



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“DISEÑO DE ENTORNOS VIRTUALES UTILIZANDO REALIDAD
AUMENTADA PARA SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES DE
LLENADO DE GARRAFONES DE AGUA”**

Trabajo de titulación

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORA:

VIVIANA ISABEL ABARCA YUPANGUI

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“DISEÑO DE ENTORNOS VIRTUALES UTILIZANDO REALIDAD
AUMENTADA PARA SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES DE
LLENADO DE GARRAFONES DE AGUA”**

Trabajo de titulación

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORA: VIVIANA ISABEL ABARCA YUPANGUI

DIRECTOR: ING. JOSÉ LUIS MORALES GORDÓN

Riobamba – Ecuador

2021

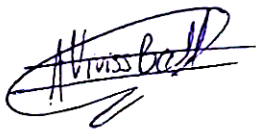
© 2021, Viviana Isabel Abarca Yupangui

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **VIVIANA ISABEL ABARCA YUPANGUI**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos, Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 06 diciembre 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Viviana Isabel Abarca Yupangui", enclosed within a large, stylized oval scribble.

Viviana Isabel Abarca Yupangui


060403433-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular, tipo: Propuesta Tecnológica, **“DISEÑO DE ENTORNOS VIRTUALES UTILIZANDO REALIDAD AUMENTADA PARA SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LLENADO DE GARRAFONES DE AGUA”**, realizado por la señorita **VIVIANA ISABEL ABARCA YUPANGUI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación:

	FIRMA	FECHA
Ing. Pablo Eduardo Lozada Yáñez PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	Firmado digitalmente por PABLO EDUARDO LOZADA YANEZ	2021-12-06
Ing. José Luis Morales Gordón DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	Jose Morales Firmado digitalmente por Jose Morales Fecha: 2021.12.08 08:19:03 -05'00'	2021-12-06
Dr. Hugo Oswaldo Moreno Avilés MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: HUGO OSWALDO MORENO AVILES	2021-12-06

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación primero a Dios por haberme permitido llegar a esta etapa guiándome cada paso de mi vida. A mi mami Faviola por todo el apoyo, cariño y fuerza que me ha brindado durante toda mi vida, consejos y palabras de aliento en los momentos buenos y malos, a pesar de las circunstancias de la vida de una u otra manera siempre ha tratado de estar conmigo y darme ánimos para ser una persona de bien, a mi papi Nelson por todo el apoyo y cariño que siempre me brindaba y a pesar que ya no estás conmigo desde el cielo estas acompañándome en todo momento espero que Diosito te bendiga siempre, a mi segunda mamá Carmen que siempre ha estado conmigo apoyándome en todo, a mi mami Mercedes y mi papi José por siempre estar pendiente de mí y darme todo su amor, a Bolívar por brindarme su apoyo como un padre, a mi hermana Paola que con sus ocurrencias me alegra la vida y finalmente a mi mejor amiga Anita con la que he compartido grandes momentos y me ha brindado su apoyo moral y humano en los momentos que más he necesitado y a mis amigos con los que he compartido grandes momentos.

Viviana

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, abuelitos por darme toda la confianza, apoyo, motivación y cariño durante todo el transcurso de mi vida universitaria y a toda mi familia por estar pendiente de mí.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme cabida como parte de una comunidad y a mis profesores por su constancia y preparación al momento de formarme como un profesional.

A mi tutor de tesis Ing. José Luis Morales, por su ayuda, colaboración y contribuciones brindadas a lo largo del desarrollo de mi tesis.

Viviana

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN	xiv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1.	Planteamiento del problema.....	2
1.2.	Justificación del trabajo de titulación	2
1.3.	Objetivos	3
1.3.1.	<i>Objetivo general</i>	3
1.3.2.	<i>Objetivos específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.	Antecedentes	5
2.2.	Industria 4.0.....	6
2.3.	Realidad Virtual.....	6
2.3.1.	<i>Entornos Virtuales</i>	6
2.4.	Realidad Aumentada	7
2.4.1.	<i>Elementos que intervienen en Realidad Aumentada</i>	8
2.4.2.	<i>Herramientas de Realidad Aumentada</i>	9
2.5.	Software de desarrollo de interfaces de realidad aumentada	9
2.5.1.	<i>Godot</i>	9
2.5.2.	<i>AppGameKit</i>	10
2.5.3.	<i>Unity</i>	10
2.5.3.1.	<i>Vuforia</i>	12
2.5.3.2.	<i>Activador (Target)</i>	13
2.5.3.3.	<i>Parámetros de escala para programación en Unity</i>	14

2.6.	Software de diseño de modelos 3D.....	16
2.6.1.	<i>Autodesk 3DS Max</i>	16
2.6.2.	<i>SolidWorks</i>	17
2.7.	Procesos Industriales	17
2.7.1.	<i>Tipos de estaciones de llenado.....</i>	18
2.7.1.1.	<i>Llenadora de garrafón automática.....</i>	18
2.8.	Proyectos Relacionados	21

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	24
3.1.	Requerimientos del SLGA.....	24
3.2.	Concepción general del diseño del SLGA	25
3.3.	Esquema de desarrollo de SLGA.....	26
3.4.	Diseño de etapas del SLGA	26
3.4.1.	<i>Etapas de Modelado 3D (EM3D).....</i>	27
3.4.2.	<i>Etapas de Activación de Realidad Aumentada (EARA)</i>	28
3.4.3.	<i>Etapas de Diseño de Entorno Virtual (EDEV)</i>	29
3.4.4.	<i>Etapas de Realidad Aumentada (ERA)</i>	30
3.5.	Método de selección de componentes para <i>Hardware</i> y <i>Software</i>	31
3.5.1.	<i>Método de selección cualitativo por puntos</i>	31
3.6.	Herramientas <i>Hardware</i> para SLGA	33
3.7.	Herramientas <i>Software</i> de desarrollo para SLGA	34
3.7.1.	<i>Alternativas y selección de software de modelado de objetos 3D.....</i>	34
3.7.2.	<i>Alternativas y selección de software para desarrollo de AR</i>	35
3.7.2.1.	<i>Alternativas y selección de activador de realidad aumentada.....</i>	37
3.7.3.	<i>Alternativas y selección de software de desarrollo de aplicaciones para AR</i>	38
3.7.4.	<i>Desarrollo de herramientas Software para SLGA.....</i>	40
3.7.4.1.	<i>Modelamiento 3D de la estación en SolidWorks.</i>	40
3.7.4.2.	<i>Estación ensamblada con partes modeladas en 3D</i>	47
3.7.4.3.	<i>Obtención de License Key del target desde Vuforia para Unity 3D.....</i>	48
3.7.4.4.	<i>Creación de aplicación en realidad virtual y aumentada de la SLGA.....</i>	51
3.7.4.5.	<i>Programación de funcionamiento de la aplicación de realidad aumentada.....</i>	52
3.7.4.6.	<i>Interfaz de Aplicación.....</i>	62
3.8.	Pruebas y Resultados.....	67
3.8.1.	<i>Prueba de parámetros de imagen de referencia TARGET.</i>	67

3.8.2.	<i>Prueba de dimensiones de la estación SLGA.</i>	69
3.8.3.	<i>Prueba de tiempos de proceso de la estación SLGA.</i>	70
3.8.4.	<i>Prueba de aplicación con diferentes dispositivos móviles.</i>	72

CAPÍTULO IV

4.	GESTION DEL PROYECTO.	74
4.1.	Cronograma tentativo (GANTT)	75
4.2.	Presupuesto	76

	CONCLUSIONES.	77
--	----------------------	----

	RECOMENDACIONES.	79
--	-------------------------	----

GLOSARIO

BLIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Herramientas de Realidad Aumentada.....	9
Tabla 2-2:	Características de Godot	9
Tabla 3-2:	Características de AppGameKit.....	10
Tabla 4-2:	Requerimientos para Software UNITY EDITOR.....	11
Tabla 5-2:	Requerimientos para Software UNITY PLAYER.....	12
Tabla 6-2:	Requerimientos de dispositivos móviles para VUFORIA.:.....	13
Tabla 7-2:	Requerimientos de herramientas para VUFORIA.....	14
Tabla 8-2:	Propiedades de Canvas Scaler.....	15
Tabla 9-2:	Ajustes para Scale With Screen Size.....	15
Tabla 10-2:	Requerimientos para Software Autodesk 3ds Max.....	16
Tabla 11-2:	Requerimientos para Hardware Autodesk 3ds Max.....	16
Tabla 1-3:	Tabla de uso de método cualitativo por puntos	32
Tabla 2-3:	Selección de software de modelo de objetos 3D.....	35
Tabla 3-3:	Alternativas de software de Realidad Aumentada.....	36
Tabla 4-3:	Selección de software de Realidad Aumentada.....	36
Tabla 5-3:	Tabla de tipos de activadores basados en marcadores.....	37
Tabla 6-3:	Selección de Activador de Realidad Aumentada	38
Tabla 7-3:	Selección de software de motor de video juegos.....	39
Tabla 8-3:	Comparación de muestras de parámetros de imagen target.....	68
Tabla 9-3:	Comparación de dimensiones reales vs dimensiones virtualizadas.....	70
Tabla 10-3:	Comparación de tiempos de procesos estación SLGA.....	71
Tabla 11-3:	Comparación entre dispositivos móviles Android.....	72
Tabla 1-4:	Presupuesto de financiamiento.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Componentes de un entorno virtual.....	7
Figura 2-2:	Aplicación de realidad aumentada.....	8
Figura 3-2:	Compatibilidad de Unity.....	13
Figura 4-2:	Llenadora de garrafones automática.....	18
Figura 5-2:	Válvulas tipo retorno.....	19
Figura 6-2:	Bomba de 1HP.....	19
Figura 7-2:	Tablero de control.....	20
Figura 8-2:	Sensor fotoeléctrico tipo LED.....	21
Figura 9-2:	Medidas de Garrafón de agua.....	21
Figura 1-3:	Concepción general del sistema.....	25
Figura 2-3:	Esquema de desarrollo.....	26
Figura 3-3:	Concepción del sistema por etapas.....	27
Figura 4-3:	Diagrama de bloques de EM3D.....	28
Figura 5-3:	Diagrama de bloques de EARA.....	29
Figura 6-3:	Diagrama de bloques de EDEV.....	30
Figura 7-3:	Diagrama de bloques de ERA.....	31
Figura 8-3:	Ordenador portátil marca HP.....	33
Figura 9-3:	Dispositivo móvil SAMSUNG.....	34
Figura 10-3:	Elementos Seleccionados.....	40
Figura 11-3:	Modelo de referencia de la estación de llenado de garrafones de agua.....	41
Figura 12-3:	Modelado 3D de válvula tipo retorno.....	41
Figura 13-3:	Modelado 3D de Tapa de tanque de almacenamiento.....	42
Figura 14-3:	Modelado 3D de tanque de almacenamiento.....	42
Figura 15-3:	Modelado 3D de Sensor y base.....	43
Figura 16-3:	Modelado 3D de motor para banda transportadora.....	43
Figura 17-3:	Modelado 3D de bomba de agua de 1HP.....	44
Figura 18-3:	Modelado 3D de base de estación.....	44
Figura 19-3:	Modelado 3D de banda transportadora.....	45
Figura 20-3:	Modelado 3D de PLC.....	45
Figura 21-3:	Modelado 3D de cableado.....	46
Figura 22-3:	Modelado 3D de tapa de tablero de control.....	46
Figura 23-3:	Modelado 3D de tablero de control.....	47
Figura 24-3:	Modelado 3D de garrafón de agua.....	47

Figura 25-3:	Ensamblaje de estación vista frontal.....	48
Figura 26-3:	Ensamblaje de estación vista posterior	48
Figura 27-3:	Creación de Licencia.....	49
Figura 28-3:	Clave de Licencia.....	49
Figura 29-3:	Creación de Target.....	50
Figura 30-3:	Imagen de Target	50
Figura 31-3:	Imagen Target para la Activación de Aplicación.....	51
Figura 32-3:	Licencia de comunicación entre Vuforia y Unity	51
Figura 33-3:	Virtualización de SLGA sobre Target	52
Figura 34-3:	Diagrama de estado funcionamiento de SLGA.....	54
Figura 35-3:	Visualización de realidad aumentada e Interfaz de tableros de control.	55
Figura 36-3:	Tablero de Control Manual.....	56
Figura 37-3:	Estado Inicial de SLGA.	56
Figura 38-3:	Accionamiento de Pulsador P1.	57
Figura 39-3:	Accionamiento de pulsador P2.	58
Figura 40-3:	Accionamiento de pulsador P3.	58
Figura 41-3:	Indicador de nivel de líquido completado proceso de estado 3.	59
Figura 42-3:	Accionamiento de pulsador P4.	59
Figura 43-3:	Accionamiento de pulsador P5.	60
Figura 44-3:	Tablero de control automático.	60
Figura 45-3:	Accionamiento de pulsador INICIO.	61
Figura 46-3:	Indicador de llenado automático.....	61
Figura 47-3:	Accionamiento del pulsador PARO.....	62
Figura 48-3:	Interfaz principal de la aplicación.....	62
Figura 49-3:	Interfaz de Estación de llenado de garrafones de agua.	63
Figura 50-3:	Accionamiento de botón FUNCIONAMIENTO SLGA.....	63
Figura 51-3:	Accionamiento de botón ELEMENTOS SLGA.	64
Figura 52-3:	Accionamiento del botón ELEMENTOS DE VISTA FRONTAL.	64
Figura 53-3:	Accionamiento del botón ELEMENTOS DE VISTA POSTERIOR.....	65
Figura 54-3:	Accionamiento de botón (?).....	65
Figura 55-3:	Accionamiento de elementos de SLGA.	66
Figura 56-3:	Muestras de Prueba de parámetros de imagen de referencia TARGET.....	67
Figura 57-3:	Prueba de dimensiones de la estación SLGA.....	70

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

RV	Realidad Virtual
AR	Realidad Aumentada
EM3D	Etapa de Modelado 3D
EARA	Etapa de Activación de Realidad Aumentada
EDEV	Etapa de Diseño de Entorno Virtual
ERA	Etapa de Realidad Aumentada
SLGA	Sistema de llenado de garrafrones de agua
UI	Interfaz del Usuario
Mm	Milímetros
Pp	pixeles

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Programación de referencia en PLC y lista de símbolos.

ANEXO B: Interfaces de aplicación de cada elemento de la estación SLGA.

ANEXO C: Instalación de aplicación en dispositivo móvil Android.

ANEXO D: Target para activación de Realidad Aumentada de SLGA.

RESUMEN

En la presente investigación se diseñó un entorno virtual utilizando realidad aumentada para simulación de procesos industriales de llenado de garrafones de agua. Se recolectó información de investigaciones acerca de desarrolladores de interfaces virtuales de realidad aumentada, basada en procesos industriales que utilizan herramientas y técnicas de virtualización y realidad aumentada. La propuesta tecnológica está basada en una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android, el cual genera un despliegue de información sobre el funcionamiento, elementos, proceso y características específicas de la estación de llenado, permitiendo al usuario interactuar a través de la interfaz gráfica donde se puede controlar de forma manual y automática el proceso de llenado mediante los tableros de control que contiene pulsadores para cada estado. La programación se realizó en Unity que sirve para desarrollo de interfaces virtuales de realidad aumentada, adicional se utilizó la plataforma de Vuforia, donde se crea una base de datos con las imágenes target que funcionan como activadores de realidad aumentada, que permiten visualizar los procesos industriales en 3D en tiempo real. Debido a la situación actual de la pandemia no se puede acceder a los laboratorios, con esta aplicación se pretende que los estudiantes, docentes o usuario aprendan sobre el proceso industrial de llenado de garrafones de agua de forma virtual. Se concluye que el uso de esta tecnología permitirá a los estudiantes tener una herramienta de ayuda para su proceso de aprendizaje acerca de los procesos industriales, el uso de esta aplicación tiene 100% de compatibilidad con las diferentes versiones Android desde 5.0 hasta la versión actual, el tamaño de la visualización de la estación en realidad aumentada está relacionada proporcionalmente al tamaño del target que utilice el usuario. Se recomienda realizar las investigaciones y pruebas necesarias para utilizar este sistema con otros procesos industriales o con diferentes ramas de la ciencia.

Palabras clave: <ENTORNOS VIRTUALES>, <REALIDAD AUMENTADA>, <PROCESOS INDUSTRIALES>, <IMAGEN TARGET>, <APLICACIÓN MÓVIL>.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

2132-DBRA-UPT-2021

2021-11-19

ABSTRACT

In this research, a virtual environment was designed using augmented reality to simulation of industrial processes of water jug filling. Information was collected of research about developers of virtual augmented reality interfaces, based on industrial processes that use virtualization techniques and tools as well as augmented reality. The technological proposal is based on an application for mobile devices with Android operating system, which generates a display of information about the operation, elements, process and specific characteristics of the filling station, allowing the user to interact through the graphical interface where the filling process can be manually and automatically controlled by means of the control panels which contains pushbuttons for each state. The programming was carried out in Unity which is used for the development of virtual augmented reality interfaces, additionally the Vuforia platform was used, where a database is created with the target images that work as augmented reality triggers, which allow visualizing industrial processes in 3D in real time. Due to the current situation of the pandemic, access the laboratories is banned, with this application it is aimed that students, teachers or users to learn about the industrial process of water jugs filling virtually. It is concluded that the use of this technology will allow students to have a tool to help their learning about the industrial processes, the use of this application is 100% compatible with the different versions Android from 5.0 to the current version, the size of the station display in augmented reality is proportionally related to the size of the target that the user uses. It is recommended to conduct the necessary research and testing to use this system with other industrial processes or with different branches of science.

Keywords: <VIRTUAL ENVIRONMENTS>, <AUGMENTED REALITY>, < INDUSTRIAL PROCESSES >, <TARGET IMAGE>, <MOBILE APPLICATION>.



Firmado electrónicamente por:

**NELLY MARGARITA
PADILLA PADILLA**

INTRODUCCIÓN

El surgimiento de nueva tecnología industrial digital conocida como Industria 4.0, es una transformación impulsada por nuevos avances tecnológicos. En esta transformación, los sensores, máquinas, piezas de trabajo y sistemas de TI estarán conectados a lo largo de la cadena de valor más allá de una empresa única. Estos sistemas conectados también conocidos como sistemas ciber físicos, pueden interactuar entre sí utilizando protocolos de estándar basados en Internet y analizar datos para predecir fallas, se configuran y se adaptan a los cambios. La Industria 4.0 permitirá recopilar y analizar datos en todas las máquinas, lo que permite una mayor rapidez, flexibilidad y eficiencia en los procesos para producir bienes de mayor calidad a costos reducidos (Berg & Vance 2017a).

Actualmente, el proceso productivo está en proceso de transformación. Debido a que proveedores están trayendo tecnologías avanzadas (como inteligencia artificial, fabricación aditiva y realidad aumentada) a la fábrica. Al conectar estas tecnologías a sistemas y máquinas a lo largo de la cadena de suministro, las empresas han comenzado a mejorar sus procesos de producción y la satisfacción del cliente. Esta transformación digital en las plantas de fabricación se denomina "Industria 4.0" («Conceptos básicos de la Industria 4.0» 2019).

La Realidad Aumentada es una tecnología en auge, que presenta muchas oportunidades y grandes retos. Muchas son las empresas que están apostando por esta tecnología y muchas más lo harán en un futuro próximo. La llamada Industria 4.0 o Cuarta Revolución Industrial, que combina técnicas avanzadas de producción y operaciones con tecnologías inteligente ya es una realidad, y la Realidad Aumentada será un pilar fundamental en esta revolución (Cuéllar & Ignacio 2018).

Actualmente existen sistemas basados en realidad aumentada que contienen una variedad de servicios, como la selección de piezas en un almacén y envío de instrucciones de reparación a través de dispositivos móviles. Estos sistemas se encuentran actualmente en su desarrollo, pero en el futuro, las empresas harán un uso mucho más amplio de la realidad aumentada proporcionando a los trabajadores información en tiempo real para mejorar la toma de decisiones y el trabajo y los procedimientos a realizar (Berg & Vance 2017a).

Muchos institutos universitarios europeos han incluido nuevos métodos de enseñanza con un principal objetivo mejorar los niveles de enseñanza y desempeño de estudiantes y docentes, mediante la utilización de entornos virtuales que permite interactuar en tiempo real, estos métodos de enseñanza han sido optados por centros de educación superior donde brindan interacción como método de aprendizaje (Pan et al. 2006).

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Los países latinoamericanos en su mayoría carecen de una estrategia para integrar nuevas tecnologías como la tecnología virtual y la realidad aumentada en un entorno virtual, debido a la falta de información muchas empresas han perdido oportunidades de competir y mejorar la eficiencia productiva, por el temor de fracasar y tener una desventaja con nuevos métodos de producción lo que les impide actualizarse y expandirse internacionalmente.

En Ecuador, un pequeño número de personas se limita al uso de nuevas tecnologías como métodos de enseñanza-aprendizaje, gracias a estudiantes y profesionales que han decidido integrar nuevas herramientas de apoyo basándose en nuevas tecnologías, esto permite que exista un progreso pequeño en el ámbito educativo. Por otra parte, se presenta un problema grave para el desarrollo de la industria ecuatoriana, esto se debe a que existe una preocupación de los empresarios como el uso de nuevas estrategias tecnológicas para producción y capacitación de empleados. Debido al uso de nuevas propuestas genere perdidas en su producción, se pretende que con el pasar del tiempo las empresas tomen el riesgo de actualizarse y usen realidad aumentada para generar mejores ganancias.

La falta de conocimiento o de presupuestos hacen que se reduca personal operario que maneje un proceso, por lo cual se generan inconvenientes al mal gastar recursos humanos que realizan inspecciones o sirven como personas guías para el debido uso de la maquinaria, generando caída de producción y daños a los equipos que son gastos para la empresa.

En las universidades se realizan prácticas de laboratorios para que los estudiantes aprendan, conozcan y se familiaricen los procesos industriales, uno de los principales problemas es la falta de experiencia de los estudiantes para lo cual se recurre a la utilización de hojas de prácticas donde se muestran en forma teórica como desarrollar (Álvarez 2015), sin embargo, este método de enseñanza es un poco anticuado, por ese motivo los institutos educativos pueden innovar sus procesos de enseñanza, recurriendo a los entornos virtuales y realidad aumentada que brindan información en tiempo real acerca de las estaciones de trabajo a estudiar, permitiendo al estudiante y al docente hacer la clase más didáctica y de fácil comprensión (Navarrete et al. 2017).

1.2 Justificación del trabajo de titulación

Realidad Aumentada (AR) en Industria 4.0 hace que los procesos aumenten considerablemente su velocidad convirtiéndolos en procesos rápidos, flexibles y de eficientes cualidades que permitirán producir entregables de mayor calidad a costes reducidos. Todo ello conllevará un incremento de la productividad, cambios en la economía, fomentar el crecimiento industrial y modificar el perfil del trabajador deseado, cambiando en última instancia la competitividad de empresas y regiones gracias a la implementación de nuevas tecnologías para capacitaciones y ensamblajes (Joo Nagata 2016).

Cualquier lugar físico puede convertirse en un escenario de formación estimulante, por lo tanto, proporcionar aprendizajes más significativos mediante el uso de AR puede representar de por sí una gran motivación para docentes y alumnos por lo efectivo y novedoso que resulta la representación de situaciones y actividades, mediante el agregado de información al escenario real (Zapatero Guillén 2008).

Es innegable la llegada de la Realidad Aumentada en distintas disciplinas y perfiles profesionales en el ámbito de la educación. Es relevante, por lo tanto, para el campo de la educación, estudiar la RA y catalogar aplicaciones disponibles para ponerla a disposición de docentes, que quieran explorar las alternativas de esta herramienta con la posibilidad de llegar a utilizarlas en sus aulas (Joo Nagata 2016).

Actualmente, la realidad aumentada se presenta como una solución a las dificultades para la docencia y formación en procesos industriales en el área técnica, por lo que se propone un desarrollo de un entorno virtual donde formadores, usuarios, docentes y estudiantes podrán interactuar según sea el caso para llevar a cabo procesos, líneas de producción, líneas de ensamblaje en industria 4.0. Al realizar estos procesos en un entorno virtual, el objetivo es que los usuarios adquieran habilidades y se familiaricen con las actividades a realizar en la vida real.

Para la ejecución del entorno virtual se elige un generador de interfaces gráficas Unity3D, que ofrece su versión gratuita, así como la gran cantidad de recursos gratuitos disponibles en la red. Junto a esto, se utilizarán las herramientas SolidWorks, para modelar el entorno, maquinaria y los elementos que componen la simulación, también se utilizará la plataforma Vuforia que sirve como activador de realidad aumentada a través de imágenes de referencia que activan la realidad aumentada en 3D en tiempo real.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar entornos virtuales utilizando realidad aumentada para simulación de Procesos Industriales de llenado de garrafrones de agua.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Investigar las diferentes herramientas existentes de realidad aumentada y técnicas utilizadas en los sistemas de virtualización.
- Establecer los requerimientos que deberían cumplir para el diseño de entornos virtuales aplicados a procesos industriales.
- Seleccionar un diseño que permita cumplir con los requerimientos para un sistema de virtualización y realidad aumentada en aplicaciones en tiempo real.
- Optar por un hardware y software que permite implementar el diseño propuesto para el proceso industrial de llenado de garrafones de agua.
- Validar si el entorno virtual diseñado cumple con los requerimientos establecidos al inicio de la investigación.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo, se aborda temas esenciales sobre la importancia de la Realidad Virtual, Realidad Aumentada, Entornos Virtuales, la influencia que tiene la Realidad Aumentada en la Industria 4.0 y en los procesos industriales, además se desarrollará una investigación de varias herramientas y elementos que intervienen en la visualización y proyección de Realidad Aumentada.

2.1 Antecedentes

En la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, se diseñó e implementó un sistema Ciber-Físico con realidad aumentada para facilitar el desarrollo de prácticas de la estación de trabajo compacta MPS mediante el monitoreo y despliegue virtual de información, basado en una aplicación para dispositivos Android en el cual los estudiantes pueden descargarse la aplicación, conectarse a la red de la estación y monitorear en tiempo real los datos de las estaciones a estudiar en el Laboratorio de Mecatrónica, facilitando el aprendizaje tanto a estudiantes como a docentes (Gualpa Yumi y Proaño Gamboa 2019).

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Universidad Técnica de Ambato, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, y Universidad Nacional de Chimborazo, y Grupo de Investigación en Automatización, Robótica y Sistemas Inteligentes, GI-ARSI, proyecto colaborativo de CEPRA-XI-2017-06 patrocinado por CEDIA, se desarrolló un entorno virtual donde formadores, usuarios, docentes y estudiantes interactúan en la formación de procesos en el industria automotriz como ensamblaje de motores y ensamblaje de carrocerías, el objetivo de esta creación es la facilidad de uso de los accesorios y la facilidad de uso de la inmersión en el entorno virtual hace que los participantes tengan una buena experiencia y en el futuro demuestren su interés en seguir utilizando un entorno virtual para la formación o la adquisición de nuevos conocimientos (Andaluz et al. 2018a).

Proyecto colaborativo entre varias Universidades del Ecuador mencionadas anteriormente, conjunto con el grupo de trabajo en eTURISMO GT-eTURISMO, se realizó un sistema de interacción del usuario con entornos de RV y AR para promover turísticamente a través del desarrollo tecnológico que presenta facilidades para el turista nacional e internacional, para los cuales se virtualizó la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

En la Escuela de Industriales de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), se diseñó un entorno virtual basado en realidad aumentada para el Mantenimiento Industrial utilizando los últimos avances en técnicas vinculadas a comunicaciones industriales en la denominada industria 4.0. Los asistentes pudieron conocer cómo obtener información útil a partir de un gran volumen de datos o cómo crear una nueva realidad con información adicional a la que ya existe y en tiempo real, para aumentar la productividad de una empresa (Cuéllar y Ignacio 2018).

2.2 Industria 4.0

Este término apareció en Alemania alrededor de 2010. El principio de Industria 4.0 se basa en el aumento de la productividad de fabricación, también se conoce como la cuarta revolución industrial, que ha cambiado la forma en que las empresas compiten y gestionan los procesos. Esta revolución está marcada por tecnologías que incluyen robótica, IA, VR, AR, nanotecnología, Internet de las cosas (IoT), IIoT, etc. Aplicando las herramientas anteriores, se puede transferir un mundo físico completo a un espacio digital, para intentar capturar información importante de cada proceso en tiempo real. Es necesario entender que la correcta aplicación de este concepto a nivel industrial puede no solo afectar el proceso productivo, sino también mejorar las operaciones comerciales, ayudar a incrementar significativamente los ingresos, transformar la cadena de valor y superar las expectativas del cliente (Basco et al. 2018).

2.3 Realidad Virtual

Es una simulación tridimensional en computadora que facilita información sensorial ya sea visión, sonido y/u otros, con el único propósito de hacer que el usuario sienta que está en un “cierto lugar”. También se necesita el soporte de software diseñado especialmente para manipular los datos del ambiente virtual (Escartín 2000).

La RV se puede definir como la recreación del entorno real a través de una computadora, lo que brinda a los usuarios una sensación de inmersión. Existe una variedad de dispositivos que pueden generar esta sensación de inmersión, HMD, guantes y sensores táctiles son solo algunos ejemplos de los dispositivos utilizados en esta herramienta digital (Ortiz & Hugo 2017).

Desde el punto de vista técnico, la Realidad Virtual es un modo de visualizar, manipular e interactuar con computadoras y datos extremadamente complejos, permitiendo que esta tecnología se extienda a varios campos como la industria, medicina, milicia, educación y turismo empleado como método de aprendizaje, entrenamiento y capacitación (Robalino & Ezequiel, 2021).

2.3.1 Entornos Virtuales

Desde el punto de vista industrial, el uso de entornos virtuales en laboratorios virtuales nace con la necesidad de optimizar el tiempo de desarrollo de los proyectos. Con el uso de un laboratorio virtual, se puede realizar el montaje del sistema o proceso, y paralelamente programar el proceso que se está ensamblando y verificarlo por medio del laboratorio virtual, dicho método optimiza el tiempo de desarrollo del proyecto, lo cual implica un ahorro de dinero (Jiménez Fernández-Palacios; et al 2017).

El desarrollo de laboratorios virtuales para la formación en robótica industrial parte de la determinación de las especificaciones técnicas de los equipos y procesos a virtualizar, además de los requisitos didácticos específicos a implementar dentro de cada escenario. La etapa de simulación incluye modelar el comportamiento dinámico de sistemas físicos reales, como sensores y actuadores, lo que permite al usuario no solo observar conceptos básicos relacionados con la robótica, sino que también puede desarrollar habilidades más prácticas, por ejemplo, la instrumentación y control de sistemas robóticos (Ortega Moody; et al. 2016).

El entorno virtual es la integración de procesos informáticos, de red y físicos como se puede observar en la Figura 1-2, los dispositivos hardware son la computadora, dispositivo móvil y otras herramientas AVR que sirven para inserción de la realidad virtual, estos a su vez son los encargados de monitorear y visualizar los procesos físicos, mientras que el soporte de software son los programas que permitirán la virtualización de los diferentes entornos virtuales y por último el usuario o programador que es la persona encargada de ensamblar todo el entorno virtual que se va a visualizar (Quinche & González 2011).



Figura 1-2: Componentes de un entorno virtual.

Fuente: (Escartín 2000)

Realizado por: V. Abarca, 2020

2.4 Realidad Aumentada

Es una tecnología que permite visualizar información adicional de forma virtual a través de una observación de un entorno virtual, que es captada por la cámara de un dispositivo móvil, tablet o webcam con un software específico. Esta información brindada como realidad aumentada se

puede convertir a diferentes formatos los cuales puede ser una imagen, una colección de imágenes, un archivo de audio, un video o un enlace en 3D (Blázquez Sevilla, 2017).

Gracias a esta tecnología se puede crear Laboratorios de Realidad Aumentada conocidos por sus siglas en inglés como ARLAB, es una tecnología que trata de integrar realidad aumentada a experimentos de control, procesos y automatización industrial, su objetivo es proporcionar a los usuarios una visión más profunda y clara del conocimiento de los diferentes procesos industriales, donde se interactúa a través del desarrollo de experimentos híbridos donde se puede visualizar algo en 3D real y 3D virtual a través de dispositivos inteligentes como teléfonos móviles o tabletas electrónicas (Rodríguez Calderón; et al 2013).

Según Sandoval Poveda y Quesada mencionan que: “*la realidad aumentada tiene 3 características para poder ser identificada como son las interacciones que deben ser siempre en tiempo real, posicionar a los objetos virtuales tridimensionales 3D y llegar a obtener un entorno real*” (Sandoval-Poveda y Quesada 2017).

2.4.1 Elementos que intervienen en Realidad Aumentada

Para acceder al uso de esta tecnología es necesario disponer de diferentes elementos:

- **Dispositivo con cámara:**

Puede ser una computadora con dispositivo webcam, Laptop con webcam, Tablet y dispositivos Smartphone que permiten escanear el activador de realidad aumentada.

- **Software** es una herramienta encargada de realizar transformaciones y programación para mostrar información adicional.

- Un **trigger** es un activador de la información de realidad aumentada.

Puede ser una imagen en diferentes escalas de colores de diversos ambientes, gráficos o Códigos QR que permitan identificar el objeto o medio que se desee visualizar a través de AR.

En la Figura 2-2 se muestra una aplicación de realidad aumentada la cual mediante un dispositivo móvil se puede visualizar en 3D la figura del brazo grúa, que se activa mediante la utilización de imagen de referencia tipo Target que activa la Realidad Aumentada.



Figura 2-2: Aplicación de realidad aumentada.

Fuente: (Models 2016)

2.4.2 Herramientas de Realidad Aumentada

Según (Alfa 2017) existen varias aplicaciones para crear realidad aumentada en los diferentes dispositivos móviles, a continuación en la Tabla 1-2 se puede observar las características que tienen cada herramienta.

Tabla 1-2: Herramientas de Realidad Aumentada.

Infraestructura AR	Vuforia	ARToolkit	WikiTude	LayAR	Kudan
Compañía	Qualcomm	DAQRI	Wikitude GmbH	BlippAR Group	Kudan Limited
Licencia	Libre y comercial	Libre	Comercial	Comercial	Comercial
Plataformas Compatibles	Android, iOS, Unity	Android, iOS, Windows, Linux, Mac, OS X, SGI	Android, iOS, Google Glass, Titanium, Xamarin, M-100.	Android, iOS, BlackBerry	Android, iOS, Unity

Fuente: (Alfa 2017)

2.5 Software de desarrollo de interfaces de realidad aumentada

Las diferentes herramientas existentes para desarrollar aplicaciones de realidad aumentada, son *software* que tienen una extensa gama de herramientas que permiten realizar, diseñar y desarrollar interfaces en diferentes plataformas, los cuales funcionan en 2 dimensiones y 3 dimensiones, permitiendo obtener varias funciones como movimientos, animaciones de elementos CAD, uso de sonido, creación de interfaz entre otros (Arce 2011)

Las herramientas de desarrollo de multiplataformas de realidad aumentada son extensas, a continuación, se muestran las más conocidas con sus respectivas características.

2.5.1 Godot

Es un *software* que cuenta con herramientas muy comunes, facilitando la creación de aplicaciones de realidad aumentada, posee plantillas de código elaboradas, código de programación abierto y gratuito que se puede adquirir mediante licencia del MIT (Engine 2020). A continuación, se puede visualizar en la Tabla 2-2 las características del *Software* Godot necesarias para la instalación correspondiente.

Tabla 2-2: Características de Godot

Plataformas	Windows 7 y posteriores (64-bit y 32-bit). macOS 10.12 y posteriores (64-bit, x86 y ARM). Linux (64 y 32 bits, x86 y ARM).
Compatibilidad de exportación	Android 4.4 y posterior. iOS 10.0 y posteriores.

	HTML5 vía WebAssembly (Firefox, Chrome, Edge, Opera). Consolas.
Editor	Editor del Árbol de Escenas. Editor de Scripts. GDScript debugger Herramientas de supervisión del rendimiento. Recarga de script en vivo. Edición de escenas en vivo. Inspector remoto. Réplica de la cámara en vivo. Usa el editor en docenas de lenguajes contribuidos por la comunidad.
Gráficos 2D	Renderizador OpenGL ES 3.0 (usa OpenGL 3.3 en plataformas de escritorio). Renderizador OpenGL ES 2.0 (usa OpenGL 2.1 en plataformas web y móviles).
Gráficos 3D	Renderizador OpenGL ES 3.0 (usa OpenGL 3.3 en plataformas de escritorio). Renderizador OpenGL ES 2.0 (usa OpenGL 2.1 en plataformas web y móviles).
Herramientas 3D	Mallas integradas: cubo, cilindro / cono, (hemi) esfera, prisma, plano, quad. Herramientas para generación de geometría procedural. Nodo Path3D para representar una ruta en el espacio 3D. Clase auxiliar de geometría 3D.

Fuente: (Engine 2020)

2.5.2 *AppGameKit*

Es un *software* de fácil manejo y aprendizaje ideal para principiantes, aficionados y desarrolladores avanzados de realidad aumentada (Appgamekit 2020). A continuación, en la Tabla 3-2 se puede visualizar las características que tiene *Software AppGameKit*.

Tabla 3-2: Características de AppGameKit.

Plataformas	Windows, Linux, MacOS, Raspberry Pi, Android e iOS.
Aplicaciones de desarrollo	AR y VR para computadoras de escritorio y dispositivos móviles.
Lenguaje de programación	C#, Python o cualquier otro lenguaje, DLC.

Fuente: (Appgamekit 2020)

2.5.3 *Unity*

Unity es la plataforma líder en el mundo para la creación e implementación en tiempo real de contenido 3D interactivo. Unity Industrial Collection proporciona funciones poderosas para crear contenido digital interactivo a partir de datos 3D e implementarlo en varias plataformas, incluidos dispositivos móviles, computadoras y dispositivos de realidad aumentada (AR) y realidad virtual (VR).

Los principales creadores de contenido 3D en tiempo real en la industria hoy en día provienen de profesiones técnicas, como ingenieros de *software* y desarrolladores de AR / VR. Esto se debe a que la mayoría de las aplicaciones comerciales creadas con esta tecnología requieren habilidades

de programación y desarrollo personalizados (Unity usa C #). Sin embargo, a medida que Unity y otras empresas hacen que la tecnología 3D en tiempo real sea accesible para personas sin conocimientos de programación, Unity proporciona una gran cantidad de modelos de interacción, por lo que las personas pueden interactuar en tiempo real con aplicaciones "en tiempo real" también llamadas aplicaciones en tiempo de ejecución en dispositivos móviles en una experiencia de realidad virtual totalmente inmersiva a través de un navegador web, utilizando AR (Unity 2020).

Las experiencias creadas con Unity también pueden integrarse en otros atributos existentes, como aplicaciones móviles o páginas de comercio electrónico. Unity puede ayudar a mejorar la experiencia personal, como que el líder del equipo de diseño industrial donde se le permite revisar los últimos prototipos o compartir experiencias, como una reunión de revisión de ingeniería de red en realidad virtual, que reúne a varios participantes en un entorno colaborativo (Unity 2020).

A continuación, en la Tabla 4-2 se observa los requerimientos mínimos que debe tener el *Software Unity Editor* para el correcto funcionamiento de la plataforma Unity.

Tabla 4-2:Requerimientos para Software UNITY EDITOR.

Requerimientos mínimos	Windows	Mac OS	Linux (compatibilidad en versión preliminar)
Versión del sistema operativo	Windows 7 (SP1 +) y Windows 10, solo versiones de 64 bits.	Sierra 10.12.6+	Ubuntu 16.04, Ubuntu 18.04 y CentOS 7
UPC	Arquitectura X64 con soporte de conjunto de instrucciones SSE2	Arquitectura X64 con soporte de conjunto de instrucciones SSE2	Arquitectura X64 con soporte de conjunto de instrucciones SSE2
API de gráficos	GPU compatibles con DX10, DX11 y DX12	GPU Intel y AMD con capacidad para metales	GPU Nvidia y AMD compatibles con OpenGL 3.2+ o Vulkan.
Requerimientos adicionales	Controladores oficialmente compatibles del proveedor de hardware	Controladores compatibles con Apple	Entorno de escritorio Gnome: Ejecuta sistema de ventanas X11, el controlador de gráficos patentado oficial de Nvidia o el controlador de gráficos AMD Mesa.

Requerimientos mínimos	Windows	Mac OS	Linux (compatibilidad en versión preliminar)
	Para todos los sistemas operativos, Unity Editor es compatible con estaciones de trabajo o factores de forma de portátiles, y se ejecuta sin emulación, contenedor o capa de compatibilidad.		

Fuente: (Unity 2020)

En la Tabla 5-2, se observa los requerimientos para el sistema operativo que trabaja con Unity y que permite su correcto funcionamiento de la plataforma.

Tabla 5-2:Requerimientos para Software UNITY PLAYER.

Sistema operativo	Androide	iOS	tvOS
Versión	4.4 (API 19) +	10+	10+
UPC	ARMv7 con soporte para neón (32 bits) o ARM64	SoC A6 / A6X +	A8 SoC +
API de gráficos	OpenGL ES 2.0+, OpenGL ES 3.0+, Vulkan	Metal, OpenGL ES 2.0 / 3.0 (obsoleto)	Metal, OpenGL ES 2.0 / 3.0 (obsoleto)
Requerimientos adicionales	<p>1GB + RAM.</p> <p>Los dispositivos de hardware admitidos deben cumplir o superar la definición de compatibilidad de Android de Google (<u>versión 9.0</u>) limitada a los siguientes tipos de dispositivos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dispositivo portátil 2. Televisión 3. Tabletas <p>El hardware debe ejecutar el sistema operativo Android de forma nativa. No se admite Android dentro de un contenedor o emulador.</p> <p>Para desarrollo: Android SDK (9 / API 28), Android NDK (r19) y OpenJDK, que se instalan de forma predeterminada con <u>Unity Hub</u></p>	<p>Para desarrollo: computadora Mac con un mínimo de macOS 10.12.6 y Xcode 9.4 o superior.</p>	<p>Apple TV de cuarta generación +</p>

Fuente: (Unity 2020)

2.5.3.1 Vuforia

La aplicación Vuforia *Area Target Creator* permite a los desarrolladores generar fácilmente un *Area Target* utilizando un dispositivo móvil con capacidad de profundidad (Vuforia 2020). Vuforia es un SDK que permite crear aplicaciones con Realidad Aumentada, la aplicación permite unir los entornos virtuales con el mundo real mediante animaciones, objetos 2D y 3D y diferentes interfaz creadas por el usuario (Cruz 2014), en la Figura 3-2, se observa la compatibilidad directa entre Vuforia, Unity y dispositivos Android, gracias al manejo de diversas experiencias en diferentes dispositivos se ha podido incorporar nuevas versiones mejoradas (Vuforia 2020).

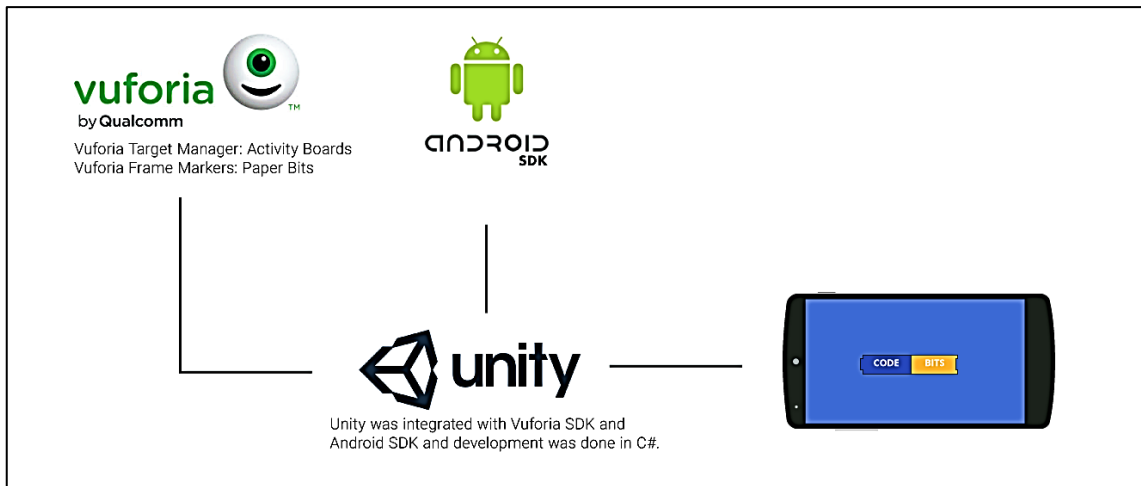


Figura 3-2: Compatibilidad de Unity

Fuente: (Vuforia 2020)

En la Tabla 6-2, se observa los requerimientos que deben poseer los dispositivos móviles para trabajar con VUFORIA teniendo en cuenta el sistema operativo disponible.

Tabla 6-2: Requerimientos de dispositivos móviles para VUFORIA.:

Device OS		Development OS		Unity Version	
Android (1)	4.1.x+	Windows (2)	7+	Windows (2)	2017.2+
iOS (2)	9+	OS X	10.11+	OS X	2017.2+
Windows (2)	10 UWP				

Fuente: (Vuforia 2020)

En la Tabla 7-2, se observa los requerimientos que deben poseer las herramientas para trabajar con VUFORIA tomando en cuenta la App, características y versión.

Tabla 7-2: Requerimientos de herramientas para VUFORIA.

App	Devices	OS Version
Calibration Assistant	Moverio BT-200 ODG R-7	Android 4.0.3+

Fuente: (Vuforia 2020)

2.5.3.2 Activador (Target)

Para la activación de realidad aumentada se debe tomar en cuenta el tipo de marcador que se va a utilizar, los marcadores son un tipo de activadores de información por lo tanto son importantes en el mundo de la realidad aumentada, los cuales se basan en la utilización de símbolos impresos en papel, y se los sobrepone con otras imágenes objetos 3D o videos los cuales deben ser procesados y reconocidos por un software específico (Olivencia, 2016).

A continuación, los tipos de activadores de realidad aumentada basados en marcadores:

- **Código QR**

Es una matriz de puntos o código de barras bidimensionales que almacena información, se puede visualizar de forma impresa o digital, puede ser leído por un dispositivo con una cámara que puede capturar el código, procesar y guardar la información (Huidobro 2009)

- **Natural Feature Tracking Marker (NFT)**

También conocidos como marcadores de características naturales no necesitan el borde negro debido a que el reconocimiento del marcador se realiza a partir de características naturales de la imagen, lo cual permite que el marcador pueda ser cualquier porción de la imagen (Larrarte; et al 2018).

- **Markerless**

También conocida como sin marcadores y que también suele llamarse HoloLens, consiste en colocar manualmente un objeto virtual en una vista particular en la que este parece estar bloqueado en el lugar que ocupa en el espacio (Larrarte; et al 2018).

2.5.3.3 *Parámetros de escala para programación en Unity*

- **Transforms**

Este parámetro se utiliza para almacenar la posición, rotación, escala y escala del GameObject. Siempre tendrá un componente Transform adjunto, lo que permite que un espacio tridimensional en los ejes X, Y y Z o X e Y ya sea 2 -dimensional. En Unity, estos ejes están representados por rojo, verde y azul respectivamente (Unity Technologies 2016).

- **Importancia de la Escala**

El *Transform* es una propiedad que establece las diferencias entre el tamaño en su aplicación de modelado del mesh y el tamaño en Unity. Por defecto, si el objeto a simular es muy grande tiende a parecer que se mueve en cámara lenta al momento de correr la simulación (Unity Technologies 2016).

Se debe tomar en cuenta que existen factores que se debe aplicar al *Mesh* como:

- ✓ El tamaño de modelado 3D que representa en la aplicación.
- ✓ Los ajustes del *Mesh Factor* que son exclusivos de los ajustes del objeto a modelar.
- ✓ Los valores de escala presentados en las propiedades de *Transform Component*.

Para trabajar con un *GameObject* se recomienda crear un modelo a escala real para que tenga la facilidad de cambiar las dimensiones del objeto a través de la opción de *Transform* en Unity, lo que permite al usuario realizar optimizaciones en el tamaño de la importación y realizar cambios de aumento o disminución en el tamaño en su escala permitiendo que el objeto se ajuste al área de trabajo Canvas (Unity Technologies 2016).

- **Canvas Scaler (Escalador del Canvas)**

El componente Canvas Scaler es utilizado para controlar la escala en general y densidad de pixeles de los elementos UI en el Canvas. Esta escala afecta todo debajo los Canvas, incluyendo los tamaños de fuentes y bordes de imágenes (Unity Technologies 2016). A continuación, en la tabla 8-2 se observa las propiedades que se debe tomar en cuenta para canvas scaler para la simulación en Unity.

Tabla 8-2: Propiedades de Canvas Scaler.

UI Scale Mode	Determina cómo los elementos Ui en el Canvas son escalados.
Scale With Screen Size	Hace que los elementos UI más grande, entre más grande sea la pantalla.

Fuente: (Unity Technologies 2016).

En la tabla 9-2 se observa los ajustes que presenta y se debe modificar al momento de ajustar la escala con el tamaño de pantalla esto permite que se autoajuste a cualquier tamaño de dispositivo Android teniendo en cuenta que se realizó para versiones Android 5.0 en adelante.

Tabla 9-2: Ajustes para Scale With Screen Size.

Propiedad	Función
Reference Resolution	La resolución del diseño UI es diseñado para. Si la resolución de la pantalla es más grande, el UI será escalado para arriba, y si es más pequeño, el UI será escalado para abajo.
Screen Match Mode	El modo utilizado para escalar el área de canvas si la relación del área de la resolución actual no encaja con la resolución de la referencia.
Match Width or Height	Escala el área del canvas con la anchura como referencia, la altura como referencia, o algo entre los dos.
Expand	Expande el área del canvas ya sea horizontal o verticalmente, por lo que el tamaño del canvas nunca será más pequeño que la referencia.
Shrink	Corta el área del canvas ya sea horizontal o verticalmente, por lo que el tamaño del canvas nunca será mayor que la referencia.
Match	Determina si la escala está utilizando el ancho o la altura como una referencia, o mezcla entre los dos.

Reference	Si un sprite tiene estos ajustes de 'Pixels Per Unit', entonces un pixel en un sprite va a cubrir una unidad en el UI.
Pixels Per Unit	

Fuente: (Unity Technologies 2016).

2.6 Software de diseño de modelos 3D

2.6.1 Autodesk 3DS Max

La herramienta de diseño Autodesk incluye soluciones 2D y 3D para optimizar la configuración y el diseño de las plantas de fabricación, donde esta plataforma brinda funciones específicas que mejoran la precisión del flujo de trabajo, la eficiencia del diseño y el flujo de trabajo de la comunicación de proyectos de construcción de plantas industriales. («3ds Max | 3D Modeling, Animation & Rendering Software | Autodesk» 2020).

También presenta soluciones en diferentes campos científicos, tales como: construcción, industria y manufactura, así como aplicaciones para visualización, simulación, gestión de documentos, diseño de tuberías 3D y desarrollo de proyectos colaborativos. Por ello, Autodesk Factory Design 2012 tiene como objetivo desarrollar un modelo 3D completo de una fábrica industrial, permitiendo evaluar diferentes alternativas para determinar la mejor solución antes de instalar un equipo («Product Design for Manufacturing | Autodesk» 2020).

En la Tabla 10-2, se observa los detalles de los requerimientos que debe tener un ordenador personal para el uso de la herramienta de diseño Autodesk 3ds Max.

Tabla 10-2: Requerimientos para Software Autodesk 3ds Max.

REQUERIMIENTOS PARA EL SOFTWARE	
Sistema operativo	Windows 10 (64 Bits)
Explorador	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft® Edge • Google Chrome™ • Microsoft® Internet Explorer® • Mozilla® Firefox®

Fuente: <https://www.autodesk.com/>

En la Tabla 11-2, se detalla los requerimientos de Hardware para el uso del *Software*.

Tabla 11-2: Requerimientos para Hardware Autodesk 3ds Max.

REQUERIMIENTOS PARA EL HARDWARE	
CPU	Procesador de varios núcleos de 64 bits Intel® o AMD® con el conjunto de instrucciones SSE4.2
RAM	4 GB de RAM como mínimo (se recomienda 8 GB o más)

Espacio en disco	9 GB de espacio libre en disco para la instalación
Dispositivo señalador	Ratón de tres botones o dos botones.

Fuente: <https://www.autodesk.com/>

2.6.2 *SolidWorks*

Esta herramienta de modelado genera automáticamente una estructura de procesos inicial basada en una definición estructural para después crear y gestionar procesos de fabricación y planes de línea de producción con una interfaz fácil de usar. *Solidworks* tiene la capacidad de simular y llevar a cabo escenarios hipotéticos de líneas de producción y procesos de fabricación antes de pasar a realizar costosas creaciones es esencial para el éxito de un programa (Solidworks 2020).

La solución de Solidworks incluye cinco líneas de productos diferentes:

1. Diseño para crear modelos y ensamblajes.
2. Diseño para la fabricación mecánica, que automatiza documentos de inspección y genera documentación sin planos 2D.
3. Herramientas de simulación para evaluar el diseño y garantizar que es el mejor posible
4. Herramientas que evalúan el impacto medioambiental del diseño durante su ciclo de vida.
5. Herramientas que reutilizan los datos de CAD en 3D para simplificar el modo en que las empresas crean, conservan y utilizan contenidos para la comunicación técnica.

2.7 **Procesos Industriales**

Se conoce como proceso industrial a un sistema que parte de la entrada de material, energía e información, se genera una transformación sujeta a perturbaciones del entorno, que da lugar a la salida de material en forma de producto. Los procesos industriales se conocen como procesos continuos, procesos discretos y procesos batch. (García Moreno 1999).

La automatización de un proceso industrial contiene un conjunto de máquinas, equipo industrial que incorpora varios elementos y dispositivos tecnológicos que funcionan sin la intervención de un operario. Dicho automatismo, en general es capaz de reaccionar ante situaciones previstas de antemano y además frente a imponderables, también procura la reducción de costes de fabricación, una calidad constante en los medios de producción, y liberar al ser humano de las tareas tediosas, peligrosas e insalubres (Berg & Vance 2017b).

Una línea de producción es un conjunto de operaciones secuenciales en las que se organiza un proceso para la fabricación de un producto. Para elaborar un gran número de unidades del mismo producto se requiere organizar un montaje en serie de las distintas operaciones requeridas para su transformación de materias prima en producto. Esto implica que la organización del proceso se realiza en fases donde se asigna operaciones de forma individual o por grupos de trabajo, tomando

en cuenta las tareas a realizar tanto trabajadores, maquinaria y herramientas para cada fase u operación del proceso. Por lo que la producción en línea también requiere de operarios especializados en las diferentes áreas de producción (Andaluz et al. 2018b).

2.7.1 Tipos de estaciones de llenado

El proceso de llenado o embotellado se realiza mediante una máquina para introducir el producto en el envase. Los embotelladores pueden manipular diferentes productos, ya sean sólidos, líquidos o gaseosos. En cuanto a los rellenos líquidos, suelen ser de dos tipos:

- **Máquina de llenado semiautomática:** La máquina de llenado semiautomática es una máquina que completa tareas específicas mediante la combinación de partes automáticas y humanas (Cruz Navarrete & Campoverde Williams 2010).
- **Máquina llenadora automática:** La máquina llenadora automática se refiere a una máquina que puede envasar productos sin intervención manual (Cruz Navarrete & Campoverde Williams 2010).

2.7.1.1 Llenadora de garrafón automática

Como se puede apreciar en la Figura 4-2, es una estación automática que posee un cabezal neumático de llenado con válvulas especiales tipo retorno, también tiene una unidad de mantenimiento de sistema neumático, tablero de control con display digital, temporizador, botón de arranque, paro de emergencia y sensores de presencia (Puritronic 2020).



Figura 4-2: Llenadora de garrafones automática

Fuente: (Puritronic 2020)

Características de estación llenadora de garrafrones automática

- **Gabinete**

Es una estructura de soporte para la estación de llenado, su material es de Acero inoxidable T304, se utiliza este tipo de acero inoxidable porque es uno de los grados más comúnmente utilizados en la industria de alimentos y bebidas.

Sus medidas son: Altura 2250 mm x Frente 1000mm x Fondo 500 mm.

- **Cabezal con válvulas tipo retorno**

Son de tipo neumático de llenado con válvulas tipo retorno que llenan los envases uniformemente sin derrame de líquido y tienen precisión al momento del llenado, capacidad de llenado de 200 garrafrones de agua en 1 hora y tiempo de llenado de 3 garrafrones a la vez un estimado de 0.33 segundos. A continuación, podemos observar en la Figura 5-2, las válvulas tipo retorno.

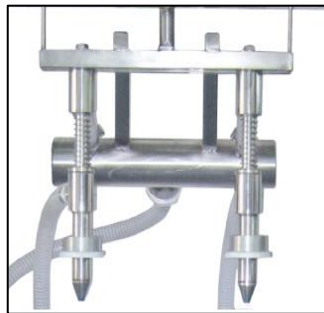


Figura 5-2: Válvulas tipo retorno

Fuente: (Puritronic 2020)

- **Bomba de agua**

Permite bombear el agua desde el tanque de almacenamiento hacia las válvulas de llenado, posee una potencia de 1HP de alto flujo a 1 fase 110 suficiente para llenar el garrafón de agua, tiene una corriente eléctrica de 9.5 A, y su conexión de succión - descarga es de 1pulgada. A continuación, en la Figura 6-2 podemos observar la bomba de 1HP.



Figura 6-2: Bomba de 1HP

Fuente: (Puritronic 2020)

- **Tanque de Almacenamiento**

Permite la recirculación independiente de 120 litros de agua, suficientes para llenar 200 garrafones por hora.

- **Conexiones**

PVC y manguera grado alimenticio.

Valores de consumo de energía son: 0.75 Kw, 5.6 Amp, 110 Volts, 1 Fase.

- **Tablero de control**

Es la caja que contiene los mandos de la estación posee un display digital, temporizador, botón de arranque y paro de emergencia. A continuación, en la Figura 7-2, se observa el tablero de control.



Figura 7-2: Tablero de control

Fuente: (Puritronic 2020)

- **Sensores fotoeléctricos tipo LED**

Los sensores fotoeléctricos retroreflectivos con un diseño óptico coaxial emiten y reciben luz a lo largo de un solo eje estrecho. Esto optimiza la detección de objetos transparentes reduciendo drásticamente el riesgo de falsa detección de la luz reflejada. Los sensores que utilizan esta tecnología tendrán un pequeño punto brillante que simplifica la alineación del sensor y permite una detección de borde de ataque muy precisa (Panchi y Herrera 2015). A continuación, en la Figura 8-2, se observa el sensor fotoeléctrico tipo LED que facilita la detección del garrafón de agua.



Figura 1-2. Sensor fotoeléctrico tipo LED

Fuente: (Panchi y Herrera 2015)

- **Garrafón de agua**

El material del garrafón de agua es de Policloruro de Vinilo PVC de color azul, tiene una capacidad de 19 litros, pesa alrededor de 780+/- 20, tiene una altura 48.5 cm y diámetro de 26 cm. En la Figura 9-2, se observa el diseño de un garrafón común, el mismo que está constituido por textura de base, cuerpo, ventana, etiqueta, hombros y boca.



Figura 9-2: Medidas de Garrafón de agua

Fuente: (Puritronic 2020)

2.8 Proyectos Relacionados

Tema: Tecnología de realidad aumentada en el inter-aprendizaje.

Autor(es): Víctor Chicaiza Vinuesa, Luis Guanoluisa Paredes

Universidad: Universidad Estatal de Milagro

Año: 2011

Tema: Realidad aumentada, como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje, en el área de ciencias naturales de los octavos años de educación básica superior, de la unidad educativa liceo policial, del distrito metropolitano de Quito.

Autor(es): Aguilar Herrera Carmen María

Universidad: Universidad Central del Ecuador

Año: 2016

Tema: Diseño e implementación de un sistema ciber-físico con realidad aumentada para facilitar el desarrollo de prácticas de la estación de trabajo compacta MPS mediante el monitoreo y despliegue virtual de información en el laboratorio de mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

Autor(es): Gualpa Yumi David Antonio, Proaño Gamboa Oscar Darío.

Universidad: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Año: 2018

Tema: Multi-user Industrial Training and Education Environment

Autor(es): Víctor h. Andaluz, Jorge S. Sánchez, Carlos R. Sánchez, Washington X. Quevedo, José Varela, José L. Morales, Giovanni Cuzco.

Universidad: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Universidad Técnica de Ambato, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, y Universidad Nacional de Chimborazo.

Proyecto: CEPRA-XI-2017-06 de CEDIA

Año: 2018

Tema: Desarrollo de un sistema que permita la interacción del usuario con entornos de realidad virtual y realidad aumentada para promover turísticamente las principales Áreas Naturales Protegidas (ANP) y Ciudades de Destino (CiD) de la ZONA 3 de la República del Ecuador, bajo la visión de ciudades y destinos inteligentes 3D del mundo a través del desarrollo, uso y facilidades tecnológicas para el turista nacional e internacional.

Autor(es): Grupo de Trabajo en eTURISMO, GT-Eturismo.

Universidad: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Universidad Técnica de Ambato, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Universidad Nacional de Chimborazo, Ministerio del Ambiente Dirección Provincial Cotopaxi, Ministerio de Turismo, Coordinación Zonal 3.

Año: 2018

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se especifica el diseño de *hardware*, *software* del sistema de llenado de garrafones de agua mediante realidad aumentada (SLGA), se hace un análisis del detalle de cada una de las etapas que lo conforman cada módulo del SLGA con los respectivos diagramas de bloques, los componentes utilizados, características técnicas y esquemas de arquitectura del sistema SLGA que forman parte del entorno virtual con realidad aumentada los mismos que se presentan a continuación.

3.1 Requerimientos del SLGA

En base al análisis realizado en el capítulo anterior se definen los requerimientos de diseño del sistema SLGA.

- Interacción entre usuario y entorno virtual 3D mediante realidad aumentada.
- Capacidad de leer una imagen target tipo NFT ingresada en la Base de Datos del sistema de Vuforia con dimensiones de: 3080 pixeles de ancho y 2000 pixeles de alto.
- Capacidad de activación de información de realidad aumentada del entorno virtual para visualizar la imagen en 3D de SLGA.
- Crear un modelo de inmersión en entorno 3D a través de un dispositivo móvil con sistema operativo Android para versiones de 5.0 en adelante.
- Diseñar un modelo de sistema de llenado de garrafones de agua con dimensiones de: 2250 mm de altura, 1000 mm de largo y 500 mm de profundidad.
- Visualizar el proceso por etapas del sistema SLGA mediante pulsadores del tablero de control manual.
- Visualizar el proceso automático de SLGA mediante pulsadores del tablero de control automático.
- Visualizar el proceso de llenado del garrafón mediante un indicador de nivel de líquido.
- Visualizar información de la estación SLGA a través del accionamiento de los diferentes botones informativos.
- Mostrar la interfaz de manejo de SLGA mediante Aplicación para Android.
- La aplicación de SLGA sea de bajo costo y de fácil operación.

3.2 Concepción general del diseño del SLGA

El sistema de llenado de garrafones de agua, realiza una interacción a través de realidad aumentada donde combina el mundo real con el mundo virtual, permitiendo que un usuario utilice esta tecnología como un método de enseñanza aprendizaje de una manera virtual donde pueda conocer, estudiar una estación de llenado de garrafones de agua e interactuar a través de la aplicación de realidad aumentada sin necesidad de poseer la estación física, en la Figura 1-3, se observa la concepción del sistema SLGA de realidad aumentada donde a través de un ordenador portátil se realiza el modelamiento y simulación de la estación SLGA, permitiendo generar un archivo .APK compatible para dispositivos móviles con sistema operativo Android, la aplicación de realidad aumentada está programada para que lea una imagen de referencia también llamada imagen target, esta imagen es única y corresponde a cada visualización que desea obtener el usuario; se almacenada en la base de datos, el usuario puede interactuar en tiempo real con el target y la estación del proceso industrial de llenado de garrafones de agua a través de la pantalla del dispositivo móvil Android.

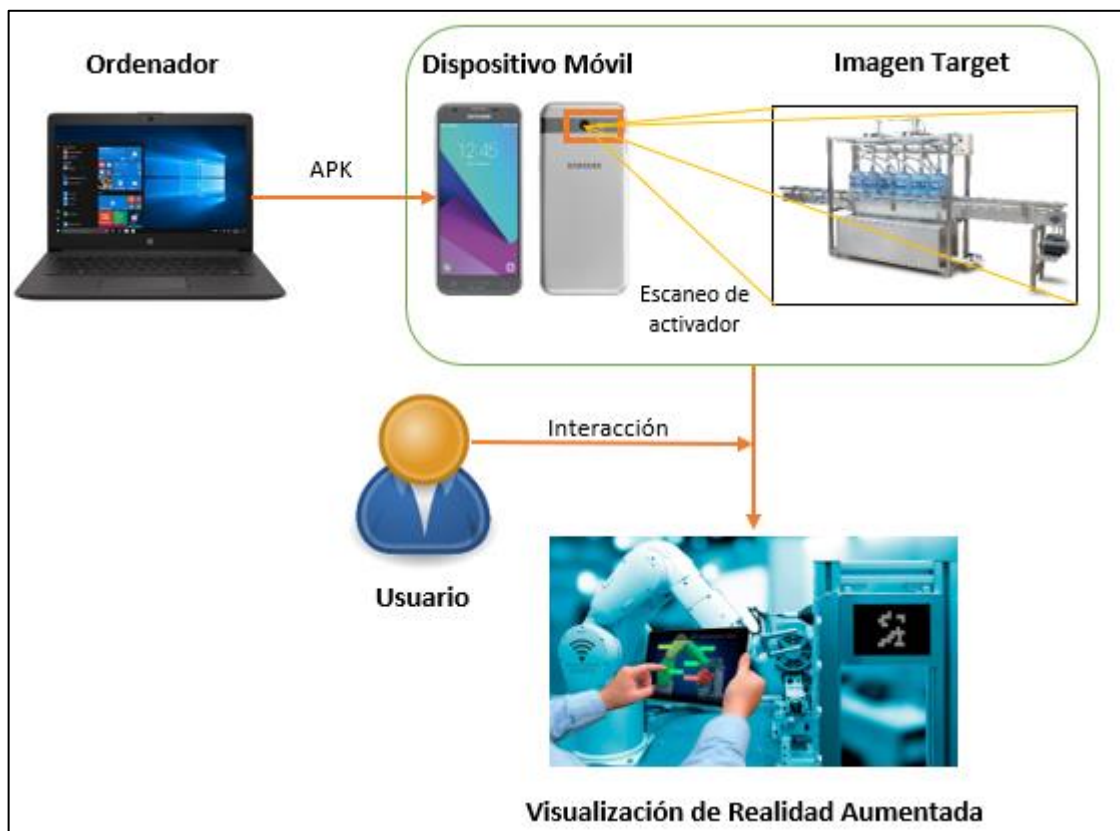


Figura 1-3: Concepción general del sistema

Realizado por: V. Abarca, 2020

3.3 Esquema de desarrollo de SLGA

En la figura 2-3, se observa un esquema general de la simulación que contiene software, realidad virtual, realidad aumentada y resultado que se obtiene de esta implementación.

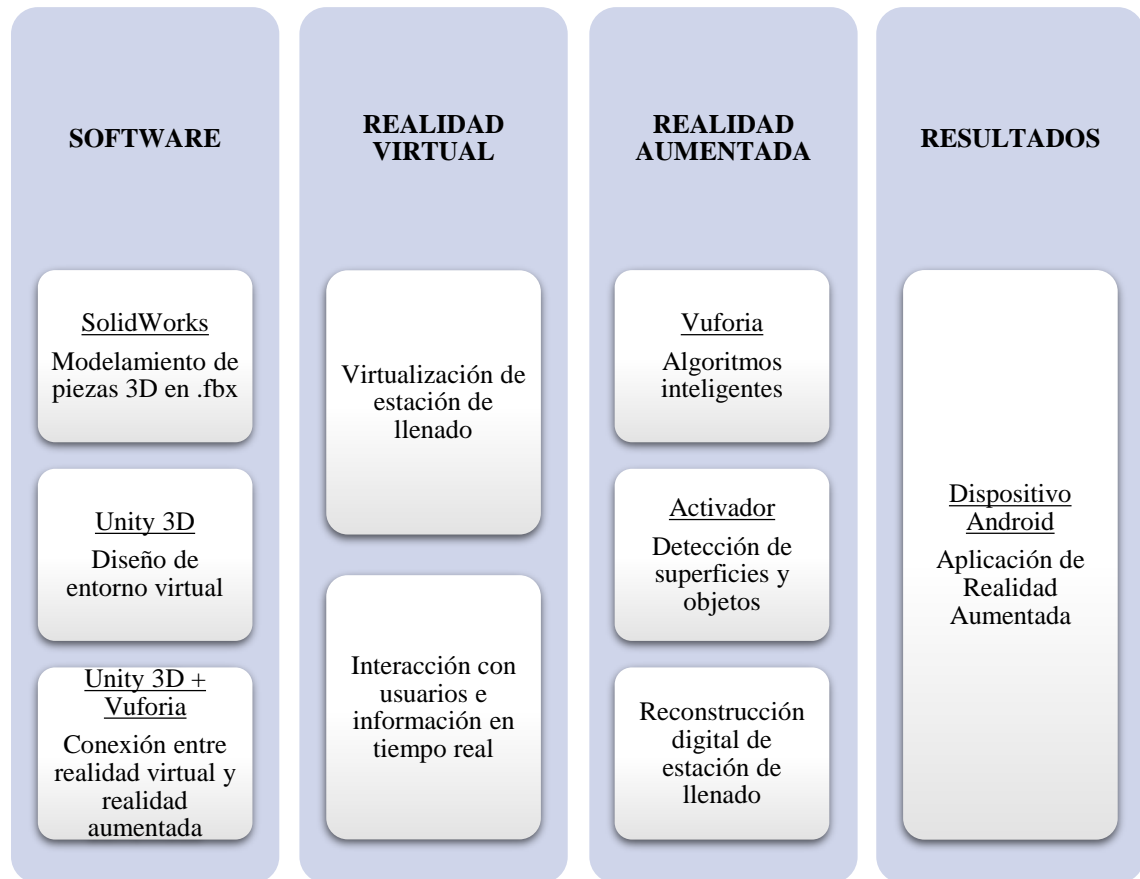


Figura 2-3: Esquema de desarrollo

Realizado por: V. Abarca, 2020

3.4 Diseño de etapas del SLGA

Se realiza la concepción general del sistema, en la Figura 3-3, se observa que consta de 4 etapas: modelado, diseño de entorno virtual, activación de realidad aumentada y realidad aumentada, a continuación, se presenta una breve descripción de cada uno.

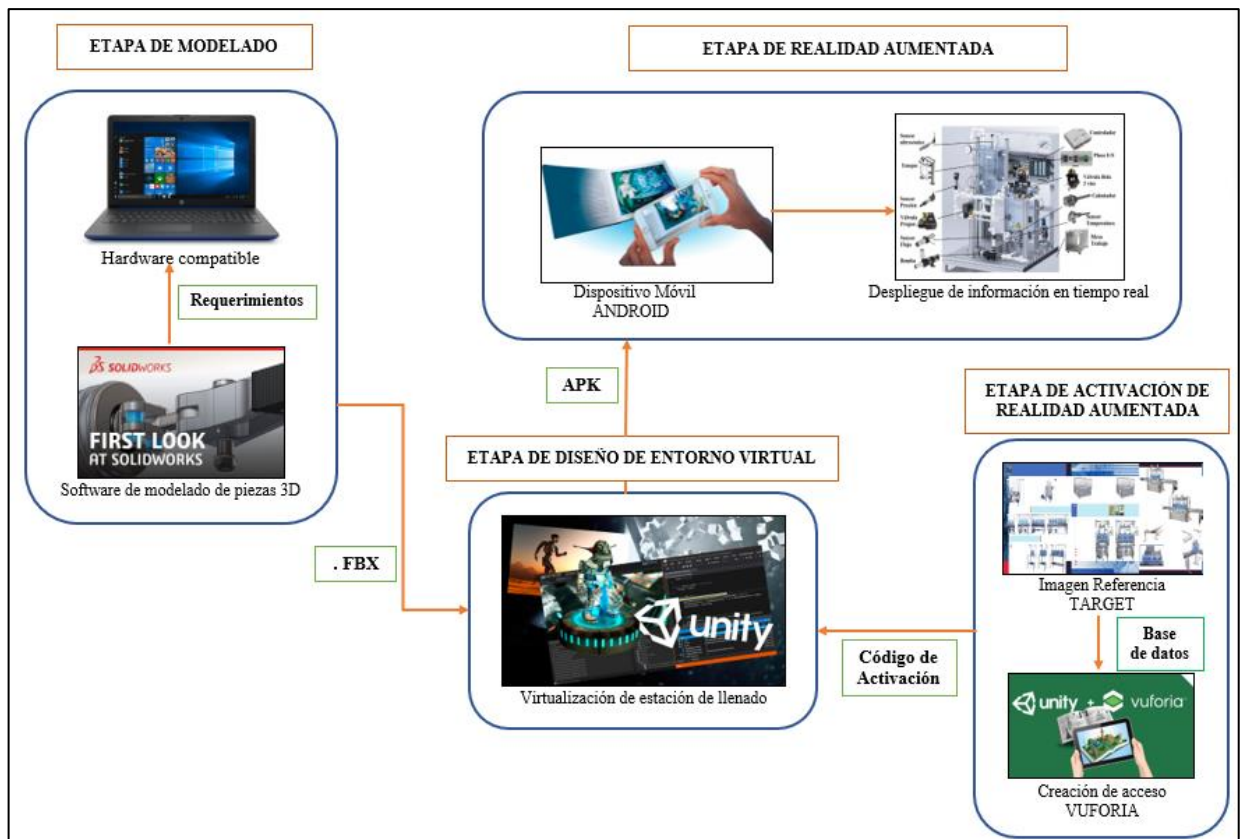


Figura 3-3: Concepción del sistema por etapas

Realizado por: V. Abarca, 2020

3.4.1 *Etapa de Modelado 3D (EM3D)*

En esta etapa, se modela las partes en 3D en SolidWorks para la estación SLGA, para las medidas de la estación se tomó como referencia información de la página oficial de la empresa Puritronic donde se replicará el modelo de la estación para la simulación, primero se empieza a verificar las medidas de la estación y características específicas de cada componente a modelar para posteriormente ensamblar todas las piezas y formar la estación completa de SLGA, permitiendo exportar el archivo en .STL extensión del Software SolidWorks, para después convertirlo en .FBX extensión compatible con el Software Unity 3D. Este proceso se detalla en la Figura 4-3 donde se debe tomar en cuenta los parámetros de software y hardware de los diferentes programas a utilizar en la simulación, una vez verificado estos parámetros se procede a la modelación de piezas en SolidWorks se crea una carpeta como base de datos para la recolección de todas las piezas individuales de la estación para posteriormente ensamblarlas en una sola pieza, después se exporta la pieza en un archivo .STL para convertirlo en extensión .FBX compatible con Unity.

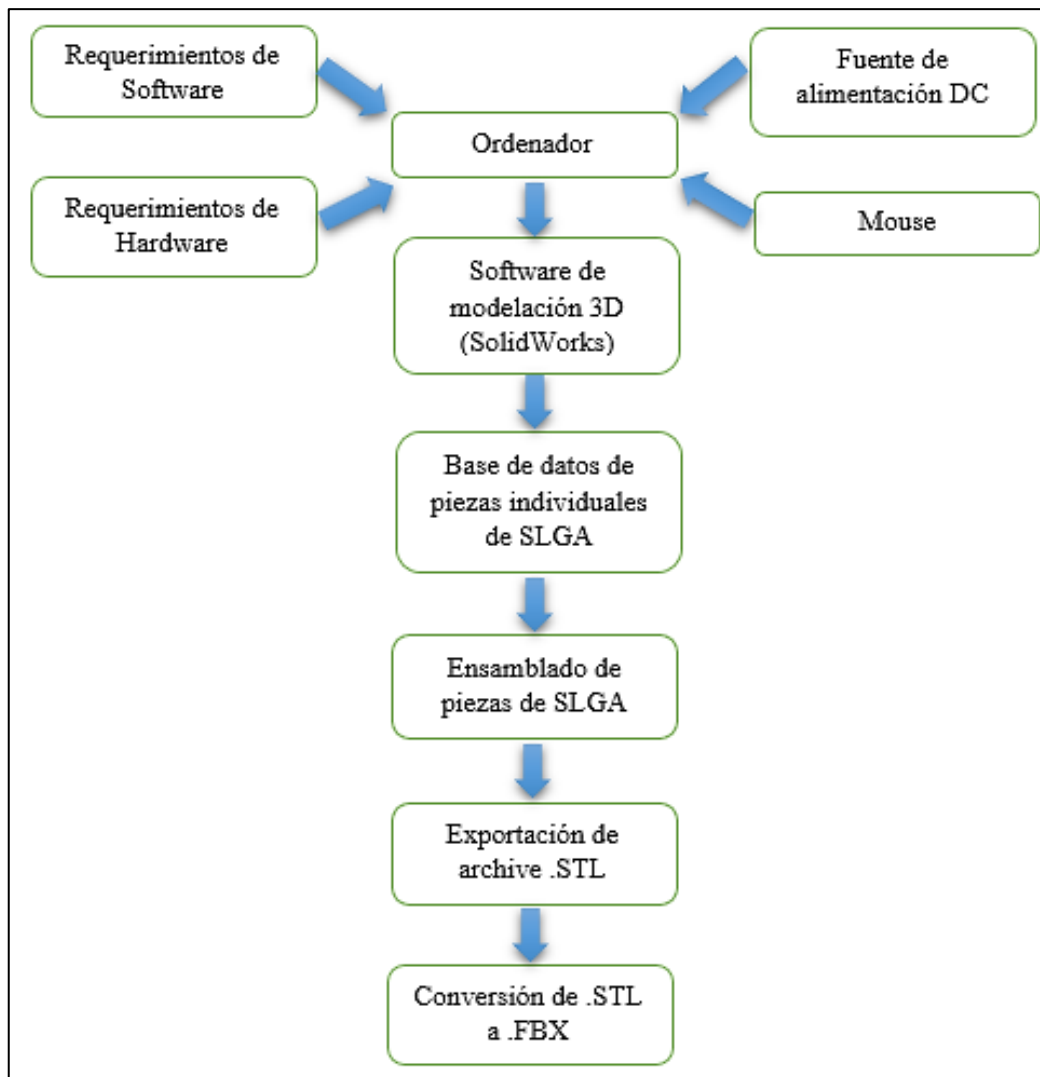


Figura 4-3: Diagrama de bloques de EM3D

Realizado por: V. Abarca, 2020

3.4.2 *Etapa de Activación de Realidad Aumentada (EARA)*

Esta etapa se detalla en la Figura 5-3, donde se procede a realizar un registro en la plataforma Vuforia donde una vez registrado el usuario se procede a la obtención de una licencia que le permite crear una conexión y activación de realidad aumentada, después se crea una base de datos donde se almacena todas las imágenes de referencias llamada también target para posteriormente descargar lavase de datos como un complemento compatible con Unity.

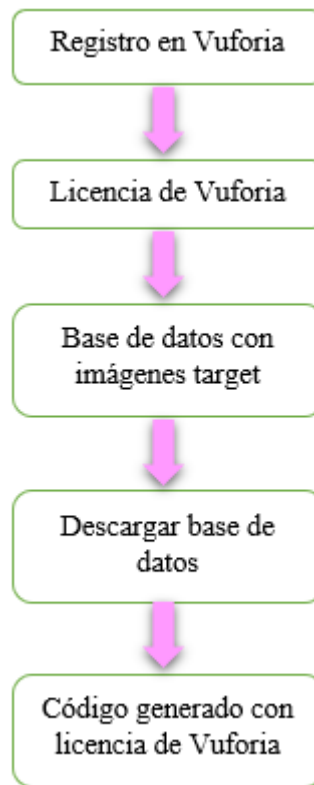


Figura 5-3: Diagrama de bloques de EARA

Realizado por: V. Abarca, 2020

3.4.3 *Etapa de Diseño de Entorno Virtual (EDEV)*

Esta etapa se detalla en la Figura 6-3, donde se procede a exportar las partes modeladas en 3D generadas en extensión .FBX y a su vez exportar el código de activación de realidad aumentada generada como imagen de referencia tipo target, para realizar la animación del entorno virtual e interactivo con el usuario mediante la aplicación móvil con sistema operativo Android generada, en Figura 6-3, se observa el proceso desde el modelado y ensamblaje de la estación SLGA generada en archivo .FBX hasta determinar la interfaz de información de la estación de llenado de garrafones de agua de la aplicación de realidad aumentada.

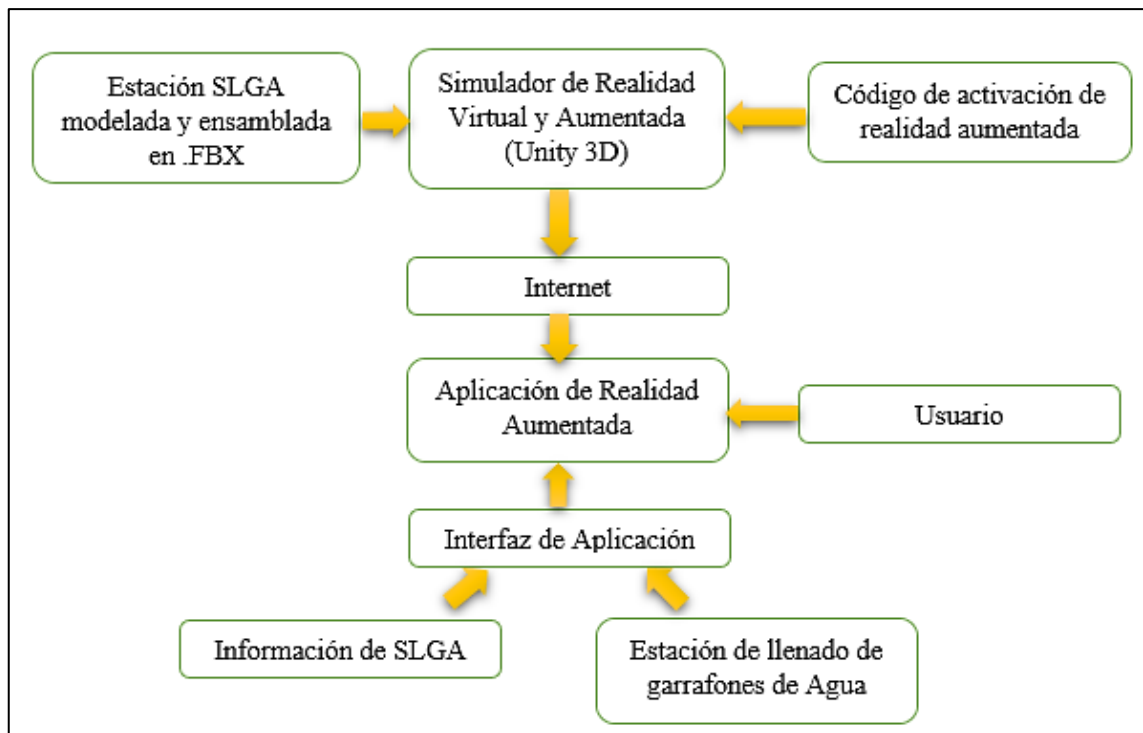


Figura 6-3: Diagrama de bloques de EDEV

Realizado por: V. Abarca, 2020

3.4.4 *Etapa de Realidad Aumentada (ERA)*

En esta etapa ERA, el reconocimiento inicia cuando el dispositivo móvil con sistema operativo Android, enfoca una escena con su cámara a manera de video, el mismo que se transforma en imágenes secuenciales y se cambian las resoluciones de la imagen de referencia para que se pueda utilizar la lámina de referencia tipo *target*. La imagen de la estación del proceso de llenado que se requiere detectar son subidas a la plataforma de realidad aumentada Vuforia donde el sistema se encarga de vectorizar las imágenes para compararlas con las imágenes captadas por el celular mediante un seguidor y comparador de puntos llamado *tracker*, después de la comparación y al verificar que los puntos entre las 2 imágenes coinciden, la aplicación renderiza un contenido ya sea una imagen, un video o un texto y se visualiza en el dispositivo móvil, este proceso se detalla en la Figura 7-3.

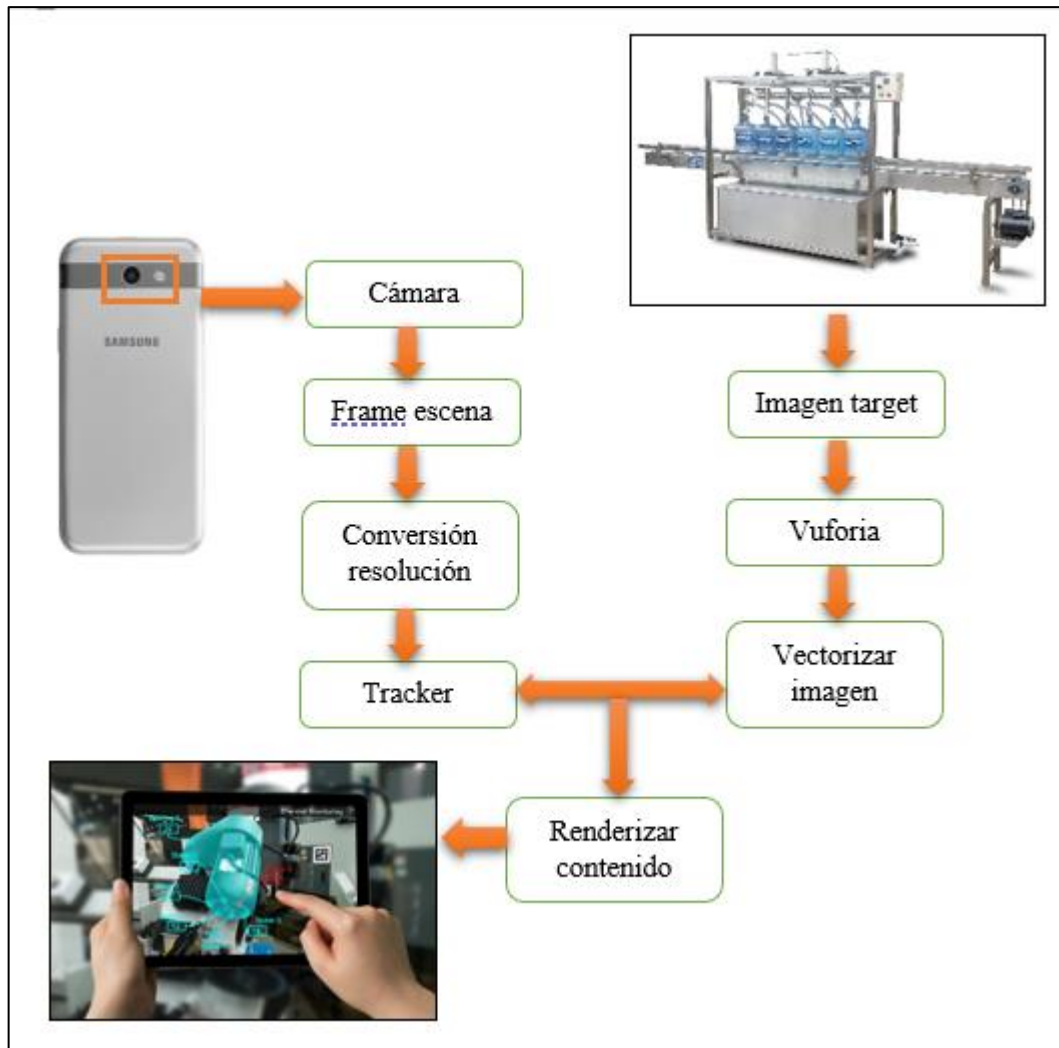


Figura 7-3: Diagrama de bloques de ERA.

Realizado por: V. Abarca, 2020

3.5 Método de selección de componentes para *Hardware* y *Software*

En esta parte de la investigación, se comparan varias alternativas que serán de gran ayuda para el correcto funcionamiento de todo el sistema de entorno virtual, tomar en cuenta los requerimientos ya sea de hardware, software y selección adecuada de los componentes electrónicos a modelar en 3D.

3.5.1 Método de selección cualitativo por puntos

Para la selección de los componentes de la implementación se consideró usar un método cualitativo por puntos, según Baca Urbina Gabriel, “este método se trata de asignar factores cuantitativos a las diferentes opciones los cuales tengan valores indispensables, teniendo” una

comparación cuantitativa que ayudara a un mejor desarrollo del proyecto, basándonos en las ponderaciones de los factores (Baca Urbina 2010).

A continuación, en la Tabla 1-3, se puede observar cómo funciona este método de comparación cualitativo por puntos.

Tabla 1-3: Tabla de uso de método cualitativo por puntos

		Alternativa 1		Alternativa 2	
Factor relevante	Peso asignado (%)	Calificación	Calificación Ponderada	Calificación	Calificación ponderada
Factor 1	33 %	2.5	0.825	2	0.66
Factor 2	25 %	3.5	0.875	3.75	0.99375
Factor 3	20 %	2.75	0.55	3.5	0.7
Factor 4	7 %	4	0.25	2.5	0.175
Factor 5	15 %	4	0.6	4.5	0.675
Suma					
	100 %		3.13		3.1475
Seleccionar			NO		SI

Fuente: (Baca Urbina 2010).

Según Baca Urbina Gabriel, “*se debe aplicar un procedimiento de forma jerárquica donde los factores a evaluar de forma cualitativa deban poseer características las cuales les permita comparar*”, a continuación, se detalla cómo se debe hacer correctamente y que aspectos son relevantes:

Primero, se deben enumerar todos los factores a considerar. Luego, debemos asignar pesos a los factores relevantes por porcentaje, y el valor obtenido luego de sumar el porcentaje es 100%, y se debe considerar el factor con mayor porcentaje seleccionado mejor opción. Posteriormente, debemos especificar los valores máximo y mínimo para determinar el valor de calificación. Luego de asignar valores a estos factores, debemos evaluarlos según el tipo de características que tienen, teniendo en cuenta los valores anteriores, y luego multiplicarlo por el valor con mayor peso. Finalmente, realizamos la suma correspondiente de las puntuaciones y tomamos el valor más grande siendo el factor más adecuado para la realización del proyecto.

La utilización de este método tiene como ventaja su forma rápida y sencilla de emplearlo dando resultados inmediatos, pero a su vez tiene como desventaja que los valores asignados como calificación están dados según el criterio de la persona que investiga (Baca Urbina 2010).

3.6 Herramientas *Hardware* para SLGA

A continuación, se detallan los componentes *Hardware* que conforman el sistema desarrollado con las características más importantes.

Ordenador Portátil

Para el diseño y modelamiento de la estación SLGA se utiliza un ordenador portátil el cual debe ser apto y sujetarse a los requerimientos de los diferentes softwares a utilizar. En la Figura 8-3 se muestra el ordenador.

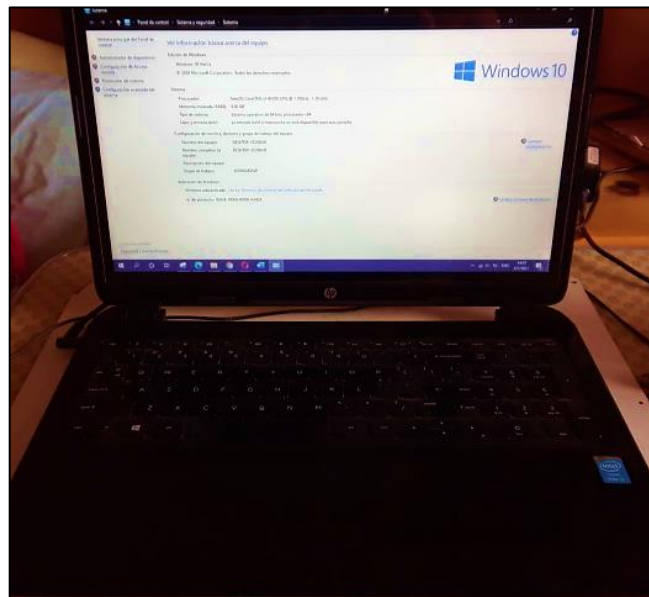


Figura 8-3: Ordenador portátil marca HP

Realizado por: V. Abarca, 2020

A continuación, se detallada las características del ordenador portátil HP:

- Sistema Operativo: Windows 10
- Procesador: Intel CORE i3.
- Disco: 500GB
- RAM: 4 GB
- Tarjeta Gráfica: Intel graphics HD
- Mouse: 2 botones con rueda central de desplazamiento.

Dispositivo móvil

Se dispone de un dispositivo móvil con sistema operativo Android para la visualización de la aplicación en realidad aumentada, donde le permite interactuar al usuario con el entorno virtual y el mundo real. En la Figura 9-3, se puede observar el dispositivo móvil ANDROID SAMSUNG.



Figura 9-3: Dispositivo móvil SAMSUNG.

Realizado por: V. Abarca, 2020

A continuación, se detallada las características del dispositivo móvil Android SAMSUNG.

- Marca: Samsung
- Modelo: Galaxy J3 Prime
- Versión de Android: 7.0 Nougat
- Procesador: Cuádruple núcleos de 1.35 GHz Exynos 7570
- Almacenamiento: 1.5 GB de RAM/16 GB de ROM
- Pantalla: HD de 5"
- Cámara trasera: 5 MP
- Cámara frontal: 2 MP

3.7 Herramientas *Software* de desarrollo para SLGA

Se investigó diferentes alternativas de *Software* que pueden ser de gran ayuda al proceso de desarrollo y se realizó una selección minuciosa mediante la ayuda de un método de selección por puntos que permitió ver cuál es el software adecuado.

3.7.1 Alternativas y selección de software de modelado de objetos 3D

Las alternativas a considerar para el software de modelado y animación de objetos 3D se puede observar el análisis realizado en el Marco Teórico 2.4, donde debemos tomar en cuenta que se debe realizar el modelamiento de los componentes de la estación de trabajo de SLGA e integrar al software de desarrollo de aplicaciones para realidad aumentada con animación cuya selección se determina en la Tabla 2-3, que se muestra a continuación donde las variables a considerar son:

- Optimizar el diseño
- Interfaz con el usuario

- Modelado sencillo, simple y potente
- Interoperabilidad flexible
- Licencia gratuita
- Importación de imágenes

Tabla 2-3:Selección de software de modelo de objetos 3D.

Alternativas					
		A Autodesk 3DS Max		B SolidWorks	
Criterios	Peso	Evaluación	%	Evaluación	%
Optimización de diseño	15%	2	0.30	5	0.75
Interfaz con el usuario	15%	4	0.60	4	0.60
Escultura, texturizado	10%	4	0.40	3	0.30
Modelado sencillo, simple y potente	15%	2	0.30	5	0.75
Interoperabilidad flexible	10%	4	0.40	3	0.30
Importación de imágenes	10%	3	0.30	4	0.40
Licencia Gratuita	25%	2	0.50	5	1.25
Total	100%		2.80		4.35
Seleccionar			NO		SI

Realizado por: V. Abarca, 2020

Con los resultados obtenido de la comparación en la Tabla 2-3, se puede concluir que el software de modelamiento 3D es **SolidWorks** debido a que cumple con las expectativas necesarias para el diseño de cada componente de la estación de llenado de garrafones de agua.

3.7.2 Alternativas y selección de software para desarrollo de AR

Para la selección del *software* empleado en el desarrollo de interfaz de la aplicación de realidad aumentada se considera las siguientes variables:

- Interfaz gráfica
- Activador de realidad aumentada
- Lenguaje de Programación
- Descarga e Instalación
- Licencia

- Multiplataforma

Las alternativas del *software* para generar la realidad aumentada y las respectivas características de cada uno de ellos se detallan en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3: Alternativas de software de Realidad Aumentada.

Software	Características
ArtoolKit	<p>Desarrolla aplicaciones de RA en tiempo real, mediante la inserción de un dispositivo fotográfico.</p> <p>Utiliza rectángulos, cuadrados negros o código QR llamados marcadores.</p> <p>Usan distintos patrones en los marcadores.</p> <p>Compatibilidad con distintas plataformas.</p>
Pygame + OpenCV	<p>Procesamiento en tiempo real de imágenes de video.</p> <p>Utilice sus características como datos o marcadores para el desarrollo de juegos.</p> <p>Utiliza objetivos como marcadores y tiene una gran capacidad de reconocimiento de objetivos.</p> <p>Solo se admite 2D y la integración de elementos 3D requiere otras herramientas, como OpenGL, ARUCO.</p> <p>Compatible con sistemas Unix y Windows.</p> <p>Bajo costo computacional.</p> <p>Instalación fácil.</p> <p>Es una licencia gratis.</p>
Unity3D + Vuforia	<p>Interfaz de fácil uso.</p> <p>Múltiples plataformas móviles y PC.</p> <p>Realiza juegos y aplicaciones con elementos virtual en 3D.</p> <p>Lenguaje de programación Javascript y C#.</p> <p>Alto costo computacional.</p> <p>No es de licencia libre.</p> <p>Para poder utilizar la cámara, se debe utilizar la versión de pago.</p>

Fuente: (Alfa 2017)

Una vez establecidas las alternativas de software de realidad aumentada se procede a evaluar sus características en la Tabla 4-3, se coloca los valores establecidos en el método cualitativo por puntos de valor máximo cinco y valor mínimo uno.

Tabla 4-3: Selección de software de Realidad Aumentada.

Alternativas							
Criterios	Peso	A		B		C	
		ArtoolKit		Pygame+OpenCV		Unity3D+Vuforia	
		Evaluación	%	Evaluación	%	Evaluación	%
Interfaz grafica	15%	5	0.75	3	0.45	4	0.60
R. de objetivos	20%	3	0.60	4	0.80	5	1.00

C. Computacional	20%	2	0.40	4	0.80	4	0.80
Programación	10%	4	0.40	3	0.30	3	0.30
Instalación	10%	4	0.40	3	0.30	4	0.40
Licencia	15%	2	0.30	5	0.75	5	0.75
Multiplataforma	10%	3	0.30	5	0.50	5	0.50
Total	100%		3.15		2.30		4.35
Seleccionar			NO		NO		SI

Realizado por: V. Abarca, 2020

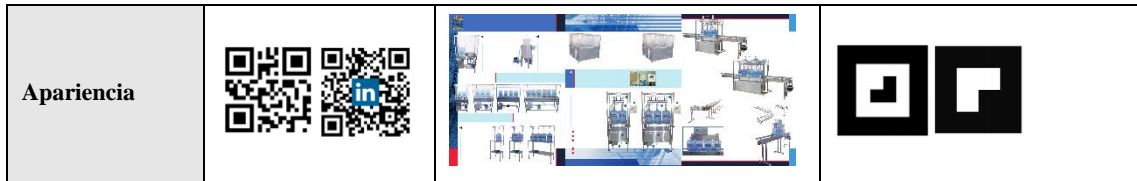
Después de haber realizado la comparación respectiva entre las tres alternativas en la Tabla 4-3, se concluye que el *software* ideal es **Unity3D+Vuforia** debido a que cumple con los parámetros para el desarrollo de la interfaz de la aplicación móvil con realidad aumentada.

3.7.2.1 Alternativas y selección de activador de realidad aumentada

En la Tabla 5-3, se muestra una breve comparación entre los tipos de activadores existentes como: Códigos QR, Natural Feature Tracking Marker (NFT) y Markerless NFT, tomando en cuenta sus diferentes diseños, tipos de información, aplicación, procesamiento y apariencia, los cuales nos permitirá evaluar el tipo de activador más adecuado a nuestra propuesta tecnológica.

Tabla 5-3: Tabla de tipos de activadores basados en marcadores.

	CÓDIGOS QR	NATURAL FEATURE TRACKING MARKER (NFT)	MARKERLESS
Diseño	Formas geométricas en blanco y negro.	Imágenes u objetos de cualquier tipo.	Formas geométricas en blanco y negro enmarcadas en un cuadro.
Tipo de Información	URL, VCard, texto, email, SMS, redes sociales, PDF, MP3 APP stores, imágenes, teléfonos, eventos, wifi y geolocalización.	Imágenes u objetos.	Imágenes, siglas u objetos simples.
Aplicación	Facilidad de creación, permite inclusión de una imagen o logo en el mismo.	Facilidad de creación, se basa en características naturales de la imagen o el objeto (NTF).	Facilidad de creación, permite agregar siglas o imágenes simples.
Procesamiento	Lector de códigos QR.	Lector de imágenes.	Lector de imágenes.



Fuente: (Larrarte, Albán y Navarro 2018)

Realizado por: V. Abarca, 2020

Una vez conocida las alternativas de tipos de activadores de realidad aumentada, se procede a evaluar cada una para la selección del activador adecuado, a continuación, en la Tabla 6-3, evaluaremos con el método cualitativo por puntos con sus valores determinados como máximo cinco y mínimo uno.

Tabla 6-3: Selección de Activador de Realidad Aumentada

Alternativas							
		A Código QR		B NFT		C Markeless	
Criterios	Peso	Evaluación	%	Evaluación	%	Evaluación	%
Diseño	20%	3	0.60	5	1.00	3	0.60
Aplicación	30%	3	0.90	5	1.50	4	1.20
Procesamiento	60%	4	2.40	5	3.00	5	3.00
Total	100%		3.90		5.50		4.80
Seleccionar			NO		SI		NO

Realizado por: V. Abarca, 2020.

Basándose en la comparación de los diferentes tipos de activadores de realidad aumentada existentes de la Tabla 6-3, el tipo más apto para la activación de la simulación de entorno virtual es el **Markerless NFT** este tipo toma como referencia las características naturales de la imagen o el objeto (bordes, esquinas o texturas), la técnica que utiliza es NFT (Natural Feature Tracking) que se puede utilizar en cualquier objeto del entorno (imagen) como elemento de referencia (Target) con el propósito de sobreponer el entorno virtual sobre él (Olivencia 2016).

3.7.3 *Alternativas y selección de software de desarrollo de aplicaciones para AR*

Para la selección del Software de desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada se toma en cuenta que debe contar con una interfaz para aplicación móvil, la cual debe poseer escenas programables y desplegables, elementos CAD, rápida, peso y multiplataforma. A continuación, se muestra las variables que servirán de comparación:

- Compatibilidad
- Optimización de la aplicación
- Depuración de la aplicación
- Facilidad de uso
- Visualización
- Lenguaje de programación

Las alternativas a considerar para software de desarrollo de aplicación para realidad aumentada, se observa en la Tabla 7-3, tomando en cuenta el análisis realizado en el Marco Teórico 2.3, se procede a evaluar.

Tabla 7-3: Selección de software de motor de video juegos.

Alternativas							
		A Godot		B AppGameKit		C Unity	
Crterios	Peso	Evaluación	%	Evaluación	%	Evaluación	%
Compatibilidad	20%	3	0.60	3	0.60	4	0.80
Incorporación de diseños CAD	15%	4	0.60	3	0.45	4	0.60
Herramientas de animación	10%	3	0.30	3	0.30	5	0.50
Multiplataforma	15%	3	0.45	4	0.60	5	0.75
Realidad Aumentada	20%	4	0.80	4	0.80	5	1.00
Lenguaje de programación	10%	3	0.30	3	0.30	4	0.40
Precio	10%	5	0.50	2	0.20	5	0.50
Total	100%		3.55		3.25		4.55
Seleccionar			NO		NO		SI

Realizado por: V. Abarca, 2020.

En base a la comparación respectiva entre las tres alternativas presentadas en la Tabla 7-3, se concluye que el software ideal es **Unity 3D** debido a que cumple con los requerimientos para el desarrollo de la aplicación móvil para dispositivos móviles.

En la Figura 10-3, se puede observar un diagrama de resumen de los elementos seleccionados mediante el método cualitativo por puntos desarrollado anteriormente, tanto *hardware* como *software*.

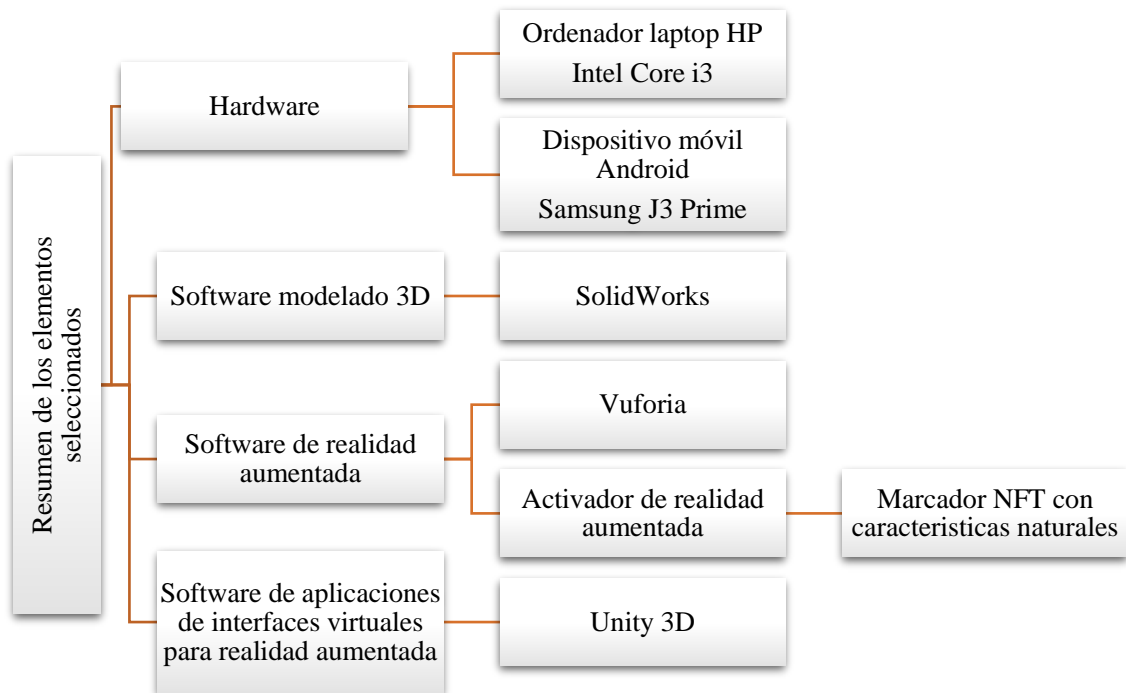


Figura 10-3: Elementos Seleccionados.

Realizado por: V. Abarca, 2020

3.7.4 *Desarrollo de herramientas Software para SLGA*

3.7.4.1 *Modelamiento 3D de la estación en SolidWorks.*

Se procede al modelamiento de la estación, banda transportadora, gabinete, bomba, cabezal con válvulas con retorno, mangueras, bomba, tanque de reservorio, tablero de control, PLC. A continuación, se puede observar en las siguientes figuras los diversos modelados de la estación en piezas para posteriormente ensamblar todas las piezas y convertirla en la estación de llenado de garrafones de agua. En la figura 11-3, se observa el modelo de referencia que se tomó de la página de la empresa Puritonic para el modelamiento de virtualización de la estación de llenado de garrafones de agua.



Figura 11-3: Modelo de referencia de la estación de llenado de garrafones de agua.

Fuente: (Puritronic 2020)

- **Válvula tipo retorno**

En la Figura 12-3, se observa una válvula tipo retorno que permite el llenado exacto y sin derrame de agua ya que posee un seguro en la parte posterior de la válvula que impide el derrame, estas válvulas son utilizadas en diferentes llenados de bebidas,

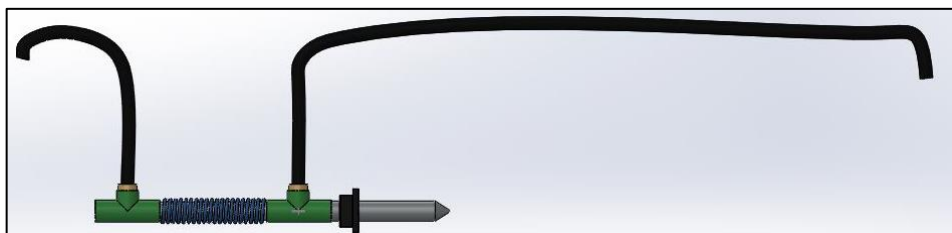


Figura 12-3: Modelado 3D de válvula tipo retorno

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **Tapa de tanque de almacenamiento**

En la Figura 13-3, se observa el modelado en 3D de la tapa del tanque de almacenamiento que es de un material de acero inoxidable tipo T 304 grado alimenticio.

- ✓ **Dimensiones:** 830 mm de largo y 550 mm de ancho.

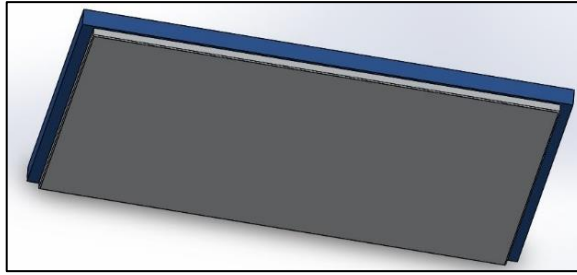


Figura 13-3: Modelado 3D de Tapa de tanque de almacenamiento

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **Tanque de almacenamiento**

En la Figura 14-3, se observa el modelado en 3D del tanque de almacenamiento de agua que es de un material de acero inoxidable tipo T 304 de grado alimenticio.

- ✓ **Dimensiones son:** 800 mm de largo, 500 mm de ancho y 380 mm de Alto.

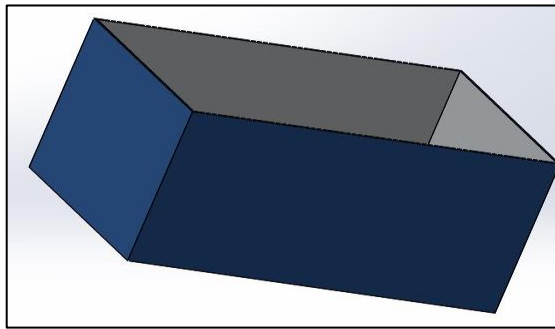


Figura 14-3: Modelado 3D de tanque de almacenamiento

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **Sensor y base**

En la Figura 15-3, se puede observar el modelado 3D de un sensor fotoeléctrico tipo LED que detecta objetos, este tipo de sensores son ideales para detección de Garrafrones de agua debido a que detecta cualquier tipo de plástico mediante una luz infrarroja ya sea casi transparente el material a detectar.

- ✓ **Dimensiones de base del sensor son:** 150 mm de largo, 50 mm de ancho y 2 mm de alto.
- ✓ **Dimensiones de sensor son:** 30 espirales de 1 mm contienen la sección espiral.

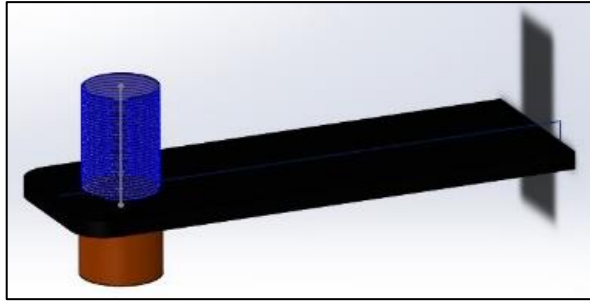


Figura 15-3: Modelado 3D de Sensor y base

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **Motor de banda transportadora**

En la figura 16-3, se puede observar el modelado 3D de un motor de 1 HP que permite realizar el movimiento de la banda transportadora dándole potencia a los cilindros de la banda permitiendo que el garrafón se movilice y llegue a la estación de llenado.

- ✓ **Dimensiones de motor:** 250 mm de diámetro, 280 mm de largo.
- ✓ **Dimensiones de poleas:** 10 mm de ancho, 150 mm de diámetro, 483 mm de altura de poleas, 500 mm de distancia.

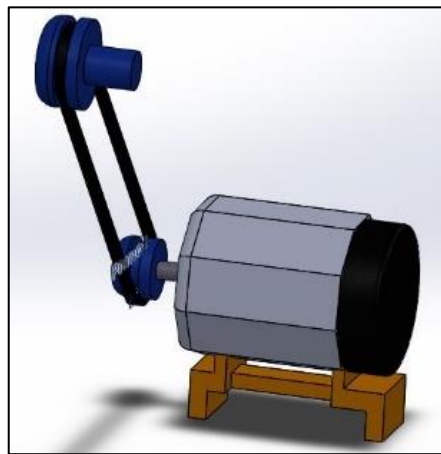


Figura 16-3: Modelado 3D de motor para banda transportadora

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **Bomba de agua**

En la figura 17-3, se observa el modelado 3D de una bomba de agua de 1HP que permite el bombeo del agua desde el tanque de almacenamiento hacia las válvulas de llenado permitiendo un flujo constante de llenado. Posee un voltaje de 120 V, capacidad de altura máxima de 44m, conexión, succión y descarga es de 1 pulgada y utiliza 9.5 A de corriente eléctrica.

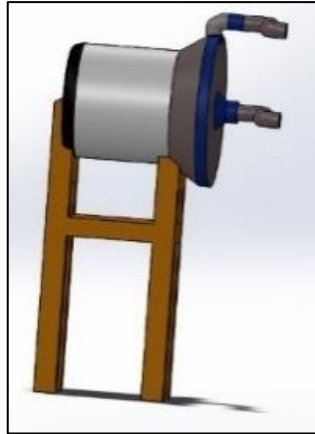


Figura 17-3: Modelado 3D de bomba de agua de 1HP

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **Base de estación**

En la Figura 18-3, se observa el modelado 3D de la base de la estación está hecha en acero inoxidable tipo T 304 de grado alimenticio siendo apto para consumo alimenticio.

✓ **Dimensiones:** 1000 mm de largo, 510 mm de ancho y 2250 mm de alto.



Figura 18-3: Modelado 3D de base de estación

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **Banda transportadora**

En la Figura 19-3, se observa el modelado 3D de la banda transportadora que movilizara al garrafón de agua hacia la estación donde lo llenara.

✓ **Dimensiones:** 5000 mm de largo, 350 mm de ancho y 1000 de altura.

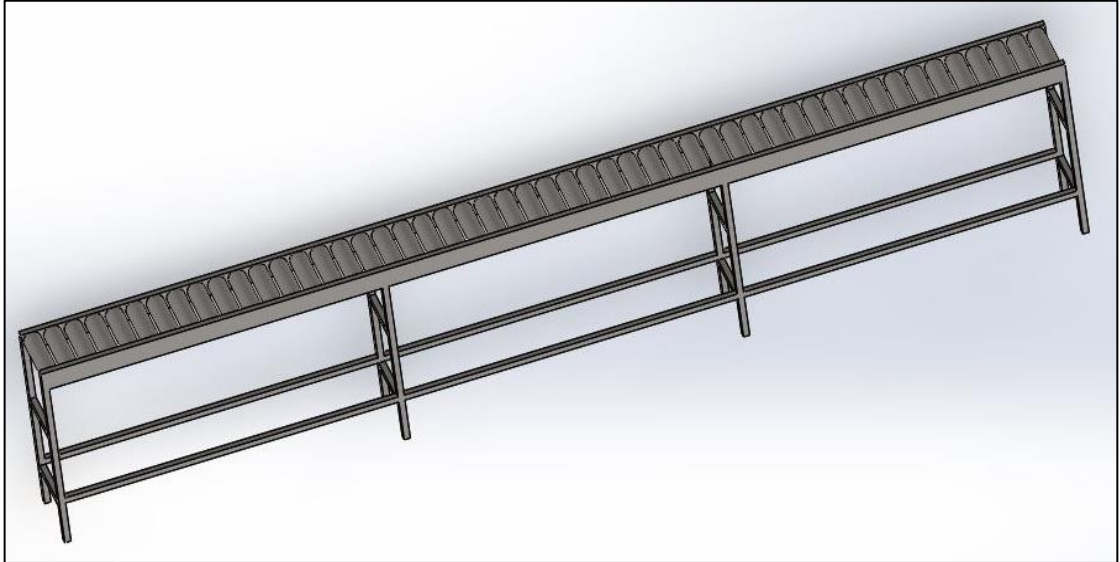


Figura 19-3: Modelado 3D de banda transportadora

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **PLC**

En la Figura 20-3, se observa el modelado 3D del PLC que permitirá la programación de la estación y esta a su vez funcione de forma automática o manual.

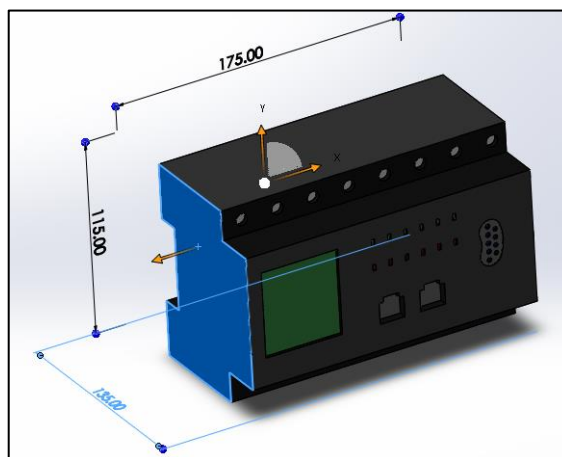


Figura 20-3: Modelado 3D de PLC

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **Cableado de válvulas y sensores**

En la Figura 21-3, se observa el modelado 3D del cableado de válvulas y sensores, los cuales son 3 fases a 110V. con un diámetro 100 mm

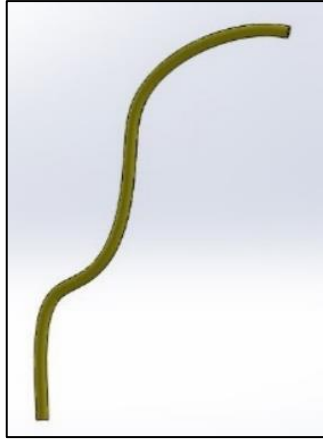


Figura 21-3: Modelado 3D de cableado

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **Tapa de tablero de control**

En la Figura 22-3, se observa el modelado 3D de la tapa del tablero de control donde tenemos una display digital, temporizador, botones de inicio, botón de paro de emergencia.

- ✓ **Dimensiones:** 384 mm de alto, 242 mm de ancho.

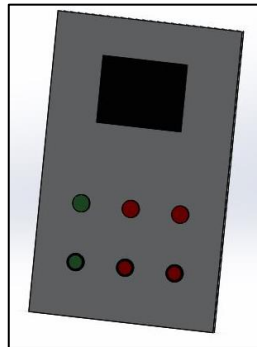


Figura 22-3: Modelado 3D de tapa de tablero de control

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **Tablero de control**

En la Figura 23-3, se observa el modelado 3D del tablero de control donde se encuentra el PLC y todas las conexiones de la estación de llenado.

- ✓ **Dimensiones:** 380 mm de alto, 100 mm de ancho, 240 mm de largo.

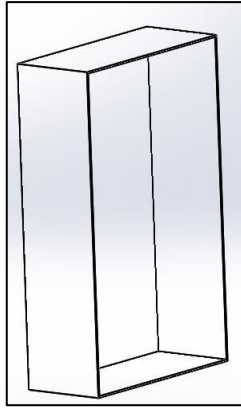


Figura 23-3: Modelado 3D de tablero de control

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **Garrafón de agua**

En la Figura 24-3, se observa el modelado 3D del garrafón de agua con una capacidad de 19 litros, 260 mm de diámetro, y 485 mm de alto.



Figura 24-3: Modelado 3D de garrafón de agua

Realizado por: V. Abarca, 2020

3.7.4.2 Estación ensamblada con partes modeladas en 3D

A continuación, se observa en la Figura 25-3, la estación ensamblada en su totalidad con una vista frontal de la estación llenadora de garrafones de agua, mientras que en la Figura 26-3, se observa la vista posterior de la estación ensamblada.

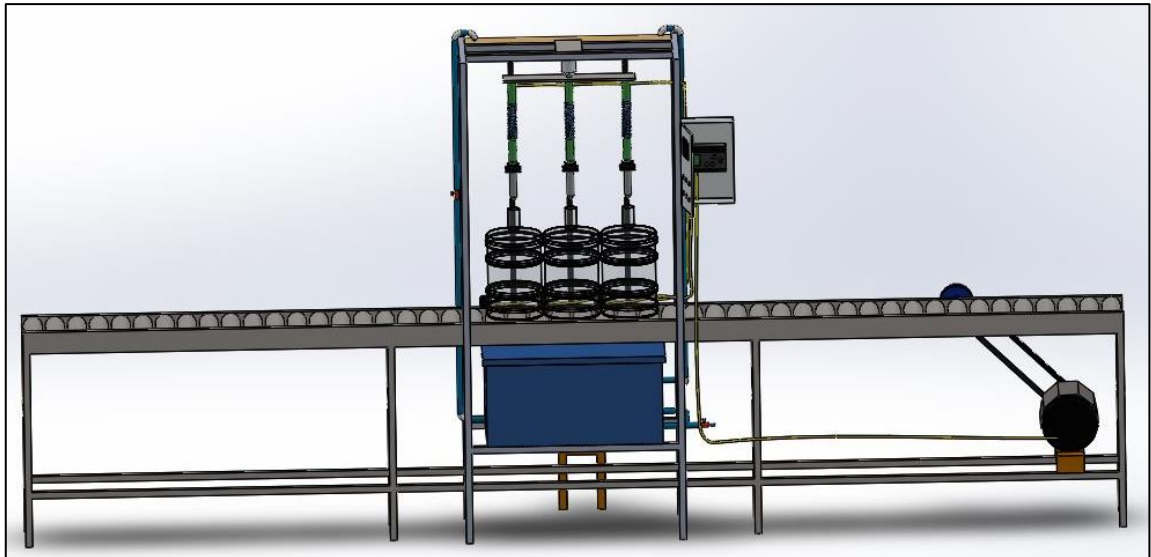


Figura 25-3: Ensamblaje de estación vista frontal

Realizado por: V. Abarca, 2020

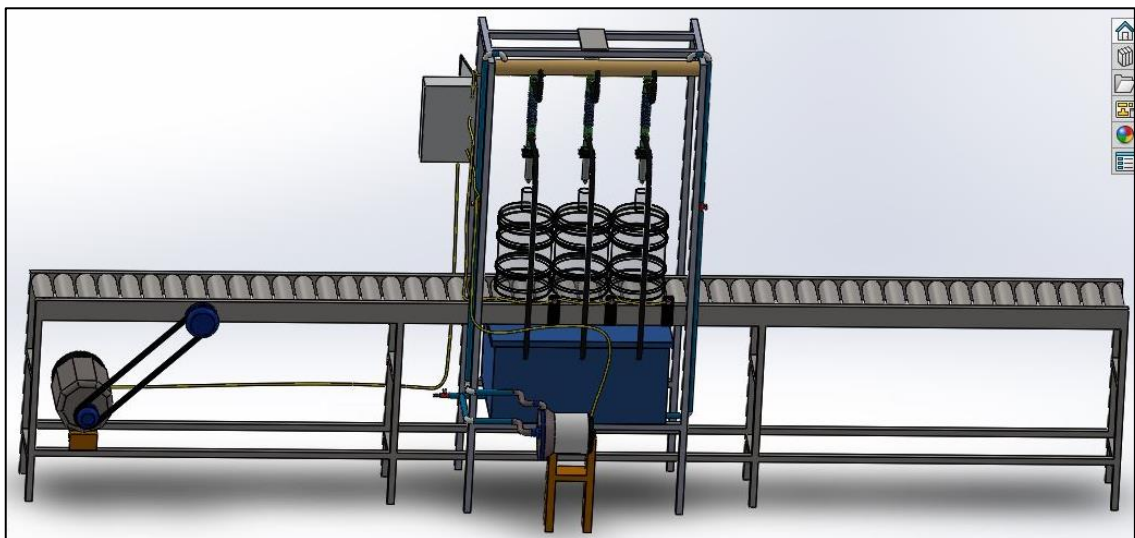


Figura 26-3: Ensamblaje de estación vista posterior

Realizado por: V. Abarca, 2020

3.7.4.3 Obtención de License Key del target desde Vuforia para Unity 3D

Para obtener el código de activación se procede a: en la Figura 27-3, en la pestaña License Manager se genera una License Key en modo Develop donde se asigna un nombre. En la Figura 28-3, se detalla las características y el código a copiar en Unity para usar una Target o imagen de referencia.



Figura 27-3: Creación de Licencia

Realizado por: V. Abarca, 2020

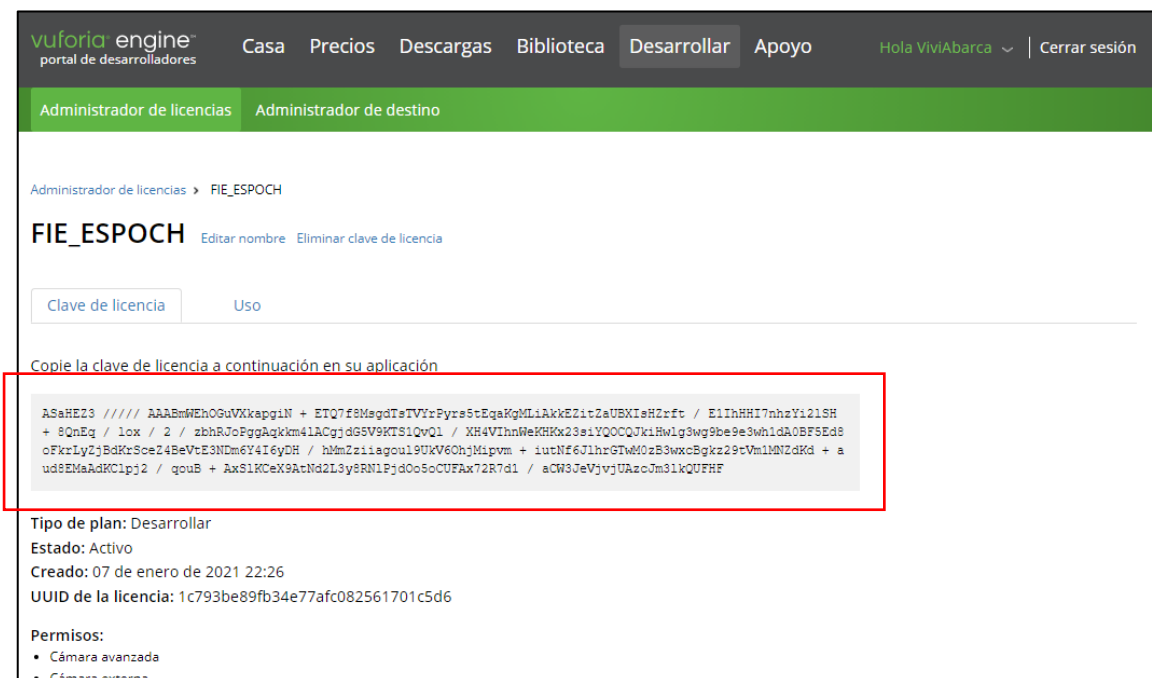


Figura 28-3: Clave de Licencia

Realizado por: V. Abarca, 2020

Una vez obtenida la licencia se procede a crear una base de datos en Target Manager como se puede observar en la Figura 29-3, para incluir en ella una target o imagen de realidad aumentada donde se podrá visualizar la estación de llenado.

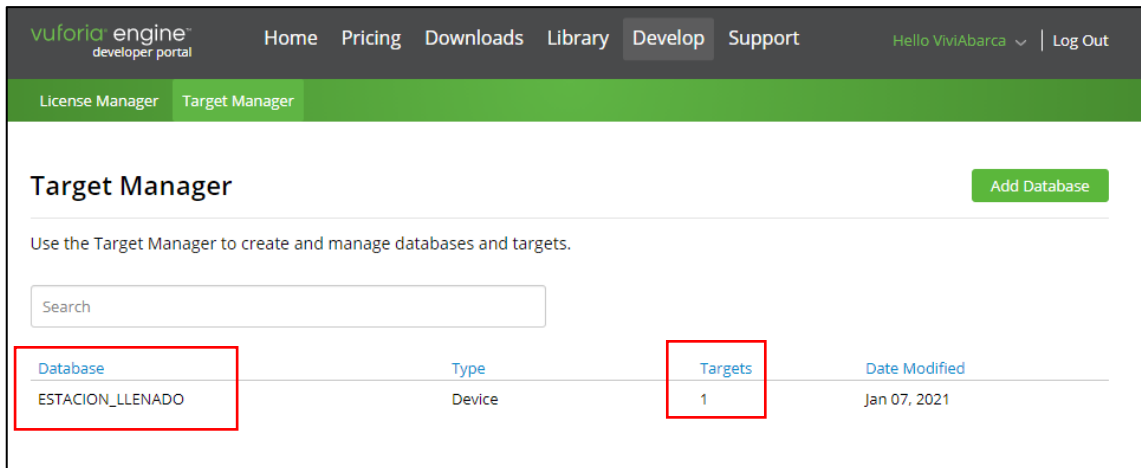


Figura 29-3: Creación de Target

Realizado por: V. Abarca, 2020

Una vez creada la Target, Figura 30-3, añadimos una imagen donde se mostrará el modelo 3D para realidad aumentada.

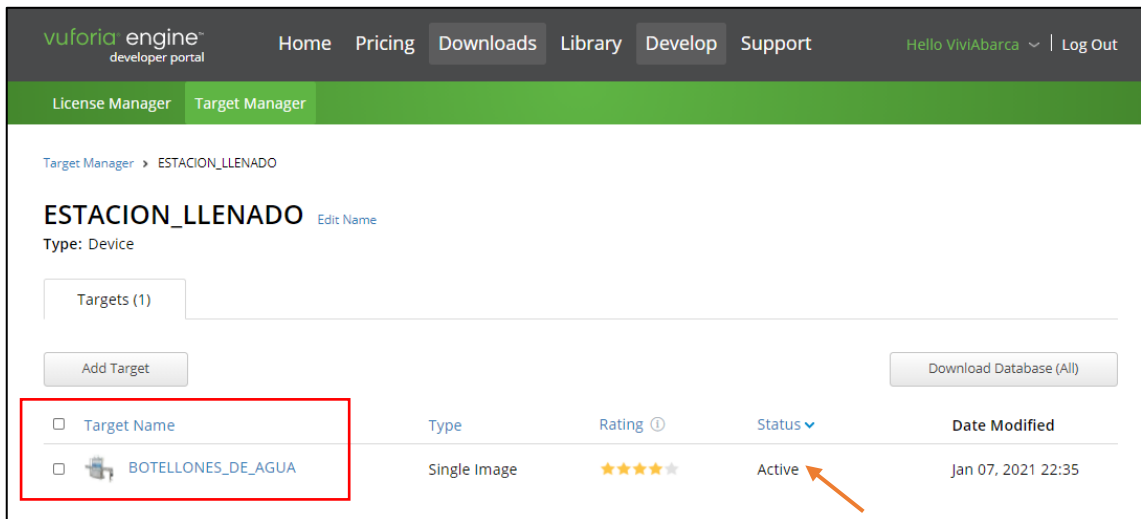


Figura 30-3: Imagen de Target

Realizado por: V. Abarca, 2020

Comprobamos si la imagen asignada para Target es correcta y está lista para incluirla en la aplicación a ser creada con Unity 3D, comprobando que el estatus de la imagen en la Figura 31-3, este activo.

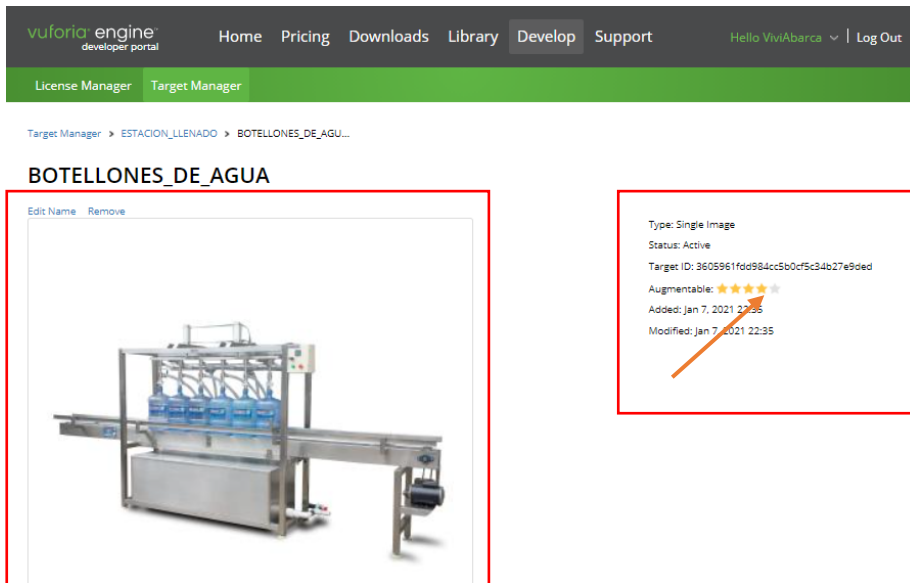


Figura 31-3: Imagen Target para la Activación de Aplicación.

Realizado por: V. Abarca, 2020

3.7.4.4 Creación de aplicación en realidad virtual y aumentada de la SLGA.

En la Figura 32-3, se observa el ingreso de la *License Key* generada en Vuforia dentro de Unity, este código generado permite la conexión de la aplicación del sistema de llenado de garrafones de agua con el activador de realidad aumentada Vuforia.

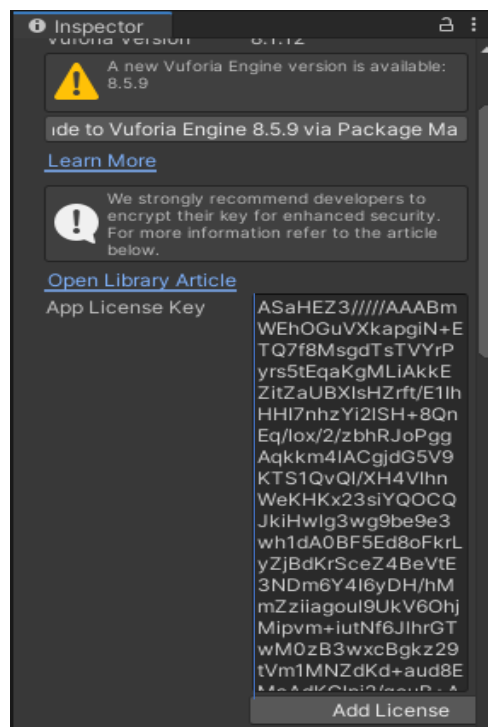


Figura 32-3: Licencia de comunicación entre Vuforia y Unity

Realizado por: V. Abarca, 2020

En la Figura 3-33, se observa la estación virtualizada del sistema de llenado de garrafones de agua, adicional se puede ver la interfaz de la aplicación, tablero de control manual, tablero de control automático, indicador de nivel de líquido para el estado de llenado del garrafón, un botón de reset para resetear la estación SLGA una vez culminado el proceso de llenado, la programación de animación de la estación es lenguaje C# en Visual Studio que es un complemento de Unity. A continuación, en la Figura 33-3, se puede observar la virtualización de le SLGA con su respectivo target de referencia.

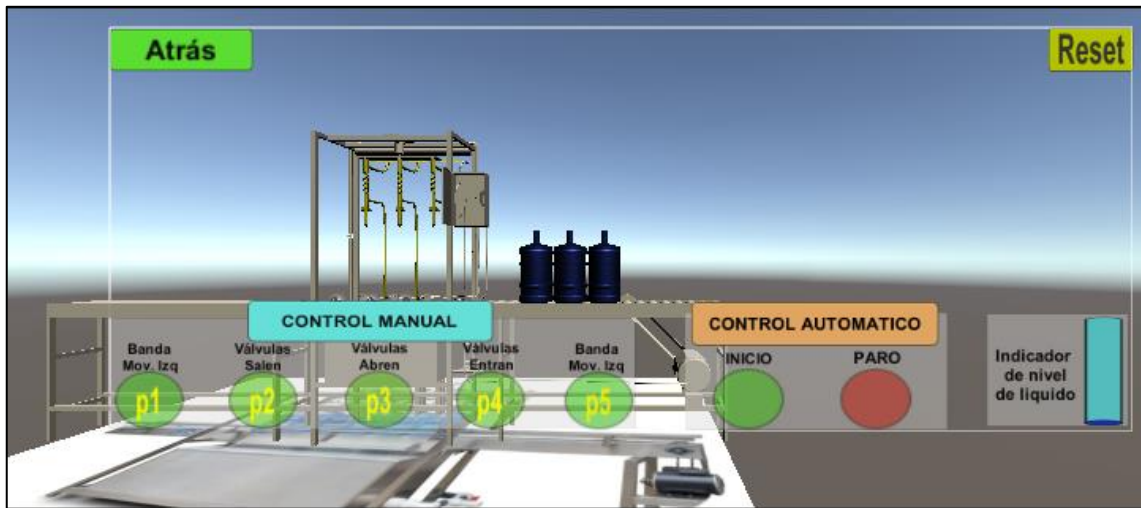


Figura 33-3: Virtualización de SLGA sobre Target

Realizado por: V. Abarca, 2020

3.7.4.5 Programación de funcionamiento de la aplicación de realidad aumentada.

Para la realización del movimiento de la estación se procede a utilizar un diagrama Grafcet que representa al funcionamiento de un PLC en la estación física, se programa cada parte de la estación con su respectivo pulsador para cada estado que maneja tanto la estación del tablero manual como el tablero automático, esta programación se realizó mediante la aplicación de Visual Studio con código de programación en C# el mismo que es un complemento de Unity.

- **Estados de funcionamiento de la estación SLGA**

La estación de SLGA está compuesto por 5 estados respectivamente, al momento de iniciar este proceso posee 2 sensores los cuales 1 sensor es ultrasónico y el otro es un sensor fotoeléctrico que determinan el porte del garrafón y el material que sea plástico, una vez detectado estos 2 parámetros INICIA el proceso de llenado. A continuación, se detalla cada uno de los estados.

Estado 1: Activa el motor de la banda transportadora que permite el desplazamiento de los garrafones hacia los sensores de la estación de llenado.

Estado 2: Activa las válvulas (salen) introduciéndose en los botellones.

Estado 3: Se abre las válvulas para llenar los garrafrones, este proceso de llenado se puede visualizar en un indicador de nivel de líquido que posee el tablero de control una vez establecido el tiempo de llenado automáticamente se cierra las válvulas.

Estado 4: Activa las válvulas (entran) regresando a su estado inicial.

Estado 5: Activa el motor de la banda transportadora que permite el desplazamiento de los garrafrones fuera de la estación de llenado hacia un sensor que alerta a la próxima estación que está listo.

- **Diagrama de Estados de funcionamiento de la estación SLGA.**

Sn, S0 = Sensor ultrasónico

S1, S2 S3, S4 = Sensor fotoeléctrico

A + B + C+ = Accionamiento de válvulas (salen)

A – B – C– = Accionamiento de válvulas (entran)

V1V2V3 = Accionamiento de válvulas (abren)

BANDA = Accionamiento del motor de la banda transportadora (Izquierda)

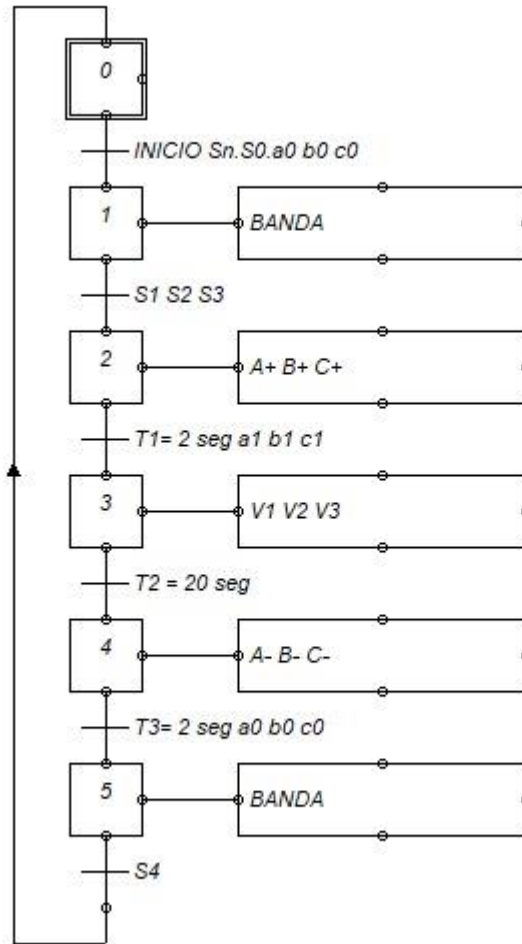


Figura 34-3: Diagrama de estado funcionamiento de SLGA.

Realizado por: V. Abarca, 2020

En la Figura 34-3, se observa el Grafcet del funcionamiento de la estación de llenado de garrafones de agua SLGA, se procede a realizar las ecuaciones de funcionamiento de cada estado del proceso de llenado tomando como referencia la programación del funcionamiento de un PLC realizado en Fluidsim se observa en el Anexo A.

$$M1 = INICIO * S_n S_0 a_0 b_0 c_0 + M_5 S_4 + M_1 \overline{M_2}$$

$$M2 = M_1 S_1 S_2 S_3 + M_2 \overline{M_3}$$

$$M3 = M_2 T_1 a_1 b_1 c_1 + M_3 \overline{M_4}$$

$$M4 = M_2 T_2 + M_4 \overline{M_5}$$

$$M5 = M_4 T_3 a_0 b_0 c_0 + M_5 \overline{M_1}$$

- **Funcionamiento de la estación SLGA**

Para el funcionamiento de la estación SLGA se realizó un diseño de tableros de control, los cuales permitirán al usuario seleccionar el método de funcionamiento de la estación según el tablero de control, se observa en la Figura 35-3, la interfaz de la aplicación donde se visualiza un tablero de control manual y un tablero de control automático, teniendo en cuenta que al momento de seleccionar el tipo de tablero de control automáticamente se bloquea el otro tablero impidiendo el uso e impidiendo que no exista fallas en el sistema, también se observa la estación de llenado en realidad aumentada en 3D en tiempo real.

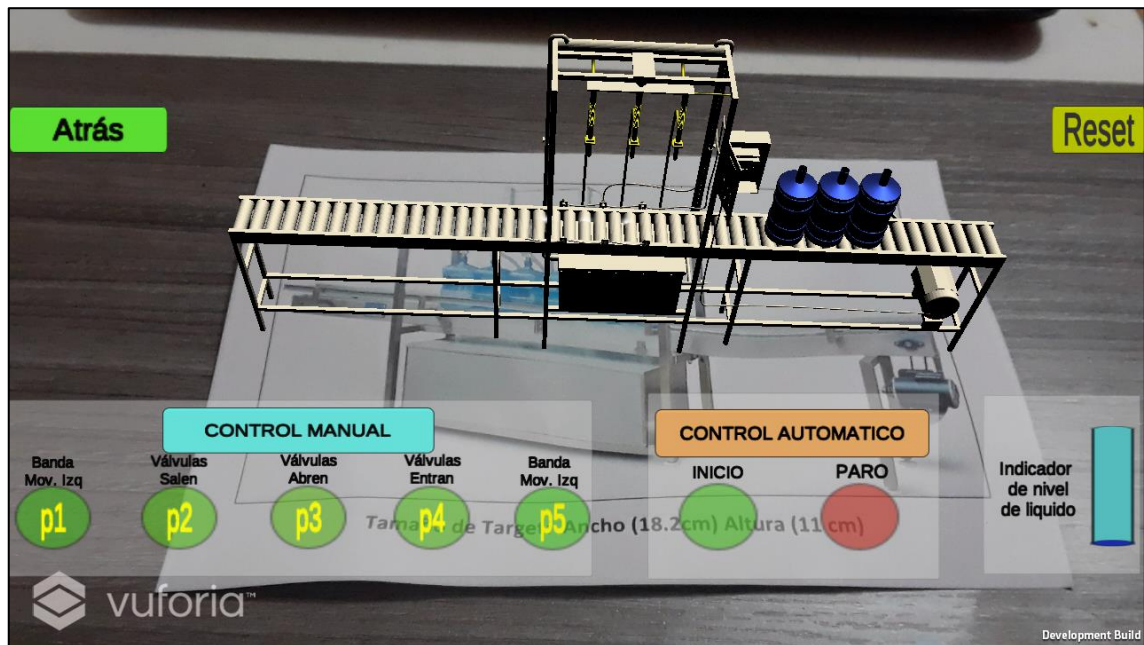


Figura 35-3: Visualización de realidad aumentada e Interfaz de tableros de control.

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **TABLERO DE CONTROL MANUAL (Activación de estados mediante pulsadores)**

En la Figura 36-3, se visualiza el tablero de control manual empleado en la virtualización de realidad aumentada de la estación de llenado de garrafones de agua, con sus respectivos pulsadores de activación de cada estado P1, P2, P3, P4, P5 y un indicador de nivel de líquido, teniendo en cuenta que una vez activado el tablero de control manual se bloquea el tablero de control automático impidiendo que ocurran fallas en el sistema de llenado.

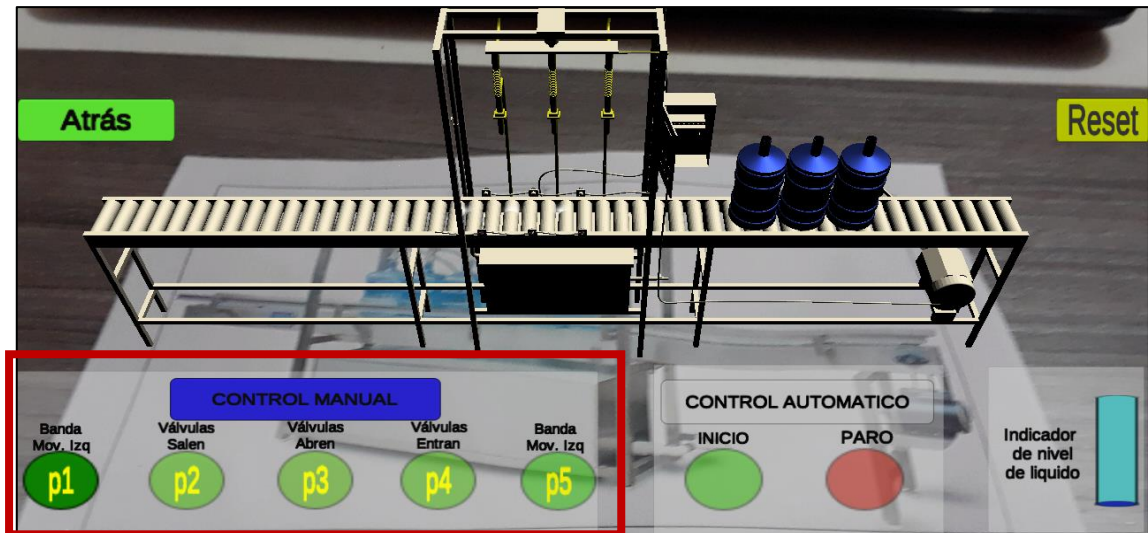


Figura 36-3: Tablero de Control Manual.

Realizado por: V. Abarca, 2020

En la Figura 37-3, se visualiza el estado inicial de la posición de los garrafones de agua en la banda transportadora antes de ingresar en la estación de llenado, para posteriormente presionar cada uno de los pulsadores correspondientes a sus estados.

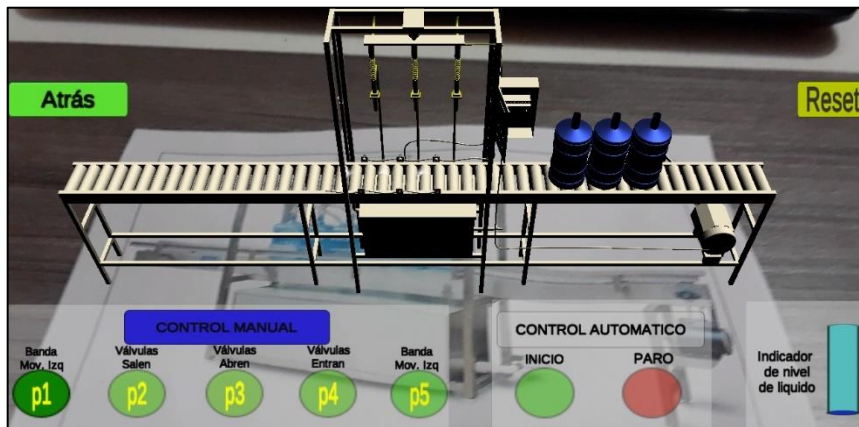


Figura 37-3: Estado Inicial de SLGA.

Realizado por: V. Abarca, 2020

A continuación, se detalla el proceso que cumple cada uno de los pulsadores tanto para P1, P2, P3, P4 y P5, donde se realizó un sistema secuencial el cual permite que se habilite cada pulsador al finalizar el proceso anterior permitiendo una activación de forma secuencial impidiendo fallas en el sistema. Se puede observar el color del PULSADOR INACTIVO es de color verde casi transparente el cual impide que el usuario presione y que realice alguna acción que cause falla en el sistema, mientras que el PULSADOR HABILITADO es de color verde oscuro donde posteriormente permite al usuario activar el pulsador permitiendo que el usuario realice el proceso

de cada estado y finalmente el PULSADOR ACTIVO es de color a verde claro el cual se observa una vez que el usuario presione el pulsador para activar el estado.

- **PULSADOR 1 (P1)**

Se observa en la Figura 38-3, al momento de presionar el pulsador 1 (P1) permite activar el Estado 1, donde el garrafón se moviliza mediante la banda transportadora y mediante la detección de los sensores permite que se ubique el garrafón debajo de cada válvula respectivamente, una vez ubicado el garrafón se habilita el pulsador 2 (P2) permitiendo al usuario activar el siguiente estado.

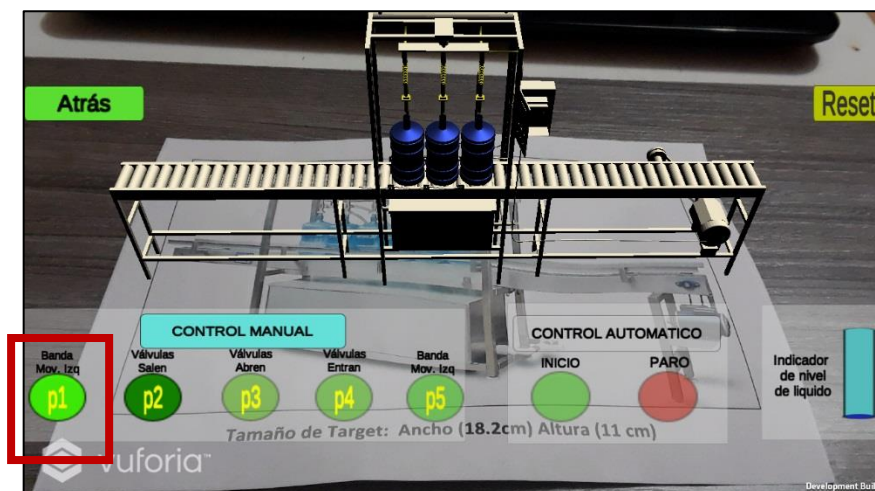


Figura 38-3: Accionamiento de Pulsador P1.

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **PULSADOR 2 (P2)**

Se puede observar en la Figura 39-3, al momento de presionar el Pulsador 2 (P2) permite activar el Estado 2, donde una vez detectado el garrafón se procede al accionamiento de la válvula la cual sale e ingresa en la boca de los garrafones para posteriormente activarse y abrir la válvula de llenado.

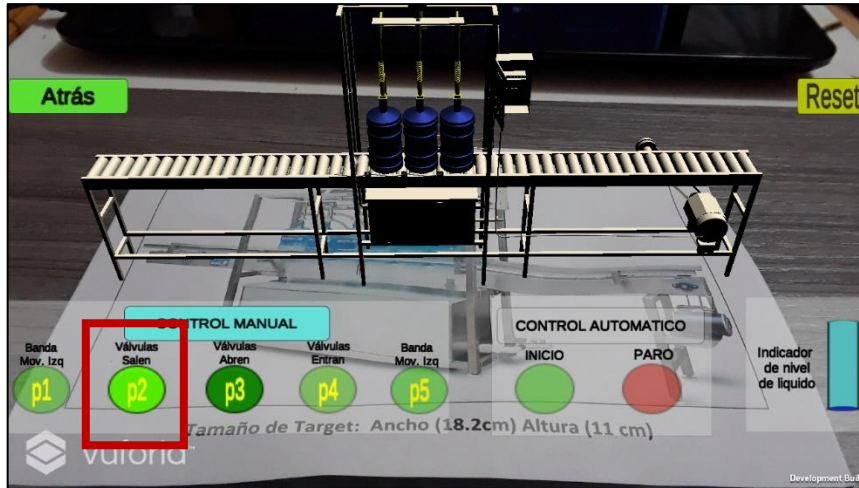


Figura 39-3: Accionamiento de pulsador P2.

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **PULSADOR 3 (P3)**

Se puede observar en la Figura 40-3, al momento de presionar el Pulsador 3 (P3) permite activar el Estado 3, donde la válvula se activa y se abre permitiendo el llenado de agua en el garrafón; su tiempo de llenado es de 26 segundos este proceso de llenado se visualiza mediante un indicador de nivel de líquido que permite ver el proceso de llenado de agua, una vez lleno el garrafón automáticamente la válvula se cierra como se puede observar en la Figura 41-3 habilitando el siguiente pulsador que activa el estado correspondiente.

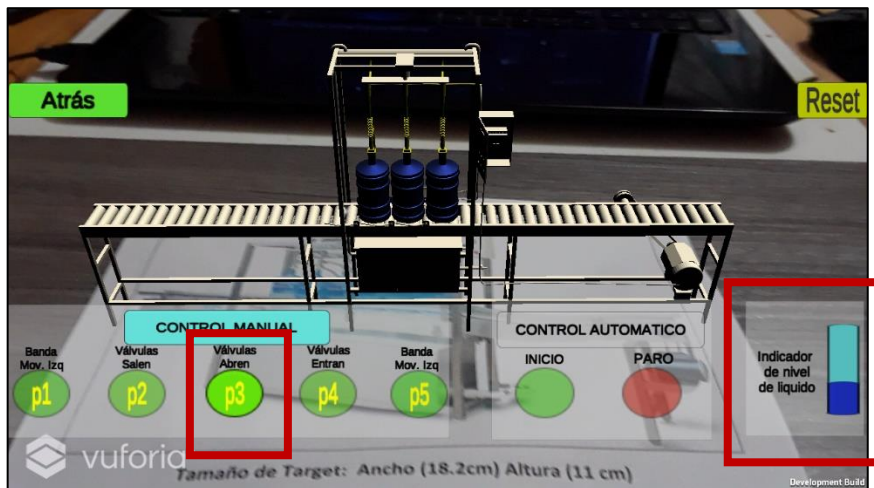


Figura 40-3: Accionamiento de pulsador P3.

Realizado por: V. Abarca, 2020

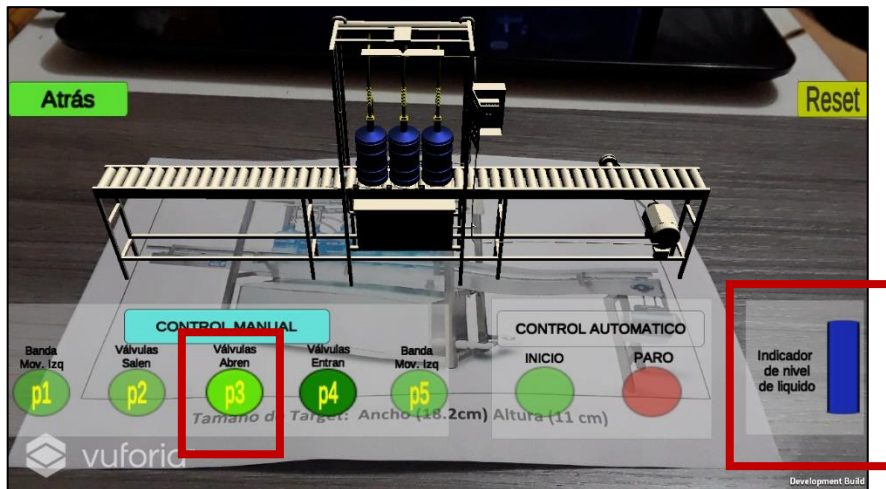


Figura 41-3: Indicador de nivel de líquido completado proceso de estado 3.

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **PULSADOR 4 (P4)**

Se observa en la Figura 42-3, que el pulsador se habilita una vez terminado el proceso de llenado de agua del garrafón, al momento de presionar el Pulsador 4 (P4) permite activar el Estado 4 donde se acciona la válvula la cual entra y regresa a su estado inicial.

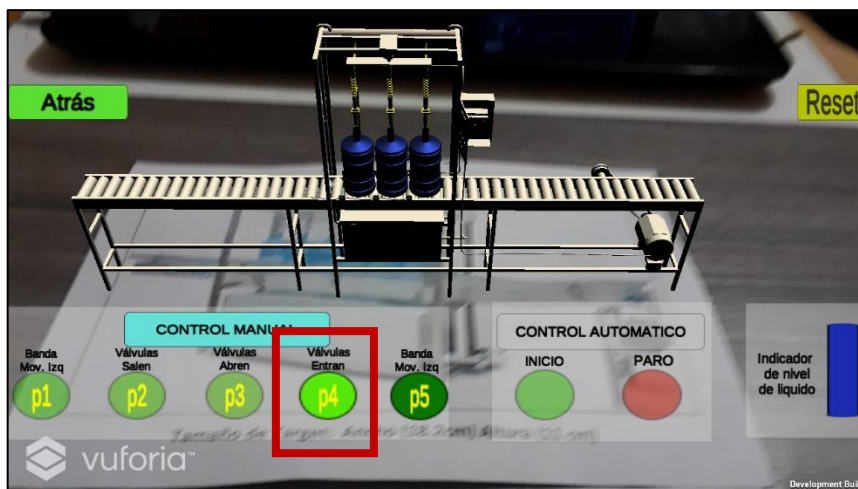


Figura 42-3: Accionamiento de pulsador P4.

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **PULSADOR 5 (P5)**

Se observa en la Figura 43-3, al momento de presionar el Pulsador 5 (P5) permite activar el Estado 5, donde una vez llenos los garrafones de agua se activa la banda transportadora permitiendo la movilización de los garrafones fuera de la estación accediendo a nuevos ingresos de garrafones de agua a la estación de llenado.

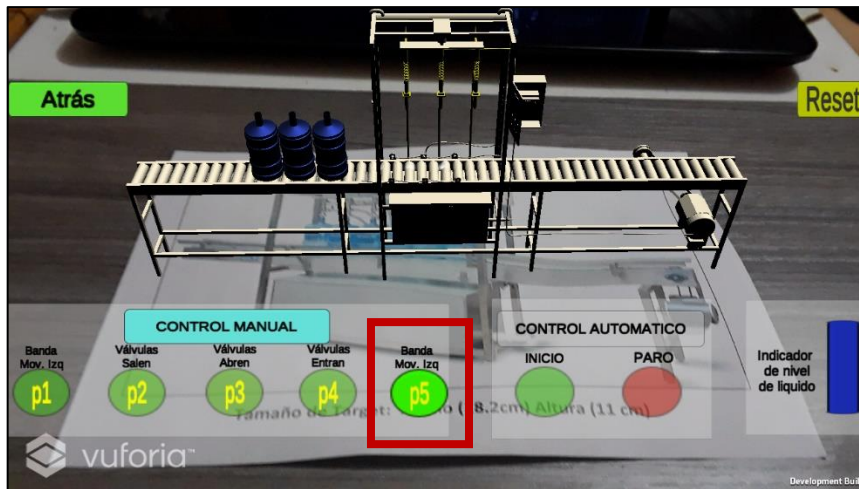


Figura 43-3: Accionamiento de pulsador P5.

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **TABLERO DE CONTROL AUTOMÁTICO**

En la Figura 44-3, se visualiza el tablero de control automático empleado en la virtualización de realidad aumentada de una estación de llenado de garrafones de agua con sus respectivos pulsadores de inicio y paro de emergencia, a diferencia del tablero de control manual este tablero de control automático realiza de forma automática todo el proceso de los 5 estados y adicional posee un indicador de nivel de líquido, teniendo en cuenta que una vez activado el tablero de control automático se bloquea el tablero de control manual impidiendo que ocurran fallas en el sistema de llenado

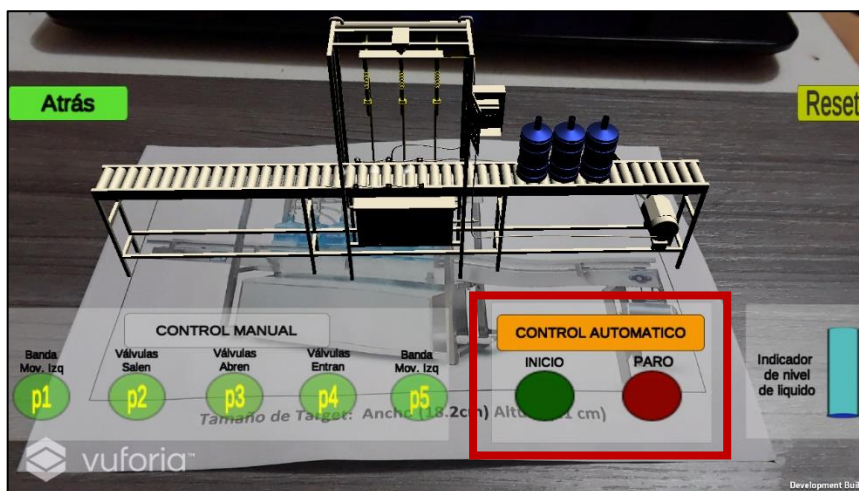


Figura 44-3: Tablero de control automático.

Realizado por: V. Abarca, 2020

A continuación, se detalla el proceso que cumple cada uno de los pulsadores tanto para INICIO y PARO.

- **PULSADOR INICIO**

Se observa en la Figura 45-3, al momento de presionar el Pulsador INICIO el proceso de llenado es automático permitiendo al sistema de llenado de garrafones de agua cumpla con los 5 estados respectivamente ya sea de movilización de banda transportadora, accionamiento de válvulas y llenado de agua.

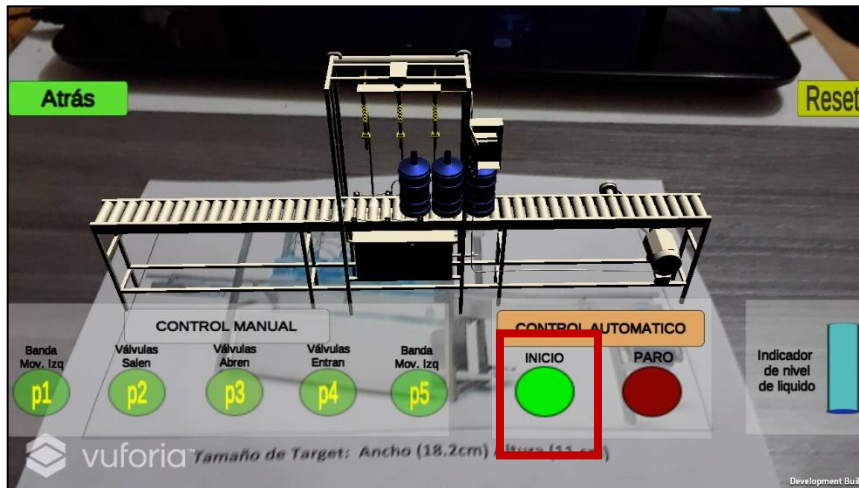


Figura 45-3: Accionamiento de pulsador INICIO.

Realizado por: V. Abarca, 2020

En la Figura 46-3, se observa el llenado automático de agua visualizado en el indicador de nivel de líquido.

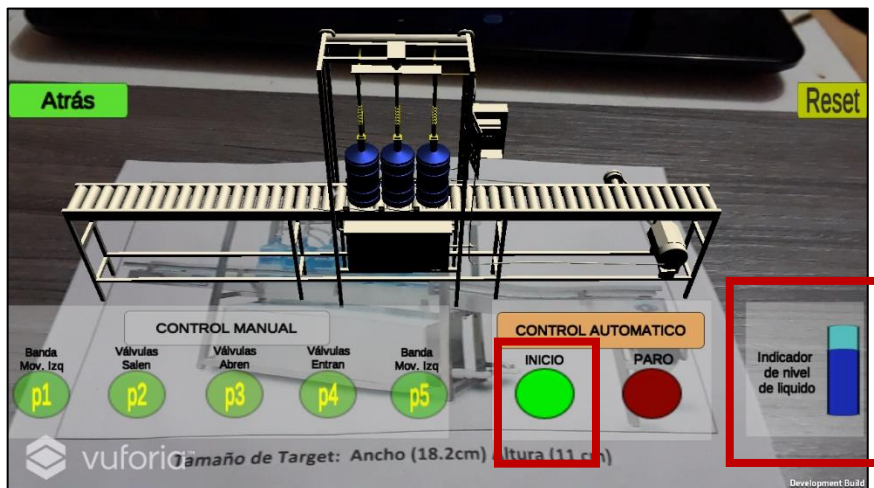


Figura 46-3: Indicador de llenado automático.

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **PULSADOR PARO**

Se observa en la Figura 47-3, al momento de presionar el Pulsador PARO el proceso de llenado se detiene ya que es un pulsador de paro de emergencia y frena el proceso en caso de presentar fallas en el sistema.

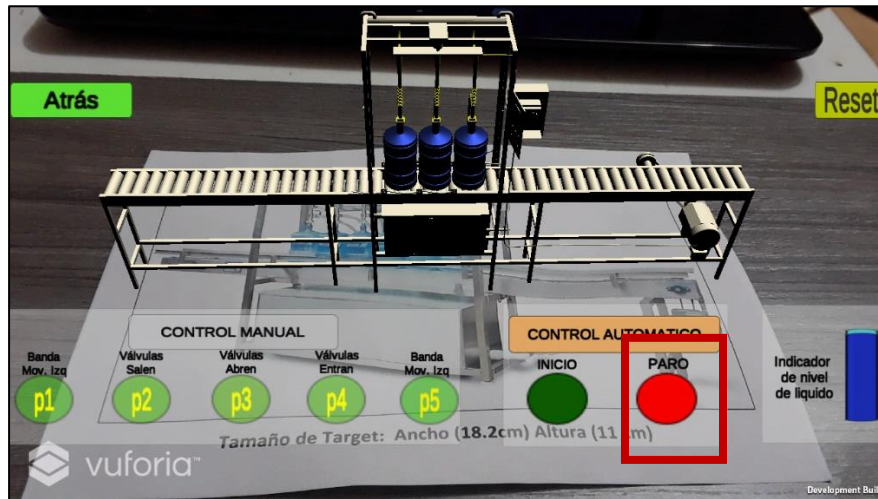


Figura 47-3: Accionamiento del pulsador PARO.

Realizado por: V. Abarca, 2020

3.7.4.6 Interfaz de Aplicación.

En la figura 48-3, se observa la interfaz principal de la aplicación donde se visualiza el botón de la Estación de llenado de garrafones de agua que nos lleva a toda la información de la estación y su visualización en Realidad Aumentada y adicional se presenta un botón de un Robot Kuka en Realidad Aumentada, dejando en claro que a la aplicación Android se puede añadir otras estaciones que se desee estudiar y por último un botón de EXIT que sirve para salir de toda la aplicación.



Figura 48-3: Interfaz principal de la aplicación.

Realizado por: V. Abarca, 2020

En la Figura 49-3, se observa la interfaz que contiene el botón de ESTACION DE LLENADO donde se presenta los botones de FUNCIONAMIENTO SLGA, ELEMENTOS DE SLGA Y VISUALIZACION 3D, adicional se puede ver un botón de incógnita (?) donde se presenta ayuda al usuario para el modo de emplear la visualización y un botón de ATRÁS que nos permite regresar a la interfaz principal de toda la aplicación.



Figura 49-3: Interfaz de Estación de llenado de garrafones de agua.

Realizado por: V. Abarca, 2020

En la Figura 50-3, se observa el contenido del botón de FUNCIONAMIENTO SLGA donde nos brinda información acerca del funcionamiento de la estación y sus modos de manejo, también posee un botón de ATRÁS que nos permite regresar a la interfaz de la Figura 46-3.



Figura 50-3: Accionamiento de botón FUNCIONAMIENTO SLGA.

Realizado por: V. Abarca, 2020

En la Figura 51-3, se observa el Accionamiento del botón de ELEMENTOS DE SLGA que se ubica en la interfaz de la Figura 49-3, en esta interfaz nos presenta las dos vistas de la estación SLGA tanto los elementos de la vista frontal como de los elementos de la vista posterior depende del usuario de que elementos desee visualizar, también posee un botón de ATRÁS que nos permite regresar a la interfaz de la Figura 49-3.



Figura 51-3: Accionamiento de botón ELEMENTOS SLGA.

Realizado por: V. Abarca, 2020

En la figura 52-3, se observa el accionamiento del botón de ELEMENTOS DE VISTA FRONTAL el cual presenta todos los elementos de la estación visibles desde esa perspectiva cada uno de esos botones dependiendo del elemento que desee información puede presionar el botón con su respectivo nombre el cual le permitirá generar una interfaz de información de cada elemento, también posee un botón de ATRÁS que permite regresar a la interfaz de la Figura 51-3.

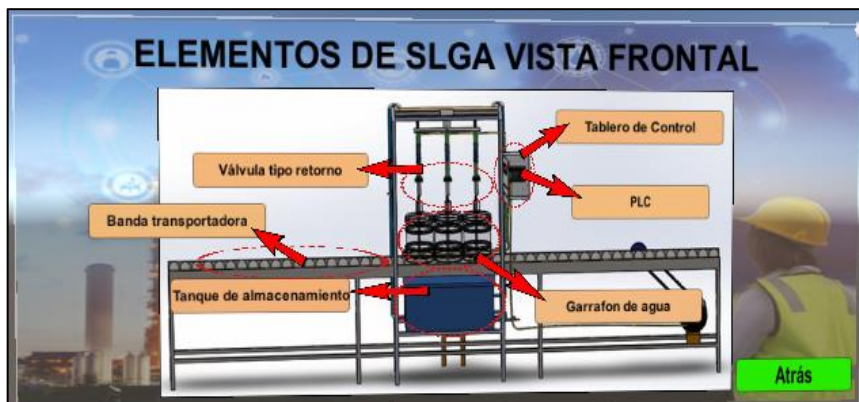


Figura 52-3: Accionamiento del botón ELEMENTOS DE VISTA FRONTAL.

Realizado por: V. Abarca, 2020

En la figura 53-3, se observa el accionamiento del botón de ELEMENTOS DE VISTA POSTERIOR el cual presenta todos los elementos de la estación visibles desde esa perspectiva cada uno de esos botones dependiendo del elemento que desee información puede presionar el botón con su respectivo nombre el cual le permitirá generar una interfaz de información de cada elemento, también posee un botón de ATRÁS que permite regresar a la interfaz de la Figura 51-3.

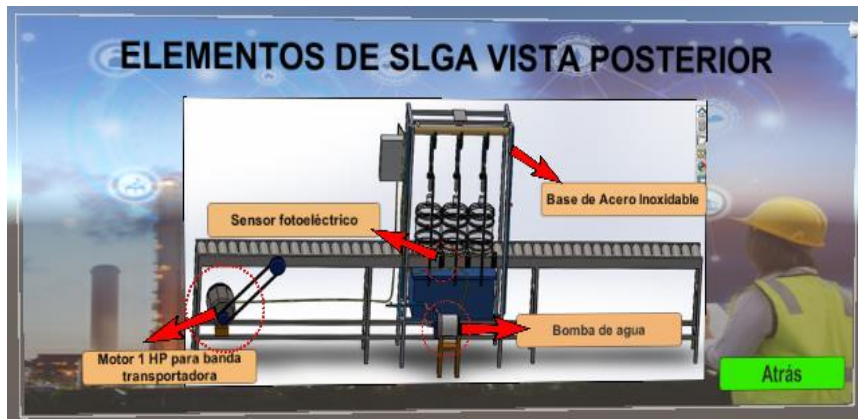


Figura 53-3: Accionamiento del botón ELEMENTOS DE VISTA POSTERIOR.

Realizado por: V. Abarca, 2020

En la Figura 54-3, se observa el accionamiento del botón de incógnita (?) que posee la interfaz de la Figura 46-3, donde nos presenta información y los pasos que debe seguir el usuario para una correcta visualización en realidad aumentada de la estación SLGA, también posee un botón de ATRÁS que nos permite regresar a la interfaz de la Figura 49-3.



Figura 54-3: Accionamiento de botón (?)

Realizado por: V. Abarca, 2020

En la Figura 55-3, se observa el despliegue de información al presionar cada elemento de la Figura 52-3 y Figura 53-3 de la estación brindando apoyo e información de cada elemento que conforma la estación física real manifestando medidas, material, tipo, etc. Adicional a cada interfaz de cada elemento posee un botón de Atrás que permite regresar a las vistas frontal y posterior de la estación SLGA. En el Anexo B se muestra las interfaces de todos los elementos que conforman la estación en realidad aumentada.



Figura 55-3: Accionamiento de elementos de SLGA.

Realizado por: V. Abarca, 2020

3.8 Pruebas y Resultados

En este capítulo se realizan pruebas y resultados para poder validar el sistema con respecto a los requerimientos del sistema propuesto por el trabajo de titulación, se comprueba los parámetros de imagen del target, se compara dimensiones de la estación de referencia SLGA proporcionados por la página de la empresa Puritronic con las dimensiones de la estación SLGA generada en realidad aumentada, comprobación de tiempos de proceso de la estación de referencia con los tiempos de proceso de la simulación en realidad aumentada y compatibilidad de las versiones Android con la aplicación generada de realidad aumentada para procesos industriales.

3.8.1 Prueba de parámetros de imagen de referencia TARGET.

La imagen de referencia Target se utiliza para activar la Realidad Aumentada una vez concluida con la virtualización de la estación SLGA y extraída en formato .APK al dispositivo Android, se realizó una prueba de parámetros de Target como se puede observar en la Figura 56-3, se tomó como muestra 3 diferentes tamaños de target y en diferentes escalas de color como son: Escala full color, Escala de grises, Escala de blanco y negro, para verificar si se activa la realidad aumentada. La imagen original de referencia para el target subida a la base de datos de Vuforia tiene dimensiones de 3080 x 2000 pixeles y resolución de 72 x 72 pixeles.

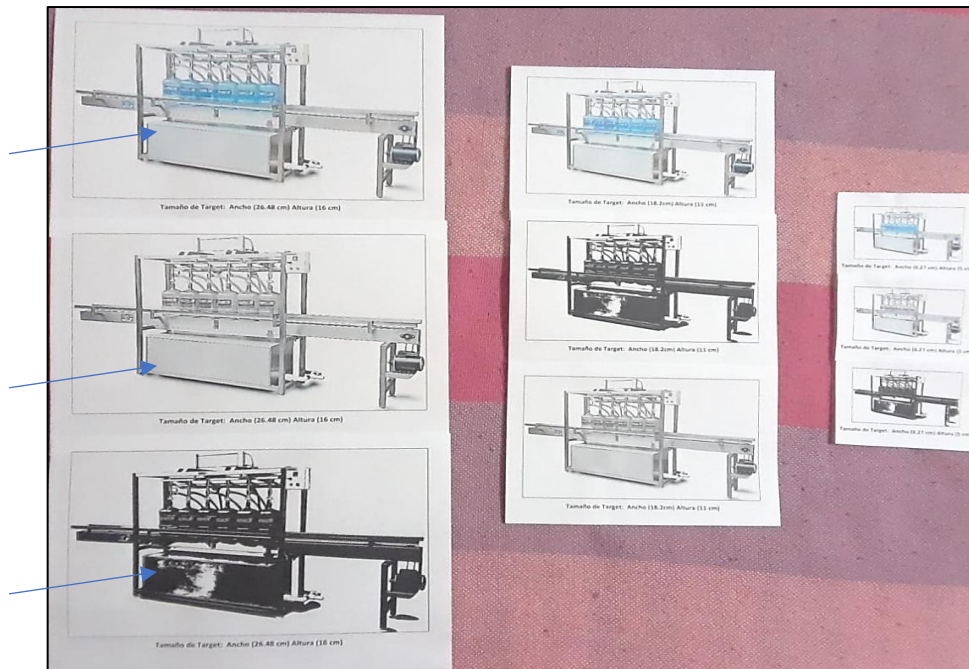
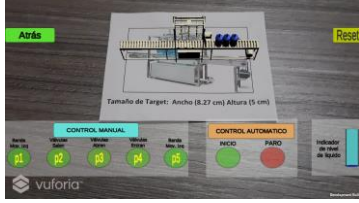
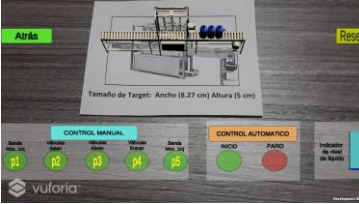
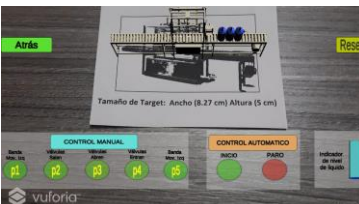
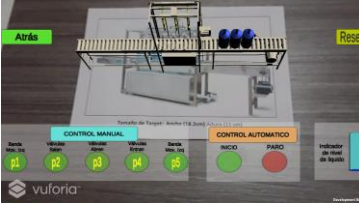
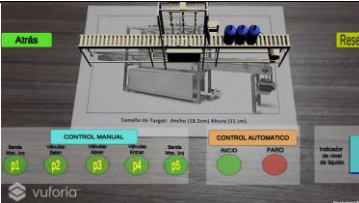
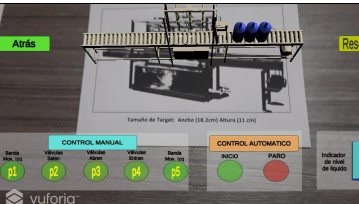


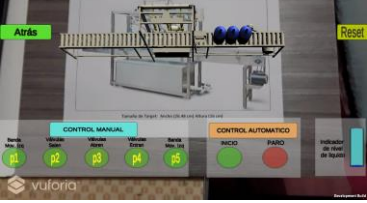
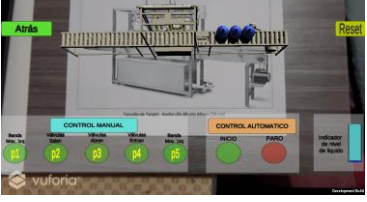
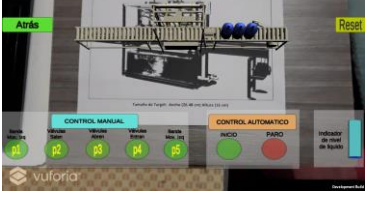
Figura 56-3: Muestras de Prueba de parámetros de imagen de referencia TARGET.

Realizado por: V. Abarca, 2020

En la Tabla 8-3, se observa la comparación de las muestras de la imagen target sometida a diferentes dimensiones y escalas de colores para comprobar la visualización de la estación en realidad aumentada.

Tabla 8-3: Comparación de muestras de parámetros de imagen target.

MUESTRAS	ESCALA DE COLOR	DIMENSIONES	VISUALIZACIÓN
	Full color	Ancho: 8.27 cm Altura: 5 cm	100 %
	Grises	Ancho: 8.27 cm Altura: 5 cm	100 %
	Blanco y negro	Ancho: 8.27 cm Altura: 5 cm	100 %
	Full color	Ancho: 18.2 cm Altura: 11 cm	100 %
	Grises	Ancho: 18.2 cm Altura: 11 cm	100 %
	Blanco y negro	Ancho: 18.2 cm Altura: 11 cm	100 %

	Full color	Ancho: 26.48 cm Altura: 16 cm	100 %
	Grises	Ancho: 26.48 cm Altura: 16 cm	100 %
	Blanco y negro	Ancho: 26.48 cm Altura: 16 cm	100 %

Realizado por: V. Abarca, 2020

En base a los resultados obtenidos de la tabla 8-3, con diferentes dimensiones y escalas de colores se concluye que las 9 muestras obtenidas generan un 100% de activación de realidad aumentada y visualización de la estación en 3D, concluyendo que no influye el tamaño o color del target para que se genere la visualización de la estación permitiendo que se adapte con facilidad al tamaño de impresión del target y muestre una resolución nítida de la estación SLGA.

3.8.2 Prueba de dimensiones de la estación SLGA.

Para esta prueba Unity recomienda que se trabaje con modelos de escalas reales las cuales fueron tomadas de la estación de referencia de la página de información de la empresa Puritronic. A continuación, en la Tabla 9-3, se observa la comparación de dimensiones de la estación real y la estación virtualizada, el área de trabajo que maneja Unity se llama Canvas el cual posee una propiedad Canvas Scaler que utiliza para controlar la escala general y densidad de píxeles de los elementos UI, sus dimensiones de referencia de resolución son de 800 x 700 píxeles para pantallas pequeñas en dispositivos Android, también se utiliza una escala del Transform propio de Unity el cual permite manejar la posición, rotación, escala y el estado de los GameObject, para la escala de la estación SLGA se tomó como referencia una escala de reducción de 1:10 reduciendo 10 veces el tamaño real de la estación dándonos valores de 500 x 225 píxeles, de la misma manera se realizó una escala de dimensiones del target tomando como referencia la escala de reducción 1:5 reduciendo 5 veces el tamaño del target a un valor de 616 píxeles, los valores propuestos se encuentran dentro del rango de trabajo de Canvas el cual nos permite generar la virtualización de la estación SLGA sin dificultades.

Tabla 9-3: Comparación de dimensiones reales vs dimensiones virtualizadas.

		Dimensiones Reales	Dimensiones escaladas Unity
Target		3080 pixeles (2D)	616 pixeles (2D)
Estación SLGA	Largo	5000 mm	500 mm
	Ancho	350 mm	35 mm
	Altura	2250 mm	225 mm

Realizado por: V. Abarca, 2020

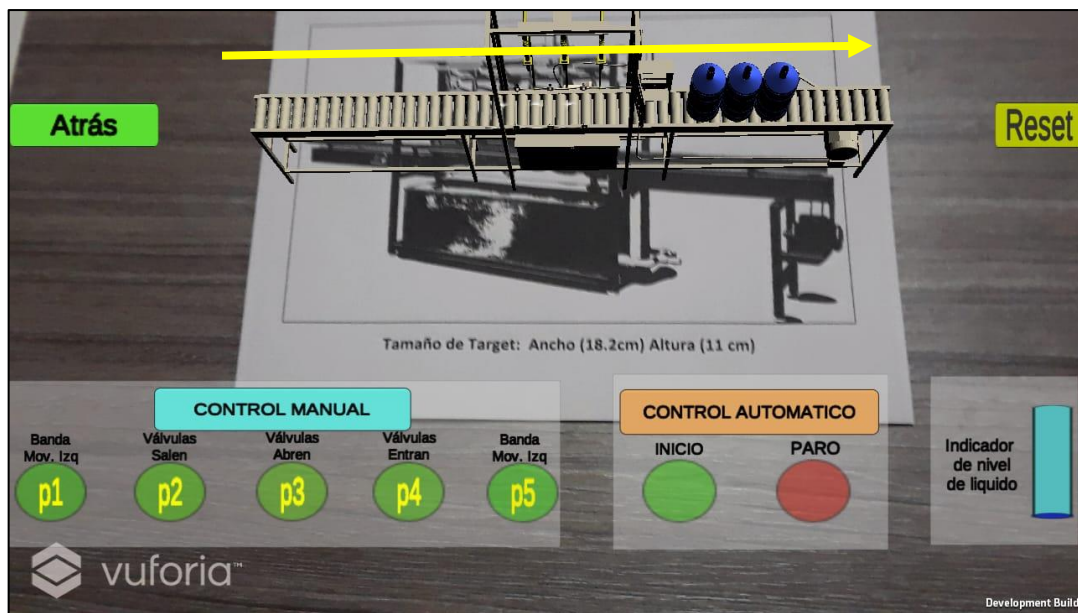


Figura 57-3: Prueba de dimensiones de la estación SLGA.

Realizado por: V. Abarca, 2020

Se concluye que la estación convertida en pixeles es de igual medida que la estación SLGA por lo que se puede adaptar a cualquier dispositivo Android.

3.8.3 Prueba de tiempos de proceso de la estación SLGA.

Para la realización de esta prueba se tomó en cuenta los tiempos de proceso de la página de información de la empresa Puritronic y se compararon con los tiempos de proceso de la estación en realidad aumentada, tomando en cuenta que las dimensiones recomendadas por Unity es trabajar con medidas reales se procedió a tomar los mismos tiempos reales de procesos de la estación de llenado de la estación de llenado de garrafones de agua. A continuación, en la tabla 10-3 se puede observar los tiempos de cada proceso.

Tabla 10-3: Comparación de tiempos de procesos estación SLGA.

		Tiempo de referencia del proceso de la estación SLGA	Tiempo de proceso de la estación SLGA en realidad aumentada
Proceso Manual	Pulsador 1 (Movimiento de la banda)	1 segundo + 5 segundos	1 segundo + 5 segundos
	Pulsador 2 (Activación de válvula sale)	1 segundo + 2 segundos	1 segundo + 2 segundos
	Pulsador 3 (Activación de válvula abre) llenado de garrafón	1 segundo + 26 segundos	1 segundo + 26 segundos
	Pulsador 4 (Activación de válvula entra)	1 segundo + 2 segundos	1 segundo + 2 segundos
	Pulsador 5 (Movimiento de la banda)	1 segundo + 5 segundos	1 segundo + 5 segundos
Proceso Automático	Pulsador Inicio	40 segundos	40 segundos

Realizado por: V. Abarca, 2020

- **Cálculo de tiempo de proceso manual (t.p.m)**

Para el cálculo del proceso manual de llenado de garrafones de agua se debe tomar en cuenta los tiempos de activación de los pulsadores para cada cambio de estado, donde se debe incrementar 1 segundo a cada estado.

$$t.p.m = t.movb. + t.v.(sale) + t.v.(llenado) + t.v.(sale) + t.movb.$$

$$t.p.m = 6seg + 3seg + 27seg + 3seg + 6seg$$

$$t.p.m = 45seg$$

- **Cálculo de tiempo de proceso automático (t.p.a)**

Para el cálculo del proceso automático de llenado de garrafones de agua se debe tomar en cuenta que es un sistema automático donde existe un pulsador de inicio y un pulsador de paro de emergencia, realizando el proceso automático de los cinco estados que contiene la estación SLGA sin intervención del usuario.

$$t.p.a = t.movb. + t.v.(sale) + t.v.(llenado) + t.v.(sale) + t.movb.$$

$$t.p.a = 5seg + 2seg + 26seg + 2seg + 5seg$$

$$t.p.a = 40seg$$

Se compararon los tiempos de proceso entre la estación de referencia y la estación simulada, donde el tiempo que tarda el usuario en activar ambas estaciones es de 1 segundo, por lo que se concluye que el sistema funciona en tiempo real sin presentar tiempo de retardo, tanto en la virtualización como en la estación SLGA física

3.8.4 Prueba de aplicación con diferentes dispositivos móviles

Esta prueba consistió en tomar 4 dispositivos móviles con sistema operativo Android como: Samsung Galaxy J3 Prime, Samsung Galaxy A21s, Huawei P30 Lite y Samsung Galaxy Tablet A, cada dispositivo con diferentes características de hardware y diferentes versiones de software para comprobar la funcionalidad y la compatibilidad de dispositivos.

Tabla 11-3: Comparación entre dispositivos móviles Android.

Dispositivo Móvil Android	Samsung Galaxy J3 Prime	Samsung Galaxy A21s	Huawei P30 Lite	Samsung Galaxy Tablet
Resolución	HD 1280 x 720 pixeles	HD 720 x 1600 pixeles	FHD 2312 x 1080 pixeles	FHD 1920 x 1200 pixeles
Tamaño de pantalla	5 pulgadas	6.5 pulgadas	6.15 pulgadas	10.1 pulgadas
Tipo de cámara	Cámara de un lente: 5MP	Cámara de cuatro lentes: 48MP, 8MP, 2MP y 2MP	Cámara de tres lentes: 24 MP, 8 MP y 2 MP.	Cámara de un lente: 8.0 MP
Procesador	Exynos 7570	Exynos 850	Kirin 710	Exynos 7870
Versión de Android	7.0	10.0	EMUI 9.0 (Basado en Android 9.0)	6.0
Enlaces	100%	100%	100%	100%
Despliegue	95%	95%	95%	95%
Funcionalidad	100%	100%	100%	100%
Facilidad de uso	100%	100%	100%	100%
Compatibilidad .APK	100%	100%	100%	100%

Realizado por: V. Abarca, 2020

Se puede concluir que, para realizar esta prueba de usuario, la aplicación diseñada en realidad aumentada para el proceso de llenado de garrafones de agua tuvo como muestra 4 dispositivos móviles Android de diferentes características las cuales fueron evaluadas con algunos parámetros de prueba, concluyendo que en la prueba de enlaces tuvo un 100% de efectividad en los 4 dispositivos de muestra donde cada botón establecido se dirige a la escena correspondiente, en la prueba de despliegue consiste en verificar si la aplicación usa una resolución máxima de la pantalla del dispositivo móvil obteniendo un 95% de efectividad ya que existe unos pequeños bordes de márgenes que no completa la resolución máxima del dispositivo, teniendo en cuenta

que esta aplicación fue programada en Unity para que automáticamente se adapte a cualquier resolución de dispositivo Android, en la prueba de funcionalidad se verifica si la aplicación de realidad aumentada no se traba o se cuelga obtenido un 100% de efectividad dependiendo del procesador del dispositivo móvil, para la prueba de usabilidad se verificó si la aplicación es muy sencilla e intuitiva y si ayuda al usuario a familiarizarse rápidamente ya que posee instrucciones de cómo usar para activar la realidad aumentada obteniendo un 100% de aporte para el usuario, para la prueba de compatibilidad se verifica si el archivo ejecutable de la aplicación con extensión .APK es compatible con el dispositivo móvil de prueba con sistema operativo Android obteniendo un 100% de compatibilidad en los 4 dispositivos ya que la aplicación esta realizada para versiones Android desde la versión 5.0 hasta la actual.

CAPITULO IV

4. GESTION DEL PROYECTO

Se ha contemplado un plan de trabajo, mismo que consta de las siguientes etapas:

I. Etapa de análisis y estudio

- Análisis, selección y organización del tema.
- Identificación de los requerimientos para la virtualización, realidad aumentada y aplicación.

II. Etapa de diseño, selección, programación y simulación.

- Selección de diseño de sistema de llenado de garrafrones de agua.
- Selección de herramientas de programación de modelación 3D.
- Selección de herramientas de programación de virtualización.
- Selección de herramientas programación de realidad aumentada.
- Selección de herramientas software de aplicación 3D para ANDROID
- Implementación de la aplicación.

III. Etapa de pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

- Pruebas de funcionamiento de la simulación y aplicación.
- Análisis de resultados
- Detección de errores
- Corrección de errores
- Documentación y actualización de información

IV. ETAPA DE DOCUMENTACIÓN

- Redacción final del documento
- Revisión con el tutor institucional
- Correcciones finales del documento
- Presentación del trabajo

4.1 Cronograma tentativo (GANTT)

Etapas	Meses																							
	MES1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6			
	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S
Análisis y estudio	■	■	■																					
Diseño, selección, programación y Simulación				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados																			■	■	■	■		
Documentación																							■	■

Realizado por: V. Abarca, 2020

4.2 Presupuesto

El financiamiento para todo el proceso de desarrollo de Diseño de entornos virtuales utilizando realidad aumentada para la simulación de un sistema de llenado de garrafones de agua, se realizó a través de recursos propios del proponente. A continuación, en la Tabla 1-5, se describe todos los dispositivos necesarios para la simulación de realidad aumentada.

Tabla 8-4: Presupuesto de financiamiento.

CANT.	ARTICULO	DETALLE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Laptop HP Intel core i3, 15.6"	Procesador: Intel® Core™ i3 Tamaño de Pantalla: 39.6 cm (15.6") Almacenamiento: 500 GB Memoria RAM: 4 GB Sistema Operativo: Win10 Pro	\$ 600	\$ 600
1	Android SAMSUNG Galaxy J3 Prime	Marca: Samsung Modelo: Galaxy J3 Prime Versión de Android: 7.0 Nougat Procesador: Cuádruple núcleos de 1.35 GHz Exynos 7570 Almacenamiento: 1.5 GB de RAM/16 GB de ROM Pantalla: HD de 5" Cámara trasera: 5 MP Cámara frontal: 2 MP	\$ 140	\$ 140
1	Mouse inalámbrico GENIUS	Modelo: NX-7000 Colores: Negro con rojo Tipo de Mouse: Óptico Inalámbrico Diseño del Mouse: Estándar Interfaz: Receptor USB Resolución (dpi): 1200 dpi Rango de Frecuencia: 2.4 GHz Compatibilidad: Windows 10 / 8.1 / 8 / RT / 7 Dimensiones: 100 x 58 x 39 mm Peso: 56 g	\$ 10	\$ 10
1	Suministros de oficina		\$ 20	\$ 20
1	Internet		\$50	\$ 50
1	Transporte		\$ 10	\$ 10
1	Varios		\$ 20	\$ 20
TOTAL				\$ 850

Realizado por: V. Abarca, 2020

CONCLUSIONES

- Se investigaron las diferentes herramientas hardware y software para realidad aumentada y las técnicas utilizadas en los sistemas de virtualización mediante el proceso de selección por puntos, la plataforma de activación de realidad aumentada apropiada para la simulación SLGA es Vuforia por la facilidad de acceso y manejo para el usuario, contiene paquetes compatibles con Unity y con las diferentes versiones de Android, además de tener licencia libre lo que lo hace apto para la virtualización.
- Se establecieron los requerimientos para el diseño de entornos virtuales aplicados a procesos industriales para brindarle al usuario la capacidad de activación de información y funcionamiento en tiempo real del entorno virtual 3D de la estación de llenado de garrafones de agua, a través del accionamiento de diferentes botones informativos mediante realidad aumentada y sin la necesidad de tener acceso a la estación en físico para el proceso de enseñanza/aprendizaje de su funcionamiento.
- Se seleccionó un diseño que permita cumplir con los requerimientos para un sistema de virtualización y realidad aumentada en aplicaciones en tiempo real, que su funcionamiento sea tanto manual como automático a través de un dispositivo móvil con sistema operativo Android, donde se visualiza el proceso del sistema SLGA por etapas. Por la situación actual que atravesamos por la pandemia aplicaciones como está son la mejor opción para continuar con el proceso de enseñanza y aprendizaje.
- Se escogió el *hardware* que permita elaborar y mostrar el diseño del modelo propuesto para el proceso industrial de llenado de garrafones de agua, por lo que se utilizó un ordenador portátil marca HP; con sistema operativo Windows 10, procesador Intel CORE i3, 4 GB de RAM, tarjeta gráfica Intel Graphics HD, este dispositivo cumple con los requerimientos mínimos que necesita el software para el diseño de la virtualización y la interfaz de AR en 3D. Para visualizar la estación de llenado de garrafones de agua a través de AR se utilizó un dispositivo móvil con sistema operativo Android marca Samsung, modelo Galaxy J3 Prime, versión Android 7.0, este dispositivo es compatible con el software de simulación Unity.
- Se escogió el *software* que permite implementar el diseño propuesto para el proceso industrial de llenado de garrafones de agua. Se concluye que a través de un proceso de selección por puntos se estableció que la herramienta para el modelamiento de piezas 3D es SolidWorks

debido a que cumple con los requerimientos de hardware necesarios para el modelamiento de piezas individuales y ensamblaje de toda estación SLGA, para la parte de realidad aumentada se utilizó la plataforma de Vuforia compatible con Unity y con Android donde la aplicación de AR funciona en versiones desde la 5.0 en adelante.

- Se validó que el entorno virtual diseñado cumpla con los requerimientos establecidos al inicio de la investigación. Se realizó la prueba de parámetros de imagen a 9 muestras de la Target con diferentes escalas de color y tamaños, con lo que se obtuvo un porcentaje del 100% de visualización de la estación en AR, además se demostró que el tamaño o color del target no influye para la generación de la visualización de la estación AR y permitiendo que se adapte con facilidad al tamaño de impresión del target sin disminuir la resolución a la que se muestra la estación en AR.
- Se comparó las dimensiones entre la estación de referencia y la estación simulada de dimensiones 5000×350×2250 mm correspondientes a largo, ancho y altura, teniendo en cuenta que el área de trabajo de Canvas de Unity es de 800×700 píxeles, para lo cual se aplicó la escala de reducción de 1:10 obteniendo 500×35×225 píxeles. Para la Target de 3080 píxeles se utilizó la escala de reducción de 1:5 dándonos el valor de 616 píxeles para la visualización de la estación SLGA. Se concluye que la estación convertida en píxeles es de igual medida que la estación SLGA por lo que se puede adaptar a cualquier dispositivo Android.
- Se compararon los tiempos de proceso entre la estación de referencia y la estación simulada, donde el tiempo que tarda el usuario en activar ambas estaciones es de 1 segundo, por lo que se concluye que el sistema funciona en tiempo real sin presentar tiempo de retardo, tanto en la virtualización como en la estación SLGA física.
- Se comparó el funcionamiento de la aplicación en 4 diferentes dispositivos Android, considerando parámetros como la verificación de los enlaces de cada escena dentro de la aplicación, obteniendo el 100% de efectividad, el ajuste de la resolución de la interfaz informativa donde se logró el despliegue en el 95% en la pantalla de los diferentes dispositivos. Se alcanzó el 100% de funcionalidad y usabilidad de la aplicación a través de la interacción con el usuario y el 100% en la compatibilidad de extensión .APK para todas las versiones de Android desde la versión 5.0 hasta la versión actual.

RECOMENDACIONES

- Para trabajar en la virtualización se recomienda utilizar un ordenador con mejores capacidades, debido a que se trabaja con realidad aumentada dentro de Unity, es importante optimizar recursos para que el ordenador trabaje de forma rápida, por lo que se recomienda desactivar ARcamara por comandos en cada escena diseñada que no tenga que ver con las escenas que se van a proyectar con realidad aumentada.
- Se recomienda que se suba a una plataforma de descarga como Google Play Store para que la aplicación de realidad aumentada sea de descarga libre.
- Cuando se trabaja en el modelamiento de las piezas de la estación se recomienda trabajar con medidas reales para evitar complicaciones con respecto a las escalas de la virtualización en el Software de programación Unity.
- Obtener las licencias de cada software que permiten habilitar funciones que las versiones gratuitas no contienen.

GLOSARIO

ARLAB: Laboratorio con Realidad Aumentada (Rodríguez, 2013).

Activador (Target): Son un tipo de activador de información de Realidad Aumentada, los cuales se basan en la utilización de símbolos impresos en papel, y se los sobrepone con otras imágenes objetos 3D o videos los cuales deben ser procesados y reconocidos por un software específico (Olivencia, 2016).

Código QR: Es una matriz de puntos o código de barras bidimensionales que almacena información, se puede visualizar de forma impresa o digital, puede ser leído por un dispositivo con una cámara que puede capturar el código, procesar y guardar la información (Huidobro 2009).

NFT: También conocidos como *Natural Feature Tracking Marker* son marcadores de características naturales no necesitan el borde negro debido a que el reconocimiento del marcador se realiza a partir de características naturales de la imagen, lo cual permite que el marcador pueda ser cualquier porción de la imagen (Larrarte; et al 2018).

Markerless: También conocida como sin marcadores y que también suele llamarse HoloLens, consiste en colocar manualmente un objeto virtual en una vista particular en la que este parece estar bloqueado en el lugar que ocupa en el espacio (Larrarte; et al 2018).

BIBLIOGRAFÍA

3ds Max | 3D Modeling, Animation & Rendering Software | Autodesk. [en línea], 2020. [Consulta: 16 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview?support=ADVANCED>.

ALFA. Top 5 Herramientas para Crear Apps de Realidad Aumentada. *Estudio Alfa* [en línea], 2017, [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: <https://estudioalfa.com/top-herramientas-crear-apps-realidad-aumentada>.

ÁLVAREZ, C. Teoría frente a práctica educativa: Algunos problemas y propuestas de solución. *Perfiles Educativos*, [en línea], 2015, vol. 37, pp. 172- 190. DOI 10.1016/j.pe.2015.11.014.

ANDALUZ, V.H.; et al. Multi-user Industrial Training and Education Environment. En: L.T. DE PAOLIS y P. BOURDOT (eds.), *Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics*. Cham: Springer International Publishing [en línea], 2018a, pp. 533-546. ISBN 978-3-319-95282-6. DOI 10.1007/978-3-319-95282-6_38.

ANDALUZ, V.H.; et al. Multi-user Industrial Training and Education Environment. En: L.T. DE PAOLIS y P. BOURDOT (eds.), *Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics*. Cham: Springer International Publishing, [en línea], 2018b, pp. 533-546. ISBN 978-3-319-95282-6. DOI 10.1007/978-3-319-95282-6_38.

APPGAMEKIT. AppGameKit - Home. [en línea], 2020, [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.appgamekit.com/>.

ARCE, L.J. *Desarrollo de videojuegos* [en línea]. S.l.: Facultad de Ciencias Sociales y Administrativas. [en línea], 2011, [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uda.edu.ar/256>.

BACA URBINA, G. (PDF) Evaluación de Proyectos 6ta ed Gabriel Baca Urbina | Luz Esther Peña Vásquez - Academia.edu. [en línea], 2010, [Consulta: 3 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.academia.edu/13450952/Evaluacion_de_Proyectos_6ta_ed_Gabriel_Baca_Urbina.

BASCO, A.I.; et al. *Industria 4.0: Fabricando el Futuro* S.l.: Inter-American Development Bank, [en línea], 2018, [Consulta: 15 marzo 2021]. Disponible en: <https://publications.iadb.org/handle/11319/9015>.

BERG, L.P; & VANCE, J.M. Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey. *Virtual Reality*, [en línea], 2017a, vol. 21, no. 1, pp. 1-17. ISSN 1434-9957. DOI 10.1007/s10055-016-0293-9.

BERG, L.P; & VANCE, J.M. Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey. *Virtual Reality*, [en línea], 2017b, vol. 21, no. 1, pp. 1-17. ISSN 1434-9957. DOI 10.1007/s10055-016-0293-9.

BLAZQUEZ SEVILLA, A. Realidad Aumentada en Educación, [en línea], 2017, pp. 39.

GRUPO NOVATECH. Conceptos básicos de la Industria 4.0. [en línea], 2019, [Consulta: 19 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.grupo-novatech.com/conceptos-basicos-de-la-industria-4-0/>.

CRUZ. Los 3 tipos de aplicaciones móviles: ventajas e inconvenientes. *LanceTalent* [en línea], 2014, [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.lancetalent.com/blog/tipos-de-aplicaciones-moviles-ventajas-inconvenientes/>.

CRUZ NAVARRETE, H; & CAMPOVERDE WILLIAMS, E. Diseño e implementación de una máquina flexible para envase de líquidos. En: Accepted: 2012-07-26T17:34:57Z [en línea], 2010, [Consulta: 7 enero 2021]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2407>.

CUÉLLAR, M; & IGNACIO, P. Oportunidades de la Realidad Aumentada en el Mantenimiento Industrial. En: Accepted: 2018-03-08T13:54:24Z [en línea], 2018, [Consulta: 20 octubre 2020]. Disponible en: <https://repositorio.upct.es/handle/10317/6729>.

ENGINE, G. Godot Engine: motor de juego 2D y 3D gratuito y de código abierto. *Godot Engine* [en línea], 2020, [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: <https://godotengine.org/>.

ESCARTÍN, E.R., La realidad virtual, una tecnología educativa a nuestro alcance. En: Accepted: 2016-09-26T13:57:03Z [en línea], 2000, [Consulta: 26 noviembre 2020]. ISSN 1133-8482. Disponible en: <https://idus.us.es/handle/11441/45510>.

GARCÍA MORENO, E. *Automatización de procesos industriales: robótica y automática*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, [en línea], 1999, Servicio de Publicac. ISBN 978-84-7721-759-6.

GUALPA YUMI, D.A; & PROAÑO GAMBOA, O.D. Diseño e implementación de un sistema Ciber-Físico con realidad aumentada para facilitar el desarrollo de prácticas de la estación de trabajo compacta MPS mediante el monitoreo y despliegue virtual de información en el

Laboratorio de Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. En: Accepted: 2019-02-28T12:58:37Z [en línea], 2019, [Consulta: 25 noviembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/15632>.

HUIDOBRO, J.M. Código QR. Bit. [en línea], 2009, [Consulta: 4 diciembre 2020]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000244&pid=S0121-5051201400050000600011&lng=en.

JIMÉNEZ FERNÁNDEZ-PALACIOS, B; et al. Access to complex reality-based 3D models using virtual reality solutions. *Journal of Cultural Heritage*, [en línea], 2017, vol. 23, pp. 40-48. ISSN 1296-2074. DOI 10.1016/j.culher.2016.09.003.

JOO NAGATA, J.C. *Modelo de realidad aumentada y navegación peatonal del patrimonio territorial: diseño, implementación y evaluación educativa* [en línea], 2016, S.l.: Universidad de Salamanca. [Consulta: 17 octubre 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10366/132830>.

LARRARTE, E.M.A; et al. REALIDAD AUMENTADA CON MARCADORES CUADRADOS Y NATURALES PARA NAVEGACIÓN QUIRÚRGICA. *Pistas Educativas* [en línea], 2018, vol. 39, no. 128. [Consulta: 4 diciembre 2020]. ISSN 2448-847X. Disponible en: <http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1166>.

MODELS 3d. Unity 3D Models: Como Ganar Dinero Facil con Unity 3D. *Unity 3D Models* [en línea], 2016, [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: <http://unity-3d-models.blogspot.com/2016/04/como-ganar-dinero-facil-con-unity-3d.html>.

NAVARRETE, L.N; et al. Evaluación de la integración de realidad aumentada en un curso básico de laboratorio de mecánica. *Innovación docente y uso de las TIC en educación: CD-ROM, 2017, ISBN 9788497479707, pág. 127* [en línea], 2017, S.l.: Universidad de Málaga (UMA), pp. 127. [Consulta: 26 noviembre 2020]. ISBN 978-84-9747-970-7. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6253737>.

OLIVENCIA, J.L.L. Realidad Aumentada bajo Tecnología Móvil basada en el Contexto Aplicada a Destinos Turísticos. [en línea], 2016, pp. 555.

ORTEGA MOODY, J.A; et al. Virtual Laboratories for Training in Industrial Robotics. *IEEE Latin America Transactions*, [en línea], 2016, vol. 14, no. 2, pp. 665-672. ISSN 1548-0992. DOI 10.1109/TLA.2016.7437208.

ORTIZ, A. y HUGO, V. VIRTUAL ENVIRONMENTS FOR MOTOR FINE SKILLS REHABILITATION WITH FORCE FEEDBACK. En: Accepted: 2019-05-14T00:35:38Z [en

línea], 2017, [Consulta: 15 marzo 2021]. ISSN 0302-9743. DOI 10.1007/978-3-319-60922-5_7. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/19304>.

PAN, Z; et al. Virtual Reality and Mixed Reality for Virtual Learning Environments. *Computers & Graphics*, [en línea], 2006, vol. 30, pp. 20-28. DOI 10.1016/j.cag.2005.10.004.

PANCHI, S.F; & HERRERA, W.P. Diseño y construcción de un módulo didáctico de un sistema de automatización de llenado y envasado de sólidos, utilizando sensores fotoeléctricos, ultrasónicos, capacitivos, encoders, galgas extensiométricas y brazos robóticos, para el Laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. [en línea], 2015, pp. 14.

Product Design for Manufacturing | Autodesk. [en línea], 2020. [Consulta: 20 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.autodesk.com/solutions/product-design/overview>.

PURITRONIC. Llenadora de garrafrones | Puritronic. [en línea], 2020, [Consulta: 1 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.puritronic.com.mx/video-llenadora-garrafrones.php>.

QUINCHE, J.C; & GONZÁLEZ, F.L. Entornos Virtuales 3D, Alternativa Pedagógica para el Fomento del Aprendizaje Colaborativo y Gestión del Conocimiento en Uniminuto. *Formación universitaria*, [en línea], 2011, vol. 4, no. 2, pp. 45-54. ISSN 0718-5006. DOI 10.4067/S0718-50062011000200006.

RODRÍGUEZ CALDERÓN, R; et al. ARLAB: Laboratorio con Realidad Aumentada. En: Accepted: 2017-02-22T17:26:36Z [en línea], 2013, [Consulta: 15 marzo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/621353>.

SANDOVAL-POVEDA, A; & QUESADA, M. Taller: Realidad Aumentada. [en línea], 2017, S.l.: s.n., DOI 10.13140/RG.2.2.25440.58882.

SOLIDWORKS. SOLIDWORKS. [en línea], 2020, [Consulta: 27 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.solidworks.com/es>.

UNITY. Plataforma de desarrollo en tiempo real de Unity | Motor de VR y AR en 3D y 2D. [en línea], 2020, [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: <https://unity.com/es>.

UNITY TECHNOLOGIES. Unity - Manual: Transforms. [en línea], 2016, [Consulta: 2 marzo 2021]. Disponible en: <https://docs.unity3d.com/es/530/Manual/Transforms.html>.

VUFORIA. Vuforia Developer Portal |. [en línea], 2020, [Consulta: 19 noviembre 2020]. Disponible en: <https://developer.vuforia.com/>.

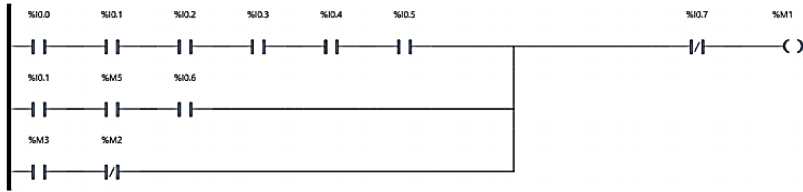
ZAPATERO GUILLÉN, D. *Aplicaciones didácticas de la realidad virtual al museo pedagógico de arte infantil.* Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones. [en línea], 2008,

ANEXOS

ANEXO A: PROGRAMACIÓN DE REFERENCIA EN PLC Y LISTA DE SÍMBOLOS.

Utilizado	Dirección	Símbolo
X	%I0.0	INICIO
X	%I0.1	SN
X	%I0.2	S0
X	%I0.3	A0
X	%I0.4	B0
X	%I0.5	C0
X	%I0.6	S1
X	%I0.7	PARO
X	%I0.8	S2
X	%M1	M1
X	%M2	M2
X	%M3	M3
X	%M4	M4
X	%M5	M5
X	%Q0.1	BANDA
X	%Q0.4	ABC
X	%Q0.5	V1V2V3
X	%Q0.6	ABC_M
X	%S2	S3
X	%TM1.Q	MT1
X	%TM2.Q	MT2
X	%TM3.Q	MT3

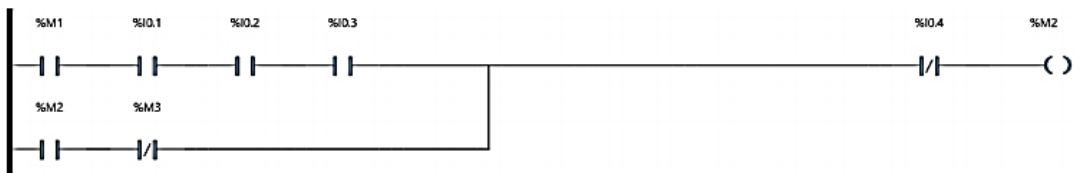
Rung0



Variables utilizadas:

%I0.0	INICIO
%I0.1	SN
%I0.2	S0
%I0.3	A0
%I0.4	B0
%I0.5	C0
%I0.6	S1
%I0.7	PARO
%M1	M1
%M2	M2
%M3	M3
%M5	M5

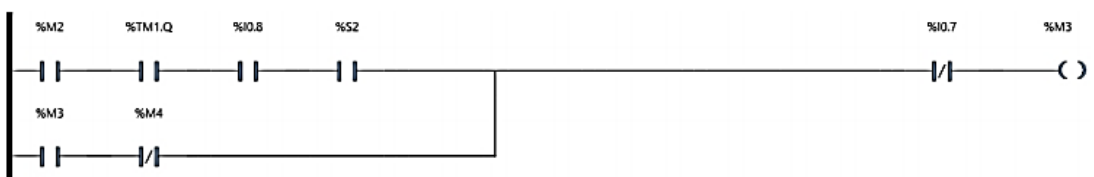
Rung1



Variables utilizadas:

%I0.1	SN
%I0.2	S0
%I0.3	A0
%I0.4	B0
%M1	M1
%M2	M2
%M3	M3

Rung2



Variables utilizadas:

%I0.7	PARO
%I0.8	S2
%M2	M2
%M3	M3
%M4	M4
%S2	S3
%TM1.Q	MT1

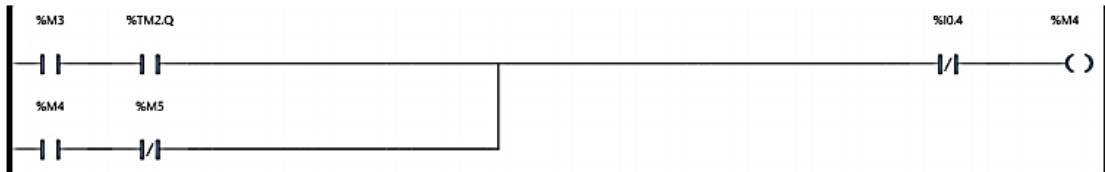
Rung3



Variables utilizadas:

%M3	M3
%TM1	
%TM1.Q	MT1

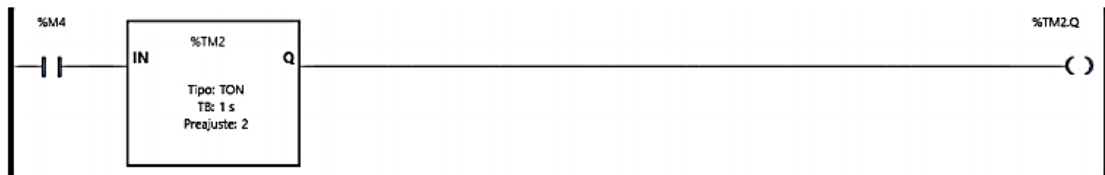
Rung4



Variables utilizadas:

%I0.4	B0
%M3	M3
%M4	M4
%M5	M5
%TM2.Q	MT2

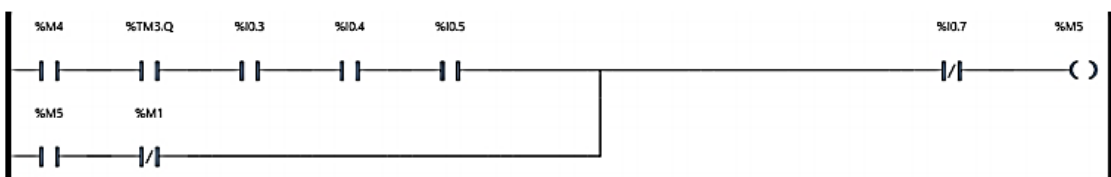
Rung5



Variables utilizadas:

%M4	M4
%TM2	
%TM2.Q	MT2

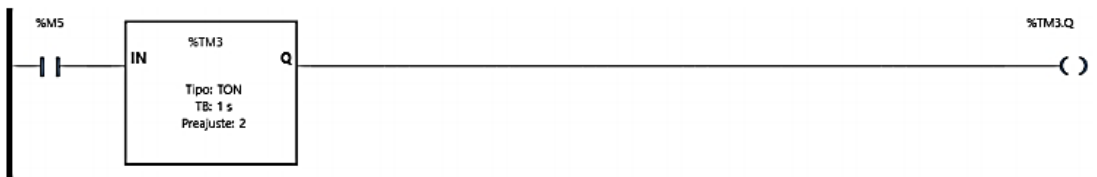
Rung6



Variables utilizadas:

%I0.3	A0
%I0.4	B0
%I0.5	C0
%I0.7	PARO
%M1	M1
%M4	M4
%M5	M5
%TM3.Q	MT3

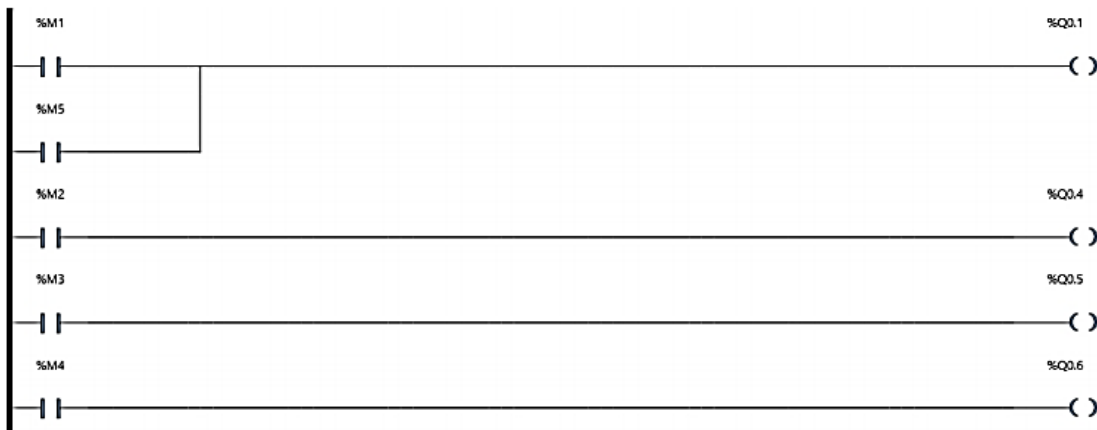
Rung7



Variables utilizadas:

%M5	M5
%TM3	
%TM3.Q	MT3

Rung8



Variables utilizadas:

%M1	M1
%M2	M2
%M3	M3
%M4	M4
%M5	M5
%Q0.1	BANDA
%Q0.4	ABC
%Q0.5	V1V2V3
%Q0.6	ABC_M

ANEXO B: INTERFACES DE APLICACIÓN DE CADA ELEMENTO DE LA ESTACIÓN SLGA.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO



Almacenamiento y recirculación independiente.

DIMENSIONES: Largo (80cm), Ancho (50cm).

MATERIAL: Acero Inoxidable.

TIPO: T304 de grado alimenticio.

CAPACIDAD: 120 litros de agua.

[Atrás](#)

GARRAFÓN



Capacidad	Material	Color	Peso
19 lit	Policloruro de Vinilo PVC	Azul	780 +/- 20

Altura	Tamaño de boca	Diámetro	Altura
485 +/- 2	49 mm	26 cm	48.5cm

[Atrás](#)

PLC




$M1 = INVICIO + S_{11}S_{12}S_{13} + M_{11}M_{12} + M_{13}M_{14}$
 $M2 = M_{21}S_{22}S_{23} + M_{24}M_{25}$
 $M3 = M_{31}S_{32}S_{33} + M_{34}M_{35}$
 $M4 = M_{41}S_{42} + M_{43}M_{44}$
 $M5 = M_{51}S_{52}S_{53} + M_{54}M_{55}$

[Atrás](#)

TABLERO DE CONTROL



Posee los controles de la estación donde el usuario controla el funcionamiento de la misma.

CONTIENE: PLC

- Pulsadores
- Switch
- Cableado

DIMENSIONES: Altura(38cm), Ancho(10cm), Largo(24cm)

[Atrás](#)

VÁLVULA TIPO RETORNO



Una válvula tipo retorno de llenado exacto y sin derrame de agua que posee una segura antiderrame.

MATERIAL: Acero inoxidable.

TIPO: T304 grado alimenticio.

USO: Utilizables en diferentes llenados de bebidas.

[Atrás](#)

SENSORES



Los sensores fotoeléctricos retroreflectivos con un diseño óptico coaxial emiten y reciben luz a lo largo de un solo eje estrecho.

DIMENSIONES DE BASE:
Largo (15cm), Ancho (5cm), Alto (0.2cm)

DIMENSIONES DEL SENSOR:
Sección espiral : 30 espirales de 1 mm

[Atrás](#)

BASE DE ESTACIÓN



Sirve de soporte para las válvulas de la estación.

MATERIAL: Acero Inoxidable

TIPO: T 304 grado alimenticio

DIMENSIONES:
Altura (225cm), Ancho (70cm), Largo (150cm).

[Atrás](#)

BOMBA DE AGUA



Permite el bombeo del agua desde el tanque de almacenamiento hacia las válvulas de llenado permitiendo un flujo constante de llenado.

POTENCIA: 1 Hp

VOLTAJE: 120 V

CONEXIÓN SUCCIÓN Y DESCARGA: 1 Pulgada

CORRIENTE ELECTRICA: 9.5 A

[Atrás](#)

MOTOR DE BANDATRANSPORTADORA



Permite realizar el movimiento de la banda transportadora dándole potencia a los cilindros de la banda permitiendo que el garrafón se movilizce y llegue a la estación de llenado.

POTENCIA: 1 Hp

DIAMETRO: 25 cm

MEDIDAS DE LA POLEA:
Altura (48.5 cm) Distancia (50cm) Diámetro (15cm)

[Atrás](#)

BANDA TRANSPORTADORA



Permite el desplazamiento del garrafón hacia la estación.

MATERIAL: Acero inoxidable.

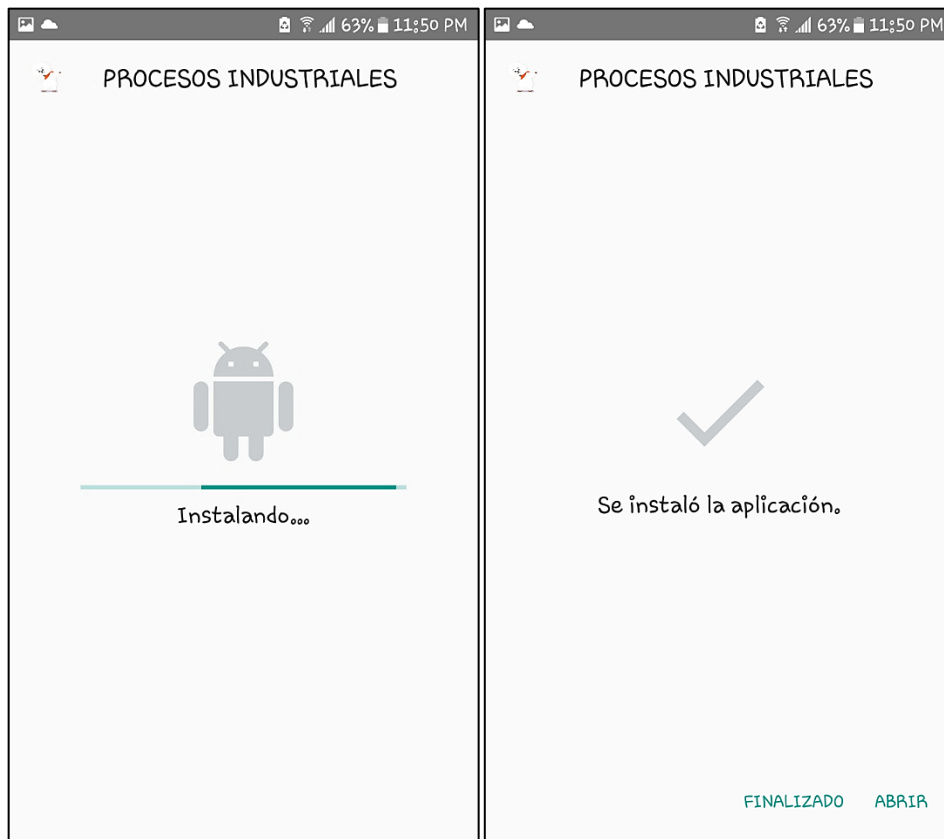
DIMENSIONES: Largo (550cm), Ancho (70cm)

Altura (100cm).

DE CILINDROS: 50

[Atrás](#)

ANEXO C: INSTALACIÓN DE APLICACIÓN EN DISPOSITIVO MÓVIL ANDROID.



ANEXO D: TARGET PARA ACTIVACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA DE SLGA.





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE**

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 10 / 12 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: VIVIANA ISABEL ABARCA YUPANGUI
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Título a optar: INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
f. Analista de Biblioteca responsable: Lcdo. Holger Ramos, MSc.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

2132-DBRA-UPT-2021