



Desarrollo de un ambiente de  
realidad virtual de la Unidad de  
Cuidados Intensivos e Intermedios  
del Hospital Susana López de  
Valencia E.S.E

Daniel Manzano Jara

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Popayán, Cauca  
2020



Desarrollo de un ambiente de  
realidad virtual de la Unidad de  
Cuidados Intensivos e Intermedios  
del Hospital Susana López de  
Valencia E.S.E

Daniel Manzano Jara

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de:  
Ingeniero biomédico

Director:  
PhD Julian Antonio Villamarin

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Popayán, Cauca  
2020



## Resumen

El desarrollo de un ambiente de realidad virtual en el campo de formación del ingeniero biomédico en momentos de contingencia, debido a la situación actual del Covid-19 y aun en condiciones normales, puede constituirse en un apoyo esencial en el aprendizaje y desarrollo de sus habilidades ingenieriles que contribuyan con su fortalecimiento académico en cuanto a infraestructura y dotación hospitalaria se refiere. El ambiente contaría con una serie de equipos médicos requeridos en las unidades de cuidados intensivos e intermedios, cumpliendo con los componentes mínimos de habilitación en salud en cuanto a infraestructura hospitalaria y dotación médica, acordes con las condiciones y requerimientos emitidos por el Ministerio de Salud y Protección Social. De esta manera, se espera con este trabajo que el estudiante, en relación a los equipos médicos, pueda conocer y acceder a ellos, aprender su funcionamiento e implementación en el área y reconocer la complejidad de los servicios de cuidado crítico. Entre las ventajas de un ambiente de realidad virtual se destacan: el (ahorro en costos, tiempo, seguridad al usuario, inducciones a personal asistencial o externo a una entidad), que permiten la formación complementaria del ingeniero biomédico y ayudaría a mejorar los niveles de experiencia en el campo de las resoluciones hospitalaria de un recién egresado.

**Palabras clave:** Realidad virtual, Realidad aumentada, Entorno virtual, Habilitación de servicios, Unity, Auditoría en Salud, Industria 4.0.

## Abstract

The development of a virtual reality environment in the field of biomedical engineer training in times of contingency, due to the current situation of Covid-19 and even under normal conditions, can become an essential support in the learning and development of their engineering skills that contribute with its academic strengthening in terms of infrastructure and hospital staffing. The environment would have a series of medical teams required in the intensive and intermediate care units, complying with the minimum components of health qualification in terms of hospital infrastructure and medical equipment, in accordance with the conditions and requirements issued by the Ministry of Health and Protection Social. In this way, it is expected with this work that the student, in relation to medical equipment, can know and access them, learn their operation and implementation in the area. Among the advantages of a virtual reality environment, the following stand out: (savings in costs, time, user safety, inductions to healthcare personnel or external to an entity), which allow the complementary training of the biomedical engineer and would help to improve the levels of recent graduate experience in the field of hospital auditing.

**Keywords:** Virtual reality, Augmented reality, Virtual environment, Enabling services, Unity, Healthcare audit, Industry 4.0

# Índice general

<b>Resumen</b>	<b>5</b>
<b>1 Estado del arte</b>	<b>20</b>
1.1 Realidad virtual . . . . .	20
1.2 La realidad virtual aplicada a la academia . . . . .	23
1.3 La realidad virtual aplicada a la medicina . . . . .	24
1.3.1 Tratamientos médicos con realidad virtual . . . . .	26
1.3.2 Simulación de auditorías hospitalarias . . . . .	27
1.4 Realidad virtual durante la pandemia COVID-19 . . . . .	28
<b>2 Marco Teórico</b>	<b>31</b>
2.1 Industria 4.0 en sector salud . . . . .	31
2.2 Realidad virtual (VR) . . . . .	32
2.3 Tipos de realidad virtual . . . . .	34
2.4 Realidad Aumentada (RA) . . . . .	36
2.5 Unity 3D . . . . .	36
2.6 Oculus Rift . . . . .	38
2.7 Leap motion . . . . .	39
2.8 Marco Jurídico . . . . .	40
2.8.1 Resolución 3100 de 2019: . . . . .	40
2.8.2 Condiciones de habilitación que deben cumplir los prestado- res del servicio de salud al habilitar un servicio hospitalario especializado: . . . . .	40
<b>3 Materiales y Métodos</b>	<b>42</b>
3.1 Materiales . . . . .	42
3.2 Método . . . . .	43
3.3 Método . . . . .	46
3.4 Diseño, construcción e implementación del ambiente VR . . . . .	47
3.4.1 Plano 2D de infraestructura del sevicio UCI del HSLV . . . . .	47
3.4.2 Sección 1: UCI . . . . .	48
3.4.3 Sección 2 - Unidad de cuidados intermedios . . . . .	49
3.5 Creación del plano espacial . . . . .	50
3.6 Creación del controlador en primera persona . . . . .	52
3.7 Creación de la infraestructura de UCI . . . . .	53

3.8	Diseño y dotación de los equipos médicos para el servicio de UCI . . .	55
3.8.1	Diseño de un equipo médico y elementos de UCI y la Unidad de cuidados intermedios . . . . .	56
3.9	Diseño de otros componentes para el servicio de UCI y la Unidad de cuidados intermedios . . . . .	58
3.9.1	Redes: . . . . .	59
3.10	Interactividad . . . . .	59
<b>4</b>	<b>Resultados</b>	<b>64</b>
4.0.1	Trabajos futuros: . . . . .	80
<b>5</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>82</b>
	Referencias . . . . .	84
	<b>Bibliografía</b>	<b>86</b>
<b>6</b>	<b>Anexos</b>	<b>87</b>
6.1	Conexión del Oculus Rift DK2 . . . . .	87
6.1.1	Componentes del Oculus Rift DK2 . . . . .	87
6.1.2	Instalación del Oculus Rift DK2 . . . . .	88
6.2	Conexión e instalación del Leap Motion . . . . .	94
6.3	Emparejamiento de los dispositivos con Unity3D . . . . .	94
6.3.1	Instalación de Unity 3D: . . . . .	94
6.3.2	Emparejamiento del hardware . . . . .	95
<b>7</b>	<b>Manual para uso de unity</b>	<b>97</b>
7.1	Descarga e instalación del software . . . . .	97
7.2	Crear un nuevo proyecto . . . . .	98
7.3	Interfaz de unity3D . . . . .	99
7.4	Rect tool . . . . .	99
7.5	Rect Transform . . . . .	100
7.6	Componentes visuales . . . . .	100
7.7	Componentes de Interacción . . . . .	101
<b>8</b>	<b>Manual para uso del ejecutable</b>	<b>103</b>



# Índice de figuras

1-1	Ivan Sutherland en la computadora TX-2, ejecutando el proyecto Sketchpad - Bolígrafo láser . . . . .	20
1-2	Sensorama . . . . .	21
1-3	Entrenamiento quirúrgico con realidad virtual . . . . .	24
1-4	Modo de operación con el robot Da Vinci . . . . .	25
1-5	Modo de operación con el LAP Mentor . . . . .	26
1-6	Paciente realizando terapias físicas . . . . .	27
1-7	Vista del laboratorio virtual de biología . . . . .	29
1-8	Vista del laboratorio virtual de biología . . . . .	29
1-9	Vista del laboratorio virtual de biología . . . . .	30
2-1	Evolución de la industria . . . . .	31
2-2	Triángulo de la realidad virtual . . . . .	33
2-3	Interacción humano-ordenador en un entorno virtual . . . . .	34
2-4	Usuario Virtuix Omni, plataforma la cual interactuaría con las gafas de realidad virtual Oculus . . . . .	35
2-5	Usuario de un entorno virtual no inmerso . . . . .	36
2-6	Casco de realidad virtual DK2 . . . . .	37
2-7	Interfaz de usuario para Unity3D . . . . .	38
2-8	Casco de realidad virtual DK2 . . . . .	38
2-9	Funcionamiento del leap motion . . . . .	39
3-1	Materiales para el desarrollo del proyecto . . . . .	43
3-2	Representación de las etapas CDIO, en el proyecto desarrollado . . . . .	44
3-3	Flujo de trabajo de acuerdo a la metodología CDIO utilizada . . . . .	46
3-4	Plano en 2D del servicio de UCI . . . . .	47
3-5	Plano en 2D del servicio de UCI . . . . .	48
3-6	Plano en 2D del servicio de Cuidados Intermedios . . . . .	49
3-7	Propiedades del inspector . . . . .	50
3-8	Opciones de creación del plano . . . . .	51
3-9	Opciones de creación del plano, desde Gameobject . . . . .	51
3-10	Diseño inicial del controlador . . . . .	52
3-11	Propiedades asignadas al controlador en el proyecto . . . . .	52
3-12	Controlador de primera persona . . . . .	53
3-13	Ruta para creación de los objetos 3D en la escena . . . . .	53
3-14	Creación de los objetos 3D en la escena . . . . .	54

<b>3-15</b> Diseño de puerta principal en vista prefab . . . . .	54
<b>3-16</b> Diseño de un monitor de signos vitales. A partir de un cubo . . . . .	56
<b>3-17</b> Inventario de materiales en la escena del proyecto . . . . .	57
<b>3-18</b> Textura del Logo del HSLV e inventario de texturas en el proyecto . . . . .	57
<b>3-19</b> Diseño de un monitor de signos vitales. A partir de un cubo . . . . .	58
<b>3-20</b> Diseño del botón de interactividad . . . . .	59
<b>3-21</b> Propiedades de la herramienta probuilder para el diseño del botón de interactividad . . . . .	60
<b>3-22</b> Interfaz del fotograma . . . . .	60
<b>3-23</b> Interfaz del Animator . . . . .	61
<b>3-24</b> Pasos para adicionar UI . . . . .	63
<b>3-25</b> Pasos para adicionar UI . . . . .	63
<b>4-1</b> Plano 2D de la distribución del servicio de UCI y la Unidad de cui- dados intermedios . . . . .	65
<b>4-2</b> Diseño 3D de la distribución del servicio de UCI y la Unidad de cui- dados intermedios . . . . .	65
<b>4-3</b> Ventilador mecánico Purittan Bennett 840 - Diseño en 3D (VR) . . . . .	66
<b>4-4</b> Estructura central de gases real - Diseño en 3D (VR) . . . . .	66
<b>4-5</b> Bombas de infusión Braun Space- Infusomat real - Diseño en 3D(VR) . . . . .	67
<b>4-6</b> Ventilador artificial Viasys HSLV - Diseño en 3D(VR) . . . . .	67
<b>4-7</b> Carro de paro con desfibrilador HSLV - Diseño en 3D(VR) . . . . .	68
<b>4-8</b> Ventilador de transporte Newport HT70 HSLV - Diseño en 3D(VR) . . . . .	68
<b>4-9</b> Paneles eléctricos del sistema vital y sistema crítico HSLV - Diseño en 3D(VR) . . . . .	69
<b>4-10</b> Cama hospitalaria Stryker de cubículo en HSLV - Diseño en 3D (VR) . . . . .	69
<b>4-11</b> Válvulas manuales de gases en área UCI - Diseño en 3D (VR) . . . . .	70
<b>4-12</b> Implementación de red de gases por cubículo en 3D . . . . .	70
<b>4-13</b> Plano 2D Autocad de la red contra incendios . . . . .	71
<b>4-14</b> Kit de emergencia en UCI - Diseño en 3D (VR) . . . . .	71
<b>4-15</b> Rociador real -Diseño en 3D . . . . .	71
<b>4-16</b> Implementación de la red de incendios en 3D (VR) sobre el cielo raso de las instalaciones UCI Y la Unidad de cuidados intermedios . . . . .	72
<b>4-17</b> Plano 2D Autocad sistema de potencia: iluminación del sistema vital y sistema crítico del HSLV . . . . .	72
<b>4-18</b> Diseño 3D Sistema de potencia: iluminación del sistema vital y siste- ma crítico de UCI y la Unidad de cuidados intermedios del HSLV . . . . .	73
<b>4-19</b> Plano 2D de tomacorrientes del sistema vital y crítico aislado . . . . .	73
<b>4-20</b> Diseño 3D de tomacorrientes del sistema vital y crítico aislados . . . . .	73
<b>4-21</b> Plano 2D sistema de potencia: Toma corrientes del sistema vital y crítico . . . . .	74

4-22	Diseño 3D de sistema de potencia: Toma corrientes del sistema vital y críticos (Se pueden ver resaltadas las líneas de conducción en color azul sobre las áreas UCI y la Unidad de cuidados intermedios) . . . .	74
4-23	Dotación de un cubículo en el HSLV . . . . .	75
4-24	Dotación de un cubículo en el ambiente virtual . . . . .	75
4-25	Ambiente VR a través del Oculus Rift . . . . .	76
4-26	¿Las horas asignadas a visitas en las clínicas, durante el pregrado son suficientes para desenvolverse en el ámbito laboral ? . . . . .	78
4-27	Seleccione las restricciones mas comunes para que un estudiante pueda ingresar a las instalaciones de una clínica u hospital . . . . .	79
4-28	¿El ambiente de VR construido apoya la formación del ingeniero bio-médico y afianza sus conocimientos? . . . . .	79
4-29	Manejo del ambiente . . . . .	80
6-1	Plataforma de softwares de Oculus Rift . . . . .	88
6-2	Configuración de las gafas de VR al iniciar la instalación del SDK . .	89
6-3	Conexión del Oculus al PC . . . . .	90
6-4	Conexión del cable de sincronización del rastreador de posición . . .	90
6-5	Conexión del cable USB del rastreador de posición . . . . .	91
6-6	Ubicación ideal del rastreador de posición . . . . .	91
6-7	Conexión del cable de poder . . . . .	92
6-8	Botón de encendido del Oculus Rift DK2 . . . . .	92
6-9	Ajuste del enfoque . . . . .	93
6-10	Leap motion . . . . .	94
6-11	Leap motion conectado al PC, por USB . . . . .	94
6-12	Página web de unity, para la descarga del software . . . . .	95
6-13	Componentes que se deben seleccionar para la ejecución de Unity 3D	95
6-14	Tool para el emparejamiento del Oculus Rift DK2 con Unity3D . . .	96
6-15	Tool para el emparejamiento del Leap Motion con Unity3D . . . . .	96
7-1	Interfaz de la página de unity3D . . . . .	97
7-2	Versiones de descarga de unity3D . . . . .	98
7-3	Asistente de instalación de unity3D . . . . .	98
7-4	Como crear un nuevo proyecto en Unity . . . . .	99
7-5	Selección del tipo de diseño . . . . .	99
7-6	Rect Tool . . . . .	100
7-7	Rect Transform . . . . .	100
7-8	Toggle . . . . .	101
7-9	Slider . . . . .	101
7-10	Scrollbar . . . . .	101
7-11	Lista desplegable . . . . .	102
7-12	Campo de texto . . . . .	102
7-13	Scroll . . . . .	102

<b>8-1</b>	Teclas de desplazamiento . . . . .	103
<b>8-2</b>	Manejo de la vista en el ambiente . . . . .	104
<b>8-3</b>	Inicio del recorrido en el aplicativo, con la caja de texto y su botón . . . . .	104
<b>8-4</b>	Botones de pausa y cierre del aplicativo . . . . .	105

# Índice de tablas

<b>1-1</b>	Eventos destacados en la historia de la realidad virtual . . . . .	22
<b>1-2</b>	Dispositivos actuales empleados en la Realidad Virtual . . . . .	23
<b>2-1</b>	Definiciones de Realidad Virtual . . . . .	33
<b>2-2</b>	Características técnicas del Oculus Rift DK2 . . . . .	39
<b>2-3</b>	Características técnicas del Leap Motion . . . . .	40
<b>3-1</b>	Lista de materiales para el desarrollo del proyecto . . . . .	42
<b>4-1</b>	Registro de encuesta a Ingenieros biomédicos . . . . .	77
<b>6-1</b>	Componentes del Oculus Rift DK2 . . . . .	88

## Abreviaturas

<b>Abreviatura</b>	<b>Término</b>
VR	Realidad Virtual
AR	Realidad aumentada
UAN	Universidad Antonio Nariño
UCI	Unidad de cuidados intensivos
PC	Personal computer
COVID-19	Coronavirus
HSLV	Hospital Susana Lopez de Valencia

## Introducción

El trabajo a continuación describe el desarrollo de un ambiente de realidad virtual en la plataforma Unity 3D que simula las instalaciones, dotación, distribución e infraestructura de la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) del Hospital Susana López de Valencia (HSLV) de la ciudad de Popayán, de acuerdo a la Resolución 3100 de 2019 direccionada a los estándares de infraestructura y dotación.

La necesidad de la realización de este proyecto surge porque los estudiantes de la carrera de Ingeniería Biomédica de la Universidad Antonio Nariño (UAN) sede Popayán, en sus últimos semestres tienen la posibilidad de asistir a las clínicas y hospitales de la ciudad para familiarizarse con estos entornos. Y aunque esta metodología es de gran ayuda para ellos, existen algunas limitaciones que le impiden adquirir una mayor experiencia, entre ellas, el hecho de que la entrada a una clínica u hospital es restringida, tanto en horario, número de personas a ingresar, áreas a visitar, equipos por manipular y el estricto uso de trajes de bioseguridad adecuados. Con la creación de un entorno virtual que simule una UCI, no se busca reemplazar este tipo de visitas, sino que se pretende apoyar la academia y aumentar la experiencia de los usuarios en cuanto a conocimientos direccionada a la línea de la normatividad en dotación de la unidad de cuidados intensivos. Por esta razón mediante el uso de Unity 3D para la construcción del ambiente virtual, el uso del casco de VR Oculus Rift DK2 y el Leap Motion, se busca que el usuario final tenga inmersión total en el ambiente recreado en 3D, se sienta como si estuviese en uno real y de esta manera adquiriera mayor experiencia.

La realidad virtual (VR) se utiliza en la actualidad para apoyar el aprendizaje, es de gran utilidad y efectividad para los estudiantes en práctica, de esta manera han logrado adquirir más conocimientos, experiencia y destreza, tal como se expone el estado del arte en el Capítulo 1. En el Capítulo 2, se abordan algunos conceptos técnicos importantes para entender el desarrollo del proyecto. Luego, en el Capítulo 2.8.2 se presentará la metodología utilizada para llevar a cabo este proyecto. Temas direccionados al proceso de diseño y construcción del entorno virtual se verán reflejados el Capítulo 3.3. Y finalmente los resultados obtenidos de la materialización del proyecto y las conclusiones se resumirán en los Capítulos 4 y 5, respectivamente. Como secciones adicionales se redactaron dos anexos, en los cuales se explica la manera de conexión del hardware, instalación de software y el uso de la plataforma de Unity3D.

## Planteamiento del problema

La educación superior se ha ido adaptando y transformando a tal punto que ha tenido grandes avances en cuanto a la implementación de herramientas tecnológicas en las prácticas pedagógicas de sus docentes (Expo, s.f.). La Universidad Antonio Nariño (UAN) participa en estos procesos de incorporación de herramientas tecnológicas computacionales al currículo y ha evidenciado resultados positivos en la formación de los estudiantes (*Energymedical*, 2020). En particular, en el programa de Ingeniería Biomédica en la sede Popayán, se han realizado grandes avances que permiten fortalecer sus líneas de trabajo en robótica, telemedicina y rehabilitación .

La UAN sede Popayán, no cuenta actualmente en sus instalaciones con dispositivos médicos que podrían encontrarse en una clínica u hospital en los servicios como UCI o cirugía.

Esta situación permite entrever que, aunque el programa de Ingeniería Biomédica de la sede cuenta con 5 ingenieros biomédicos capacitados e idóneos en cada una de las áreas, la falta de equipos y el alto costo de los mismos para su adquisición ha llevado a las directivas a establecer convenios con clínicas y hospitales de la ciudad, para que los estudiantes que cursan los últimos semestres asistan a prácticas presenciales y puedan afianzar sus conocimientos y ampliar experiencia en el área clínica y hospitalaria (Expo, s.f.). Los estudiantes que cursan materias de práctica en clínicas y hospitales (San José y Susana López de Valencia), se enfrentan a ciertas restricciones para el ingreso a estas instituciones debido a las políticas de ingreso a personal externo, mas aun ahora por la contingencia por la pandemia de COVID-19. Incluso, se ven afectados porque el tiempo de permanencia al interior de ellos no es suficiente para desarrollar el conocimiento adquirido en las aulas de clase.

A esto, se le suma el hecho de que la manipulación de equipos es restringida, debido a que cada uno de los dispositivos son de uso activo y un mal procedimiento puede afectar el funcionamiento del mismo. Por otro lado, por políticas de las entidades, el estudiante no puede ingresar a todos los servicios; siendo la unidad de cuidados intensivos (UCI), una de las áreas con mayor restricción por ser una de las más complejas y donde los requerimientos mínimos de la norma en salud hacen énfasis. Bajo este panorama y teniendo en cuenta que en la formación del ingeniero biomédico es esencial el conocimiento del área de infraestructura y dotación hospitalaria, es evidente, que bajo las circunstancias presentadas, es uno de los principales retos a perfeccionar dada la dificultad de llevar a cabo prácticas en clínica u hospitales de la ciudad.

Lo anterior, sumado a las medidas de confinamiento a lo largo y ancho del planeta, para entender la naturaleza y los mecanismos de propagación del virus COVID-19, vislumbran aún más la necesidad de la generación de dispositivos y mecanismos



que permitan disminuir la propagación y los efectos del mismo. En este sentido, una de las mayores contribuciones se realizan desde las soluciones propuestas por la industria 4.0 (itusers, 2020). Ante este panorama, donde la contingencia impide mantener los convenios de cooperación entre universidades e instituciones educativas en términos de las prácticas en clínica, surge la pregunta: ¿Cómo contribuir, desde la realidad virtual y realidad aumentada, a la formación profesional de un estudiante de pregrado de Ingeniería Biomédica de la UAN, sede Popayán?

## Justificación

El desarrollo tecnológico y la globalización ha llevado a la sociedad actual a la incorporación y utilización de diversos equipos electrónicos como: teléfonos, televisores inteligentes, tabletas, computadoras portátiles, por mencionar algunos (Guzman Villamarín y Vivas Albán, 2015). Estas herramientas tecnológicas que comúnmente, se utilizan para el entretenimiento, son considerablemente útiles y potenciales en otros campos y ámbitos como el de la academia y la telemedicina (Fernández-Riomalo, Guástar-Morillo, y Vivas-Albán, 2016),(Ruano, Congote, y Torres, 2016).

En el campo educativo el uso de realidad virtual, (VR, por sus siglas en Inglés Virtual Reality) ha permitido realizar contribuciones importantes que han potenciado el campo de la medicina y en un porcentaje importante la rehabilitación de pacientes con algún tipo de discapacidad, a través del diseño de juegos y entornos en UNITY (3D, 2020), una herramienta de desarrollo de videojuegos (Martinez, 2014)..

Las condiciones mencionadas respecto al acceso a equipos, limitación de interacción con éstos e incluso los actuales escenarios de confinamiento e imposibilidad para que los estudiantes realicen prácticas físicas en la clínica, en los servicios médicos que ahí se prestan, es importante señalar que el uso de VR enfocado al desarrollo de entornos virtuales de aprendizaje permite que el estudiante pueda acceder a los servicios, en especial al de UCI. Este último, considerado como uno de los más importantes por su nivel de complejidad e importancia, puede ser recreado en un ambiente interactivo por una computadora de forma realista, obligándole a actuar de manera responsable y realizar los procedimientos tal cual como se desarrollan en la cotidianidad para así evitar accidentes (Martín, 2004).

Si bien es cierto que el campo de acción de un ingeniero biomédico, no sólo implica el conocimiento del funcionamiento de equipos o de (ciertos estándares normativos dentro del proceso de atención en salud), sino también, la manipulación de diferentes dispositivos médicos que implican un conocimiento de todas las áreas clínicas para tener la capacidad de resolver inconvenientes y mejorar los procesos, la simulación de un ambiente en realidad virtual es una estrategia importante para disminuir las limitaciones que le impiden al estudiante potenciar su conocimiento, habilidad y

experiencia a través de su interacción con los ambientes y procesos clínicos. Es así como la VR ha permitido la simulación de entornos clínicos, con el fin de apoyar el aprendizaje de los profesionales en formación en el área médica.

Además, es importante señalar que la llamada industria 4.0 (en particular la VR) que aplica procesos de digitalización en sector industrial, en los últimos 4 años, ha beneficiado el sector salud con avances tecnológicos como impresiones 3D, nano medicina y telemedicina (*Energymedical*, 2020). A partir de ello se han podido redefinir y hacer más eficientes los procesos y servicios de salud públicos y privados. Según la consultora *McKinseyCo* se estima que el empleo de la Inteligencia Artificial (IA) y IOT (Internet de las cosas) en el sector salud permitirá un ahorro de 63 mil millones de dólares, a nivel mundial, en costos y gastos médicos durante los próximos 15 años (Fernández-Riomalo y cols., 2016). Este hecho da cuenta de la potencialidad y el impacto que tiene el uso de las tecnologías 4.0 aplicadas al campo de la salud, constituyéndose en una apuesta al futuro. De esta manera, haciendo uso de las tecnologías de la industria 4.0, se desarrollará un ambiente de realidad virtual con base en Unity, que simule un entorno hospitalario de acuerdo a los requerimientos mínimos que deben cumplir las instituciones prestadoras de salud, manteniendo los estándares de infraestructura y de dotación de los servicios que se espera simular.

La simulación del ambiente propuesto no sólo busca frenar las limitaciones que le impiden al estudiante realizar sus prácticas y ampliar su experiencia, si no que incrementa su conocimiento en campos que solo podrá explorar cuando se encuentre laborando es así que el proyecto va a estar enfocado en la confirmación del cumplimiento para los 7 estándares según la resolución pero que en este proyecto se aplican solo 2 de ellos, infraestructura y dotación del servicio de UCI. De igual manera, motivará a que otras instituciones prestadoras del servicio de salud tanto privadas como públicas opten por usar este tipo de tecnologías de automatización de procesos, sensorización de pacientes (signos vitales), procesos de inducción al personal asistencial, diseño de ambientes profesionales y conectividad entre hospitales.

## Objetivos

### Objetivo general

Desarrollar un ambiente hospitalario de realidad virtual en Unity de la unidad de cuidados intensivos e intermedios del Hospital Susana López de Valencia E.S.E

### Objetivos específicos

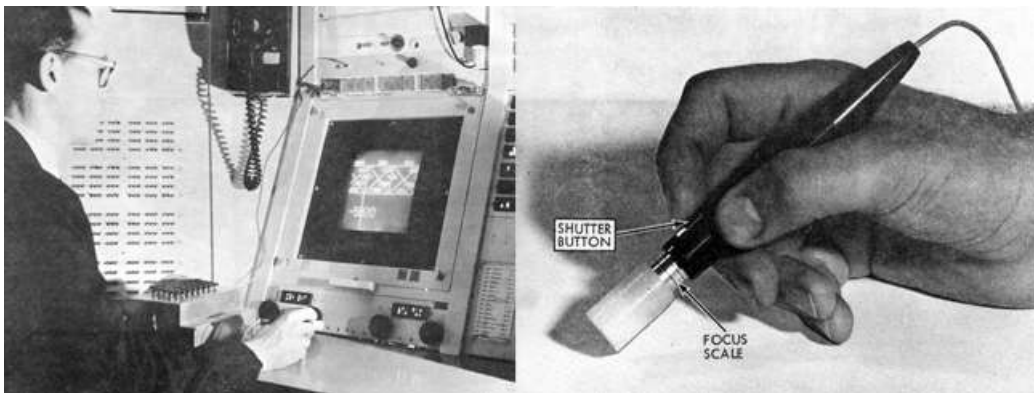
1. Establecer un diseño técnico del sistema de realidad virtual interactivo a partir de los planos UCI Y la Unidad de cuidados intermedios del HSLV Popayán y de requerimientos software en Unity y componentes hardware
2. Implementar en el entorno virtual hospitalario desarrollado modelos de interactividad y locomoción que manipulara el usuario inmerso en la plataforma
3. Validar el ambiente desarrollado, con un profesional idóneo, con fin de verificar que el entorno simulado cumple con los criterios y el desarrollo del proyecto.

# 1 Estado del arte

## 1.1. Realidad virtual

La tecnología de la realidad virtual se origina desde la década de los 60, cuando el joven programador Ivan Edward Sutherland desarrolló el Sketchpad, que permitió la primera interacción entre persona y ordenador mediante la manipulación de objetos gráficos. Este interesante software fue desarrollado para la computadora TX-2, a esta se le añadió un bolígrafo láser, con el fin de que la persona pudiera dibujar en la computadora, los gráficos podían ser hechos con alta exactitud (Sutherland, 1963).

Figura 1-1: Ivan Sutherland en la computadora TX-2, ejecutando el proyecto Sketchpad - Bolígrafo láser



Fuente: (Sutherland, 1963)

Gracias a esta innovación, el MIT empezó a trabajar constantemente para mejorar la capacidad de desempeño del Sketchpad.

En 1962, Morton Heilig implementó la primer simulación de una motocicleta conocida como "Sensorama", mediante el uso de gráficos, sonidos y vibraciones que brindaba al usuario un nivel alto de inmersión (Trilnick, 1968)

Estructura de la simulación llamada Sensorama

Figura 1-2: Sensorama



Fuente: (Trilnick, 1968)

En 1977, Dan Sandin, Richard Sayre y Thomas Defanti crearon un sistema de VR llamado "Head Mounted Display" que permitía la interacción del usuario y el ordenador, mediante la captación de movimientos corporales (Hui, 2017). Los desarrollos nombrados anteriormente y entre otros. Despertaron un gran interés en la industria, en 1991 se creó W.Industries Virtuality Arcades quien potencializó la tecnología de VR y realizó su gran lanzamiento de la consola Nintendo en 1995. En 1999, Larry y Andy Wachowki incursionaron en el lanzamiento de películas de VR. Pero la realidad virtual, no solo aportó a la industria del entretenimiento. Esta tecnología también ha sido usada para la simulación de entornos, para realizar prácticas de aprendizaje, como fue el caso de la compañía Bell Helicopter, que utilizó un ambiente de visión nocturna para el entrenamiento de sus pilotos (Ewalt, 2018).

En la siguiente tabla 1-1, se resumen otros acontecimientos importantes que se destacaron por el uso de realidad virtual

Tabla 1-1: Eventos destacados en la historia de la realidad virtual

<b>Año</b>	<b>Autor</b>	<b>Evento</b>
1971	John Blankenbaker	Kenbak-1: primer computador personal
1982	Furness	VCASS: videojuego en 3D, con registro visual, que incluía audio y sensores, para garantizar una inmersión total del usuario.
1982	Disney	Crea la película de ciencia ficción Tron. Para lo cual requiere ingenieros para el desarrollo del software que le daría los toques de realidad a la ficción.
1984	William Gibson	Introduce en la historia su novela de ciencia ficción "Neuromancer"
1987	The Washintong Post	Declara la realidad virtual como la nueva relación entre el hombre y la computadora

A mitad del siglo XX, se sabía de la existencia de la VR pero las personas que tenían acceso a esta tecnología eran pocas. Con el paso del tiempo esta limitación se fue reduciendo con el desarrollo y la aparición del smartphone. Actualmente el acceso a esta tecnología se hace mas fácil y económica.

En la tabla 1-2, se listan algunos dispositivos que permiten el acceso a la realidad virtual en la actualidad. Desde dispositivos pequeños como un celular smartphone, hasta otros mas grandes en tamaño y en complejidad, que por sus características brindan mayor inmersión (Castillo, 2017).

Tabla 1-2: Dispositivos actuales empleados en la Realidad Virtual

<b>Instrumento</b>	<b>Concepto</b>
Smartphone para la RV	Se trata de un medio tecnológico que permite visualizar contenidos virtuales a través de su pantalla y de un giroscopio, el cual detecta el movimiento de la cabeza del usuario cuando este la mueve. Sin esta característica no sería posible visualizar un entorno de 360 grados.
PC para la RV	A diferencia del Smartphone, el PC no detecta el movimiento de la cabeza del usuario. Por lo tanto, resulta imposible acceder a un entorno de 360 grados sin utilizar unas gafas como accesorio
Gafas de RV para Smartphone	Son el accesorio de RV más comercializado en la actualidad. Su objetivo es la visualización de contenidos virtuales inmersivos a través del giroscopio y la pantalla del Smartphone. El catálogo de gafas de RV es elevado, pues va desde las Cardboard (gafas corrientes de cartón) hasta las lentes más sofisticadas del mercado.
Gafas de RV para PC	El hecho de que sean menos comerciales no significa que sean peores; cada usuario elegirá el tipo de gafas en base a sus preferencias. De las gafas de PC se dice que son las que mayor experiencia reportan al usuario puesto que se utilizan en mayor medida en videojuegos. Las más reconocidas son las Oculus y las HTC Vive.
Videojuegos	Empresas como Sony y Microsoft han apostado fuerte por la Realidad Virtual en sus videojuegos, creando una gran expectación en el usuario debido a su novedoso estilo.
Otros accesorios	Guantes, plataformas, simuladores que permiten hacer más real la experiencia virtual del usuario.
Cámara de 360 °	Se trata de una cámara que graba vídeos panorámicos en 360 grados y que permiten al usuario poder crear su propio entorno virtual y subirlo a plataformas como Youtube 360°. Una manera Low Cost de creación de contenido.

## 1.2. La realidad virtual aplicada a la academia

La realidad virtual ha apoyado el aprendizaje de los estudiantes en diversas áreas. Por ejemplo, con respecto a simuladores de laboratorios web, existen unos que se destacan por permitir que el usuario pueda observar y aprender cómo realizar algunos procedimientos (Amrita, 2020), se destacan los laboratorios de biomodelo, los cuales

permiten al usuario hacer el proceso desde su fase inicial, en el que selecciona los materiales que necesita (Biomodel, 2020). Virtual lab, una página online, un sitio web que mediante animaciones, es posible recrear las escenas de los procedimientos de laboratorio (of Human Resource Development Under the National Mission on Education through ICT, 2020). En México, el centro nacional de artes, cuenta con un laboratorio de realidad virtual, para estudiantes de artes, en donde ellos fortalecen su técnica de modelados tridimensional y simulación virtual (de búsqueda Resultados de la Web Centro Nacional de las Artes CENART, 2020). En Barcelona, en la Universidad de Barcelona, se desarrollan múltiples ambientes de realidad virtual, para apoyar las terapias de los estudiantes de psicología y simular entornos ideales para los trastornos que ellos tratan (de Barcelona, 2020).

### 1.3. La realidad virtual aplicada a la medicina

La realidad virtual ha sido una tecnología que ha apoyado considerablemente a la medicina, dando paso al desarrollo de la telemedicina. Ya que ha posibilitado la captura del entorno real, para después reproducirlo a través de un monitor, facilitando procedimientos quirúrgicos a distancia, además esta técnica de también se ha usado en cirugías presenciales pero que requieren de una vista mas amplia de la zona implicada en el procedimiento, para realizar con mayor exactitud cortes o acciones. Induciendo cámaras para reproducir en un monitor 2D estas áreas (J, 1997).

Por otro lado la implementación de ambientes de VR que simulen cirugías y otras practicas médicas, han apoyado la formación de los profesionales de la salud, y permiten que los usuarios ensayen estos procedimientos médicos, que ayudan a mejorar su destreza, reducen costos y reducen el riesgo en los pacientes (Lopez, 2015; Tovar, 2016).

Figura 1-3: Entrenamiento quirúrgico con realidad virtual



Fuente: (FundamentalVR, 2018)



Entre los proyectos más conocidos sobresale el robot Da Vinci, que es controlado por el cirujano, quien opera sentado para manipular la consola del robot, aumentando la precisión, reduciendo el temblor y brindando una vista clara de la anatomía de la zona a intervenir (CEMTRO, 2019).

Figura 1-4: Modo de operación con el robot Da Vinci



Fuente: CEMTRO2019

En el año 2003 se desarrolló el Xitact LS500, que es un simulador virtual para realizar entrenamientos en los procesos de laparoscopia: en el corte del peritoneo y en el corte y grapado de conductos, específicamente (Monserrat, 2016). En la literatura se encuentran estudios de la curva de aprendizaje, al realizar entrenamientos con este simulador. Uno de ellos evalúa la adquisición de habilidades para el corte, disección y grapado. De 33 residentes sin experiencia, los resultados indicaron que el 63.3 % de los estudiantes mejoraron su rendimiento y habilidades (Schijven, 2003).

También sobresale el LAP Mentor, que es un entrenador para cirugía laparoscópica que brinda una inmersión completa como se muestra en la figura 1-5, pues cuenta con equipo virtual de quirófano, un paciente, equipo y distracciones de sonido de la vida real. Permite el ensayo desde niveles básicos laparoscópicos, como la sutura, hasta los procedimientos más complejos que involucran este tipo de cirugía. La ambientación que proporciona este simulador, obliga al usuario a que aprenda a realizar este procedimiento en medio de la atmósfera que normalmente se vive en una sala de operaciones, y que en ocasiones eleva el nivel de estrés (MENTOR, 2020; Monserrat, 2016)

Figura 1-5: Modo de operación con el LAP Mentor



Fuente:(MENTOR, 2020)

Continuando con la línea de cirugía de laparoscopia, se nombre al LAPSIM, que ha permitido establecer una curva de aprendizaje positiva mediante el entrenamiento con simulación y ha permitido mejorar las habilidades psicomotoras en procesos quirúrgicos. LAPSIM presenta al alumno ejercicios, donde los niveles de aprobación se caracterizaron, de acuerdo a resultados en expertos. No limitan al usuario en repeticiones de los niveles ni en tiempo, brindando al estudiante la ventaja de aprender a su ritmo, y que cada vez se vaya auto-superando en tiempo y en habilidad (proven training system, 2015).

### 1.3.1. Tratamientos médicos con realidad virtual

Una aplicación bastante útil de la VR en el área clínica, ha sido el tratamiento y rehabilitación de pacientes con trastornos mentales. En el año 2016 el Hospital Vall d'Hebron de Barcelona, implementó un espacio virtual, para que el usuario realizará diferentes pruebas y mejorara su concentración, y así usarlo como apoyo al tratamiento del trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH), obteniendo resultados satisfactorios. Con ambientes virtuales desarrollados bajo esta misma línea, se han tratado niños con autismo, quienes gracias a una interacción con el medio virtual desarrollan grandes habilidades (pfizer, 2020).

La implementación de la realidad virtual, ha permitido la recreación de espacios para tratar pacientes con fobias. La literatura indica que los trastornos mentales relacionados con fobias mas comunes en el mundo, son el miedo a la oscuridad (nictofobia) y el miedo a las alturas (acrofobia), razón por lo cual los ambientes creados se han centrado en su mayoría en el tratamiento de estas. Se simulan espacios dinámicos y progresivos, donde el paciente inicie en niveles de poca exposición a su

miedo, y a medida que el profesional de la salud tratante considere que hay una evolución en la superación de la fobia, sea expuesto progresivamente (*Instituto Burmuin*, 2020). Las ventajas de que un paciente supere sus trastornos mediante VR, es su seguridad, en cuanto al bajo riesgo de accidentalidad, que son terapias bajo la asesoría de un profesional y la facilidad de cambiar las características del ambiente en cuanto a iluminación y altura, para estos casos.

Por otro lado, la realidad virtual también ha apoyado las terapias físicas. La VR, presenta una característica que la hace importante y cada vez mas útil en el campo fisioterapéutico. Y es el dinamismo para simular ambientes con características específicas y de acuerdo a los criterios de un profesional de la salud. De esta manera, se han obtenido ambientes muy completos que permiten la estimulación visual, auditiva, motora y hasta sensorial de pacientes en procesos de recuperación. El paciente puede estar inmerso en ambientes donde puede realizar una tarea específica repetidas veces y en diferentes intensidades, para tratar aspectos como la coordinación y el equilibrio (VR, 2020).

Figura 1-6: Paciente realizando terapias físicas



Fuente: (VR, 2020)

### 1.3.2. Simulación de auditorías hospitalarias

Actualmente la literatura no registra ambientes simulados específicamente para la contextualización de las normas hospitalarias en estudiantes. Sin embargo hay publicaciones de simulaciones de estos entornos virtuales para el análisis de los eventos adversos que pueden registrarse en los servicios hospitalarios, permitiendo también la simulación de posibles soluciones que los reduzcan (Stereoinmotion, 2016). En Argentina, el hospital de alta complejidad El Cruce, en 2013 desarrolló un campus virtual con el fin de capacitar al personal en diversos temas, entre ellos la gestión de organización de salud. Este campus, consta de una plataforma de cursos virtuales especialmente dirigida a quienes no podían presenciar las capacitaciones (Lespiou,

2016). En España, el sector salud se ubica como el quinto en el uso de las aplicaciones de la VR, según lo indica "The App Date". En estas aplicaciones, sobresalen cuatro dirigidas al paciente:

- Tratamientos de salud mental
- Rehabilitación de pacientes
- Mejora de la calidad de vida de los pacientes
- Diagnóstico de enfermedades

Y en cuanto a aplicaciones dirigidas a los profesionales sanitarios, se siguen destacando los simuladores para realizar operaciones y cirugías. El resultado de este tipo de implementaciones ha sido satisfactoria, así lo afirma el coordinador de la unidad de tecnologías médicas del IRYCIS (projects, 2017). El aporte que hace la VR, a la formación de un profesional que en su campo de acción requiera realizar procedimientos de alta complejidad, que involucre humanos u otros seres vivos, complementa su aprendizaje porque le proporciona al estudiante la oportunidad de realizar practicas que en la realidad, durante su proceso académico universitario no podrá experimentar. Como lo han demostrado estudios citados anteriormente, este tipo de practicas de VR aumenta la destreza, habilidad y experiencia del usuario, dado que permite una inmersión total del paciente posibilita la interacción con instrumentos que debe manipular en la vida real. Es una técnica en la que se puede ampliar el tiempo de cada procedimiento, repetirlo cuantas veces sea necesario, hasta que se adquiriera un nivel aceptable de destreza.

## 1.4. Realidad virtual durante la pandemia COVID-19

Durante la pandemia del COVID-19 a nivel mundial se virtualizó la educación. Y la implementación de laboratorios virtuales apoyó significativamente la nueva modalidad de aprendizaje. Entre este tipo de talleres virtuales, se listan desde cursos de idiomas hasta simulaciones en materias afines con la física, biología y química entre otros:

- Laboratorio de realidad virtual de biología con casco VR Lab Academy:

Figura 1-7: Vista del laboratorio virtual de biología



Fuente: VR Lab Academy

A través del uso de un casco de inmersión a entornos virtuales, brinda la posibilidad de que el estudiante recorra todo un laboratorio, manipule objetos e instrumentos, con el fin de que realice los experimentos que en una clase presencial haría.

- Laboratorio virtual de química con casco de realidad virtual:

Figura 1-8: Vista del laboratorio virtual de biología

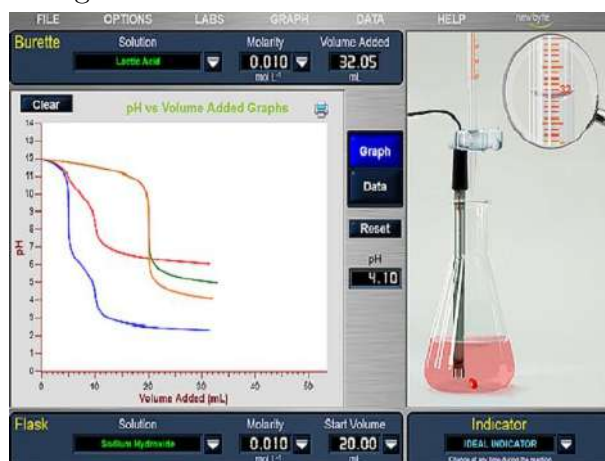


Fuente: Vr Lab Academy

Es un laboratorio de física que recrea los experimentos de un laboratorio, de modo que el estudiante percibe un entorno real, dado que además de ver, escucha los sonidos típicos de este ambiente.

- Simuladores de laboratorios de química Newbyte:

Figura 1-9: Vista del laboratorio virtual de biología



Fuente: Newbyte

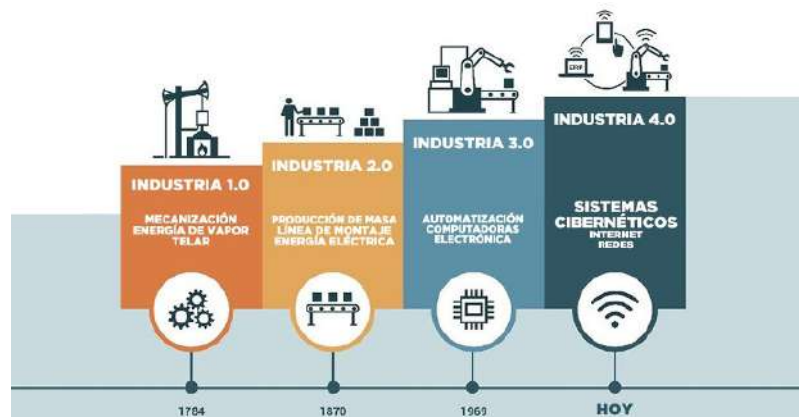
Estas aplicaciones de química virtual, ayudan a mejorar la capacidad de solución de problemas de tipo científico con el fin de ayudar a comprender los principios de la química

## 2 Marco Teórico

### 2.1. Industria 4.0 en sector salud

Es el conjunto de tecnologías que han posibilitado un nuevo modelo industrial, la digitalización de la industria (*Revista de ingeniería*, 2020). La industria 4.0 Es el término que usamos para referirnos a la cuarta revolución industrial, un cambio en la manera de organizar los medios productivos consistentes en la introducción de las tecnologías digitales en los diferentes sectores industriales, siendo de mayor interés para el desarrollo de este proyecto el sector salud (Garrell y Guilera, 2019).

Figura 2-1: Evolución de la industria



Fuente: (de Coruña, 2020)

La Digitalización industrial es una transformación hacia la implantación de fábricas inteligentes hiperconectadas donde sea posible tener acceso y modificar, en tiempo real, el comportamiento de los diferentes elementos que componen el sistema. En esta cuarta revolución industrial la tecnología se pone al servicio de la industria ya sea el sector aplicativo para mejorar en la eficiencia, productividad, calidad y seguridad de los procesos (Martín, 2004).

A nivel clínico, las diferentes tecnologías de la industria 4.0, como la (IA), big data, internet de las cosas (IoT), está apoyando el crecimiento de la telemedicina, que a su vez permite disminuir las limitaciones en la salud debido al déficit de personal médico en zonas de difícil acceso y que los médicos aprovechen mas el tiempo laboral, ya que evita que deba desplazarse gracias a la posibilidad de realizar teleconsultas y estar

en una monitorización constante de algún paciente por medio de las herramientas que ofrezcan las aplicaciones de los dispositivos (*Revista de salud IT*, 2020) Por otro lado, la tecnología ha ayudado a que las personas prevengan muchas enfermedades de alto riesgo, al tener la posibilidad de monitorear sus signos vitales y estado físico a través de instrumentos de uso cotidiano como un reloj o un smartphone.

Respecto a la industria 4.0 direccionada a la realidad virtual, se reconocen dos variantes de interacción con los ambientes virtuales: El modo inmersivo, cuando el participante “se sumerge” completamente en la simulación haciendo uso de los dispositivos de hardware especializados, y el modo no inmersivo (llamado también RV de computadora de mesa), cuando el participante explora los ambientes haciendo uso de los dispositivos de hardware comunes hoy en día: display, mouse, tarjeta de sonido y bocinas, etc (Motion, 2020).

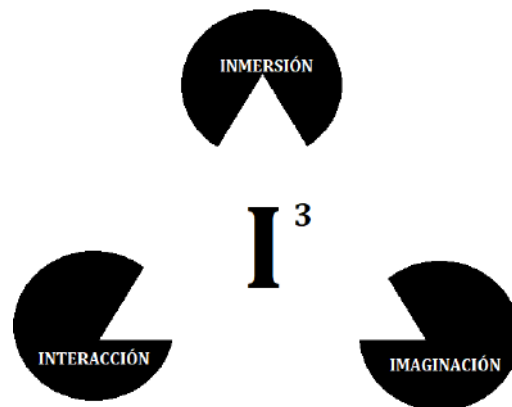
## 2.2. Realidad virtual (VR)

Es la recreación de un espacio real, en un ambiente virtual, que busca generar en el usuario una inmersión total, mediante una interfaz humano-ordenador, que es posible generar con el uso en conjunto de un software, hardware y una serie de dispositivos periféricos (M, 2016). Que le permiten al usuario interactuar con cada objeto en tiempo real, que es flexible en cuanto a la adecuación de ambientación, espacio, luces, sonidos, vibraciones y otras características que hacen que quien esté en el ambiente tenga la sensación de que se encuentra físicamente en un ambiente real (Botella, 2007). La figura **2-2**, representa la definición de VR según la Universidad de Coruña (de Coruña, 2020), dedicada a la Inteligencia artificial, que establece una relación entre las tres acciones que el usuario ejecuta al ingresar a un entorno de realidad virtual y la sensación que experimenta, formando así el triángulo de VR (Mireles, 2014):

- Inmersión: El usuario entra a un mundo virtual que le genera la sensación de que se encuentra en un mundo real, ya que percibe sonidos, imágenes, entornos, objetos que también están en la realidad
- Interacción: La construcción de un ambiente virtual, permite que el usuario desarrolle diferentes actividades en el entorno y que manipule los objetos que se encuentran
- Imaginación: La mente, al encontrarse en este mundo virtual que simula la realidad, percibe objetos que no existen



Figura 2-2: Triángulo de la realidad virtual



Fuente (de Coruña, 2020)

A continuación, en la tabla 2-1, se recopilan los conceptos de VR según el criterio de algunos expertos en el tema.

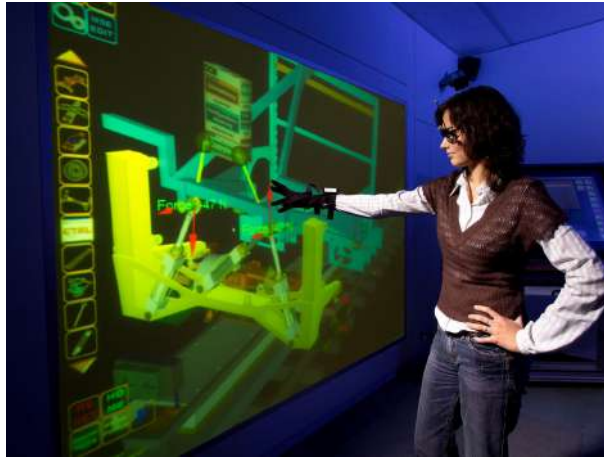
Tabla 2-1: Definiciones de Realidad Virtual

Experto	Definición
"La Realidad Virtual es un sistema informático usado para crear un mundo artificial en el cual el usuario tiene la impresión de estar y la habilidad de navegar y manipular objetos en él"(Reyes, 2014).	Manetta C. y R. Blade
"La Realidad Virtual permite al usuario explorar un mundo generado por ordenador a través de su presencia en él"(Salvador OtóN, 2018).	Hodder y Stoughton
"La Realidad Virtual es un camino que tienen los humanos para visualizar, manipular e interactuar con ordenadores y con información extremadamente compleja"(R, 1995).	Aukstakalnis
"La realidad virtual es una compleja interfaz de usuario que engloba simulaciones e interacciones en tiempo real a través de múltiples canales sensoriales. Estas modalidades sensoriales son visuales, auditivas, táctiles, olfativas, etc."(Grigore C. Burdea, 2003).	Burdea
"La tecnología que por medio de diferentes dispositivos incorpora información digital ya sea tipo virtual o real"(Pamela Quintana, 2014).	Serrano

Todos los conceptos de los expertos en el tema, coinciden en que la realidad virtual proporciona al usuario interactuar en un ambiente que simula la realidad, a través de

una interfaz creada entre el humano y un ordenador. Tal cual se muestra en la figura **2-3**, en donde se aprecia al usuario con el hardware necesario para una inmersión en el entorno virtual y el software en el cual entra a interactuar.

Figura **2-3**: Interacción humano-ordenador en un entorno virtual



Fuente:(Mireles, 2014)

### 2.3. Tipos de realidad virtual

En 2017 la realidad virtual ha sido clasificada de acuerdo a los accesorios de hardware utilizados para acceder a ella:

- **Sistemas inmersos:** Es el tipo de realidad virtual que brinda al usuario una inmersión total en el ambiente. Se debe hacer uso necesariamente, de un casco o gafas de realidad virtual para la visualización en 3D del ambiente, accesorios de audio, para percibir la ambientación sonora propia del ambiente a experimentar, un joystick para recorrer el sitio, controles de mando para la manipulación de objetos y un PC para realizar la asociación de software y hardware. Como se muestra a continuación en la figura **2-4** (Castillo, 2017; Mireles, 2014):

Figura 2-4: Usuario Virtuix Omni, plataforma la cual interactuaría con las gafas de realidad virtual Oculus



Fuente: (Carbajal, 2008)

- Sistemas semi-inmersos: Conocidos también como sistemas de proyección, que incluye un sistema de proyecciones de imágenes en varias pantallas, es necesario el uso de gafas o casco de (VR) para la participación en este tipo de entorno. Por otro lado este tipo de VR también utiliza características del entorno real, para recrear el ambiente, por ejemplo en ocasiones el sonido es el del ambiente real, que proporciona un desfase entre lo que se ve y lo que se escucha, generando un inmersión parcial en el ambiente (Carbajal, 2008).
- Sistemas no-inmersos: o también sistemas de escritorio. Son de uso básico y son los mas accesibles, debido a que solo necesitan de una pantalla, que podría ser la del ordenador o la de un smatphone, para acceder al mundo virtual. Por el tipo de hardware utilizado no genera inmersión en el ambiente, pero esto no implica que no pueda acceder a un ambiente virtual (Atehortúa, 2017)

Figura 2-5: Usuario de un entorno virtual no inmerso



Fuente: (Mireles, 2014)

## 2.4. Realidad Aumentada (RA)

Paralelamente a la realidad virtual. La realidad aumentada es entendida como una tecnología que incorpora elementos virtuales en un entorno real que posibilita la incorporación de datos e información digital en un entorno real creando una realidad mixta (real y virtual) en tiempo real, por medio del reconocimiento de patrones a través de diversos softwares de programación y localización. Los elementos virtuales comienzan a formar parte de la realidad, como una nueva capa de información que emplea y amplía el mundo que nos rodea (Martinez, 2014).

## 2.5. Unity 3D

Es un Motor de videojuegos multiplataforma para el desarrollo de ambientes virtuales en 2D y 3D. Es un software que es libre para el uso de herramientas básicas, el motor gráfico que usa permite generar ambientes virtuales que simulen la realidad, con mapeos, relieves, pantalla de espacio de oclusión ambiental y diferentes interfaces, entre otras características, que lo convierten en un programa ideal para la recreación de entornos reales (3D, 2020). Unity presenta propiedades útiles para agregarle un toque de realismo a cada objeto creado, esto, gracias a la posibilidad de agregarle texturas, colores y demás propiedades al objeto, de acuerdo a la realidad

Figura 2-6: Casco de realidad virtual DK2

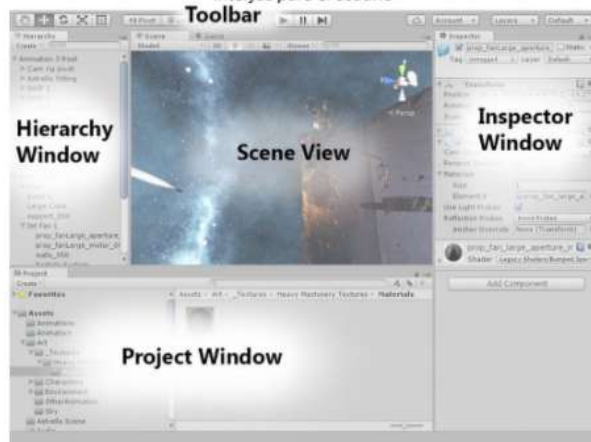


Fuente: Propia

La interfaz de trabajo de unity se divide en 5 secciones principales como se aprecia en la figura 2-7. y a continuación se describirá la función de cada una de ellas:

1. *Toolbar o Herramientas:* En ésta área es posible acceder a los parámetros principales de trabajo. División de área: Lado izquierdo: Herramientas para manipular la scene view y los objetos contenidos ahí. Centro: Controles de reproducción, pausa y pasos. Lado derecho: contiene los servicios de la cuenta de Unity, menú de visibilidad de capas, layout editor (diseños alternativos para la ventana del editor).
2. *Hierarchy window o Ventana de Jerarquía:* Muestra todos los objetos presentes en la escena, las carpetas en donde están contenidos. La jerarquía en Unity facilita la copia de elementos con iguales características, o la eliminación de los mismos.
3. *Scene View o Vista de la escena:* Permite una navegación visual de la escena que se está creando. Es la ventana en donde se trabaja y se edita el proyecto, se posiciona, crea e implementan todos los “gameobjects” y sus propiedades
4. *Inspector Window o Ventana del inspector:* Es el espacio que muestra todas las propiedades del objeto seleccionado, permite editar y establecer sus características.
5. *Project Window o Ventana de proyecto:* Contiene los assets de las librerías que se encuentran disponibles para ser usados en la escena. También se encuentran visibles los assets importados.

Figura 2-7: Interfaz de usuario para Unity3D

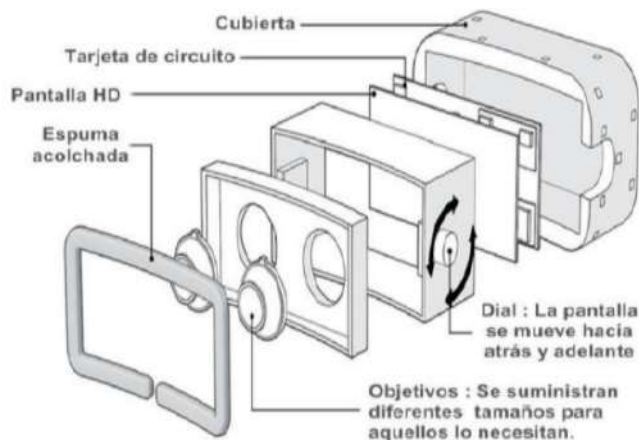


Fuente: (3D, 2020)

## 2.6. Oculus Rift

Casco de Realidad Virtual, comprende un visor con una óptica personalizada que proporciona una fidelidad visual completa y amplia, que brindan una inmersión total. Las gráficas que brindan son de alta resolución, además incluye lentes adicionales para personas que usan gafas formuladas. Tiene una baja latencia, lo cual permite que el usuario interactúe en el ambiente de realidad virtual en tiempo real con una visión de 360° generando en quien hace uso de éste dispositivo, la sensación de que en realidad se encuentra en el ambiente virtual, al cual fue sometido (Rift, 2020).

Figura 2-8: Casco de realidad virtual DK2



Fuente: (Rift, 2020)

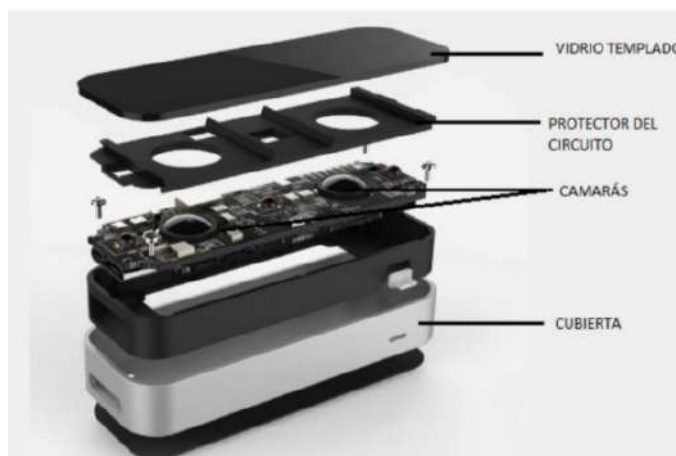
Tabla 2-2: Características técnicas del Oculus Rift DK2

<b>Ficha técnica: Oculus Rift DK2</b>	
<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
<b>Rastreo de cabeza</b>	6° de libertad de baja latencia
<b>Campo de visión</b>	100° en diagonal
<b>Angulo de Interacción</b>	360°
<b>Tecnología de pantalla</b>	OLED (Diodo orgánico de emisión de luz)
<b>Resolución de cada lente</b>	960x1080
<b>Resolución de ambos lentes</b>	1920x1080
<b>Entradas</b>	DVI/HDMI y USB
<b>Peso</b>	4400 g

## 2.7. Leap motion

Es un dispositivo pequeño que se conecta a un ordenador por medio de un cable USB. Cuenta con un sensor que captura todos los movimientos de nuestras manos en el aire y su forma en 3D. Traza una imagen virtual de las extremidades superiores desde la muñeca, y los movimientos rastreados son reproducidos en el ambiente virtual, brindando al usuario la posibilidad de interactuar con los objetos que hay en el entorno (Motion, 2020).

Figura 2-9: Funcionamiento del leap motion



Fuente:(Motion, 2020)

La propiedad de captura de movimientos de este dispositivo, se debe a sus dos cámaras y tres LED'S infrarrojos con una longitud de onda de 850nm, que emiten una reflexión de luz para que los datos lleguen a las cámaras (Motion, 2020)

Tabla 2-3: Características técnicas del Leap Motion

Ficha técnica: Leap Motion	
Característica	Descripción
Dimensiones	Largo: 75 mm Ancho: 25 mm Alto: 11 mm
Longitud de onda del sensor monocromático	850 nm
Velocidad de trabajo del sensor monocromático	200 fps
Leds infrarrojos	859nm
Microcontrolador	MXIC MX25L3206E-32M-bit CMOS SERIAL FLASH
Entrada	USB 3.0
Área de cobertura	160°
Sistema operativo	Windows 7/8 ó Mac OS

## 2.8. Marco Jurídico

De acuerdo a las especificaciones del Ministerio de Salud y Protección, se definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los prestadores de salud y de habilitación de los servicios, adoptando el manual de habilitación con cumplimiento de los requisitos establecidos, en el cual se nombran los artículos más relevantes

1.

para el proceso de investigación (*Ministerio de Salud de Colombia, 2020*). Estas resoluciones hacen al marco normativo del sistema único de habilitación de servicios:

### 2.8.1. Resolución 3100 de 2019:

Tiene por objeto definir los procedimientos y las condiciones de inscripción de los prestadores del servicio de salud y de habilitación de los servicios de salud, así como de adoptar en el anexo técnico, el manual de inscripción de prestadores y de habilitación de servicios de salud (*Ministerio de Salud de Colombia, 2020*).

### 2.8.2. Condiciones de habilitación que deben cumplir los prestadores del servicio de salud al habilitar un servicio hospitalario especializado:

Los prestadores del servicio de salud para su entrada y permanencia en el Sistema Único de Habilitación del Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención



de Salud- SOGCS, deben cumplir las siguientes condiciones:

1. Capacidad técnico - administrativa
2. Capacidad patrimonial y financiera
3. **Capacidad tecnológica y científica**

Para mantener los estándares de alta calidad en salud el prestador que habilite un servicio es el responsable del cumplimiento de todos los estándares y criterios aplicables en el servicio, independientemente que para su funcionamiento concurren diferentes organizaciones o personas que aporten al cumplimiento de las mismas, pero siempre y cuando la institución no permita la doble habilitación de un mismo servicio. El prestador de servicios de salud podrá cerrar temporalmente los servicios por un periodo máximo de un (1) año contado a partir del reporte de la novedad “Cierre temporal de servicio”. No obstante, si vencido dicho plazo no reporta la novedad “reactivación de servicio”, éste se inactiva en el REPS. Para su apertura, el prestador de servicios de salud debe realizar nuevamente el procedimiento para la habilitación del servicio.

Capacidad tecnológica y científica es el componente que se incluye en el entorno desarrollado, cumpliendo con los requerimientos mínimos y que se verán demostrados.

# 3 Materiales y Métodos

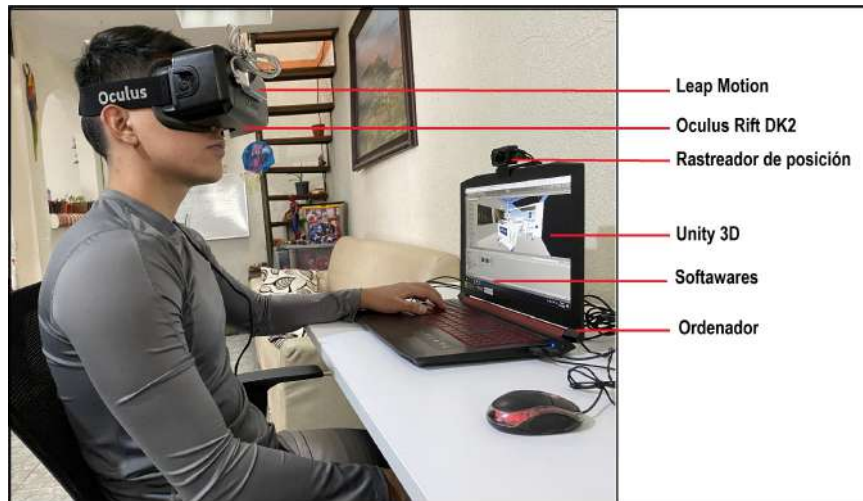
## 3.1. Materiales

Como se ha descrito durante el desarrollo del proyecto, con la implementación de un ambiente virtual, no solo se busca la construcción del mismo, sino que pretende brindar al usuario final una sensación de que se encuentra en un ambiente real. Para ello se acudieron a herramientas de tipo software y hardware, listadas a continuación: Se implementan estos materiales al desarrollo del proyecto de investigación por que brindan una interfaz y conexiones de fácil uso, no requieren de softwares externos a los que ellos mismos brindan desde las paginas oficiales. El costo de estos dispositivos es medianamente bajo con respeto a los nuevos cascos Oculus y dispositivo Leap Motion que se han lanzado en el presente año, permitiendo trabajar con estos de una manera que facilite la interacción y uso de los mismos.

Tabla 3-1: Lista de materiales para el desarrollo del proyecto

<b>Tipo</b>	<b>Herramienta</b>
Hardware	Casco de VR Oculus Rift DK2
	Leap Motion
	Ordenador
Software	Unity 3D
	Leap motion software
	Oculus VR

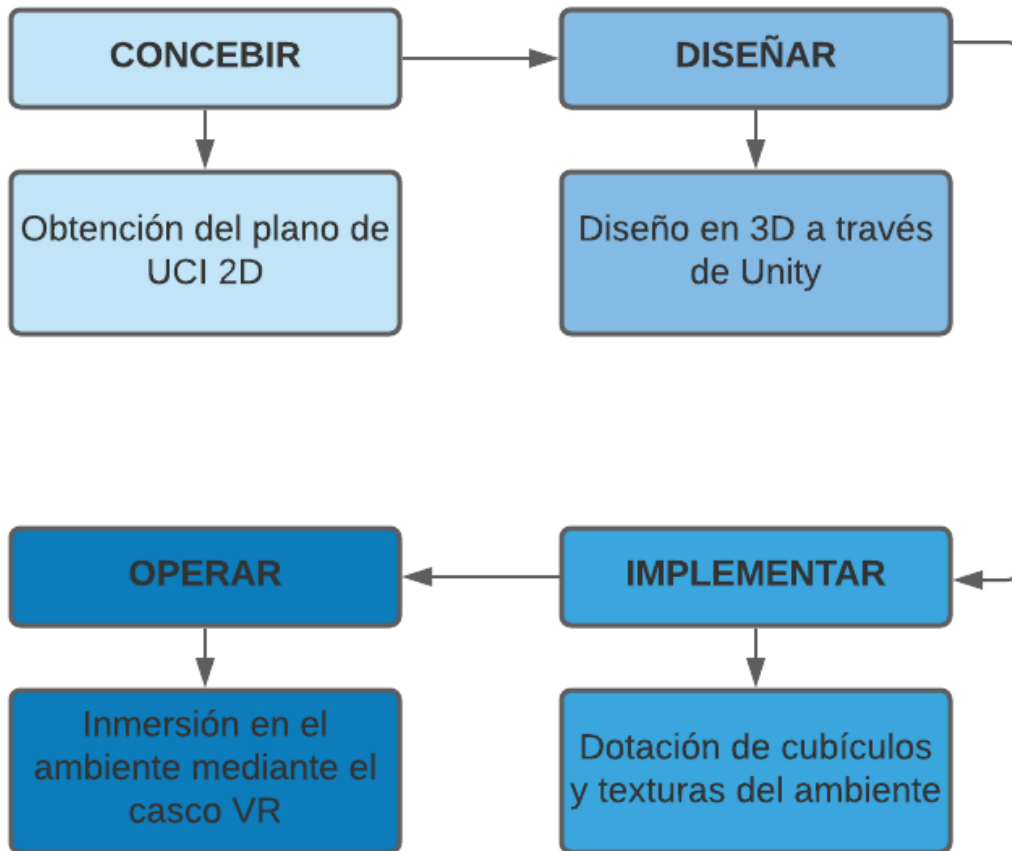
Figura 3-1: Materiales para el desarrollo del proyecto



## 3.2. Método

Para el desarrollo de un ambiente de realidad virtual de la unidad de cuidados intensivos e intermedios del Hospital Susana López de Valencia se trabaja bajo las etapas de la metodología CDIO:

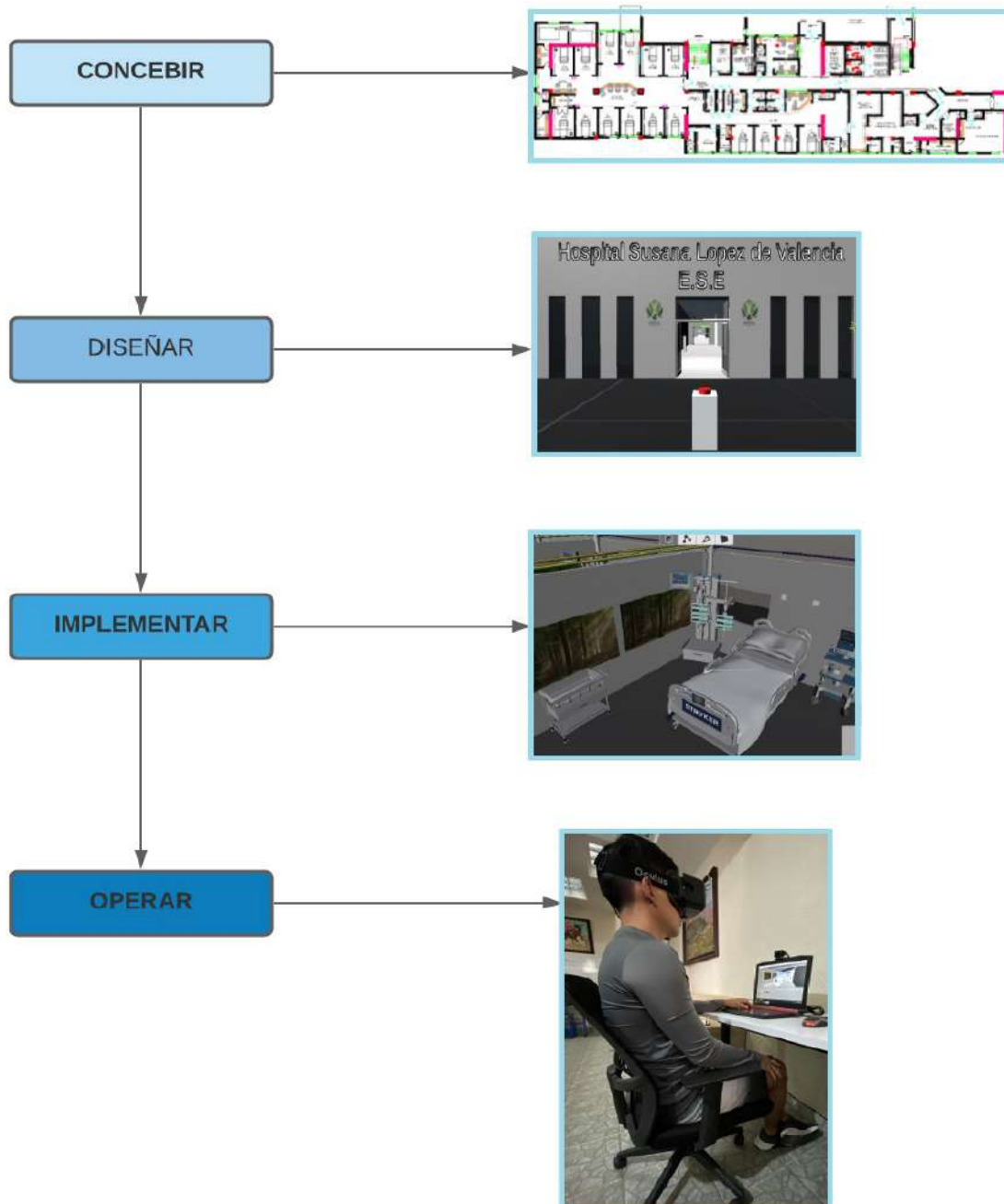
Figura 3-2: Representación de las etapas CDIO, en el proyecto desarrollado



Fuente: Propia

Concebir	En base al plano 2D arquitectónico de la UCI del Hospital Susana López de Valencia, se procede a concebir características del componente de infraestructura hospitalaria como (iluminación, alarmas, áreas estructurales recorridos, cuartos, accesos, unidades de UCI e intermedios, etc.), y su ubicación espacial de acuerdo al plano de instrumentos y dispositivos médicos necesarios para el ambiente de VR y con las cuales va a experimentar el usuario inmerso en él.
Diseñar	Después de tener los planos 2D y los elementos de navegación del ambiente virtual se procede a realizar el diseño 3D de la distribución de la UCI, con las características de interacción definidas en la fase de concepción. Además, en esta etapa se realizará la construcción estructural de los dispositivos médicos y de infraestructura hospitalaria en la plataforma Unity.
Implementar	En esta fase, de acuerdo a la distribución real de la UCI en el hospital. Se inicia con el diseño del ambiente virtual, el cual abarca equipos médicos, áreas estructurales de los servicios, instrumentación clínica, de acuerdo a las características reales y de infraestructura hospitalaria, siempre cumpliendo con la resolución. Así mismo, los objetos de interactividad se disponen en el lugar apropiado por recorrido y por dispositivo, llevando a cabo el emparejamiento del hardware (Casco Oculus Rift-DK2) y (Leap Motion) que permite al usuario navegar e interactuar por el ambiente virtual.
Operar	Con el uso del casco de realidad virtual y el leap motion el usuario podrá sumergirse en el ambiente virtual de la UCI, experimentar su estructura, espacios y componentes del mismo. De igual manera, éste podrá conocer la dotación y distribución estructural que debe tener la UCI de acuerdo a la resolución vigente. Aunque el ambiente no contará con equipos funcionales, el usuario mediante pequeños labels podrá observar características teóricas digitales que aparecerán al ejecutar una acción interactiva en el equipo y en cada una de las secciones en servicio y en cubículo de la UCI por recorrido, fortaleciendo el nivel de aprendizaje e incluyendo nuevos procesos de inducción a personal asistencial o personal externo a las instituciones prestadoras de salud.

Figura 3-3: Flujo de trabajo de acuerdo a la metodología CDIO utilizada



Fuente: Propia

### 3.3. Método

A continuación se explica el proceso para el diseño y construcción del ambiente en Unity 3D. Para ello, se usaran conceptos de la Sección 2, con el fin de desarrollar paso a paso el proceso para la obtención del ambiente.

El diseño del ambiente hospitalario, se realizó en base a la resolución 3100 de 2019,

enfocado en la infraestructura y dotación. Esto, con el fin de hacer un estudio de cada uno de los servicios y los requerimientos según la ley para el funcionamiento de los mismos. Además se acudió a la asesoría de un profesional en ingeniería biomédica con experiencia en el campo de auditoría en salud para la implementación del entorno.

## 3.4. Diseño, construcción e implementación del ambiente VR

### 3.4.1. Plano 2D de infraestructura del servicio UCI del HSLV

La coordinadora de mantenimiento del HSLV, entregó los planos 2D digitalizados de la infraestructura del servicio de UCI, de las redes de gases y el sistema de potencia.

Figura 3-4: Plano en 2D del servicio de UCI



Fuente: HSLV

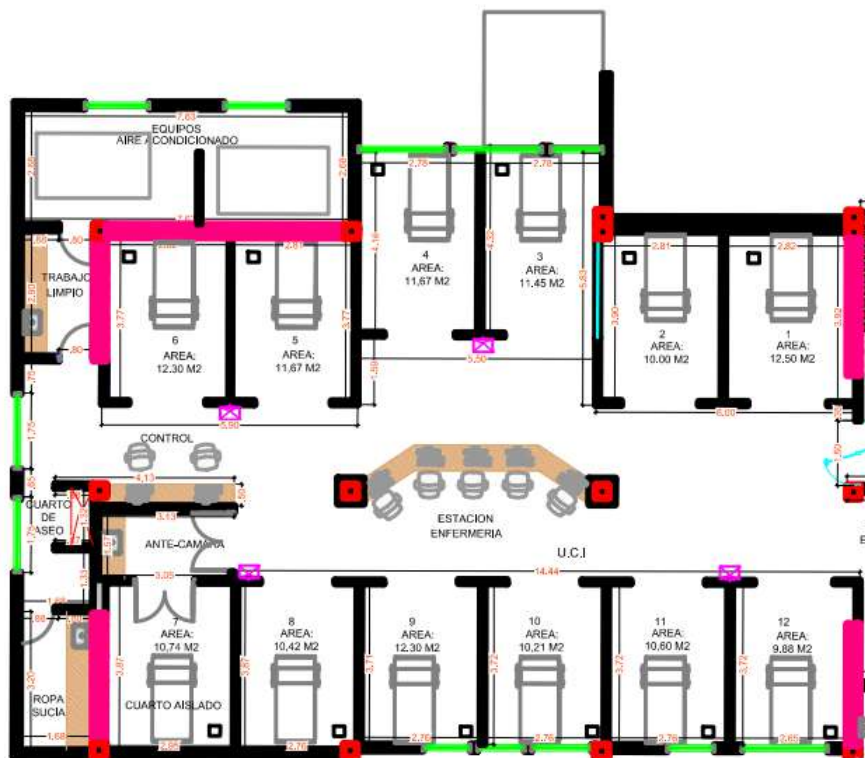
Para una mejor visualización el plano representado en la imagen 3-4, se seccionará en 2 partes:

### 3.4.2. Sección 1: UCI

En la primer división del plano 2D se encuentra:

- 12 cubículos para pacientes.
- Cuarto de aseo.
- Cuarto de trabajo limpio.
- Cuarto de ropa sucia.
- Equipos de aire acondicionado.
- Estación de enfermería.
- Cámaras por cubículo.

Figura 3-5: Plano en 2D del servicio de UCI



Fuente: HSLV

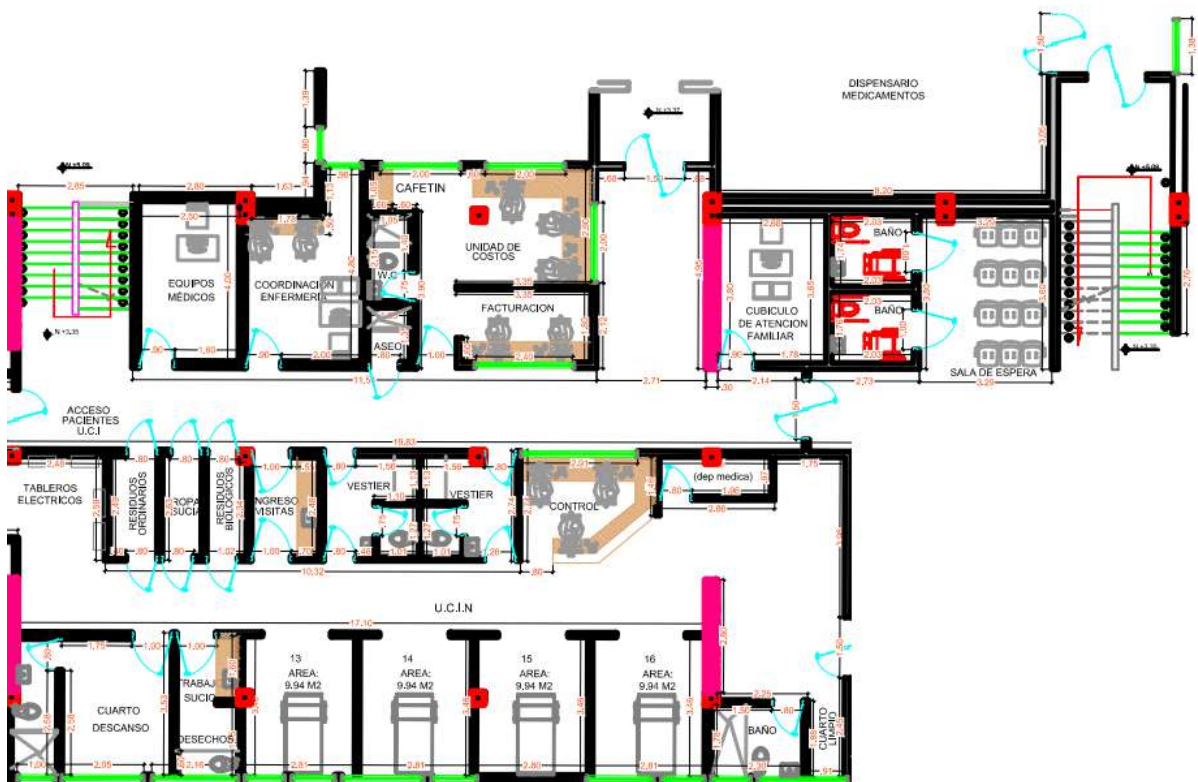


### 3.4.3. Sección 2 - Unidad de cuidados intermedios

En la segunda división del plano 2D se encuentra:

- 4 cubículos para pacientes.
- Cuarto de equipos médicos.
- Coordinación de enfermería.
- Cafetín.
- 4 Baños.
- Unidad de costos .
- Unidad de facturación.
- Cubículo de atención familiar
- Cuarto de tablero eléctrico.
- Cuarto residuos ordinarios.
- Cuarto de ropa sucia.
- Cuarto de riesgo biológico.
- Ingreso de visitas.
- 2 Vestieres.
- 1 Puesto de control.
- Sala de espera.

Figura 3-6: Plano en 2D del servicio de Cuidados Intermedios



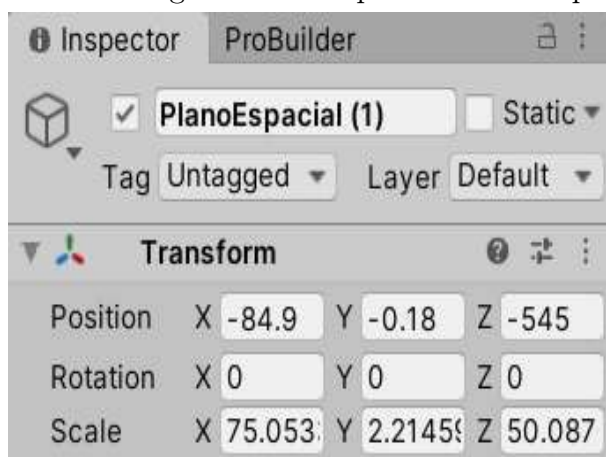
Fuente: HSLV

### 3.5. Creación del plano espacial

Con base al diseño 2D obtenido de la distribución de UCI del HSLV. Se inicia con la creación del plano espacial, donde se apoyará el personaje en primera persona para hacer el recorrido y el cual servirá como base para paredes y demás objetos del ambiente 3D.

El inspector del plano espacial, indica las propiedades del objeto 3D (el plano), estas se pueden modificar de acuerdo a las necesidades del diseño. El inspector está seccionado en módulos, para este proyecto los módulos modificados fueron: **Transform** donde se encuentra la posición de objeto, la rotación y la escala. Y **Shader** donde se modifican texturas, colores y emisión del color, como se ve en la imagen 3-7.

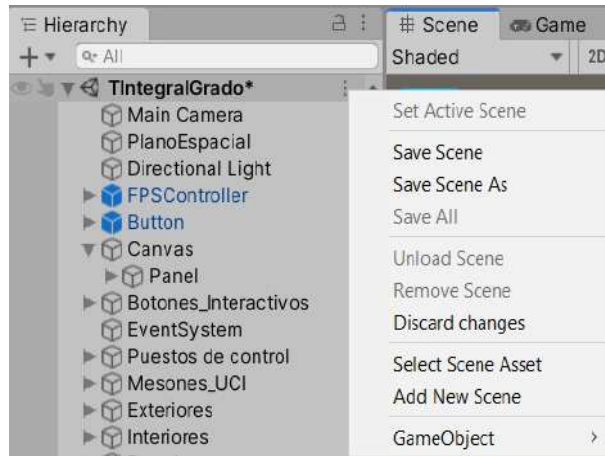
Figura 3-7: Propiedades del inspector



Fuente: Propia

Los elementos usados en este proyecto para la creación del plano espacial, se inicia desde la jerarquía ubicado en el lado izquierdo de la imagen 3-8, se selecciona el item de **GameObject**, para la creación de objetos en una dimensión específica.

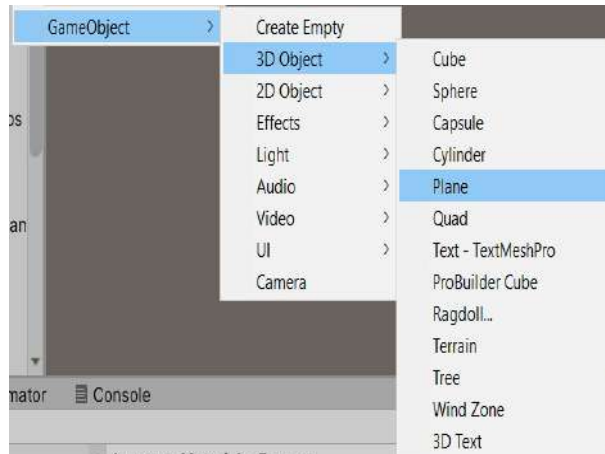
Figura 3-8: Opciones de creación del plano



Fuente: Propia

Desde GameObject, se despliega una lista de tipos de objetos, para el caso en concreto, se usó la característica 3D. Como se observa en la imagen 3-9, en **3D object** se listan diferentes tipos de figuras, se selecciona la opción **Plane**.

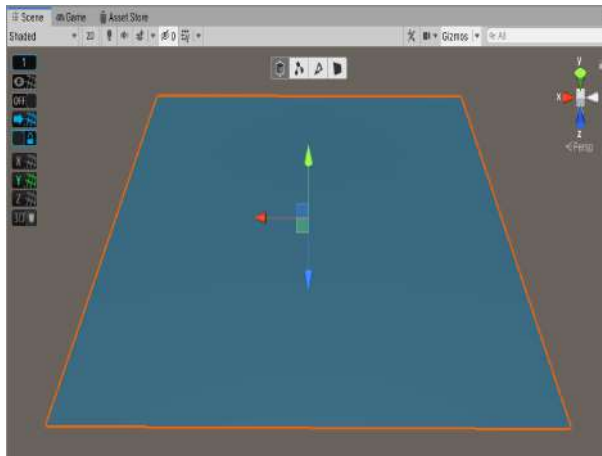
Figura 3-9: Opciones de creación del plano, desde GameObject



Fuente: Propia

La imagen 3-10 es el resultado del diseño del plano espacial, de acuerdo a las opciones seleccionadas.

Figura 3-10: Diseño inicial del controlador

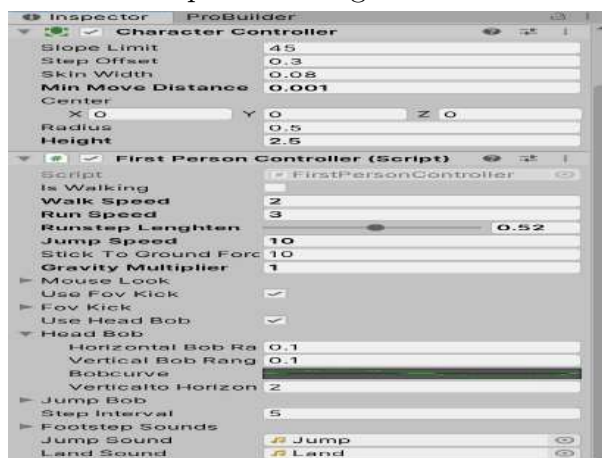


Fuente: Propia

### 3.6. Creación del controlador en primera persona

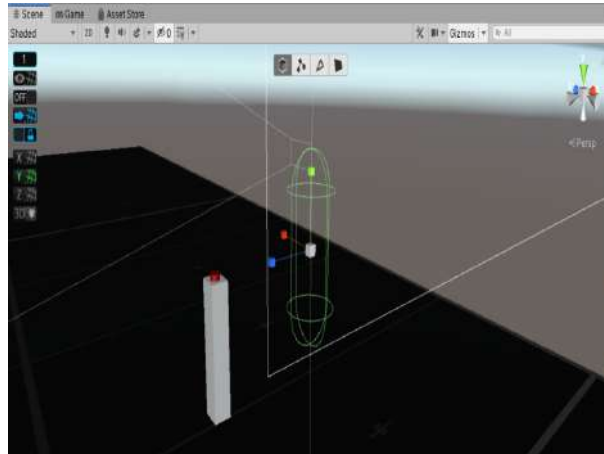
Es la creación tangible del usuario en la escena. De tal manera que cuando este esté inmerso en el ambiente, lo pueda recorrer (caminar, saltar, agacharse, correr, etc) e interactuar con el ambiente y los objetos dispuestos en el mismo (colisionar con muros, cambiar la vista, tocar objetos, etc)

Figura 3-11: Propiedades asignadas al controlador en el proyecto



Fuente: Propia

Figura 3-12: Controlador de primera persona



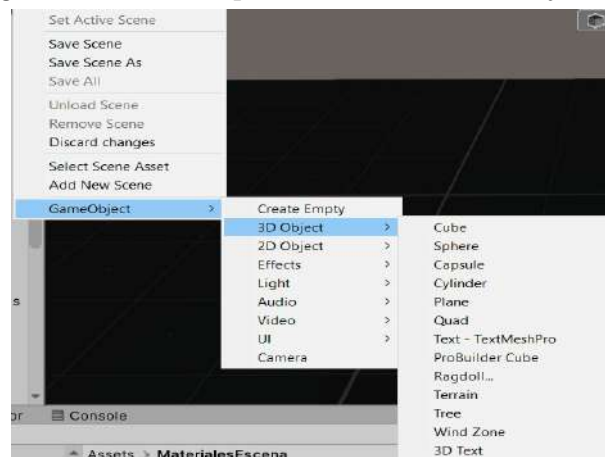
Fuente: Propia

### 3.7. Creación de la infraestructura de UCI

Una vez hecho el plano espacial. Se inicia con la creación del suelo y con el levantamiento de paredes, con el fin de modelar la estructura de acuerdo a la distribución del servicio de UCI. Como se observa en la figura 3-13, los objetos anteriormente nombrados se crean a partir de una figura básica en formato 3D, como lo es un cubo, luego se modifican sus propiedades, para dar forma a paredes y suelos de acuerdo a las especificaciones arquitectónicas de los planos 2D.

La ruta usada para la creación es la misma explicada en la sección de la creación del plano espacial.

Figura 3-13: Ruta para creación de los objetos 3D en la escena

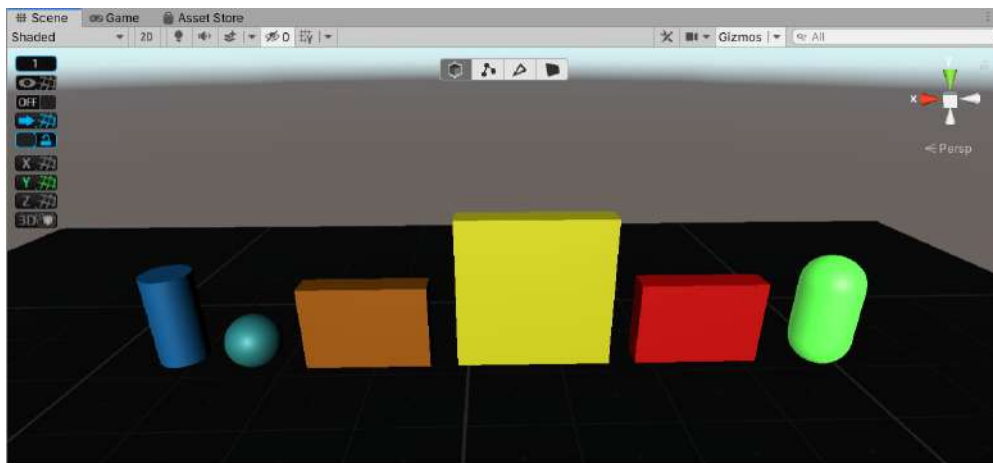


Fuente: Propia

De acuerdo a los requerimientos del plano arquitectónico, Unity habilita desde el creador 3D Objects, diferentes figuras como lo muestra la imagen 3-14, que facilita

la creación de objetos con múltiples geometrías y así diseñar el espacio arquitectónico hospitalario.

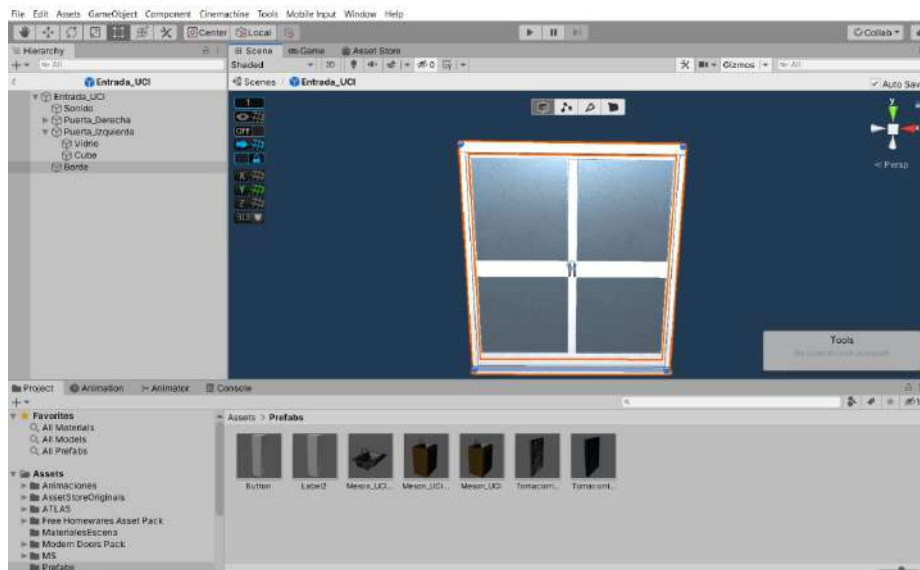
Figura 3-14: Creación de los objetos 3D en la escena



Fuente: Propia

Después, se procede con el diseño de puertas y ventanas para ubicarlas en los espacios determinados. Estos objetos van implementados de acuerdo a las especificaciones reales del servicio de UCI y la Unidad de cuidados intermedios. En la imagen 3-15, se muestra el ejemplo de una puerta diseñada, en este caso las puertas que se usaran como entradas a las área de UCI y la Unidad de cuidados intermedios.

Figura 3-15: Diseño de puerta principal en vista prefab



Fuente: Propia

### 3.8. Diseño y dotación de los equipos médicos para el servicio de UCI

Después de tener en el plano, la distribución hecha entre las diferentes áreas y los cubículos, se inicia con el diseño y dotación de cada cubículo. El servicio de UCI del HSLV, cuenta con los siguientes dispositivos médicos:

1. Cama hospitalaria Stryker.
2. Ventilador mecánico Bennett 840.
3. Bombas de infusión Braun Infusomat Space.
4. Monitor de signos vitales Drager Multiparámetro.
5. Estructura UCI central con conexiones vitales y de soporte.
6. Mesa de mayo para medicamentos.
7. Ventilador de transporte HT70.
8. Carro de paro con desfibrilador Mindray Beneheart D6.
9. Ventilador Vela viasys.

Y el servicio de Unidad de cuidados intermedios:

1. Cama hospitalaria Stryker.
2. Bombas de infusión Braun Infusomat Space.
3. Monitor de signos vitales Drager Multiparámetro.
4. Estructura UCI central con conexiones vitales y de soporte.
5. Mesa de mayo para medicamentos.
6. Pulsoxímetro Novamatrix.
7. Monitor de respaldo trípode Criticare nGenuity 8100EP.
8. Ventilador de transporte HT70.
9. Carro de paro con desfibrilador Mindray Beneheart D6.

Cada equipo tanto del servicio de UCI como de la Unidad de cuidados intermedios que se encuentran en cubículo, fue diseñado y replicado de acuerdo a la necesidad.

### 3.8.1. Diseño de un equipo médico y elementos de UCI y la Unidad de cuidados intermedios

A continuación, se lista paso a paso el diseño de los diferentes equipos y componentes diseñados para el servicio de UCI y la Unidad de cuidados intermedios.

1. **Diseño base:** Esta etapa se llama así, porque como se ha explicado hasta el momento, el total de los objetos diseñados en el ambiente virtual, se originan desde la creación de una de las figuras prediseñadas que ofrece Unity 3D. Generalmente el primer objeto creado, es el que servirá como base para ensamblar todo el equipo. El uso de estas figuras prediseñadas es de gran utilidad, pues también permiten el diseño de los accesorios o partes pequeñas de los dispositivos. En la figura 3-16, muestra el diseño de un monitor de signos vitales, en donde se observa que su figura base es un cubo, y adicional la elaboración de los accesorios que tiene.

Figura 3-16: Diseño de un monitor de signos vitales. A partir de un cubo

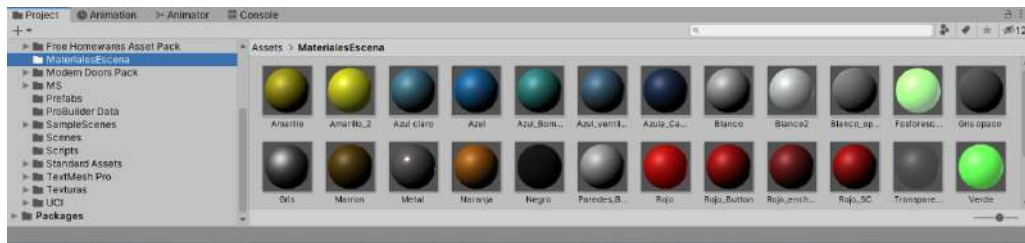


Fuente: Propia

2. **Adición de textura y material:** Unity permite adicionar texturas, colores y materiales a cada uno de los objetos diseñados para dar un toque de realismo al ambiente. Unity contiene texturas y materiales por defecto, pero también permite importar objetos sin limitar el tipo de extensión del archivo, facilita su edición y modificación de gamas de colores y así personalizar el ambiente. Por otro lado, es importante resaltar que en Unity también es posible crear texturas y materiales de acuerdo a las necesidades del usuario.



Figura 3-17: Inventario de materiales en la escena del proyecto



Fuente: Propia

Figura 3-18: Textura del Logo del HSLV e inventario de texturas en el proyecto

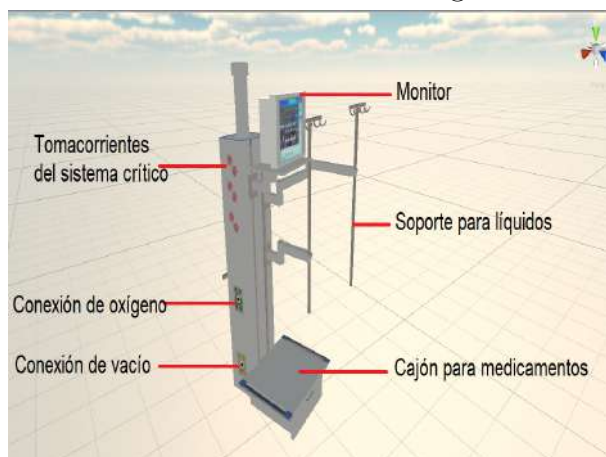


Fuente: Propia

Como se observa a la izquierda de las imágenes 3-17 y 3-18, hay una lista de carpetas, una de materiales y otra de texturas, respectivamente. Para la adición de texturas o materiales a un objeto, estos deben ser almacenados en la carpeta que corresponda y luego, mediante un click sostenido, se arrastra el elemento hacia el objeto 3D ubicado en la escena y este tomará la característica indicada.

3. **Ensamble de los objetos:** Después de que cada objeto diseñado haya sido personalizado con las texturas y materiales indicados, se procede a unir los accesorios diseñados por aparte para armar todo el equipo o la estructura requerida. En la imagen 3-19, se observa el ensamble de la estructura UCI y cada uno de sus accesorios.

Figura 3-19: Diseño de un monitor de signos vitales. A partir de un cubo



Fuente: Propia

Finalmente, se ubica en el espacio destinado para su funcionamiento. Y se replica las veces que sea necesario.

4. **Carpetas:** Como se ha observado en las imágenes de la escena de Unity, en el lado izquierdo de la pantalla se encuentra un listado de carpetas. Estas tienen un orden jerárquico, las cuales son creadas de acuerdo a todos los elementos que contiene un diseño. Por ejemplo, cada cubículo tiene su carpeta, en esa carpeta se encuentran los folders de cada dispositivo médico dispuesto en el cubículo y en estas últimas los materiales, figuras y demás objetos utilizados para la creación de cada equipo.

Después de la creación de cada uno de los equipos de UCI y la Unidad de cuidados intermedios, se dota cada cubículo, de acuerdo a lo establecido en la Resolución 3100.

### 3.9. Diseño de otros componentes para el servicio de UCI y la Unidad de cuidados intermedios

Además de los dispositivos médicos que conforman cada cubículo. En el servicio de UCI, se encuentran otros objetos listados a continuación. Su diseño y creación es tal cual se explicó en el anterior proceso 3.8.1:

- *Paneles eléctricos:* Para la habilitación del sistema crítico y vital de potencia.
- *Lavamanos de pedal:* Ubicados a lo largo de los pasillos de UCI y de acuerdo a la planta de red sanitaria. Cada lavamanos, cuenta con su dispensador de jabón y toallas.

- *Conectores eléctricos:* Para el sistema crítico, los conectores eléctricos son de color rojo y para el sistema vital de color azul
- *Toma corrientes del Sistema vital y Sistema Critico del servicio UCI y la Unidad de cuidados intermedios*

### 3.9.1. Redes:

Como lo indica la Resolución 3100, la unidad de cuidados intensivos, debe estar dotada por una estructura robusta que distribuya en cada uno de los cubículos y cuartos de UCI los servicios por red.

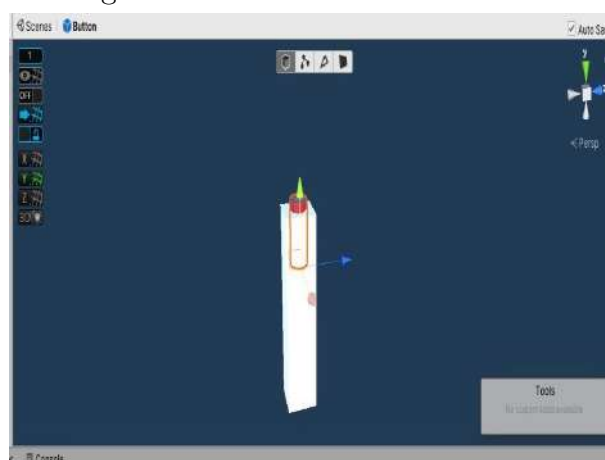
- **Red de gases medicinales:** para el suministro de oxígeno, aire medicinal y vacío.
- **Sistema de potencia:** suministra el servicio de energía. Incluye los toma-corrientes vital y crítico, tanto del sistema aislado y el no aislado.

## 3.10. Interactividad

El nivel de interactividad del proyecto es básica. El usuario podrá ingresar al ambiente y a través de botones dispuestos en los diferentes equipos y espacios de UCI, los cuales disparan un texto informativo acerca de la funcionalidad de determinado equipo.

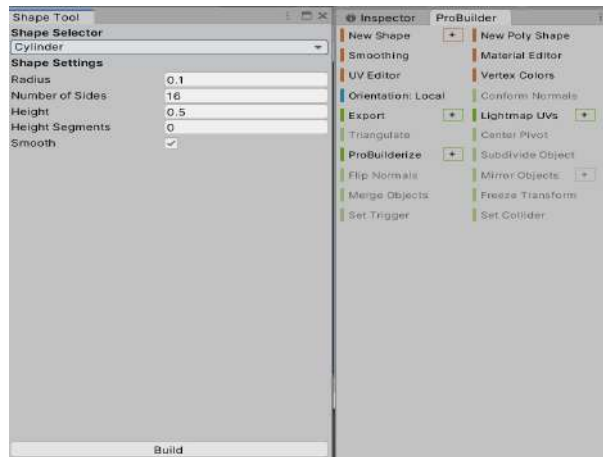
1. *Diseño del botón:* El botón de animación se crea a partir de una herramienta predefinida de modelo 3D, llamado **Probuilder** que permite hacer un diseño de geometría simple y que permite modificar la escala, radio , número de lados, altura y segmentos de los objetos y agregarle detalles estéticos mas definidos.

Figura 3-20: Diseño del botón de interactividad



Fuente: Propia

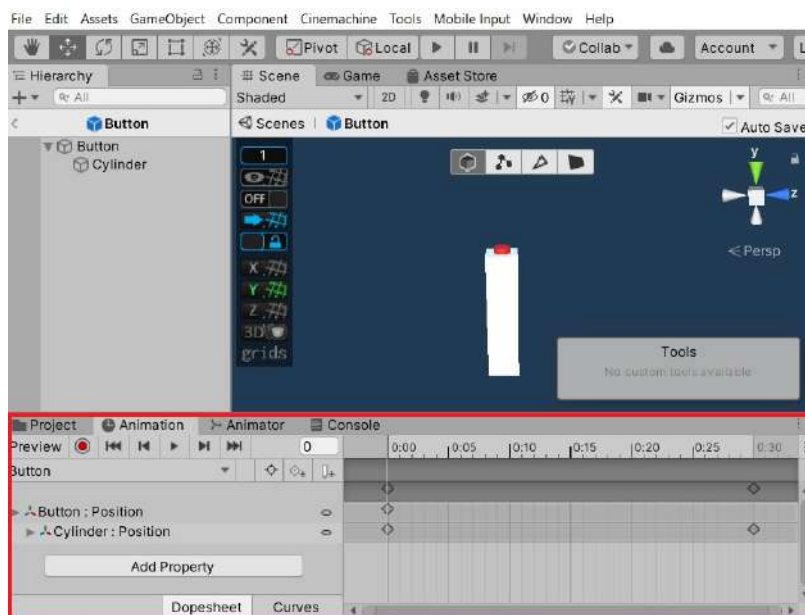
Figura 3-21: Propiedades de la herramienta probuilder para el diseño del botón de interactividad



Fuente: Propia

2. *Animación*: Unity ofrece una animación a partir de fotogramas (Keyframe) que registra el estado de un objeto y luego interpola entre los cambios de cada fotograma. Siendo una herramienta útil para hacer animaciones rápidamente sin tener que importar un clip de animación personalizado. En la imagen 3-22, se resalta en rojo la sección que corresponde al fotograma en la interfaz de Unity.

Figura 3-22: Interfaz del fotograma



Fuente: Propia

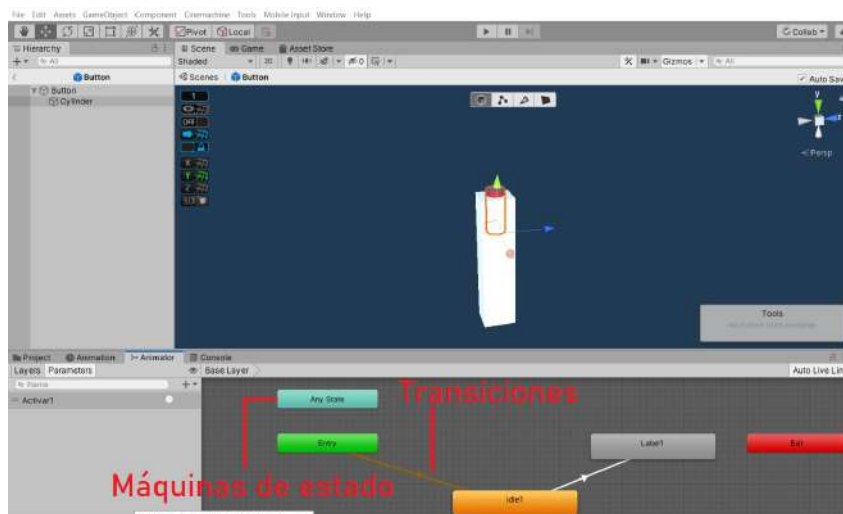
3. *Máquinas de estado en el tiempo*: Al crear una animación con fotogramas

para un objeto, se despliega automáticamente una pestaña llamada *Animator*, donde contiene bloques en el tiempo llamadas máquinas de estado, que van conectadas entre si a través de transiciones, para determinar la entrada, acción y salida.

4. *Animación manual*: Para verificar si un objeto esta cumpliendo con los parámetros establecidos desde las maquinas de estado en la ventana de tiempo, no es necesario reproducir la escena. La ventana de animación cuenta con una sección llamada PREVIEW donde puedes verificar manualmente el estado de tu objeto con la animación establecida dependiendo del tiempo con el que lo animaste, ya sea en segundos o milisegundos.

En esta sección puedes reproducir en el botón play y constatar si las maquinas de estado hacen su respectiva función. Se debe tener en cuenta que si los puntos de inicio y de final en el flujo de tiempo no están especificados, el objeto no hará acción alguna.

Figura 3-23: Interfaz del Animator



Fuente: Propia

- **Entrada (Bloque verde)**: Es la acción que recibe el botón para ejecutar la acción programada.
  - **Idle (Bloque amarillo)**: Se programa la acción que se debe ejecutar en la animación.
  - **Botón (Bloque gris)**: El objeto al cual se le hace la animación.
5. *Script*: El algoritmo usado para la activación del botón y que al cambiar de estado se muestre un texto informativo se realiza en *C+* en visual studio, que se encuentra como herramienta emparejada a Unity, al crear una característica de tipo *C#* en el objeto.

---

**Algorithm 1** Algoritmo para funcionalidad e interactividad del botón
 

---

**Require:** Acción del usuario de presionar el botón.

- 1: **Clase principal de Unity, donde todos los scripts como botón están vinculados a los objetos y se deben derivar de esta clase:**

```
publicclass Boton : MonoBehaviour
```

- 2: **Función de tipo público que permite agregar componentes en el inspector del objeto, al que se le ha creado el script de animación:**

```
public GameObject player, cilindro, Texto;
```

- 3: **Función de tipo privado que llama al ".Animator", desde Unity para cumplir los parámetros establecidos desde su animación:**

```
private Animator m_animator;
```

- 4: **Tipo de variable que solo permite dos parámetros posibles, falso y verdadero:**

```
private bool condicion = false;
```

- 5: **Permite que un objeto aparezca sobre la pantalla:**

```
private Renderer m_renderer;
```

- 6: **Reconoce la acción del botón en estado falso al iniciar el start de la escena:**

```
private bool condicion = false, condicion01 = false;
```

- 7: **Al crear la función de tipo privada hace posible llamar la clase desde Unity y no por fuera del mismo:**

```
private void Start() m_animator = GetComponent < Animator >  
(); m_renderer = cilindro.GetComponent < Renderer > ();  
Texto.SetActive(false);
```

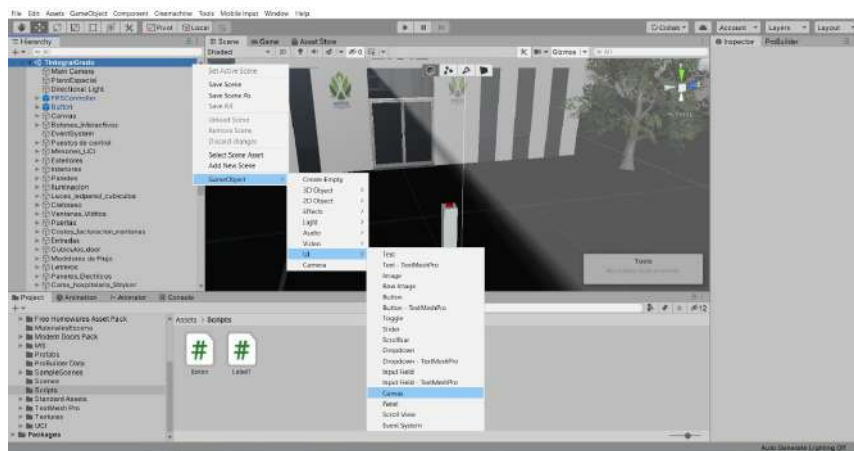
- 8: **Reconoce la acción del usuario sobre el mouse, cambia de color el botón y adicionalmente muestra un texto sobre el panel de pantalla:**

```
private void Update()  
IF (Input.GetButtonDown("Fire1")condicion == true)  
m_animator.SetTrigger("Activar"); m_renderer.material.color = Color.green;  
Texto.SetActive(true);  
if(condicion01 == false)  
Texto.SetActive(true); condicion01 = true;  
ELSE  
Texto.SetActive(false); condicion01 = false;  
private void OnTriggerEnter(Collider other)  
IF (other.gameObject == player)  
condicion = true;  
ELSE  
private void OnTriggerExit(Collider other)  
IF (other.gameObject == player)  
condicion = false;
```

- 9: **return** Texto informativo
-

6. *Interfaz*: Después de haber creado el código de interacción para el botón se debe añadir una herramienta prediseñada en Unity llamada **UI**, que permite la implementación de interfaces de usuario rápidas e intuitivas. UI, cuenta con componentes adicionales, en el desarrollo de este proyecto se usaron: texto en formato 3D, canvas (área donde los elementos UI, deben estar como hijos del canvas y tiene como ajuste renderizar el espacio de la pantalla a mostrar), panel (permite modificar la escala de la pantalla a visualizar) y creación de imágenes.

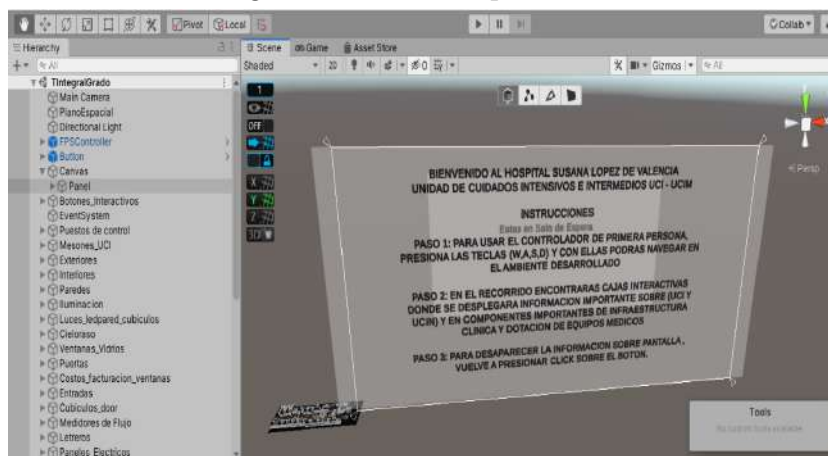
Figura 3-24: Pasos para adicionar UI



Fuente: Propia

La imagen 3-25, muestra el resultado obtenido cuando el usuario presiona el botón interactivo.

Figura 3-25: Pasos para adicionar UI



Fuente: Propia

## 4 Resultados

El resultado que se obtiene es absolutamente homogéneo con la realidad que tiene la institución en su servicio de UCI y UCIN, a detalles específicos en infraestructura y dotación de dispositivos biomédicos. A la escena final se le implemento un etiquetado de cada uno de los componentes que un estudiante debe conocer para el funcionamiento principal del servicio de UCI.

### **Componentes como resultado incluidos en el entorno "VR"**

En componente de infraestructura que son las condiciones mínimas e indispensables de las áreas y ambientes de una edificación para la prestación de servicios de salud con el menor riesgo posible, se adapto en la "Jerarquia" de la escena un etiquetado de los componentes de: Redes de gases, Paneles eléctricos, Sistemas de Alarmas 3G, Sistema de potencia, interiores y exteriores. El estudiante tendrá facilidad de apreciar la distribución de estos componentes en el servicio, podrá modificarlos y adecuarlos de acuerdo a como el usuario lo determine.

En componente de dotación que es la condición mínima e indispensable que garantizan los equipos biomédicos necesarios , en la "jerarquia" se creo una carpeta llamada, "Equipos Biomédicos" donde se desplegara por nombre el equipo que se requiera arrastrar hacia la escena para observar sus componentes de estructura 3D diseñadas como : superficies, texturas, colores realistas que simulan un equipo encendido, segmentación por conexiones, inclusión de imágenes realistas, bases inferiores y superiores, diseño de llantas, textos y marcas, etc. El estudiante podrá modificar estos componentes segmentados de acuerdo a su criterio y a la aplicación que se este usando.

Los componentes de dotación e infraestructura hospitalaria no cuentan con acciones de funcionamiento, solo para funciones de observación y comparar el ambiente real con el virtual. Los resultados son positivos por que se logra una distribución exacta del área UCI Y UCIN real incluyendo sus componentes y logra además, que el usuario entienda el funcionamiento y composición de un área UCI que cuenta con unos requerimientos especiales que el ingeniero biomédico por conocimientos básicos debe saber.

- Se logró el diseño en 3D exacto de la distribución del servicio de UCI y la Unidad de cuidados intermedios.





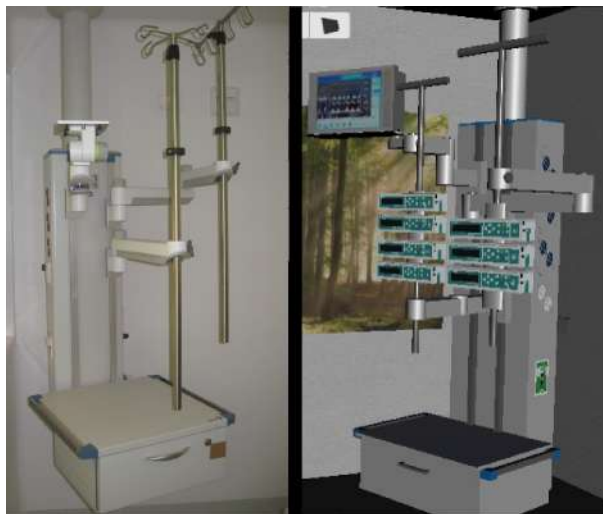
- El diseño de los dispositivos médicos logró alcanzar los estándares reales. A continuación se muestra el paralelo de los diferentes diseños en VR incluidos en el entorno y su modelo en la realidad.

Figura 4-3: Ventilador mecánico Purittan Bennett 840 - Diseño en 3D (VR)



Fuente: Propia

Figura 4-4: Estructura central de gases real - Diseño en 3D (VR)



Fuente: Propia

Figura 4-5: Bombas de infusión Braun Space- Infusomat real - Diseño en 3D(VR)



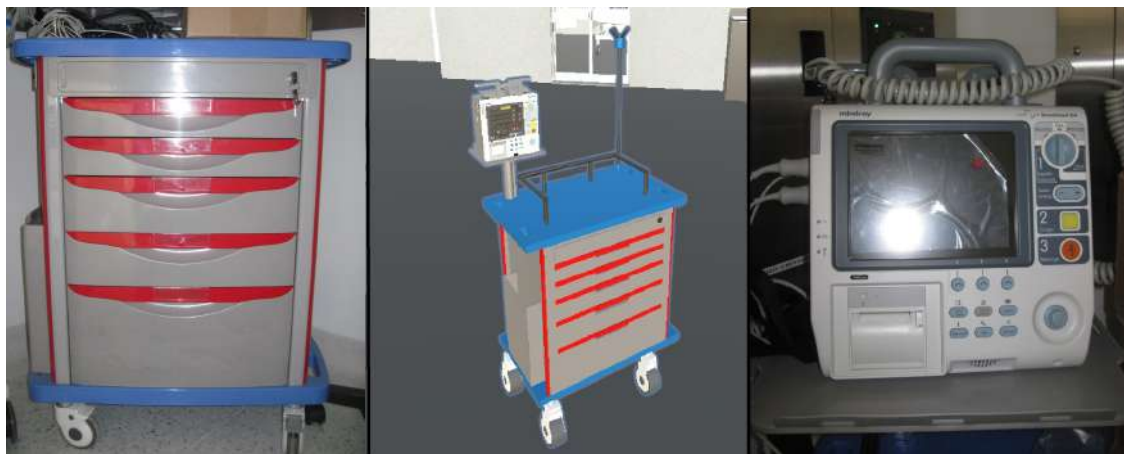
Fuente: Propia

Figura 4-6: Ventilador artificial Viasys HSLV - Diseño en 3D(VR)



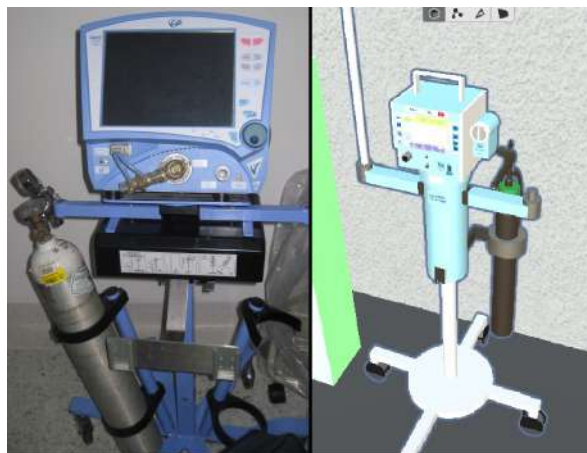
Fuente: Propia

Figura 4-7: Carro de paro con desfibrilador HSLV - Diseño en 3D(VR)



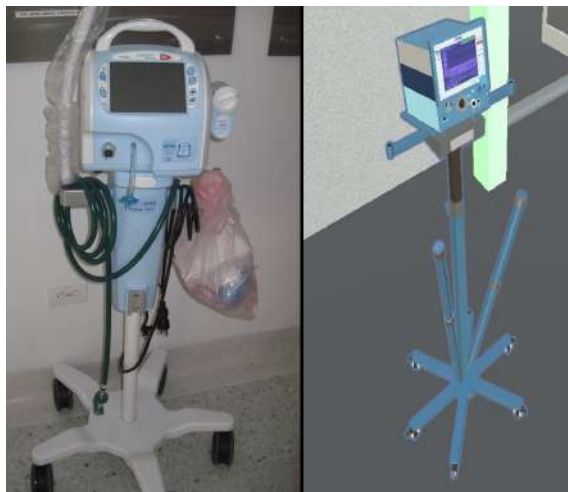
Fuente: Propia

Figura 4-8: Ventilador de transporte Newport HT70 HSLV - Diseño en 3D(VR)



Fuente: Propia

Figura 4-9: Paneles eléctricos del sistema vital y sistema crítico HSLV - Diseño en 3D(VR)



Fuente: Propia

Figura 4-10: Cama hospitalaria Stryker de cubiculo en HSLV - Diseño en 3D (VR)

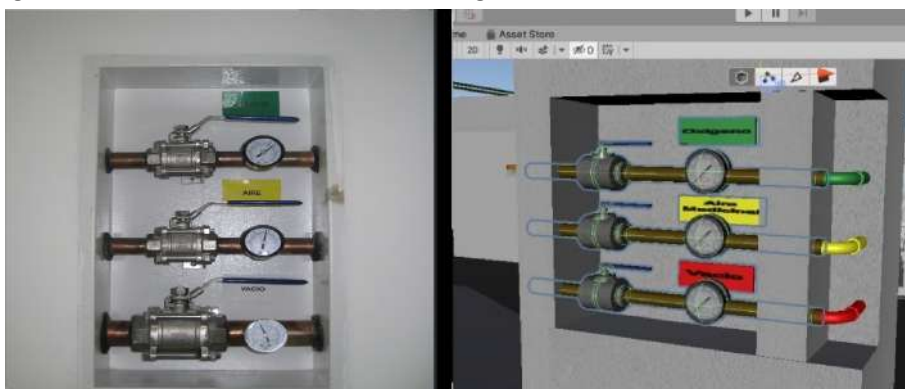


Fuente: Propia

- Se conservó la convención de colores para la representación de la red de gases en el servicio de UCI. Manteniendo las convenciones reales: amarillo para AIRE, verde para OXIGENO y rojo para VACÍO. Por otro lado también se observa la red eléctrica en azul. Y las acometidas para facilitar que estos suministros surtan los dispositivos médicos en cubículos y cuartos de UCI y la Unidad de cuidados intermedios.

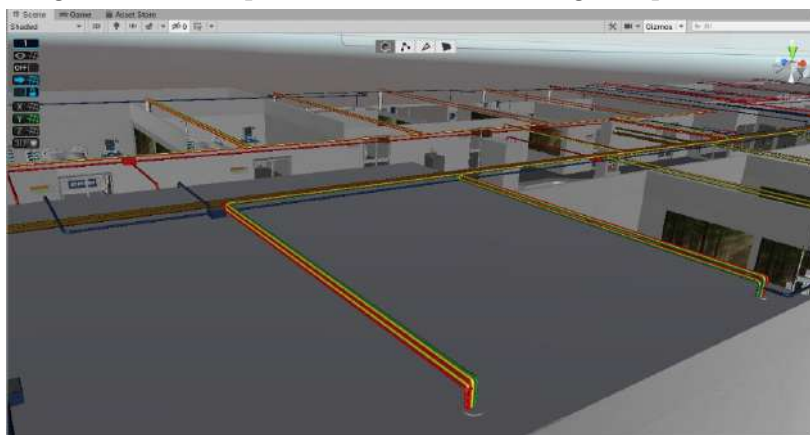
La imagen 4-12, muestra el paralelo de las válvulas de suministro de gases hospitalarios entre el plano 2D del HSLV y el diseño en Unity 3D

Figura 4-11: Válvulas manuales de gases en área UCI - Diseño en 3D (VR)



Fuente: Propia

Figura 4-12: Implementación de red de gases por cubículo en 3D

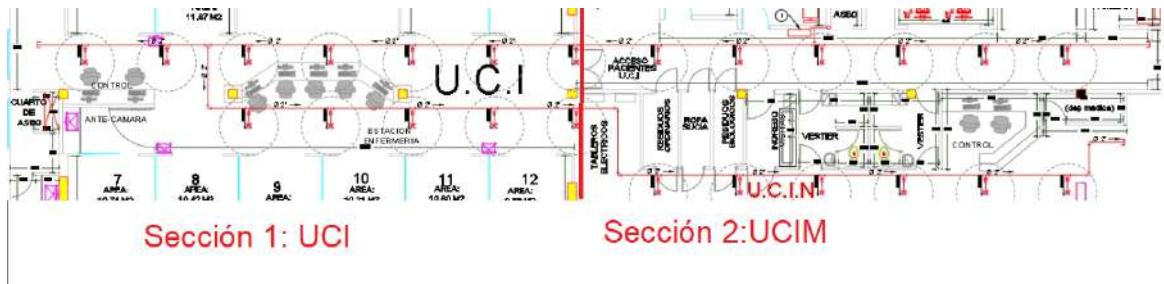


Fuente: Propia



- De acuerdo al plano 2D Autocad de la red contra incendios, los resultados obtenidos del diseño fueron:

Figura 4-13: Plano 2D Autocad de la red contra incendios



Fuente: Propia

Figura 4-14: Kit de emergencia en UCI - Diseño en 3D (VR)



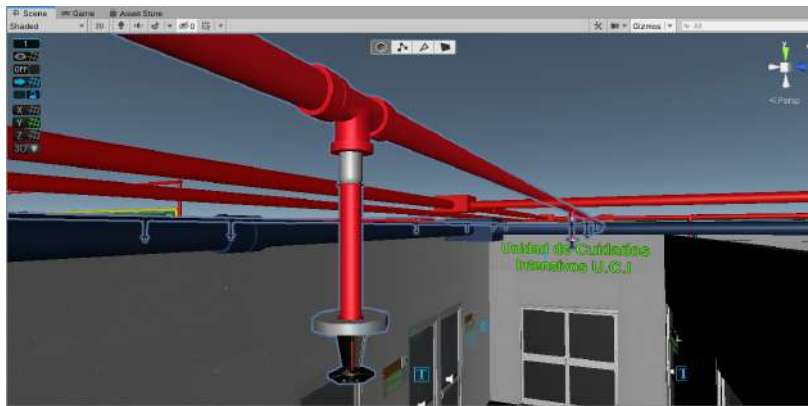
Fuente: Propia

Figura 4-15: Rociador real -Diseño en 3D



Fuente: Propia

Figura 4-16: Implementación de la red de incendios en 3D (VR) sobre el cielo raso de las instalaciones UCI Y la Unidad de cuidados intermedios



Fuente: Propia

- Del HSLV, también se logró obtener los planos record del sistema de potencia: Iluminación del sistema vital y crítico en 2D del servicio de UCI y la Unidad de cuidados intermedios.

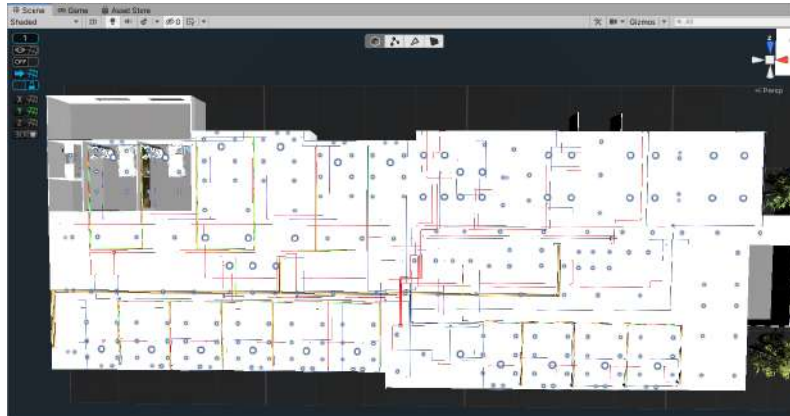
Figura 4-17: Plano 2D Autocad sistema de potencia: iluminación del sistema vital y sistema crítico del HSLV



Fuente: Propia

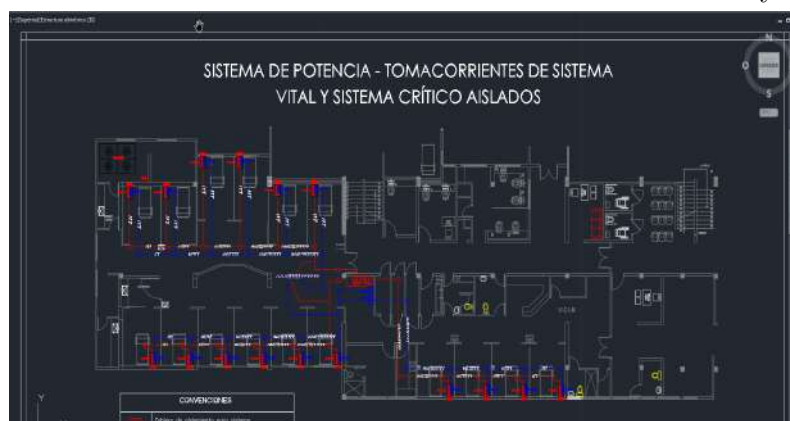


Figura 4-18: Diseño 3D Sistema de potencia: iluminación del sistema vital y sistema crítico de UCI y la Unidad de cuidados intermedios del HSLV



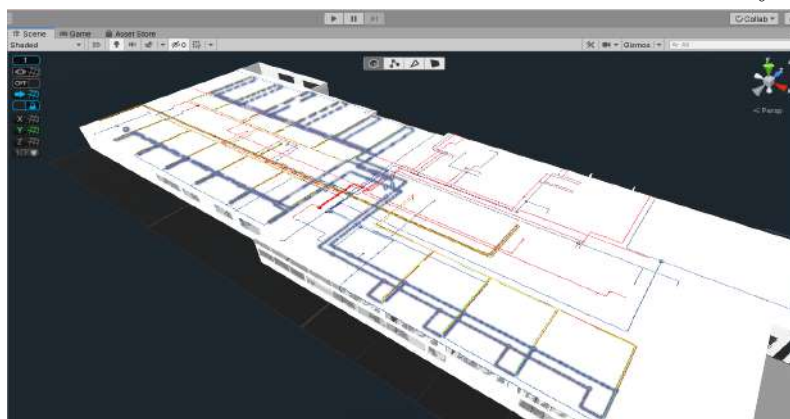
Fuente: Propia

Figura 4-19: Plano 2D de tomacorrientes del sistema vital y critico aislado



Fuente: Propia

Figura 4-20: Diseño 3D de tomacorrientes del sistema vital y critico aislados



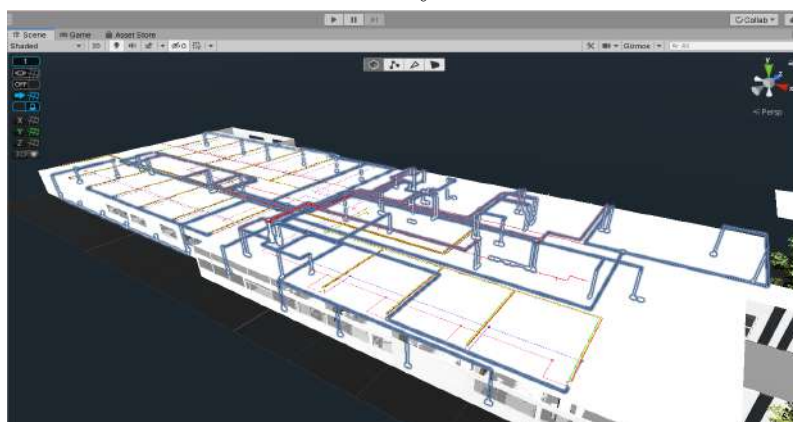
Fuente: Propia

Figura 4-21: Plano 2D sistema de potencia: Toma corrientes del sistema vital y crítico



Fuente: Propia

Figura 4-22: Diseño 3D de sistema de potencia: Toma corrientes del sistema vital y críticos (Se pueden ver resaltadas las líneas de conducción en color azul sobre las áreas UCI y la Unidad de cuidados intermedios)



Fuente: Propia

- En cumplimiento a la resolución 3100 con respecto a la habilitación de los servicios de UCI y la Unidad de cuidados intermedios que se ha implementado en el HSLV, se logró la dotación de los cubículos con componentes basados en la realidad en el ambiente virtual diseñado

Figura 4-23: Dotación de un cubículo en el HSLV



Fuente: Propia

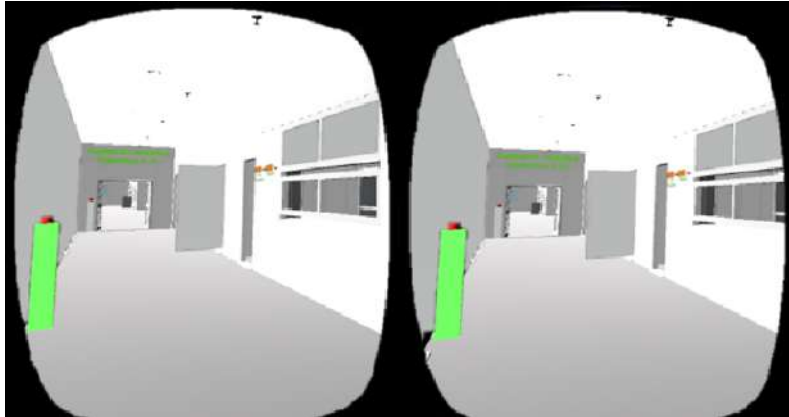
Figura 4-24: Dotación de un cubículo en el ambiente virtual



Fuente: Propia

- La imagen 4-25, enseña la visualización del ambiente a través del casco Oculus Rift

Figura 4-25: Ambiente VR a través del Oculus Rift



Fuente: Propia

- Tras el proceso de investigación y desarrollo, se elaboro e implemento una encuesta de percepción a los usuarios que verificaron el ambiente simulado después de pasar el proceso de inmersión y interacción en el mismo. Se deja en claro que no se incluyeron profesionales en otras áreas por que el desarrollo de este proyecto busca afianzar conocimientos que un egresado o profesional en Ingeniería Biomédica requiera. Si el uso de este software se considera para procesos de inducción o incorporación laboral a instituciones clínicas o prestadoras del servicio de salud, su enfoque seria distinto.
- De los 18 usuarios que probaron el ambiente, 13 son profesionales en ingeniería biomédica y 9 de ellos se desempeñan laboralmente en el ambiente hospitalario. En la tabla 4-1, se tienen en cuenta la respuesta de estos 9 usuarios, ya que son ingenieros que por su enfoque laboral, tienen mas contacto, conocimiento y experiencia acerca del ambiente real en una clínica u hospital. Por ello, pueden dar una respuesta mas acertada de la utilidad y beneficio del ambiente diseñado. La tabla 4-1, es el consolidado de las respuestas de estos usuarios. Y, el 100 % de los encuestados registraron que el ambiente es útil para la formación del ingeniero biomédico y complementan las materias afines en pregrado.
- El aplicativo del ambiente 3D fue probado por 18 usuarios entre estudiantes del pregrado en ingeniería biomédica de la UAN y profesionales en el ámbito egresados de la universidad nombrada . Al final de cada prueba se entregó un cuestionario para captar la percepción y acogida del ambiente.

Tabla 4-1: Registro de encuesta a Ingenieros biomédicos

Usuario	¿El ambiente de VR construido apoya la formación del ingeniero biomédico y afianza sus conocimientos?	¿El ambiente virtual complementa las materias afines al tema el pregrado?	¿Los textos presenta información útil?
1	Si	Si	Si
2	Si	Si	Si
3	Si	Si	Si
4	Si	Si	Si
5	Si	Si	Si
6	Si	Si	Si
7	Si	Si	Si
8	Si	Si	Si
9	Si	Si	Si

¿Las horas asignadas a visitas en las clínicas, durante el pregrado son suficientes para desenvolverse en el ámbito laboral ?		
Participantes	Si	No
Estudiante de ingeniería biomédica	0	4
Ingeniero Biomédico	3	14
Docente	0	0
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>15</b>

Figura 4-26: ¿Las horas asignadas a visitas en las clínicas, durante el pregrado son suficientes para desenvolverse en el ámbito laboral ?

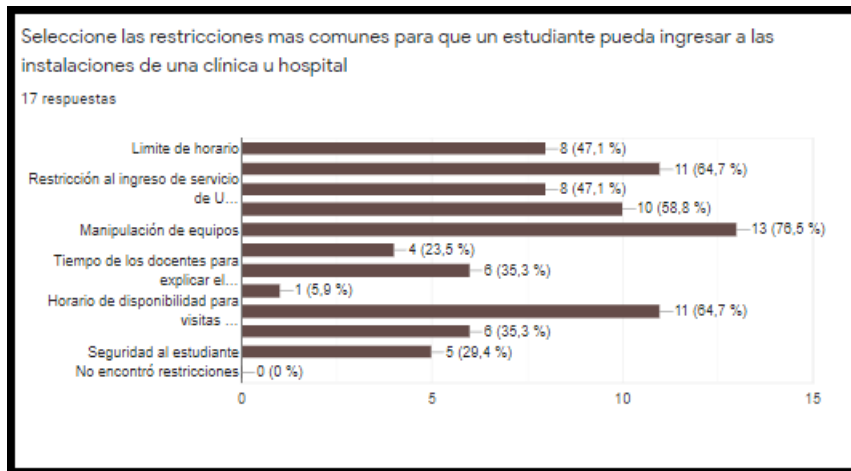


Fuente: Propia

En la pregunta anterior, se observa que un 83,3 % de los encuestados respondieron que las horas asignadas a practicas durante el pregrado NO son suficientes para adquirir un gran conocimiento para enfrentar las responsabilidades laborales, razón por la cual es importante adquirir herramientas para el apoyo al aprendizaje.

A la pregunta, Seleccione las restricciones mas comunes para que un estudiante pueda ingresar a las instalaciones de un hospital . Un 76,5 % de los encuestados respondieron que la mayor restricción es la manipulación de equipos, un 64,7 % Ingreso al área de UCI y Restricción de visitas a algunas áreas de los hospitales y clínicas. Así se muestra en la figura 4-27. Lo cual indica que el uso del ambiente virtual, sería una herramienta oportuna para disminuir las diferentes restricciones que se pueden presentar en una clínica, esta afirmación se apoya en el hecho de que los encuestados registraron que el ambiente si aporta a la formación del estudiante 4-28

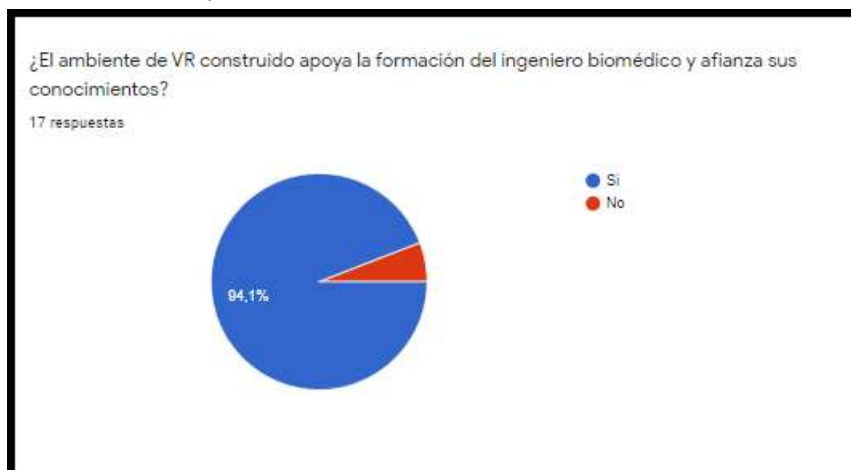
Figura 4-27: Seleccione las restricciones mas comunes para que un estudiante pueda ingresar a las instalaciones de una clínica u hospital



Fuente: Propia

Como se observa en la figura 4-28, un 94,1 % coinciden en que la implementación de un ambiente VR apoya la formación del ingeniero biomédico.

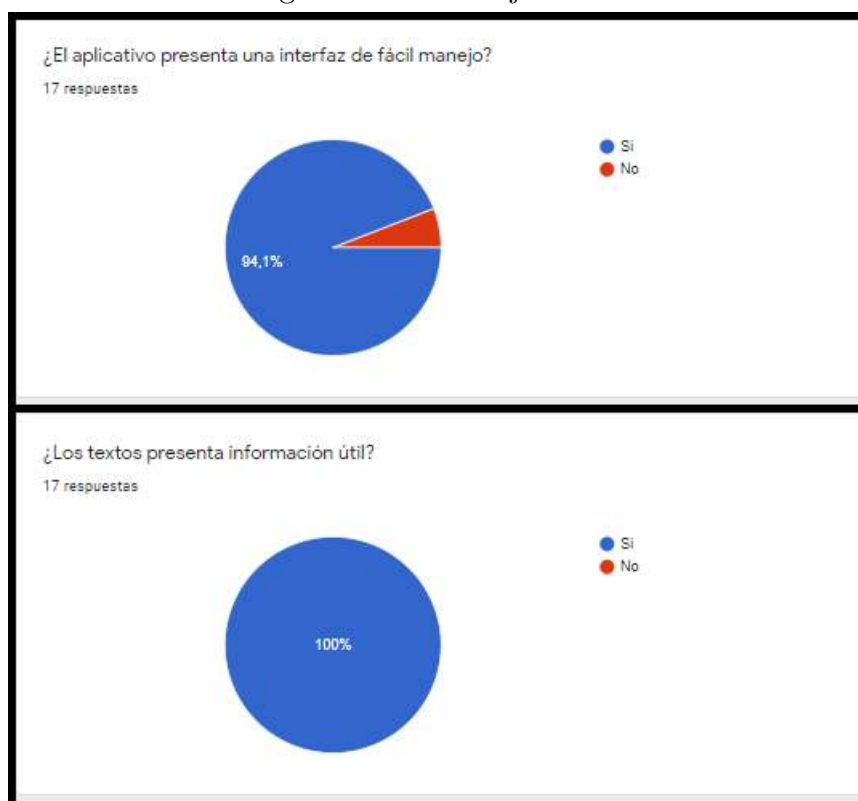
Figura 4-28: ¿El ambiente de VR construido apoya la formación del ingeniero biomédico y afianza sus conocimientos?



Fuente: Propia

Se logró la construcción de un ambiente amigable con el usuario. Los resultados mostrados en la figura 4-29, indican que el ambiente es de fácil uso y que la información es útil para el usuario.

Figura 4-29: Manejo del ambiente



Fuente: Propia

#### 4.0.1. Trabajos futuros:

Los resultados entregados en este trabajo, son la base para que nuevos proyectos de los estudiantes de pregrado en ingeniería biomédica de la Universidad Antonio Nariño, busquen complementar el ambiente hospitalario recreado, con el fin de lograr la construcción total del servicio de UCI, es decir incluir el área de UCI neonatal.

Para el servicio de UCI ya construido, es posible continuar con la mejora de este, al implementar en los dispositivos médicos mayor interactividad con el usuario, al adicionar funcionalidad a los equipos médicos. De esta forma se va fortaleciendo el apoyo a la formación del ingeniero biomédico, ya que el estudiante puede entrar a manipular los equipos médicos y así adquirir destrezas y un mayor conocimiento.

En busca de que el entorno cada vez complemente de mejor manera el aprendizaje de los estudiantes que ya se encuentran familiarizados con los entornos clínicos, una nueva dirección de este trabajo se podría enfocar en el modelamiento de equipos, extendiendo el apoyo en el aprendizaje a mantenimientos correctivos y preventivos de los equipos mas complejos de una clínica, que un estudiante no va a poder manipular totalmente en la realidad durante su formación.



Por otro lado, la resolución que rige el servicio de las clínicas hospitalares, están en constante cambio y actualización, lo cual propone un reto para los estudiantes de la UAN, para que el ambiente construido también sea actualizado en paralelo a los cambios en la normatividad.

Y, por supuesto se plantea la posibilidad de desarrollar a través de ambientes de realidad virtual los demás servicios que ofrece el Hospital Susana Lopez de Valencia.

## 5 Conclusiones

Teniendo en cuenta la opinión de profesionales en ingeniería biomédica, que orientaron el desarrollo del ambiente diseñado. Se concluye, que complementa el aprendizaje en el pregrado mencionado, ya que el servicio modelado de UCI presenta múltiples herramientas, equipos, instrumentos, espacios y elementos para conocer y estudiar sin limitaciones ni restricciones en cuanto a horario y cantidad de personas que deseen recorrer el ambiente simultáneamente.

Este trabajo apoya la educación virtual y se convierte en una herramienta de gran utilidad para los estudiantes durante el tiempo de pandemia de COVID-19, vivido durante gran parte del año 2020. Donde las clases se dictaron de modalidad 100 % y los estudiantes, específicamente de la carrera ingeniería biomédica no contaron con la posibilidad de hacer las visitas corrientes realizadas con lo docentes a los servicios clínicos.

En la encuesta realizada a los usuarios del ambiente VR, había la posibilidad de NO registrar limitación alguna a la hora de ingresar a una clínica con rol de estudiante. Todos los encuestados marcaron una limitación de las disponibles. Y teniendo en cuenta que el ambiente mejora la experiencia del biomédico en formación. El ambiente se convierte en una herramienta de apoyo y útil para el complemento de la educación durante los semestres mas altos del pregrado.

Se logró la implementación de un servicio de UCI acorde al del HSLV. Se aplicó la Resolución 3100 de 2019 en sus componentes para la habilitación del servicio de UCI, que implica: La dotación de equipos médicos en los diferentes cubículos, la infraestructura e instalación de redes de gases, eléctricas, hidráulica

A diferencia de una visita real al área de UCI, en la que no es posible visualizar el recorrido de las redes de gases, eléctricas e hidráulicas. El ambiente recreado permite detallar estas redes, en cada uno de sus aspectos: puntos de origen, recorrido, interruptores y demás. Afianzando así el conocimiento de los estudiantes, en un aspecto adicional al de dotación de dispositivos, que es la implementación del sistema de redes en el servicio de UCI y su instalación física en el medio de la estructura.

El usuario final puede realizar el recorrido y estudio de dotación en el área de UCI, manteniendo su seguridad.

El manejo máximo del casco Oculus Rift DK2 es de máximo 20 minutos continuos, se deben realizar movimientos leves para evitar mareos durante la inmersión. A usuarios mas sensibles, se les recomienda hacer un uso máximo de 10 minutos y continuar la navegación desde una computadora portátil haciendo uso de teclado y mouse.

Un 94,1 % de los usuarios que ingresaron al ambiente de realidad virtual diseñado tanto estudiantes como profesionales en ingeniería biomédica que ya laboran en áreas clínicas, coincidieron en que es una herramienta útil para apoyar la academia afín con el tema de interés y que aumentaría el conocimiento y experiencia del recién egresado. Esto, teniendo en cuenta que una gran mayoría de profesionales en ingeniería biomédica se dedica al mantenimiento de equipo y se desenvuelven en el ámbito hospitalario. En la encuesta realizada en al usuario final, un 47, % se dedica al mantenimiento, labor en la que es esencial conocer los estándares de dotación e infraestructura de la Resolución 3100.

Se implementó un ambiente de fácil manejo para el usuario inmerso, los usuarios finales encontraron facilidad para hacer el recorrido en la escena recreada, una interfaz amigable para la activación, lectura y desactivación de textos. Además de que se concluyó gracias a la encuesta realizada, que la información presentada como introducción a espacios y dispositivos médicos es útil.

El aplicativo, en modo edición brinda herramientas útiles para evaluar el conocimiento de los estudiantes de manera interactiva y dinámica. Por ejemplo, es posible dejar un cubículo vacío y que el estudiante lo dote de acuerdo a la Resolución 3100 dirigido al servicio de UCI.

Para realizar el recorrido del ambiente de UCI y de la Unidad de cuidados intermedios diseñado, no es obligatorio hacer uso del casco de realidad virtual ni del Leap Motion. El usuario final, puede interactuar con esta herramienta desde un ordenador que tenga acceso a la plataforma Unity 3D, navegando tal cual se hace en un videojuego común.

## Referencias

- 3D, U. (2020). <https://unity.com/es>.
- Amrita. (2020). <https://vlab.amrita.edu/>.
- Atehortúa, J. P. R. (2017). La realidad virtual no inmersiva como herramienta dinamizadora de los procesos didácticos. *IV. COMUNICACIÓN, EDUCACIÓN, FORMACIÓN Y PROFESIONES*.
- Biomodel. (2020). <http://biomodel.uah.es/>.
- Botella, C. (2007). La utilización de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en psicología clínica. *Revista sobre la sociedad del conocimiento*.
- Carbajal, M. O. (2008). Desarrollo de un sistema inmersivo de realidad virtual basado en cabina multipersonal y camino sin fin.
- Castillo, J. O. (2017). La realidad virtual y la realidad aumentada en el proceso de marketing. *Revista de Dirección y Administración de Empresas*.
- CEMTRÓ, C. (2019). Aplicaciones y ventajas de la cirugía robótica da Vinci. <http://www.icirugiaprobotica.com/cirugia-robotica-da-vinci/>.
- de Barcelona, U. (2020). <https://www.ub.edu/web/ub/ca/>.
- de búsqueda Resultados de la Web Centro Nacional de las Artes CENART, R. (2020). <https://www.cenart.gob.mx/>.
- de Coruña, U. (2020). <https://www.udc.es/es/>.
- Energymedical.  
. Descargado de <https://www.energymed.com.co/>.
- Ewalt, D. M. (2018). *Defying reality: The inside story of the virtual reality revolution*.
- Expo, M.  
Simulador para cirugía robótica. . Descargado de <https://www.medicalexpo.es/prod/mimic-technologies/product-112216-739694.html>.
- Fernández-Riomalo, C. E., Guástar-Morillo, H. A., y Vivas-Albán, O. A. (2016). Design and modeling of a virtual pa-10 robot for surgical applications. *Revista Facultad de Ingeniería*, 25(42), 21–32.
- FundamentalVR. (2018). Entrenamiento quirúrgico con realidad virtual.
- Garrell, A., y Guilera, L. (2019). *La industria 4.0 en la sociedad digital*. Marge books.
- Grigore C. Burdea, P. C. (2003). *Virtual reality technology*.
- Guzman Villamarín, D. E., y Vivas Albán, Ó. A. (2015). Software tool for the practice on robotic surgery. *Ingeniería y Universidad*, 19(1), 7–26.
- Hui, Z. (2017). Head-mounted display-based intuitive virtual reality training system for the mining industry. *International Journal of Mining Science and Technology*.
- Instituto burmuin.  
. Descargado de <https://www.institutoburmuin.com/area-personas-adultas/tratamiento-de-fobias-con-realidad-virtual/>

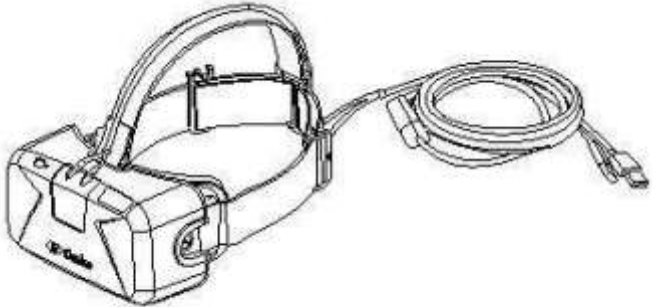
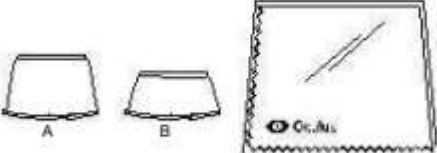

- itusers (Ed.).  
 Industria 4.0. . Descargado de \T1\guillemotleft<https://itusers.today/>, \T1\guillemotright13062020.[Enlínea].Available:<https://itusers.today/industria-4-0-sector-salud/>
- J, M. (1997). Virtual reality in neuro-psycho-physiology. cognitive, clinical and methodological issues in assessment and rehabilitation.
- Lespiau, S. (2016). La implementación y desarrollo del campus virtual en un hospital público: El caso del hospital de alta complejidad el cruce. *RECH*.
- Lopez, I. H. (2015). Surgical simulation by means of virtual reality in cuba. *Revista Cubana de Oftalmología*.
- M, R. (2016). Virtual reality. salem press encyclopedia of science.
- Martín, C. (2004). Interfaces hápticos, aplicación en entornos virtuales. En *Memorias del xvi congreso internacional de ingeniería gráfica*.
- Martinez, R. O. (2014). Construcción y tecnología en concreto. *Concreto pesado para la salud*, 48-51.
- MENTOR, L. (2020). <https://www.3dsystems.com/healthcare/lap-mentor-vr>. *Lab MENTOR*.
- Ministerio de salud de colombia.  
 . Descargado de [https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R4445\\_96.pdf](https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R4445_96.pdf).
- Mireles, D. G. (2014). Animación digital y realidad virtual.
- Monserrat, C. (2016). Estado del arte en simulación quirúrgica. *Universidad Politécnica de Valencia*.
- Motion, L. (2020). <https://developer.leapmotion.com/101>.
- of Human Resource Development Under the National Mission on Education through ICT, M. (2020). <http://www.vlab.co.in/>.
- Pamela Quintana, B. S. G. C.-L., Stéphane Bouchard. (2014). Los efectos secundarios negativos de la inmersión con realidad virtual en poblaciones clínicas que padecen ansiedad. *REVISTA DE PSICOLOGIA CLINICA*.
- pfizer.  
 . Descargado de <https://www.pfizerpro.es/news/que-es-la-realidad-virtual-y-como-se-aplica-en-medicina>
- projects, I. (2017). Realidad virtual aplicada a la salud. *INNOREA PROJECTS*.
- proven training system, T. (2015). Lapsim. *surgicalscience*.
- R, C. (1995). Virtual reality. *SPRINGER*.
- Revista de ingeniería.  
 . Descargado de <https://revistaingenieria.deusto.es/tag/industria-4-0>
- Revista de salud it.  
 . Descargado de (<https://revistaitnow.com/la-salud-y-la-industria-4-0/>).
- Reyes, G. (2014). Realidad virtual y entornos virtuales como apoyo al acercamiento universidad - comunidad: el caso de la facultad de ingeniería de la uaemex. *Universidad de guadalajara*.

- Rift, O. (2020). <https://www.oculus.com/rift/>.
- Ruano, L. E., Congote, E. L., y Torres, A. E. (2016). Comunicación e interacción por el uso de dispositivos tecnológicos y redes sociales virtuales en estudiantes universitarios. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*(19), 15–31.
- Salvador Otón, J. R. H., Javier Martínez. (2018). Aplicación de la realidad virtual en la enseñanza a través de internet. *ResearchGate*.
- Schijven, M. P. (2003). The learning curve on the xitact ls 500 laparoscopy simulator: profiles of performance. *Springer*.
- Stereoimotion. (2016). Simulación y entornos de formación en ciencias de la salud.
- Sutherland, I. (1963). Sketchpad a man-machine graphical communication system. *Massachusetts Institute of technology*.
- Tovar, D. R. R. (2016). Simuladores virtuales para entrenamiento de habilidades para laparoscopia. *Revista Ingeniería Biomédica*.
- Trilnick, C. (1968). *Sensorama* (P. pladis, Ed.).
- VR, F.
- Fsioterapia vr. . Descargado de (<https://www.fisioterapia-online.com/articulos/realidad-virtual-una-alternativa-terapeutica-en-fisioterapia>)

## 6 Anexos

### 6.1. Conexión del Oculus Rift DK2

#### 6.1.1. Componentes del Oculus Rift DK2

Gafas de realidad virtual	 A line drawing of the Oculus Rift DK2 headset, showing the front view with the lens and the top view with the head strap. A long cable is attached to the side of the headset.
Lentes y paño	 A line drawing showing two lenses, labeled A and B, and a rectangular cleaning cloth with the Oculus logo and a diagonal line indicating the cleaning direction.
Rastreador de posición	 A line drawing of the Oculus position tracking sensor, which is a rectangular device with a lens and a sensor on the front.
Cable USB de la cámara	 A line drawing of a USB camera cable, showing a standard USB-A connector on one end and a smaller connector on the other.




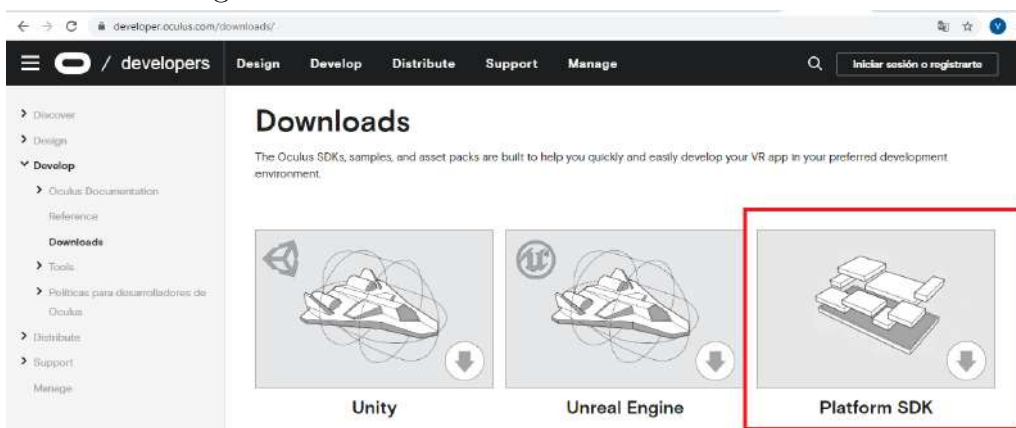
Cable de sincronizaci3n	
Adaptador DVD a HDMI	
Adaptadores de corriente	

Tabla 6-1: Componentes del Oculus Rift DK2

### 6.1.2. Instalaci3n del Oculus Rift DK2

- **Instalaci3n del software:** Para el reconocimiento y uso de las gafas de realidad virtual, es necesario instalar el software “oculus SDK”, el cual se encuentra en la p3gina oficial de oculus <https://developer.oculus.com/downloads/>

Figura 6-1: Plataforma de softwares de Oculus Rift



Fuente: (FundamentalVR, 2018)

- **Configuraci3n de las gafas de realidad virtual** El bot3n “Show Demo Scene” de la Im3gen 6-2, permite dar una vista r3pida de la escena bajo



los parámetros establecidos y ver si se determinaron correctamente. Una vez realizada esta prueba se procede a retirar la cubierta frontal de las gafas, con el fin de verificar si el cable está bien conectado.

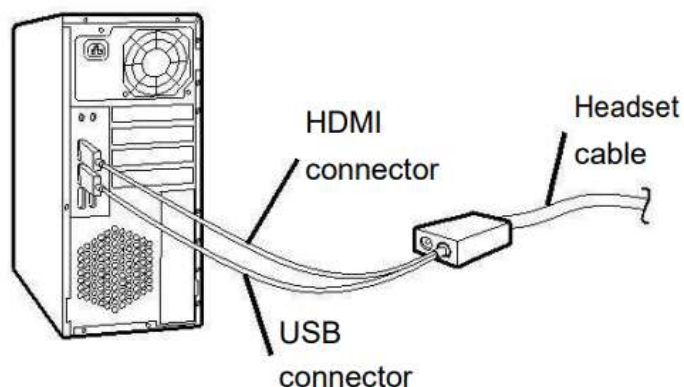
Figura 6-2: Configuración de las gafas de VR al iniciar la instalación del SDK



Fuente: (FundamentalVR, 2018)

- **Conexión del Oculus al PC** El cable de las gafas, cuenta con entrada HDMI y USB, deben conectarse las dos al computador. En caso de que el equipo no cuente con puerto HDMI, debe reemplazarse por la entrada DVI. El conector DVI, viene incluido en el Kit (Rift, 2020).

Figura 6-3: Conexión del Oculus al PC

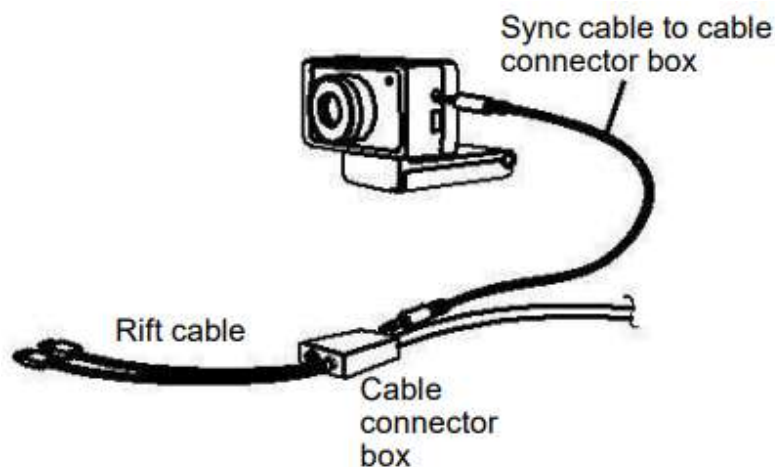


Fuente: (FundamentalVR, 2018)

NOTA: no se recomienda usar adaptadores para aumentar la extensión del cable, ya que disminuyen la calidad de la imagen recibida en las gafas

- **Conexión de la cámara rastreadora de posición** Una punta del cable de sincronización se conecta en la entrada que va a la cámara rastreadora de posición y la otra punta a la caja de conectores de cables como lo muestra la 6-4 (Rift, 2020).

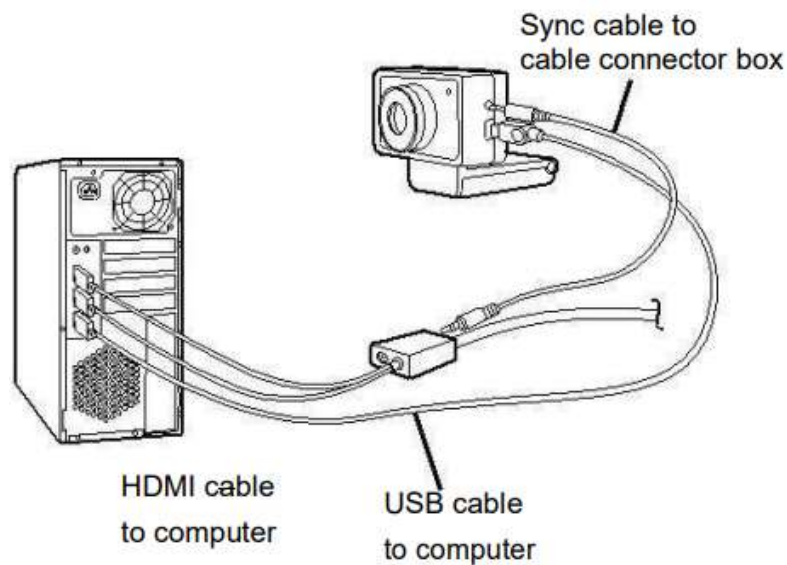
Figura 6-4: Conexión del cable de sincronización del rastreador de posición



Fuente: (FundamentalVR, 2018)

Después, se procede a la conexión del cable USB, insertando las entradas adecuadamente en el rastreador de posición y en el computador.

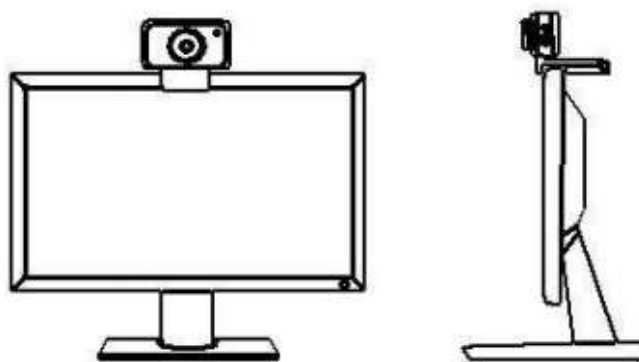
Figura 6-5: Conexión del cable USB del rastreador de posición



Fuente: (FundamentalVR, 2018)

- **Implementación de la cámara rastreadora de posición** El dispositivo encargado de rastrear la posición del usuario en el espacio 3D. Debe ubicarse en un lugar estable, la mejor opción es en la parte superior del monitor o en trípode. **6-6** (Rift, 2020).

Figura 6-6: Ubicación ideal del rastreador de posición

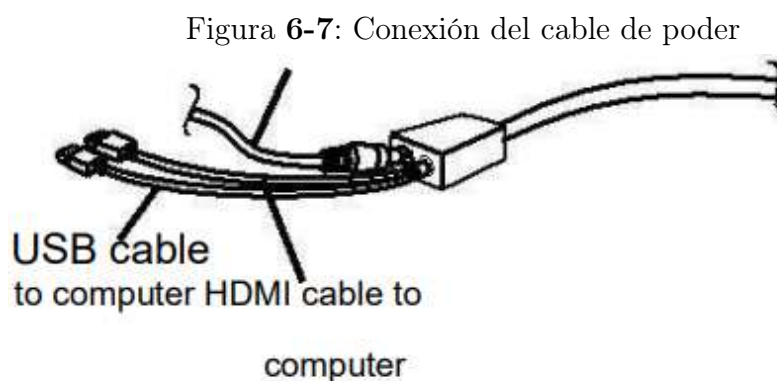


Fuente: (FundamentalVR, 2018)

NOTA: Asegúrese de que el rastreador se encuentre en línea recta con respecto al paciente.

- **Conectar el cable de alimentación a la caja de conectores** La conexión del cable de alimentación a la caja de conectores permite el uso de los

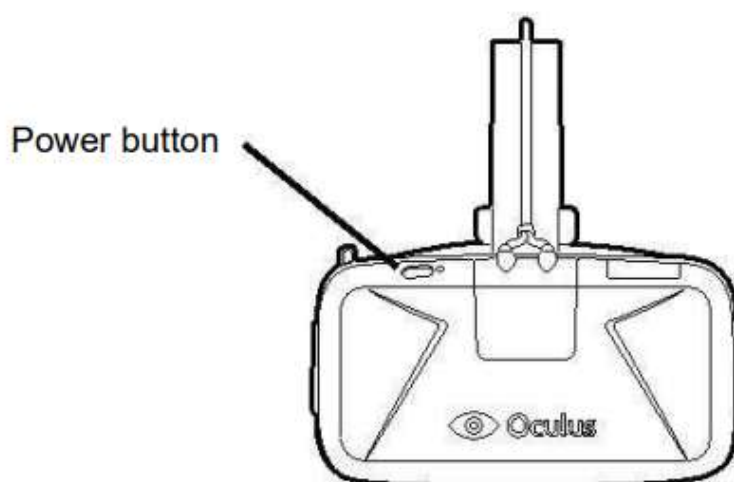
puertos USB. En la conexión del cable de alimentación se debe verificar que el adaptador de corriente a usar es el adecuado, según el voltaje. **6-7** (Rift, 2020).



Fuente: (FundamentalVR, 2018)

- **Encendido de las gafas de realidad virtual** Del botón que se muestra en la imagen **6-8**, se enciende el casco, si el led no se ilumina, es necesario verificar las conexiones anteriores. Si el led enciende de color naranja, el casco recibe alimentación pero no señal de vídeo. Si el led enciende de color azul, significa que si está recibiendo señal de vídeo. **6-7** (Rift, 2020).

Figura 6-8: Botón de encendido del Oculus Rift DK2

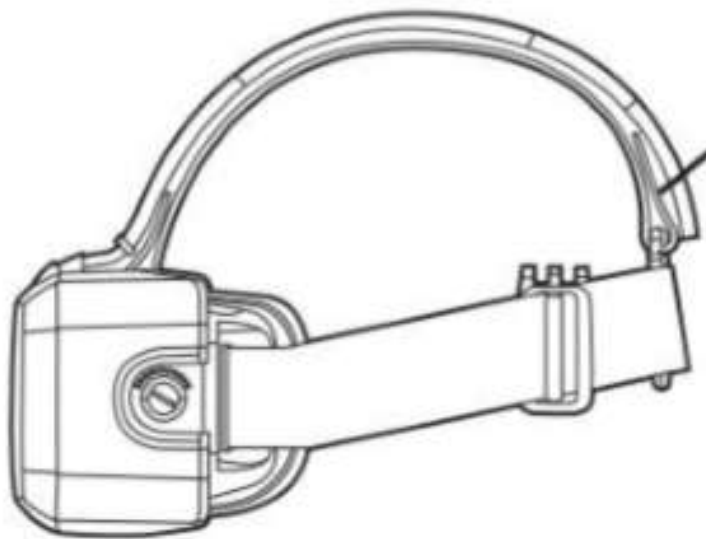


Fuente: (FundamentalVR, 2018)

NOTA: Si el piloto del casco encendió de color azul, se procede a ser puesto en el usuario y se ajusta de las correas que trae el dispositivo

- **Ajuste del enfoque** La distancia entre los ojos y los lentes se puede ajustar desde la perilla ubicada en el extremo del casco (Rift, 2020).

Figura 6-9: Ajuste del enfoque



Fuente: (FundamentalVR, 2018)

## 6.2. Conexión e instalación del Leap Motion

- **Descarga del software para el Leap Motion** En la página de Leap Motion <https://developer.leapmotion.com/>, es posible descargar el controlador del leap motion. De acuerdo al sistema operativo, es posible seleccionar el software.
- **Conexión por USB al PC** Se debe retirar la cubierta adhesiva como se indica en la imagen **6-10**. El lado liso debe ir hacia arriba y se conecta al ordenador por medio del puerto USB, como se muestra en **6-11**.

Figura 6-10: Leap motion



Fuente: Leap Motion

Figura 6-11: Leap motion conectado al PC, por USB



Fuente: Leap Motion

## 6.3. Emparejamiento de los dispositivos con Unity3D

### 6.3.1. Instalación de Unity 3D:

Ingresando a la página oficial de Unity 3D, es posible descargar el software, de acuerdo al sistema operativo que se maneje.

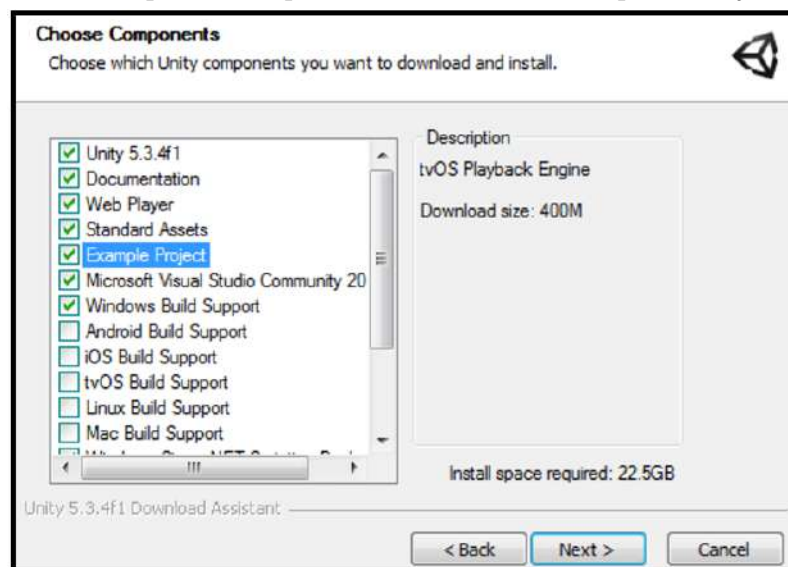
Figura 6-12: Página web de unity, para la descarga del software



Fuente:Unity2020

Los componentes a instalar, una vez se ejecuta el setup de Unity son:

Figura 6-13: Componentes que se deben seleccionar para la ejecución de Unity 3D

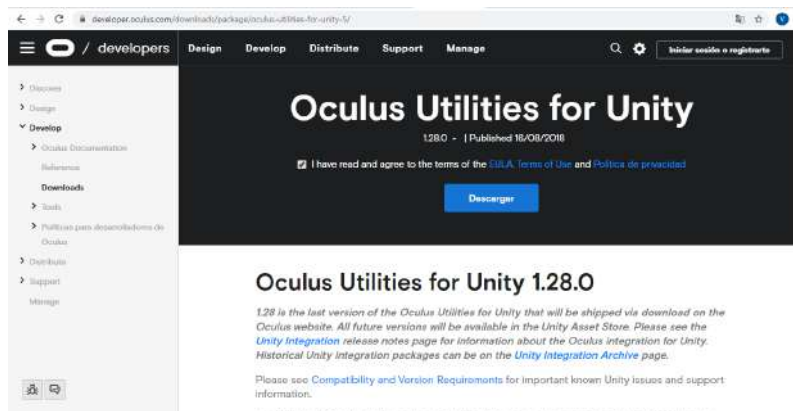


Fuente:Unity2020

### 6.3.2. Emparejamiento del hardware

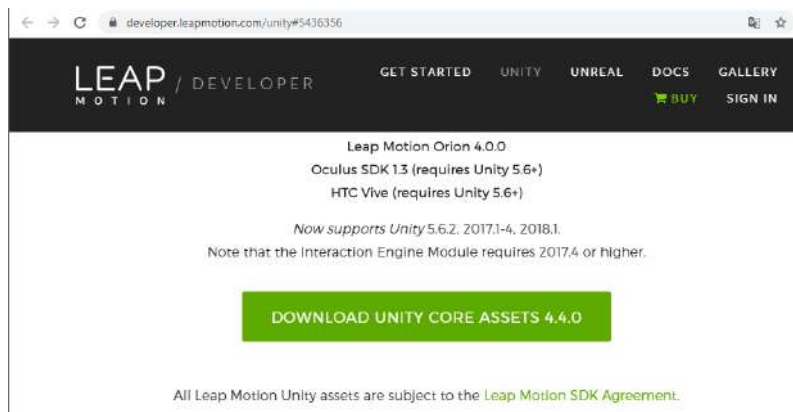
Para emparejar los dispositivos a Unity 3D, es necesario descargar los controladores que ofrecen Oculus VR y Leap Motion y se pueden obtener desde sus respectivas páginas.

Figura 6-14: Tool para el emparejamiento del Oculus Rift DK2 con Unity3D



Fuente: Unity2020

Figura 6-15: Tool para el emparejamiento del Leap Motion con Unity3D



Fuente: Unity2020

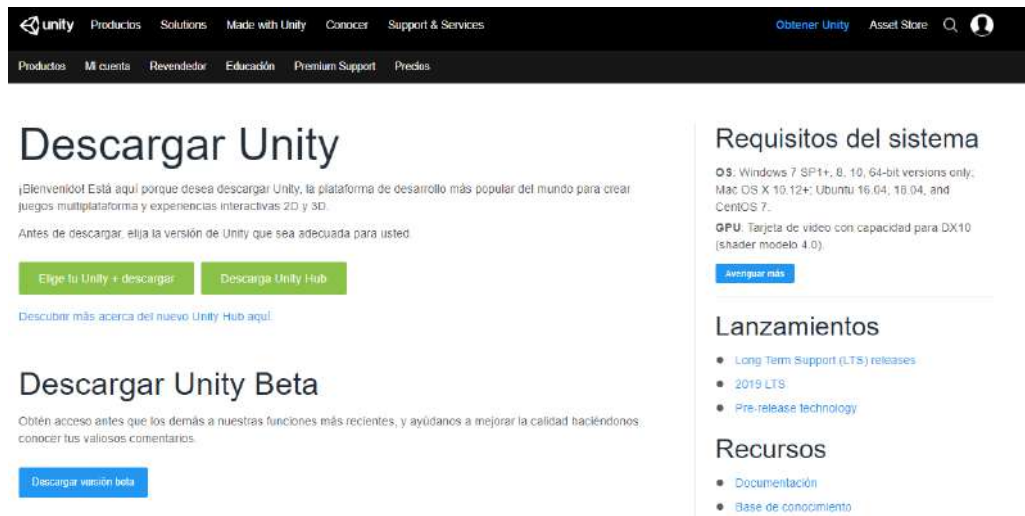


# 7 Manual para uso de unity

## 7.1. Descarga e instalación del software

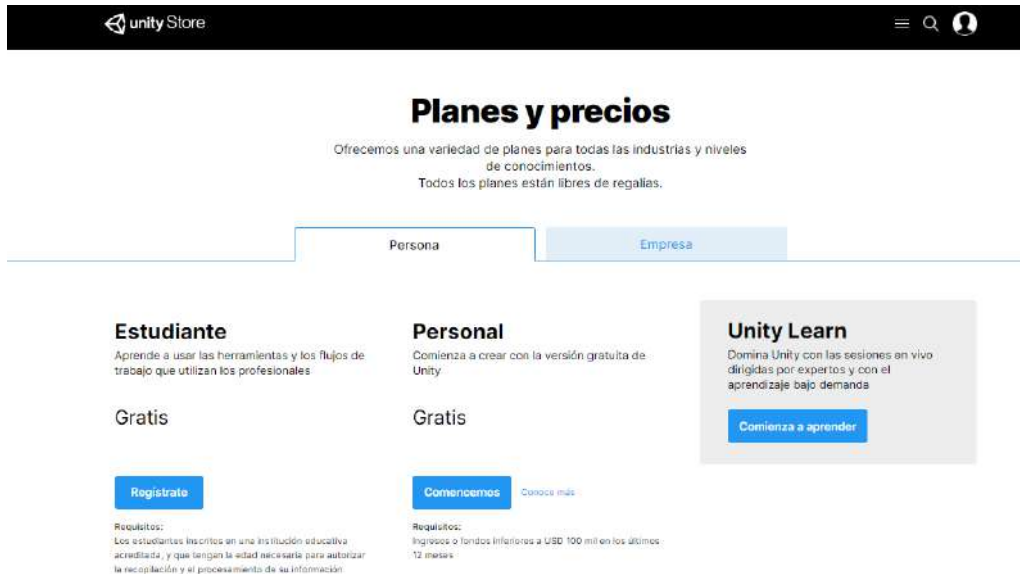
Desde la página de Unity3D (3D, 2020) , es posible descargar el software para iniciar el modelado 3D. En la imagen **7-1**, se observa como acceder para descargar Unity3D, es posible descargar versiones pagas dependiendo del uso. Pero también presenta versión gratis, a la cual es posible acceder con una cuenta institucional y con un correo del mismo dominio **7-2**.

Figura 7-1: Interfaz de la página de unity3D



Fuente:Unity3D

Figura 7-2: Versiones de descarga de unity3D

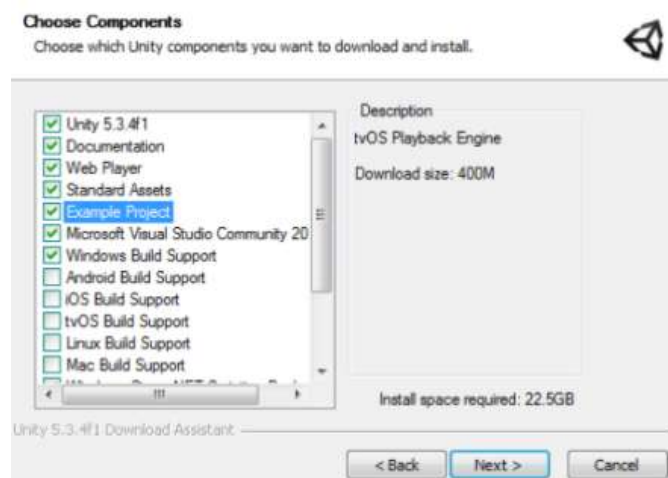


Fuente:Unity3D

Una vez descargado el software, siga las indicaciones:

1. *Selección de herramientas de Unity:* Abrir el asistente de descarga de Unity 3D para seleccionar las herramientas que se desean instalar.

Figura 7-3: Asistente de instalación de unity3D



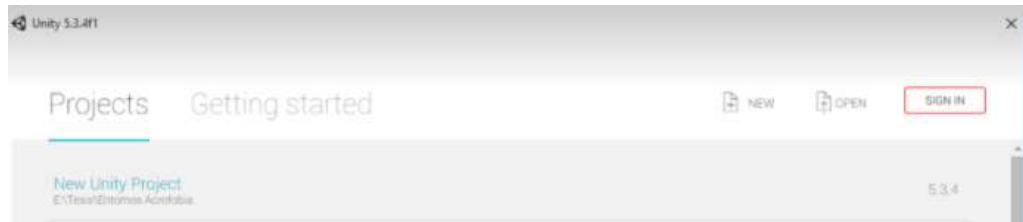
Fuente:Unity3D

## 7.2. Crear un nuevo proyecto

Para iniciar con el diseño 2D o 3D 7-5, se debe crear un nuevo proyecto, como se indica a continuación, haciendo click en *New* 7-4.

1. *Nuevo proyecto:*

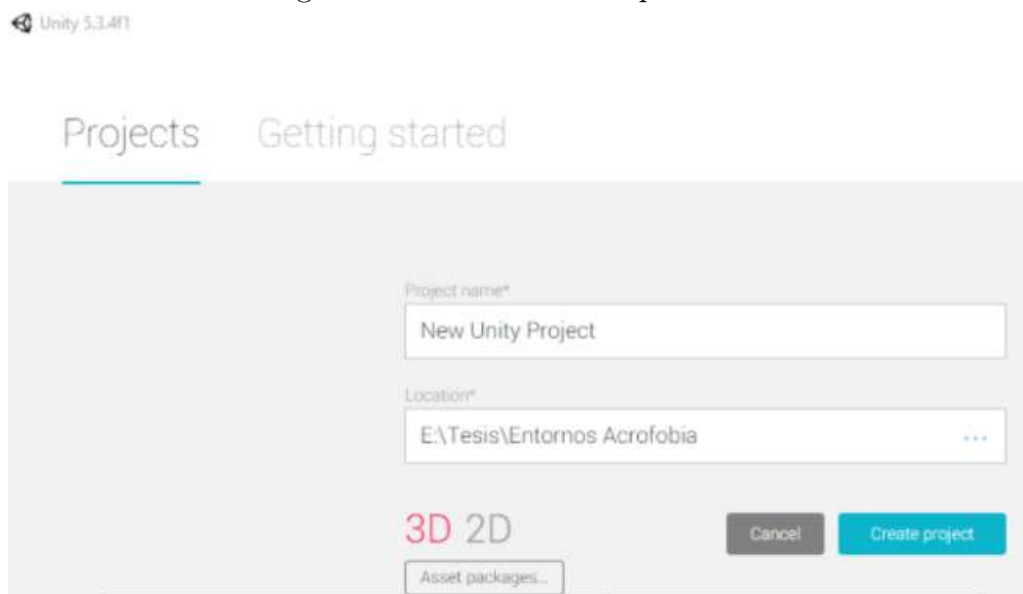
Figura 7-4: Como crear un nuevo proyecto en Unity



Fuente:Unity3D

2. *Selección de tipo de modelado:*

Figura 7-5: Selección del tipo de diseño



Fuente:Unity3D

## 7.3. Interfaz de unity3D

Tal como se explica en el marco teórico, la pantalla principal de Unity3D, se divide en varios módulos, cada uno con características especiales, para crear, visualizar, editar y organizar entre otras funcionalidades, la escena creada. Ver sección 2.5,

## 7.4. Rect tool

Cada elemento es representado como un rectángulo, el cual puede ser manipulado en la Vista de Escena utilizando la Rect Tool en la barra de herramientas. Puede

ser utilizado para mover, cambiar el tamaño y rotar los elementos UI. Una vez usted haya seleccionado un elemento UI, usted lo puede mover al hacer click en cualquier parte dentro del rectángulo y arrastrándolo. Usted puede cambiar el tamaño al hacer click en los bordes y esquinas y arrastrando. El elemento puede rotar al mover el cursor un poco lejos de las esquinas hasta que el cursor del mouse se ve como un símbolo de rotación. Usted puede hacer click y arrastrar ya sea en cualquier dirección para rotar.

Figura 7-6: Rect Tool

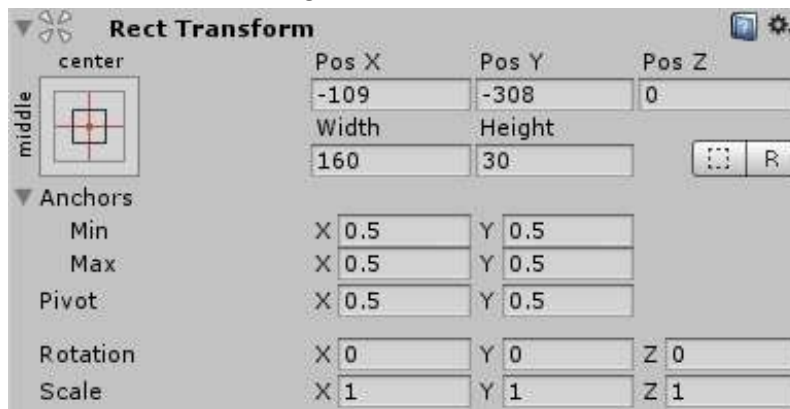


Fuente:Unity3D

## 7.5. Rect Transform

Posibilita la modificación de posición, rotación, y escala justo como cualquier Transform regular.

Figura 7-7: Rect Transform



Fuente:Unity3D

## 7.6. Componentes visuales

1. Texto: Conocido como Label, tiene un área Text para ingresar el texto que será mostrado. Es posible configurar un estilo de fondo, tamaño de fondo y otras propiedades.
2. Imagen: Como su nombre lo indica, posibilita la configuración de una imagen en cuanto a tamaño, textura, color, escala, entre otras propiedades.

## 7.7. Componentes de Interacción

Permite la configuración de acciones, animación e interacción en la escena. Los componentes de interacción no son visibles por ellos mismo, y deben ser combinadas con uno o más elementos visuales con el fin de que funcionen correctamente.

1. Botón: Se programa mediante un script, para que este realice una acción al ser oprimido
2. Toggle: Es un indicador de estado, mediante una casilla chequeada. Indica una acción dependiendo del estado de la casilla.

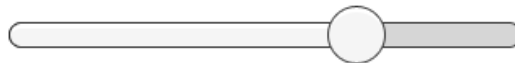
Figura 7-8: Toggle



Fuente:Unity3D

3. Slider: Es una barra con un marcador, tiene valores decimales y se puede utilizar para programar un evento progresivo.

Figura 7-9: Slider



Fuente:Unity3D

4. Scrollbar (Barra De Desplazamiento): Tiene un valor Size entre 0 y 1. Que indica que tan grande es determinado elemento en la escena

Figura 7-10: Scrollbar



Fuente:Unity3D

5. Desplegable: Un desplegable tiene una lista de opciones para escoger. Pueden ser configuradas ya sea en el Inspector o dinámicamente desde código

Figura 7-11: Lista desplegable



Fuente:Unity3D

6. Campo de texto: Es una entrada de texto libre.

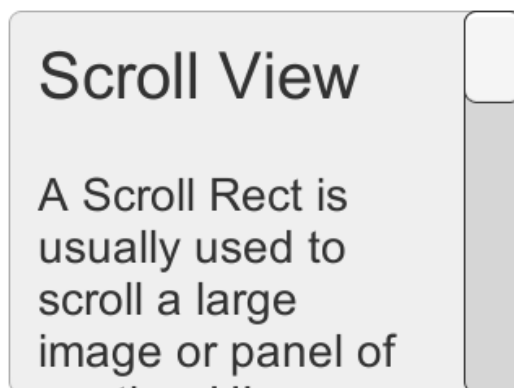
Figura 7-12: Campo de texto



Fuente:Unity3D

7. Scroll Un Scroll Rect puede ser utilizado cuando el contenido toma mucho el espacio necesitado cuando se muestre en un área pequeño. El Scroll proporciona la funcionalidad para desplazarse a lo largo del contenido.

Figura 7-13: Scroll



Fuente:Unity3D

## 8 Manual para uso del ejecutable

Si el usuario no cuenta con los dispositivos de VR, el aplicativo podrá ser ejecutado desde el ordenador como un juego corriente y hacer el recorrido desde ahí.

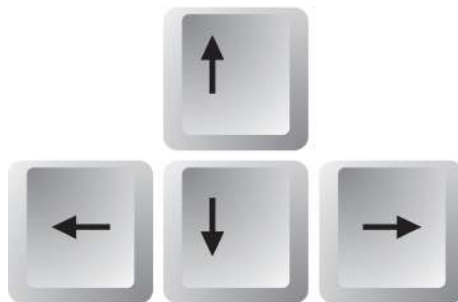
Para el uso del ejecutable o aplicativo es necesario instalar el software Unity3D, tal como se explica en el anexo 7. Es importante aclarar que una vez se tenga Unity instalado se debe abrir el ambiente, tal como se corre un juego o aplicación corriente (**click derecho abrir o ejecutar**). (**click derecho abrir o ejecutar**).

Tal y como sucede en un juego, para el recorrido del ambiente se usarán dos tipos de movimientos: **desplazamiento** y **vista**.

Una vez el ambiente se cargue por completo, podrá manejar un controlador en primera persona que aparecerá en la entrada del HSLV.

Para desplazarse en el ambiente se usan las teclas convencionales para ir hacia adelante, atrás, izquierda y derecha del teclado.

Figura 8-1: Teclas de desplazamiento



Fuente:Propia

Para la vista, o control de dirección se hace con el recorrido del mouse. De esta manera se visualiza todo el entorno, y fijando el mouse en un punto se puede continuar con el desplazamiento manejando el teclado.

Figura 8-2: Manejo de la vista en el ambiente



Fuente:Propia

En el ambiente el usuario puede interactuar con las cajas de texto. Para ello el usuario debe acercarse a las cajas y mediante un click en el botón como se ve en la imagen 8-4 y podrá acceder al texto informativo. Después haciendo click nuevamente sobre el botón, lo oculta. Y podrá continuar con el recorrido.

Figura 8-3: Inicio del recorrido en el aplicativo, con la caja de texto y su botón



Fuente:Propia

Para dar cierre al ambiente se hace click en el boton pausa y se cierra desde el icono indicado, como se muestra en la figura



Figura 8-4: Botones de pausa y cierre del aplicativo



Fuente:Propia