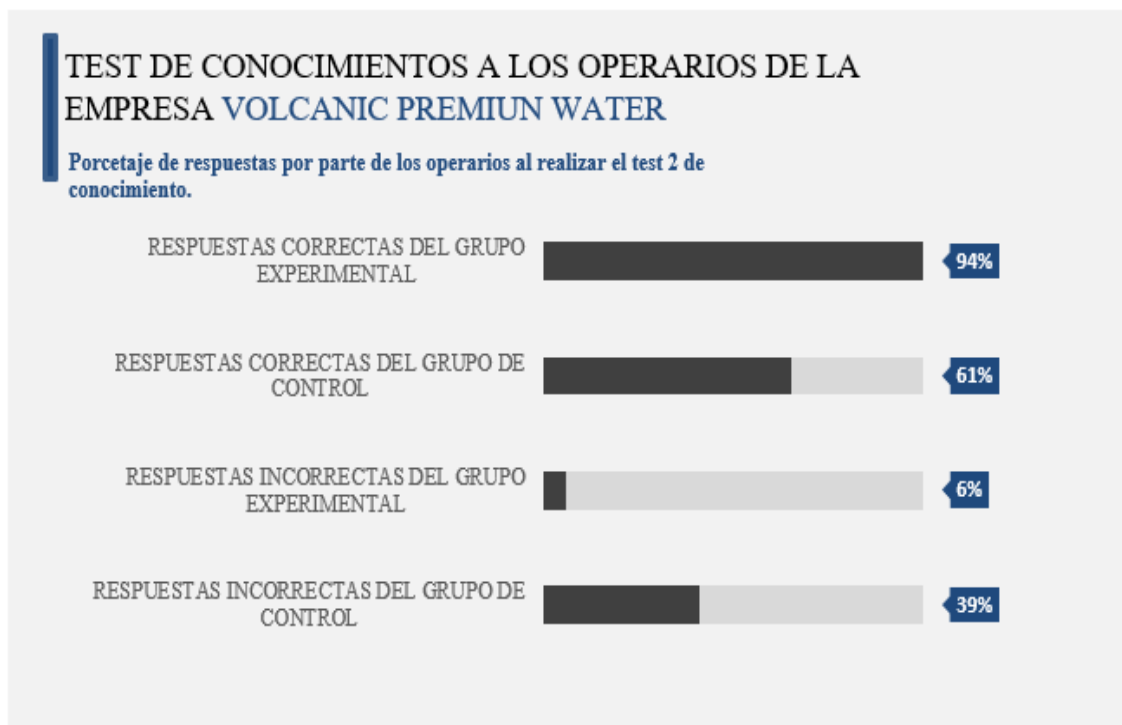


Figura 5.5. Comparación del porcentaje de la nota media

Uso del software IBM SPSS Statistics

Un análisis comparativo de los resultados del Test 2 se realizó con el programa estadístico IBM SPSS Statistics. Se creó una base de datos con las calificaciones de los participantes de los dos grupos: el experimental, que recibió capacitación virtual, y el de control, que recibió capacitación tradicional. Para evaluar la superioridad del método de capacitación basado en RV, se aplicaron pruebas estadísticas adecuadas para determinar si había diferencias estadísticamente significativas en el desempeño de ambos grupos, estas pruebas se midieron por dos hipótesis. A continuación, se presentan los puntos clave para demostrar la efectividad del sistema de RV en términos de aprendizaje:

i. Hipótesis del investigador

El promedio de las calificaciones obtenidas en el examen posterior a la capacitación con RV por parte de los operarios en la empresa Water Volcanic Premium S.A. demuestra que la metodología experimental produjo mejores resultados en comparación con los operarios capacitados de manera tradicional (grupo de control).

H_0 =No existe una diferencia significativa entre la media de calificaciones obtenidas del grupo de control y la media de calificaciones del grupo experimental.

H_1 =Existe una diferencia entre la media de calificaciones del grupo de control y la media de calificaciones del grupo experimental.

El nivel de significancia (α) es un parámetro estadístico que determina el umbral a partir del cual se rechaza la hipótesis en una prueba de hipótesis. De manera general se utiliza un nivel Alfa(α)=5%=0.05 el nivel de error va a ser 0.05.

ii. Elección de una prueba estadística

Dado que estamos comparando dos grupos que se capacitaban de diferentes maneras, vamos a analizar sus calificaciones. Este análisis se basa en un estudio transversal, ya que se evalúan los dos grupos en un mismo momento, utilizando una variable numérica: las calificaciones de las evaluaciones. Por lo tanto, la prueba adecuada para este caso es una prueba T de Student para muestras independientes, ya que es un estudio transversal y la variable es numérica. Esta prueba nos permitirá comparar los promedios de las calificaciones entre los dos grupos. En la siguiente Tabla 5.7 se muestra las pruebas paramétricas y no paramétricas.

Tabla 5.7. Tipo de pruebas paramétricas y no paramétricas

		PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS			PRUEBAS PARAMÉTRICAS
Variable fija	Variable aleatoria	Nominal Dicotómica	Nominal Politómica	Ordinal	Numérica
		Estudio transversal	Un grupo	χ^2 Bondad de ajuste Binomial	
Muestras independientes	Dos grupos	χ^2 de Homogeneidad Corrección de Yates test exacto de Fisher	χ^2 de Homogeneidad	U Mann Withney	T de Student para muestras independientes
	Más de dos grupos	χ^2 de Homogeneidad	χ^2 de Homogeneidad	H Kruskal	ANOVA con un factor INTERsujetos
Estudio Longitudinal	Dos medidas	Mc Nemar	Q Cochran	Wilcoxon	T de Student para muestras relacionadas
	Más de dos medidas	Q Cochran	Q Cochran	Friedman	ANOVA para medidas repetidas

iii. Lectura p-Valor e igualdad de varianza

Antes de calcular el valor p se debe ver la normalidad y la igualdad de varianza para poder calcular la prueba t Student para muestras independientes es necesario verificar si los datos cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. En la siguiente Figura 5.6 se muestra la selección de datos para realizar la prueba de normalidad.

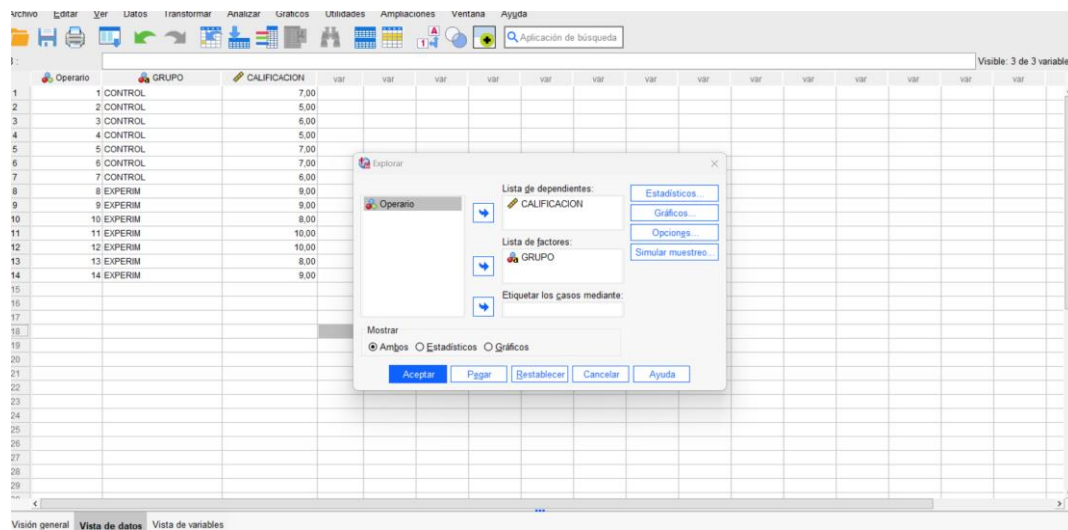


Figura 5.6. Selección de datos para realizar la prueba de normalidad

En la Figura 5.7 se observa que el 100% de los casos son válidos y no hay valores perdidos. También se puede observar la media de ambos grupos: el grupo experimental tiene una media de 9, mientras que el grupo de control tiene una media de 6. Numéricamente, las calificaciones reflejan que el grupo experimental, que se preparó en el entorno virtual, obtuvo mejores resultados que los operarios que se capacitaron de manera tradicional.

CALIFICACION	GRUPO	Válido		Casos Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
1	1	7	100,0%	0	0,0%	7	100,0%
2	2	7	100,0%	0	0,0%	7	100,0%

GRUPO	Estadístico	Error estándar
1	Media	6,1429
	95% de intervalo de confianza para la media	Limite inferior 5,3107
		Limite superior 6,9750
	Media recortada al 5%	6,1587
	Mediana	6,0000
	Varianza	,810
	Desv. estándar	,89974
	Mínimo	5,00
	Máximo	7,00
	Rango	2,00
	Rango intercuartil	2,00
	Asimetría	-,353
	Curtosis	-1,817
	2	Media
95% de intervalo de confianza para la media		Limite inferior 8,2449
		Limite superior 9,7551
Media recortada al 5%		9,0000
Mediana		9,0000
Varianza		,887
Desv. estándar		,81650
Mínimo		8,00
Máximo		10,00

Figura 5.7. Datos de la prueba de normalidad

Se toma en cuenta la prueba de Shapiro-Wilk, ya que esta es más adecuada para muestras de tamaño menor o igual a 30 individuos, acorde a los datos. No se usó la prueba de Kolmogorov-Smirnov porque está diseñada para muestras con más de 30 individuos. Al utilizar la prueba de Shapiro-Wilk, se observa que el grado de significancia para el grupo de control es de 0.062 y para el grupo experimental es de 0.144. Estos datos se observan en la siguiente Figura 5.8.

GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
1	,258	7	,174	,818	7	,062
2	,214	7	,200*	,858	7	,144

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 5.8. Prueba de normalidad realizada.

Al momento de utilizar la prueba de Shapiro Wilk se observa que el grado de significancia para el grupo de control es de 0.062 y para el grupo experimental de 0.144

P-valor $\geq \alpha$ aceptar H0 = Los datos provienen de una distribución normal

P-valor $< \alpha$ aceptar H1 = Los datos no provienen de una distribución normal

En la siguiente Tabla 5.8 se muestra la comparación de la normalidad entre las dos hipótesis.

Tabla 5.8. Comparación de normalidad

NORMALIDAD calificaciones		
P-Valor (Control)=0.062	>	$\alpha = 0.05$
P-Valor (Experimental)=0.144	>	$\alpha = 0.05$
Conclusión: Las variables en el grupo de control y en el grupo experimental se comporta normalmente		

La prueba de Levene se utilizó para verificar la homogeneidad de las varianzas. El valor de p resultante fue de 0.062 para el grupo de control y 0.114 para el grupo experimental. En la siguiente Figura 5.9 se muestra los valores resultantes.

Prueba de muestras independientes						
Prueba de Levene de igualdad de varianzas						
		F	Sig.	t	gl	Signif P de un factor
CALIFICACION	Se asumen varianzas iguales	,401	,539	-6,222	12	<,001
	No se asumen varianzas iguales			-6,222	11,889	<,001

Figura 5.9. Prueba de Levene generada

En la Tabla 5.9 se puede ver que el valor excede el nivel de significancia preestablecido de $\alpha = 0.05$, se falla en rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianzas. Por lo tanto, se puede asumir que las varianzas de ambos grupos son homogéneas, lo cual es un supuesto importante para la validez de las pruebas paramétricas posteriores.

Tabla 5.9. Comparación de normalidad en términos de variables

Igualdad de varianzas		
P-Valor (Control)=0.539	>	$\alpha = 0.05$
Conclusión: Las variables son iguales		

iv. Cálculo de prueba T Student

Dado que el análisis de las variables reveló igualdad, se consideró apropiado continuar con la prueba T Student para muestras independientes, con el objetivo de comparar las medias de ambos grupos. En la siguiente Figura 5.10 se muestra la prueba T Student generada por el software

Figura 5.10. Prueba T Student generada

Con los datos generados por el software, se verifica cuál de las dos hipótesis es verdadera al comparar el valor de probabilidad obtenido (P-valor) con el nivel de significancia (α). Si el P-valor es menor o igual a α , se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1). En cambio, si el P-valor es mayor que α , no se rechaza H_0 y esta se acepta. En la Tabla 5.10 se presenta la comparación del valor alfa entre las dos hipótesis para determinar cuál de ellas es válida.

Tabla 5.10. Comparación del valor de alfa

T Student		
P-Valor (Control)=0.001	<	$\alpha = 0.05$
Conclusión: Esto significa que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los dos grupos.		

Dado que el p-valor es mucho menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula, la cual establece que no hay diferencia entre las medias de los dos grupos. Esto implica que hay suficiente evidencia para afirmar que las medias de los dos grupos son diferentes, sugiriendo que no son producto del azar.

La Tabla 5.11 presenta los resultados de tres pruebas estadísticas realizadas para comparar dos grupos de estudio: el grupo control y el grupo experimental. El grupo control fue capacitado utilizando métodos convencionales de enseñanza, mientras que el grupo experimental recibió capacitación mediante realidad virtual. Los valores en la tabla reflejan las diferencias observadas en las variables clave entre ambos grupos, lo que permite evaluar la efectividad y la significancia estadística del uso de realidad virtual en comparación con la capacitación tradicional.

Tabla 5.11. Resultados de las pruebas estadísticas realizadas

Datos		
P-Valor (Control)=0.062 NORMALIDAD	>	$\alpha = 0.05$
P-Valor (Experimental)=0.144 NORMALIDAD	>	$\alpha = 0.05$
P-Valor (Control)=0.539 IGUALDAD DE VARINZAS	>	$\alpha = 0.05$
P-Valor (Control)=0.001 T STUDENT	<	$\alpha = 0.05$
<p>La hipótesis del autor (H1) establece que existe una diferencia entre la media de calificaciones del grupo de control y la media de calificaciones del grupo experimental. Esta hipótesis fue probada estadísticamente utilizando los datos obtenidos tras las pruebas realizadas esto implica que hay suficiente evidencia para afirmar que las medias de los dos grupos son diferentes, sugiriendo que no son producto del azar.</p>		

Este análisis estadístico demuestra de manera numérica y estadística que el entrenamiento con RV es superior al entrenamiento tradicional en la empresa Water Volcanic Premium SA. Los resultados indican que los empleados que recibieron entrenamiento con RV muestran un mejor desempeño en comparación con aquellos que siguieron el método tradicional.

5.4 ANÁLISIS DE LA USABILIDAD DEL SISTEMA RV

Se realizó una prueba de usabilidad conocida como System Usability Scale (SUS) para evaluar la efectividad y facilidad de uso del sistema de RV implementado en la capacitación de operarios de la línea de producción de envasado de agua de botellón. Esta prueba se diseñó para obtener una medición cuantitativa de la usabilidad del sistema, proporcionando una visión clara de la experiencia de usuario y la potencial eficiencia del método de capacitación en comparación con las técnicas convencionales. Los resultados de la prueba SUS ayudarán a determinar si el sistema de RV es una herramienta viable y efectiva para mejorar el rendimiento y la experiencia de aprendizaje de los operarios.

Esta prueba se aplicó a los 7 participantes que utilizaron el sistema de RV. A continuación, se presentan los datos obtenidos de la prueba de usabilidad del primer participante en la siguiente Tabla 5.12.

Tabla 5.12. Resultados de la prueba de usabilidad del primer participante

Preguntas	Cuestionario	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Total
1	Usabilidad					✓	5
2	Usabilidad			✓			3
3	Usabilidad				✓		4
4	Usabilidad			✓			3
5	Usabilidad				✓		4
6	Usabilidad		✓				2
7	Usabilidad					✓	5
8	Usabilidad	✓					1
9	Usabilidad					✓	5
10	Usabilidad		✓				2

En la siguiente Tabla 5.13 se presentan los datos obtenidos de la prueba de usabilidad del segundo participante.

Tabla 5.13. Resultados de la prueba de usabilidad del segundo participante

Preguntas	Cuestionario	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Total
1	Usabilidad				✓		4
2	Usabilidad		✓				2
3	Usabilidad			✓			3
4	Usabilidad			✓			3
5	Usabilidad				✓		4
6	Usabilidad		✓				2
7	Usabilidad				✓		4
8	Usabilidad		✓				2
9	Usabilidad					✓	5
10	Usabilidad		✓				2

En la siguiente Tabla 5.14 se presentan los datos obtenidos de la prueba de usabilidad del tercer participante.

Tabla 5.14: Resultados de la prueba de usabilidad del tercer participante

Preguntas	Cuestionario	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Total
1	Usabilidad				✓		4
2	Usabilidad		✓				2
3	Usabilidad			✓			3
4	Usabilidad				✓		4
5	Usabilidad				✓		4
6	Usabilidad			✓			3
7	Usabilidad				✓		4
8	Usabilidad			✓			3
9	Usabilidad				✓		4
10	usabilidad		✓				2

En la siguiente Tabla 5.15 se presentan los datos obtenidos de la prueba de usabilidad del cuarto participante.

Tabla 5.15: Resultados de la prueba de usabilidad del cuarto participante

Preguntas	Cuestionario	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Total
1	usabilidad				✓		4
2	usabilidad		✓				2
3	usabilidad				✓		4
4	usabilidad		✓				2
5	usabilidad				✓		4
6	usabilidad	✓					1
7	usabilidad					✓	5
8	usabilidad			✓			3
9	usabilidad					✓	5
10	usabilidad		✓				2

En la siguiente Tabla 5.16 se presentan los datos obtenidos de la prueba de usabilidad del quinto participante.

Tabla 5.16: Resultados de la prueba de usabilidad del quinto participante

Preguntas	Cuestionario	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Total
1	usabilidad			✓			3
2	usabilidad		✓				2
3	usabilidad				✓		4
4	usabilidad				✓		4
5	usabilidad				✓		4
6	usabilidad			✓			3
7	usabilidad			✓			3
8	usabilidad		✓				2
9	usabilidad				✓		4
10	usabilidad			✓			3

En la siguiente Tabla 5.17 se presentan los datos obtenidos de la prueba de usabilidad del sexto participante.

Tabla 5.17: Resultados de la prueba de usabilidad del sexto participante

Preguntas	Cuestionario	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Total
1	usabilidad				✓		4
2	usabilidad	✓					1
3	usabilidad				✓		4
4	usabilidad	✓					1
5	usabilidad				✓		4
6	usabilidad	✓					1
7	usabilidad					✓	5
8	usabilidad		✓				2
9	usabilidad					✓	5
10	usabilidad		✓				2

En la siguiente Tabla 5.18 se presentan los datos obtenidos de la prueba de usabilidad del último participante.

Tabla 5.18: Resultados de la prueba de usabilidad del séptimo participante

Preguntas	Cuestionario	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Total
1	usabilidad				✓		4
2	usabilidad		✓				2
3	usabilidad				✓		4
4	usabilidad			✓			3
5	usabilidad				✓		4
6	usabilidad		✓				2
7	usabilidad				✓		4
8	usabilidad			✓			3
9	usabilidad				✓		4
10	usabilidad			✓			3

5.4.1 Cálculo de usabilidad del sistema VR

Para realizar el cálculo de la usabilidad, se tomaron en cuenta 5 preguntas positivas y 5 preguntas negativas del test realizado. Las 5 preguntas positivas incluyeron la pregunta 1, la pregunta 3, la pregunta 7 y la pregunta 9. Por otro lado, las 5 preguntas negativas comprendieron la pregunta 2, la pregunta 4, la pregunta 6, la pregunta 8 y la pregunta 10, de acuerdo con el cuestionario SUS.

Las preguntas positivas están diseñadas para resaltar aspectos del sistema que los usuarios encontraron satisfactorios o útiles, mientras que las preguntas negativas se enfocan en identificar problemas o inconvenientes que los usuarios experimentaron. Este balance permite una evaluación más detallada y precisa de la usabilidad del sistema. En la Tabla 5.19 siguiente se muestra las preguntas positivas con sus respectivos datos del test realizado.

Tabla 5.19. Datos de preguntas positivas

Datos de las preguntas positivas						
Operarios	Pregunta 1	Pregunta 3	Pregunta 5	Pregunta 7	Pregunta 9	Suma de datos
1	5	4	4	5	5	23
2	4	3	4	4	5	20
3	4	3	4	4	4	19
4	4	4	4	5	5	22
5	3	4	4	3	4	18
6	4	4	4	5	5	22
7	4	4	4	4	4	20

La Tabla 5.20 muestra los resultados de las 5 preguntas negativas del cuestionario de usabilidad, las cuales fueron diseñadas para identificar inconvenientes de los usuarios.

Tabla 5.20. Tabla de valores de las 5 preguntas negativas

Datos de las preguntas negativas						
Operarios	Pregunta 2	Pregunta 4	Pregunta 6	Pregunta 8	Pregunta 10	Suma de datos
1	3	3	2	1	2	11
2	2	3	2	2	2	11
3	2	4	3	3	2	14
4	2	2	1	3	2	10
5	2	4	3	2	3	14
6	1	1	1	2	2	7
7	2	3	2	3	3	13

Cada uno de los operarios tendrá una respuesta en la escala de Likert, como son las opciones 1, 2, 3, 4 o 5, y se tendrá un resultado en función a la respuesta. Estos son los números a sumar:

- I. Suma las respuestas de las preguntas impares y luego resta 5
- II. Suma las respuestas de las preguntas pares y resta el total a 25
- III. Suma ambas respuestas y multiplíquelo por 2,5.

A través de SUS, se obtiene un puntaje entre 0 y 100 que indica el nivel de usabilidad percibido por los usuarios. Esta escala permite comparar la usabilidad del sistema de realidad virtual del sistema desarrollado. En la siguiente Tabla 5.21 se muestra los valores del SUS

- 0-25 Muy pobre
- 26-50 Pobre

- 51-70 Aceptable
- 71-85 Bueno
- 86-100 Excelente

Tabla 5.21. Tabla de resultados del test SUS

Resultados SUS								
Operarios	1	2	3	4	5	6	7	PROMEDIO TOTAL
SUS	80	72.5	62.5	80	60	87.5	67.5	72.85

Después de aplicar el Sistema SUS para evaluar la aceptación del sistema de RV, diseñado para la formación en la línea de producción de envasado de agua, el grupo experimental respondió a 10 preguntas basadas en la escala de Likert. La metodología obtuvo una calificación de 72.85 sobre 100, lo cual es un indicativo positivo. Este puntaje sugiere que el sistema es satisfactorio, intuitivo y fácil de usar para los operarios. Sin embargo, siempre hay espacio para mejoras que puedan generar una experiencia aún más intuitiva y satisfactoria.

En la figura Figura 5.11 se muestra que, según la metodología propuesta por John Brooke, los operarios pueden utilizar adecuadamente el sistema de RV al analizar su eficiencia, eficacia y satisfacción. Por lo tanto, con base en el Sistema SUS, se concluye que el aprendizaje del uso de las máquinas y del funcionamiento de la línea de producción de envasado de agua de botellón es aceptable para cada uno de los operarios encuestados.

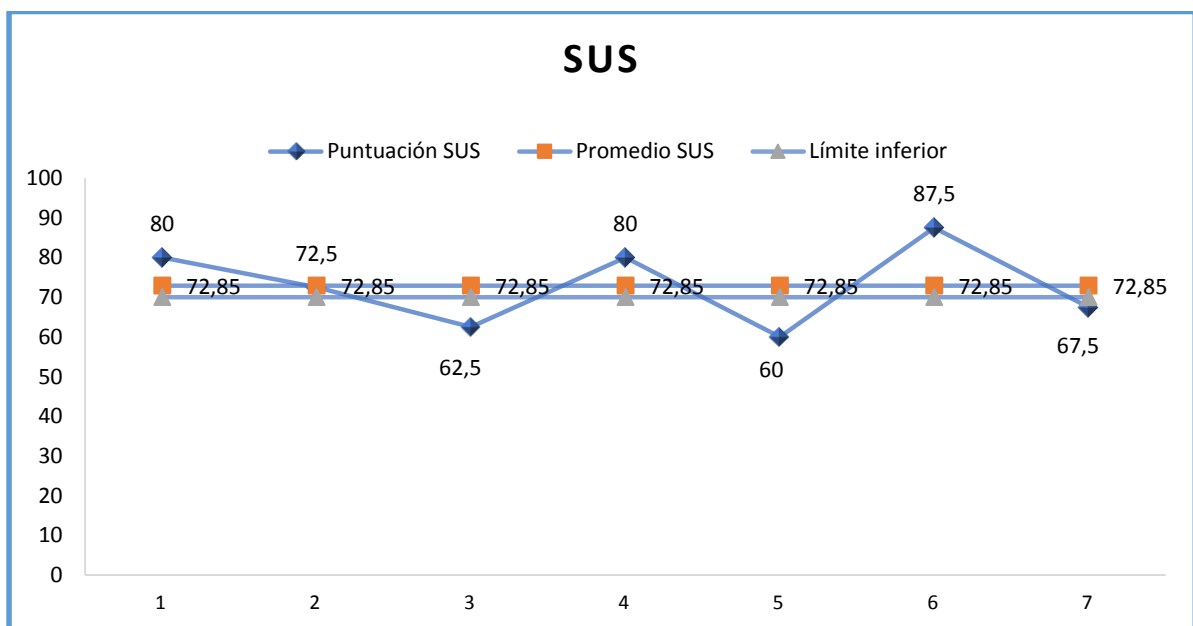


Figura 5.11. Resultados de la puntuación SUS

5.5 IMPACTO ECONÓMICO

En este escrito se analiza la propuesta de implementar un sistema de realidad virtual para la capacitación en una línea de producción de envasado de agua. El proyecto fue concebido con el objetivo de optimizar la formación del personal, reducir errores operativos y mejorar la eficiencia en la producción. Mediante la tecnología de realidad virtual, se busca proporcionar una experiencia de aprendizaje inmersiva y práctica, permitiendo a los empleados familiarizarse con el entorno de trabajo y los procedimientos sin interrumpir las operaciones reales. La inversión inicial en este sistema incluye el desarrollo de software adaptado a las necesidades de la línea de producción, la adquisición del hardware necesario, y los costos asociados al desarrollo, implementación y mantenimiento continuo del sistema.

Por ello, este documento tiene como finalidad evaluar el Retorno Sobre la Inversión (ROI), su rentabilidad y el tiempo de recuperación de la inversión, demostrando cómo la adopción de la realidad virtual puede convertirse en una estrategia clave para mejorar el rendimiento y la competitividad de la empresa.

5.5.1 Costos de desarrollo de proyecto

Los costos del proyecto se diversifican entre sus tres principales elementos los cuales consideran todos los elementos físicos, tecnológicos y talento humano necesarios para la puesta en marcha de este proyecto tal como se observa en la siguiente Tabla 5.22.

Tabla 5.22. Matriz de Costos atribuibles al Proyecto

MATRIZ DE COSTOS ATRIBUIBLES AL PROYECTO		COSTO
MATERIA PRIMA	GAFAS Y CONTROLADORES	\$1.050,00
	EQUIPO DE COMPUTACION	\$1.500,00
	CABLEADO	\$90,00
MANO DE OBRA	DESARROLLADORES	\$3.600,00
CIF	LICENCIAS	\$50,00
	ENERGIA ELECTRICA ATRIBUIBLE AL PROYECTO	\$50,00
	INTERNET ATRIBUIBLE AL PROYECTO	\$120,00
TOTAL		\$6.460,00

Los componentes esenciales de la inversión en el sistema de realidad virtual están distribuidos en los tres elementos del costo. En el primer componente (Materiales Directos), se incluyen la adquisición de tres gafas de realidad virtual y sus controladores, con una vida útil de 5 años, que servirán como herramientas para la inmersión en el software, así como un equipo de cómputo adecuado para ejecutar los programas necesarios y medir los resultados de la capacitación, también con una vida útil de 5 años, junto con el cableado general necesario. El segundo componente (Mano de Obra) contempla los honorarios de dos desarrolladores de software, quienes se encargarán de crear el programa, con un tiempo estimado de desarrollo de 6 meses. Finalmente, el tercer componente, los Costos Indirectos de Fabricación (CIF), incluye el uso de licencias de software, consumo de energía eléctrica e internet durante los 6 meses que dura el desarrollo y la implementación del sistema.

Además, se han de considerar los costos de mantenimiento del software que la empresa debe incurrir para mantener en funcionamiento el sistema a través de los periodos que este estará operativo. Estos costos se resumen en la siguiente tabla

Tabla 5.23. Costos de Mantenimiento del Software

COSTOS ANUALES DE MANTENER EL SOFTWARE		COSTO
EGRESOS	MANTENIMIENTOS	\$50,00
	ACTUALIZACIONES	\$300,00
	ENERGIA	\$45,00
	INTERNET	\$30,00
TOTAL		\$425,00

Los costos necesarios para mantener el sistema en funcionamiento están compuestos por varios elementos clave. En primer lugar, se incluyen los costos de mantenimiento regular, como la limpieza del equipo y la calibración de los dispositivos de realidad virtual, asegurando que el hardware funcione de manera óptima y prolongando su vida útil. Además, se consideran las actualizaciones del software, que pueden implicar modificaciones o adecuaciones para mantener la alineación del sistema con las necesidades cambiantes de la empresa y con los avances tecnológicos. También se contempla el costo de la energía eléctrica, asignado proporcionalmente al uso del sistema durante el periodo de un año, asegurando que el consumo sea eficiente y justificado. Del mismo modo, se considera el costo del acceso a internet, indispensable para el funcionamiento del software, las actualizaciones y la conexión de los

dispositivos, y que se calcula de manera similar al consumo energético. Adicionalmente, podrían incluirse costos relacionados con la formación continua del personal que utiliza el sistema, asegurando que estén capacitados para aprovechar al máximo la tecnología.

5.5.2 Costos de capacitación tradicional

La Figura 5.12 presenta un diagrama de flujo que detalla el proceso de capacitación actual en la empresa. Este diagrama visualiza claramente las distintas etapas por las que pasa un empleado desde su incorporación a la compañía hasta la evaluación final de su desempeño.

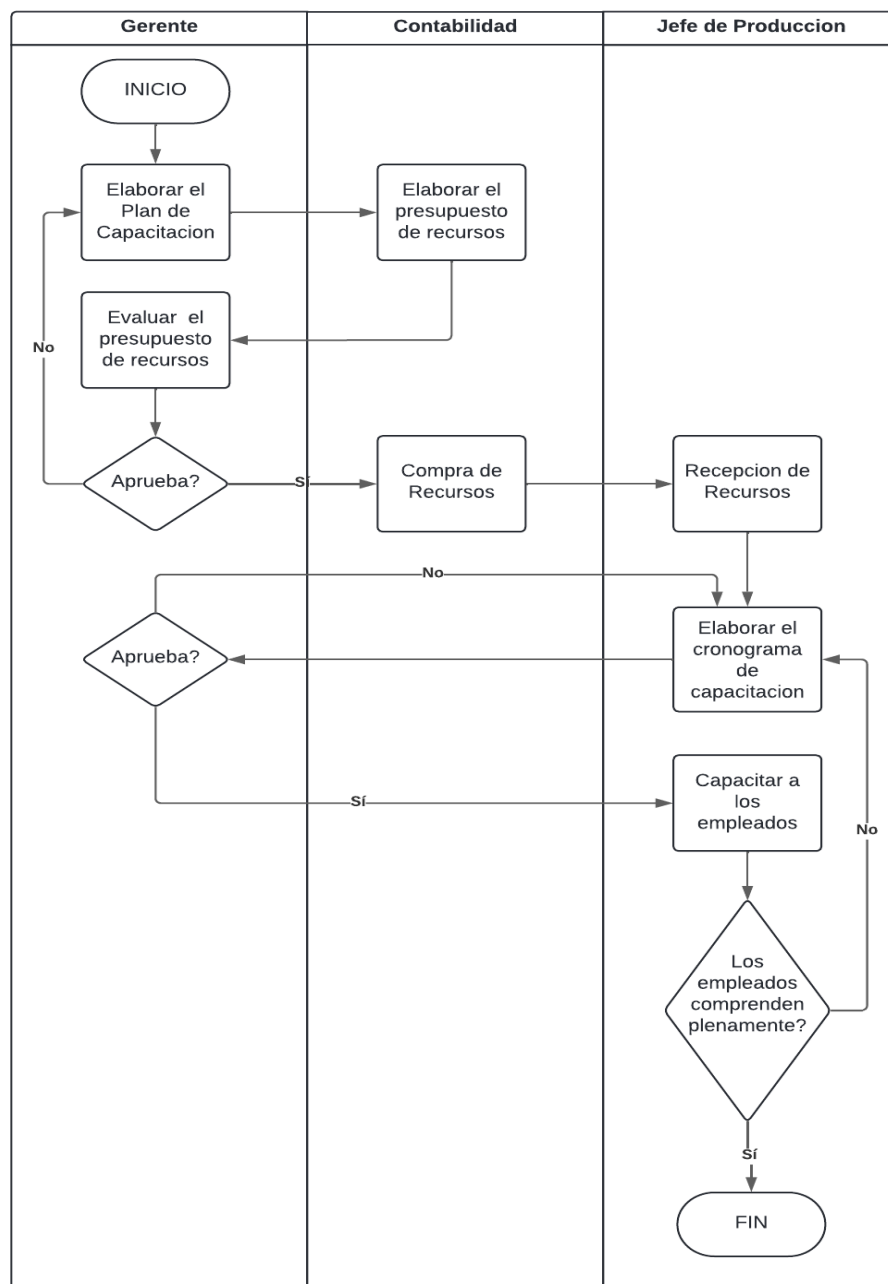


Figura 5.12. Flujograma del Proceso de Capacitación.

El proceso de capacitación comienza con la intervención del Gerente General, quien elabora un plan de capacitación cada vez que se incorpora nuevo personal. Este proceso le toma aproximadamente 2 horas. Una vez finalizado el plan, el gerente lo envía al área contable para establecer el presupuesto necesario para llevar a cabo la capacitación. Contabilidad, tras recibir el plan, calcula los recursos a invertir y lo reenvía al Gerente General para su aprobación.

Si el plan es aprobado, el área contable se encarga de adquirir los materiales necesarios, un proceso que le toma unas 2 horas. Posteriormente, los materiales son entregados al Jefe de Producción, quien los recibe mediante un acta de recepción, tarea que le lleva unos 30 minutos.

A continuación, el Jefe de Producción elabora un cronograma de capacitación, en el cual se detallan los horarios, las personas involucradas y el tiempo necesario para formar a los nuevos empleados. Este cronograma, que requiere unas 2 horas de preparación, es enviado a la Gerencia para su evaluación y, de ser aprobado, se procede a su implementación en la empresa.

La capacitación es realizada por el jefe de producción, junto con un operario experimentado. Este proceso dura aproximadamente 2 horas para cada uno, durante las cuales se detiene la producción para demostrar el funcionamiento de las maquinarias, lo que conlleva a un costo de oportunidad al dejar de producir alrededor de 1,000 unidades a su valor de costo. Adicionalmente, pueden surgir gastos extra si el nuevo personal tiene dificultades para adaptarse a la empresa.

Además, el uso de proyectores y maquinaria durante la capacitación implica costos de depreciación. Finalmente, se consideran otros Costos Indirectos de Fabricación (CIF), como el consumo de energía eléctrica e internet, que también se incurre durante el proceso de capacitación. Todos estos elementos se reflejan en el cuadro que se presenta a continuación en la Tabla 5.24.

Tabla 5.24. Matriz de Costo Actividad: Capacitación al Personal en la empresa

MATRIZ DE COSTO ACTIVIDAD: PLAN DE CAPACITACION A NUEVOS EMPLEADOS							
Actividad	Materia Prima		Mano de Obra			CIF	
	Elemento	Costo	Elemento	Parámetro Salario/Tiempo	Costo	Elemento	Costo
Elaborar el Plan de Capacitación	Suministros de Oficina	\$ 1.25	Gerente	2 horas (Sueldo: 1100.00 mensuales)	\$ 13.75	Energía	\$ 0.08
						Depreciación Computadora	\$ 0.04
Elaborar el presupuesto de Recursos	Suministros de Oficina	\$ 1.25	Contador	2 horas (Sueldo: 600.00 mensuales)	\$ 7.50	Energía	\$ 0.08
						Depreciación Computadora	\$ 0.04
Evaluar el presupuesto de recursos			Gerente	30 min. (Sueldo: 1100.00 mensuales)	\$ 3.44		
Compra de Recursos	Trípticos	\$ 1.50	Contador	2 horas (Sueldo: 600.00 mensuales)	\$ 7.50		
	Esferos	\$ 0.50					
	Libretas	\$ 2.25					
	Carpetas	\$ 0.50					
Recepción de Recursos			Jefe de Producción	30 min. (Sueldo: 800.00 mensuales)	\$ 2.50		
Elaborar el cronograma de capacitación	Suministros de Oficina	\$ 1.25	Jefe de Producción	2 horas (Sueldo: 800.00 mensuales)	\$ 10.00	Energía	\$ 0.08
						Depreciación Computadora	\$ 0.04
Capacitar a los empleados			Jefe de Producción	2 horas (Sueldo: 800.00 mensuales)	\$ 10.00	Energía	\$ 50.00
						Costo de Oportunidad (de no producir mientras se capacita)	\$ 2,657.02
						Depreciación Maquinaria Promedio	\$ 2.67
						Depreciación Proyector	\$ 0.02
			Operario Capacitador	2 horas (Sueldo: 460.00 mensuales)	\$ 5.75	Desperdicios	\$ 5.00
TOTAL		\$ 8.50	TOTAL		\$ 60.44	TOTAL	\$ 2,715.07
COSTO TOTAL POR CAPACITACION							\$ 2,784.01

5.5.3 Evaluación Financiera del Proyecto

Para determinar la viabilidad financiera del proyecto y su rentabilidad en la empresa se debe considerar los flujos de efectivo que esta operación conlleva. Aquello se puede observar en la Tabla 5.25.

Tabla 5.25. Flujos de Efectivo Esperados del proyecto

FLUJO DE EFECTIVO ESPERADOS							
TASA DE INFLACION PROYECTADA ECUADOR		-	1.55%	1.46%	1.46%	1.46%	1.46%
PERIODO		Año 0	2025	2026	2027	2028	2029
INGRESOS (AHORRO)							
	Recursos para Capacitación Anual		\$5,654.32	\$5,649.31	\$5,649.31	\$5,649.31	\$5,649.31
EGRESOS (INVERSION)							
	Implementación de Proyecto	\$6,460.00					
	Gastos Variables Anual		\$ 425.00	\$ 431.21	\$ 431.21	\$ 431.21	\$ 431.21
FLUJO DE EFECTIVO NETO TOTAL		\$ 6,460.00	\$5,229.32	\$5,218.1	\$5,218.1	\$5,218.1	\$5,218.1

Para la determinación del flujo de efectivo se toma en consideración que:

- La empresa realiza 2 capacitaciones al año con una participación promedio de 6 nuevos empleados.
- El Ingreso (Ahorro) del flujo de efectivo es igual al costo actual del plan de capacitaciones en el que la empresa NO incurrirá si se implementa el proyecto.
- El pago por desarrollo de proyecto se realiza un pago único en su totalidad en el año 0.
- Se consideran Egresos Anuales ajustados a la inflación proyectada de Ecuador, de igual manera los Recursos por Capacitación Anual
- Se considera un periodo de tiempo proyectado de 5 años acorde a la vida útil de los equipos.

5.5.4 Cálculo del ROI

El Retorno sobre la Inversión (ROI) se calcula restando la inversión inicial de las ganancias obtenidas, y luego dividiendo el resultado entre la inversión inicial. Finalmente, se multiplica por 100 para obtener un porcentaje.

$$ROI = \frac{BENEFICIOS NETOS}{COSTO DE IMPLEMENTACIÓN} * 100 \quad (V.3)$$

Los beneficios netos pueden estar compuestos de Ingresos Adicionales o Ahorros para la empresa de implementar una inversión y, el Costo de Implementación o Inversión es el rubro total del proyecto.

Utilizando los datos del Flujo de Efectivo Esperado, se determina el ROI en la Tabla 5.26 se muestra el cálculo del ROI.

Tabla 5.26. Cálculo del ROI del proyecto

ROI	
Beneficios Netos Acumulados	\$28.251,56
Costos de Implementación	\$8.609,82
Retorno sobre la Inversión ROI	328%

El ROI del proyecto XXX tiene un valor positivo de 328% lo cual nos indica que las ganancias son mayores a la inversión incurrida y que, por cada dólar invertido se puede generar 3.28 dólares de ganancia (ahorro) para la empresa en sus procesos de capacitación.

Así mismo, se determinó el tiempo de recuperación de la inversión el cual se observa en el siguiente Tabla 5.27.

Tabla 5.27. Cálculo de Recuperación de Inversión

Tiempo de Recuperación	
Inversión Total	\$8,609.82
Flujo efectivo Anual	\$5,218.10
Tiempo de Recuperación	1.65

Se proyecta que la inversión se recuperará en un plazo de 19 meses, es decir, 1.65 años. Este corto periodo de tiempo evidencia la alta rentabilidad del proyecto y su capacidad para generar un retorno de inversión acelerado

A continuación, se presenta en la Tabla 5.28 un resumen de los resultados obtenidos en la evaluación financiera del proyecto.

Tabla 5.28. Resumen de Resultados

Característica	Resultado	Análisis
Costos del Proyecto	El proyecto tiene un costo de desarrollo e implementación de \$6.460,00 con costos anuales de mantenimiento aproximados de \$425,00	Es necesario un desembolso representativo para la puesta en marcha del proyecto y proyectar gastos futuros para mantener su operatividad.
Costos de Capacitación Tradicional	El proceso de capacitación actual asciende a \$5.664,32 al, realizarse 2 veces al año.	El principal costo que compone este valor es el Costo de Oportunidad de pausar la línea de producción para las capacitaciones.
Flujos de Efectivo	Los ingresos o ahorro representan el rubro de Costos de Capacitación tradicional por los cuales la empresa NO incurrirá.	El proyecto tiene un tiempo de vida de 5 años donde se observan flujos de efectivo positivos desde el año 1.
ROI	El proyecto es rentable ya que su resultado es positivo y, por cada dolar invertido se estima ganar 3.28 dolares (ahorro)	Se estima que la inversion sera recuperable a partir del mes 19 del proyecto.

La implementación del proyecto en la empresa ha generado un ROI positivo del 328%, lo que confirma su rentabilidad y asegura un retorno sólido de la inversión, con un ahorro de recursos que se materializará en un plazo máximo de 19 meses. La adopción de la tecnología de realidad virtual no solo permitirá recuperar los costos iniciales, sino que también generará un retorno financiero significativo, demostrando el valor estratégico de integrar esta tecnología en los procesos de inducción. Además, se observan mejoras sustanciales en la eficiencia operativa, reducción de errores y aumento de la seguridad laboral, contribuyendo así a la optimización general de la producción.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- La caracterización de las tareas en la línea de producción de envasado de agua de botellón se realizó mediante el desarrollo de herramientas de apoyo como lo son los diagramas de flujo, un mapa de procesos y descripciones detalladas de cada etapa. Este enfoque permitió una comprensión profunda de cada proceso y de la maquinaria involucrada. El análisis exhaustivo no solo facilitó la identificación de las tareas específicas en cada fase de la máquina, sino que también proporcionó una visión integral del funcionamiento de la línea de producción. Esta comprensión detallada fue esencial para la creación del sistema de realidad virtual, asegurando que se ajustara con precisión a las necesidades formativas de los operarios.
- La interfaz virtual se desarrolló utilizando SolidWorks para el diseño CAD de las máquinas y Unity 3D para la animación del entorno virtual. Este sistema de entrenamiento inmersivo facilita a los operarios comprender y dominar las tareas de la línea de producción. La interfaz no solo optimiza la capacitación, sino que también permite una interacción natural y efectiva, mejorando la preparación y el rendimiento en el entorno real. Como resultado, el sistema no solo fortalece la comprensión operativa, sino que también acelera la adquisición de habilidades prácticas, asegurando un aprendizaje inmersivo y eficiente.
- En conclusión, el estudio realizado con IBM SPSS Statistics evaluó la efectividad del sistema de RV en la capacitación de operarios en la línea de producción de envasado de agua en botellón. Se aplicaron tres pruebas estadísticas clave: la prueba de Shapiro-Wilk ($p = 0.062$) confirmó que los datos siguen una distribución normal; la prueba de Levene ($p = 0.539$) indicó igualdad de varianzas entre los grupos; y la prueba t de Student ($p = 0.001$) demostró que la RV es significativamente más efectiva que los métodos tradicionales. Los resultados mostraron que la capacitación con RV mejora la retención de conocimientos y reduce errores operativos. Además, el cuestionario SUS arrojó un puntaje de 72.85, reflejando un alto nivel de satisfacción entre los operarios, destacando la intuitividad y efectividad de la herramienta. Este estudio subraya el potencial de la RV para transformar la formación en entornos industriales, alineándose con las necesidades de la empresa.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el levantamiento de información sea preciso y bien estructurado, con el fin de representar gráficamente el proceso que se desea simular de manera efectiva. Asimismo, es esencial realizar fotos y videos que ilustren el funcionamiento del proceso, lo que facilitará un entendimiento más profundo y detallado del mismo.
- Se recomienda la adquisición de un equipo con altas especificaciones técnicas, dado que es necesario para crear y ejecutar el entorno virtual en Unity 3D. Tanto la tarjeta gráfica como el procesador deben ser potentes para garantizar una renderización fluida de gráficos en alta calidad y baja latencia, lo cual es esencial para una experiencia inmersiva con los Oculus Quest 2. La complejidad de los modelos 3D, las animaciones y las interacciones en tiempo real de este tipo de aplicaciones contribuye a la alta demanda de recursos. Es recomendable no crear demasiados grupos y detalles al diseñar los objetos, ya que esto podría sobrecargar los recursos al exportarlos a Unity. Es preferible unir las piezas del diseño antes de exportarlo.
- Se recomienda ampliar la muestra de participantes para obtener datos más representativos y realizar un seguimiento longitudinal para evaluar el impacto a largo plazo de la capacitación con realidad virtual (RV) en términos de retención de conocimientos, reducción de errores. También es aconsejable optimizar el sistema de RV según la retroalimentación de los operarios y compararlo con otras tecnologías emergentes para evaluar su eficacia relativa. Un análisis de costo-beneficio más exhaustivo permitirá justificar mejor la inversión en RV. Finalmente, integrar la RV de manera continua en los programas de capacitación garantizará que los operarios mantengan sus habilidades actualizadas, promoviendo una mejora constante en las operaciones diarias

7. REFERENCIAS

- [1] G. Y. K. David y G. L. R. Samir, «Propuesta tecnológica presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica.».
- [2] «Mónica Llanos Encalada (0000-0003-3746-8910)», ORCID. Accedido: 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://orcid.org/0000-0003-3746-8910>
- [3] J. C. Oliva, D. E. E. Sánchez, B. H. E. Luna, B. A. M. Díaz, y P. L. V. Zurita, «REALIDAD VIRTUAL COMO HERRAMIENTA DE CAPACITACIÓN Y GESTIÓN DE RIESGOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA», *Gest. Oper. Ind.*, vol. 2, n.º 01, Art. n.º 01, ago. 2023.
- [4] «Capacitar a los colaboradores a través de Realidad Virtual | PwC». Accedido: 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.pwc.com/co/es/pwc-insights/capacitar-colaboradores-realidad-virtual.html>
- [5] [automaticaeinstrumentacion.com](https://www.automaticaeinstrumentacion.com), «Formación y mantenimiento, principales aplicaciones de la realidad virtual y aumentada en el entorno industrial», *Automática e Instrumentación - La revista de la Industria 4.0*. Accedido: 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.automaticaeinstrumentacion.com/texto-diario/mostrar/4830685/formacion-mantenimiento-principales-aplicaciones-realidad-virtual-aumentada-entorno-industrial>
- [6] D. C. Cruz, K. M. Garcia, R. A. O. Rios, y A. B. Iglesias, «VIRTUAL REALITY OPPORTUNITIES IN THE REDUCTION OF OCCUPATIONAL HAZARDS IN INDUSTRY 4.0», *DYNA*, vol. 96, n.º 6, pp. 620-626, nov. 2021, doi: 10.6036/10241.
- [7] S. M. B. Cortés y F. P. G. Galarza, «LA REALIDAD VIRTUAL COMO RECURSO EN LAS CAPACITACIONES DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO, SURGIMIENTO, IMPACTO Y OPORTUNIDADES DE FUTURO EN EL ECUADOR».
- [8] H. J. Perez Becerra, «Herramienta virtual 3d para capacitación en trabajos con tensión», 2020, Accedido: 30 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4333>
- [9] «MECHLAB Sistema de realidad virtual para la capacitación de estudiantes en el manejo de equipo industrial.pdf». Accedido: 30 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.teczamora.mx/documentos/posgrado_investigacion/articulos/MECHLAB%20Sistema%20de%20realidad%20virtual%20para%20la%20capacitaci%C3%B3n%20de%20estudiantes%20en%20el%20manejo%20de%20equipo%20industrial.pdf
- [10] L. G. Buitrago Vallejo, «Plan de negocios VirtualMan: Capacitación corporativa en habilidades blandas con realidad virtual», 2018, Accedido: 30 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1992/39064>
- [11] «content.pdf». Accedido: 30 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4a65a3b4-54e1-404d-9ed8-439f07f8fca1/content>
- [12] Y. Han, «Virtual Reality in Engineering Education», *SHS Web Conf.*, vol. 157, p. 02001, 2023, doi: 10.1051/shsconf/202315702001.
- [13] A. Shringi, M. Arashpour, E. M. Golafshani, A. Rajabifard, T. Dwyer, y H. Li, «Efficiency of VR-Based Safety Training for Construction Equipment: Hazard Recognition in Heavy Machinery Operations», *Buildings*, vol. 12, n.º 12, Art. n.º 12, dic. 2022, doi: 10.3390/buildings12122084.
- [14] I. A. C. Hurtado, «INGENIERO INDUSTRIAL.».
- [15] C. A. Garcia, J. E. Naranjo, A. Ortiz, y M. V. Garcia, «An Approach of Virtual Reality Environment for Technicians Training in Upstream Sector», *IFAC-Pap.*, vol. 52, n.º 9, pp. 285-291, ene. 2019, doi: 10.1016/j.ifacol.2019.08.222.
- [16] «Resumen de Entrenamiento en gestión del riesgo en realidad virtual: Diseño e implementación de un entorno de entrenamiento para la prevención y gestión del riesgo

- laboral basado en realidad virtual e interacción háptica - Dialnet». Accedido: 30 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8631384&info=resumen&idioma=EN>
- [17] usellers, «Las Gafas de Realidad Virtual y la Capacitación», U-Sellers. Accedido: 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.u-sellers.com/blog/gafas-de-realidad-virtual/>
- [18] «5 ventajas de la capacitación con realidad virtual en tu empresa - Ludus». Accedido: 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ludusglobal.com/blog/que-es-la-capacitacion-con-realidad-virtual>
- [19] BillWagner, «C# Guide - .NET managed language». Accedido: 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/>
- [20] «5 beneficios de la capacitación con realidad virtual en las empresas - Ludus». Accedido: 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ludusglobal.com/blog/beneficios-capacitacion-con-realidad-virtual-en-las-empresas>
- [21] «Producción - Concepto, características, factores y ejemplos». Accedido: 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://concepto.de/produccion/>
- [22] «Línea de producción | ¿Qué es y cómo funciona? | SDI». Accedido: 30 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://sdindustrial.com.mx/blog/linea-de-produccion/>
- [23] «LÍNEAS DE PRODUCCIÓN: LA GESTIÓN MÁS EFICAZ DE NUESTRO SISTEMA PRODUCTIVO | Sismic». Accedido: 30 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.sismic.es/noticias/lineas-de-produccion-la-gestion-mas-eficaz-de-nuestro-sistema-productivo/>
- [24] pzarate, «Tipos de líneas de producción | AUTOMATICATECH», AUTOMATICA TECHNOLOGIES. Accedido: 30 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://automaticatech.com/tipos-de-lineas-de-produccion/>
- [25] «China LPG Gas Cylinder Production Line Manufacturer, LPG Gas Cylinder Body Welding Line, CNG Cylinder Hot Spinning Machine Supplier - Wuxi Longterm Machinery Technologies Co., Ltd.» Accedido: 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://kelly-huang71.en.made-in-china.com/?acc=4249570999-cj&cpn=19865734212-144146554301&tgt=kwd-330884473660&net=g&dev=c-&gid=Cj0KCQjwsPCyBhD4ARIsAPaaRf2rmjZxmLKQfncZWUODRgz8dbDzWGudwTLMQ38xtM6EuYAb5xfsAXgaAnMGEALw_wcB&kwd=maquina%20llenadora%20de%20liquido&mtp=p&loc=9069516-&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwsPCyBhD4ARIsAPaaRf2rmjZxmLKQfncZWUODRgz8dbDzWGudwTLMQ38xtM6EuYAb5xfsAXgaAnMGEALw_wcB
- [26] «5 Gallon water bottle filling machine - RO AGUA». Accedido: 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.roagua.com/5-gallon-water-bottle-filling-machine/>, <https://www.roagua.com/5-gallon-water-bottle-filling-machine/>
- [27] «5 Gallon water bottle filling machine - RO AGUA». Accedido: 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.roagua.com/5-gallon-water-bottle-filling-machine/>
- [28] «Bottled Water Market Size, Share & Trends Report, 2030». Accedido: 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/bottled-water-market>
- [29] «¿Qué es el modelado 3D?», Arcux. Accedido: 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://arcux.net/blog/que-es-el-modelado-3d/>
- [30] «Unity ¿Qué es y para qué sirve? | Tutorial Unity». Accedido: 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.masterd.es/blog/que-es-unity-3d-tutorial>
- [31] «Transforma tus datos 3D con Pixyz Plugin», Unity. Accedido: 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://unity.com/products/pixyz-plugin>

- [32] Marketing, «Realidad Virtual, ¿qué es y para qué sirve? ▯ 9 Aplicaciones», EDS Robotics. Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.edsrobotics.com/blog/realidad-virtual-que-es/>
- [33] «T-ESPEL-MEI-0001.pdf». Accedido: 30 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25101/1/T-ESPEL-MEI-0001.pdf>
- [34] «Tipos de realidad virtual y su utilidad en formación». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ludusglobal.com/blog/tipos-de-realidad-virtual-utilidad-formacion>
- [35] «Beneficios de la digitalización para la industria del agua: eficiencia basada en datos - IDRICA». Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.idrica.com/es/blog/beneficios-de-la-digitalizacion-para-la-industria-del-agua-eficiencia-basada-en-datos/>
- [36] faygounion, «5 Gallon Water Bottle Filling Machine», Faygo Union. Accedido: 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://faygoplast.com/Products/5-gallon-water-bottle-filling-machine/>
- [37] AQUA, «Decapper-Brush Machine». [En línea]. Disponible en: [file:///C:/Users/pc/Downloads/instruction%20book%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/pc/Downloads/instruction%20book%20(2).pdf)
- [38] «Lavadora Externa de Botellas de 5 Galones RWST-1 - Festa». Accedido: 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.festamachine.com/es/5-gallon-bottle-external-washer-rwst-1/>
- [39] somosc, «Diferencias entre una llenadora volumétrica y una llenadora de nivel», Fanser. Accedido: 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://fanser.com/cuales-son-las-diferencias-entre-una-llenadora-volumetrica-y-una-llenadora-de-nivel/>
- [40] «Máquina automática de tapado: la guía completa - CONOCIMIENTOS - TRUSTAR Pharma Pack Equipment Co., Ltd». Accedido: 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.trustarpack.com/info/automatic-capping-machine-the-complete-guide-36677584.html>

