



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EMPRESA

**TITULACIÓN: MÁSTER INTERUNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN
DE RIESGOS LABORALES**

TRABAJO FIN DE MASTER

**TÍTULO: Realidad virtual para la mejora de los planes de
autoprotección. Recorrido virtual en el edificio Casa del
Estudiante de la UPCT.**

Alumno/a: M^a Ángeles Guillén Belmonte

Directora: Dolores Ojados González

Septiembre 2020



AGRADECIMIENTOS

Este Trabajo de Fin de Máster ha sido todo un reto para mí, ya que he tenido que aprender el funcionamiento de los programas e investigar para realizar ciertas cosas del trabajo. Durante este proceso he tenido la suerte de contar con la guía de Dolores Ojados González, mi tutora del TFM, a la que le agradezco mucho su tiempo, dedicación y ayuda en cada paso que he ido dando, por la confianza que depositó en mí y por la paciencia que ha tenido conmigo todo este tiempo, sin su ayuda no hubiese sido posible, le estoy tremendamente agradecida.

A todos los miembros del grupo de investigación de Nuevos Dispositivos de Seguridad en Máquinas (NDSM) del SEDIC, en especial a Gustavo Adolfo Salcedo Eugenio y a Álvaro Macián Morales, por ayudarme con el programa Unity y ser de apoyo vital para este trabajo en cualquier aspecto, incluso al resto de becarios que coincidieron conmigo en el tiempo de preparación del videojuego.

Agradecer también su voluntad a todos aquellos participantes del SAIT que se ofrecieron a probar la simulación con los elementos de realidad virtual, ya que por circunstancias del COVID19 únicamente pude realizar la prueba con personas que tuviesen acceso previo al edificio I+D+I de la UPCT.

Por último, a mi familia y amigos por su constante apoyo en momentos de bloqueo, por comprenderme y darme ánimos y por supuesto a todos los que a día de hoy han hecho posible que haya finalizado este Máster para terminar con una etapa y poder comenzar una nueva llena de ganas, nuevos conocimientos y experiencia.

Índice

1. INTRODUCCIÓN:	6
1.1 ANTECEDENTES:	7
1.2 RESUMEN:	8
2.- OBJETIVOS:	10
3.- MATERIALES Y MÉTODO:	10
3.1 MATERIALES	10
3.1.1 PLAN DE AUTOPROTECCIÓN	10
3.1.2 SOFTWARE A UTILIZAR: AUTOCAD, SKETCHUP, UNITY	13
3.1.3 ELEMENTOS DE REALIDAD VIRTUAL (GADGETS):	16
3.1.4 EQUIPO INFORMÁTICO:	19
3.1.5 ESPACIOS DE TRABAJO:	20
3.2 MÉTODO:	21
3.2.1 MODELADO:	21
3.2.2 ESCENARIO VIRTUAL:	30
4.- RESULTADOS:	47
4.1 MODELADO 3D:	47
4.2 ESCENAS:	48
4.3 VIDEOJUEGO Y SIMULACIÓN:	53
5.- EVALUACIÓN DE RESULTADOS:	56
5.1 ENCUESTA SIMULADOR REALIDAD VIRTUAL:	57
6.- CONCLUSIONES:	65
7.- TRABAJOS FUTUROS:	66
8.- BIBLIOGRAFÍA:	67

Índice Gráficas e Imágenes:

Figura 1. Plano de Evacuación de la Planta sótano del edificio Casa del Estudiante de la UPCT	11
Figura 2 Plano de Evacuación de la Planta Baja del edificio Casa del Estudiante de la UPCT ..	11
Figura 3 Plano de Evacuación de la Planta primera del edificio Casa del Estudiante de la UPCT	12
Figura 4 Plano de Evacuación de la Planta segunda del edificio Casa del Estudiante de la UPCT	12
Figura 5 Plano de Evacuación de la Planta tercera del edificio Casa del Estudiante de la UPCT	13
Figura 6 Gafas Realidad Virtual HTC VIVE	17
Figura 7 Virtualizer	18
Figura 8. Portátil MSI	19
Figura 9. Edificio Casa del Estudiante	20
Figura 10. Edificio I+D+I de la UPCT.....	20
Figura 11. Laboratorio NDSM del edificio I+D+I.....	21
Figura 12. Planes de Autoprotección AutoCAD 2D	23
Figura 13. Plano pdf medidas peldaños	23
Figura 14. Realizando escalera en 3D en AutoCAD. Casa del Estudiante	24
Figura 15. Ventanas 1ª Planta en AutoCAD. Casa del estudiante.....	24
Figura 16. Puerta de cristal despacho 1ª Planta, de 2D a 3D AutoCAD. Casa del Estudiante....	25
Figura 17. Modelado AutoCAD - Unión Plantas AutoCAD. Casa del Estudiante	25
Figura 18. Modelado AutoCAD - Perfiles metálicos. Casa del Estudiante.....	26
Figura 19. Modelado AutoCAD - Patio y Rampa Casa del Estudiante.....	26
Figura 20. Texturas Rampa SketchUp. Casa del Estudiante	28
Figura 21. Página Web Textures.com SketchUp.	28
Figura 22. Página web 3D warehouse. SketchUp	29
Figura 23. SketchUp Mobiliario Casa del Estudiante	29
Figura 24. Fachada SketchUp. Casa del Estudiante	30
Figura 25. Unity Textura mejorada - Fachada ladrillo Casa del Estudiante	33
Figura 26. Unity Fuego 3ª Planta Casa del Estudiante.....	33
Figura 27. Unity árboles entorno Casa del Estudiante.	34
Figura 28. Unity descarga FPSController	35
Figura 29. Introducción FPSController en escena virtual Unity	35
Figura 30. Creando escena: Canvas Unity	36
Figura 31. Instalación CVirtPlayerController, para Virtualizer, en Unity	37
Figura 32. Instalación Player Unity.....	38
Figura 33. Puerta Automática Unity Animation Casa del Estudiante	39
Figura 34. Puerta Automática Unity Animator. Casa del Estudiante	39
Figura 35. Detalle Animator Unity. Puerta Auto. Casa del Estudiante.....	40
Figura 36. Box Collider Trigger en Unity. Puerta Automática. Casa del Estudiante.....	41
Figura 37. Programación Unity. Script Puerta Automática. Casa del Estudiante	41
Figura 38. Escena inicio Juego Unity.....	42

Figura 39. Programación Unity. Script escena inicio Juego	43
Figura 40. Punto de encuentro Unity. Recorrido evacuación Casa del Estudiante	43
Figura 41. Programación Unity. Script Punto de Encuentro Casa del Estudiante	44
Figura 42. Escena final Juego Unity	45
Figura 43. Programación Unity. Script escena final Casa del Estudiante.	46
Figura 44. Resultado modelado 3D con AutoCAD Casa del Estudiante.	47
Figura 45. Resultado modelado 3D con SketchUp. Casa del Estudiante	48
Figura 46. Escena 3ª Planta Casa del Estudiante real.....	49
Figura 47. Resultado escena 3ª Planta Casa del Estudiante Virtual	49
Figura 48. Resultado escena 2ª Planta Casa del Estudiante Virtual	49
Figura 49. Resultado escena 1ª Planta Cocina Casa del Estudiante Virtual.....	50
Figura 50. Escena 1ª Planta cocina Casa del Estudiante Real.....	50
Figura 51. Resultado escena Sala reunión 1ª Planta. Casa del Estudiante Virtual	51
Figura 52. Escena Sala reunión 1ª Planta Casa del Estudiante Real	51
Figura 53. Resultado escena despacho 1ª Planta Casa del Estudiante Virtual	52
Figura 54. Resultado escena Sala Juegos Planta Baja Casa del Estudiante Virtual	52
Figura 55. Resultado escenas Salón Planta Baja Casa del Estudiante Virtual	52
Figura 56. Resultados escena Planta Sótano Casa del Estudiante Virtual	53
Figura 57. Resultado escena Puerta Automática y Patio Casa del Estudiante Virtual	53
Figura 58. Resultado escena inicio juego Unity.....	54
Figura 59. Resultado juego y simulación recorrido de evacuación Casa del Estudiante	55
Figura 60. Resultado escena final juego Unity.....	56

Índice Tablas:

Tabla 1. Datos de tiempo empleado en la simulación del recorrido de Evacuación	59
Tabla 2. Varianza de los datos de tiempo empleado en la simulación del recorrido Evacuación60	
Tabla 3. Datos Encuesta simulador Realidad Virtual.....	61
Tabla 4. Valores Genéricos Encuestas Simulador Realidad Virtual	62
Tabla 5. Datos Encuesta Simulador Realidad Virtual - Usuario Videojuegos.....	62
Tabla 6. Datos Encuesta Simulador Realidad Virtual - Conoce Edificio.	63
Tabla 7. Datos Encuesta Simulador Realidad Virtual - Con conocimientos de PRL.	64

1.-INTRODUCCIÓN:

En los orígenes ante los cambios medioambientales y desastres naturales, el significado de autoprotección pasó de una definición muy básica del concepto definido por “la protección propia de la persona como individuo, es decir de uno mismo”, a tener un concepto más elaborado definido por: “la protección propia de las personas y sus bienes frente a diferentes situaciones de riesgo”.

Con el paso del tiempo se presentaron diferentes situaciones que llevaron al concepto de autoprotección a evolucionar entre la población. Los ciudadanos tuvieron que tomar conciencia de los riesgos que existen, y ser conocedores de las medidas de actuación y acciones de protección que deben seguir.

El crecimiento de la industria y los avances en tecnología dieron paso a nuevos riesgos, en estos casos mucho más complejos y específicos. Los peligros propios naturales y los específicos dieron lugar a nuevos riesgos a tratar en esta sociedad moderna e industria avanzada.

Por estos motivos y para alcanzar una mayor seguridad, se incrementó el grado de autoprotección, dado el alto nivel de riesgo derivado de las actividades industriales, productivas y sociales.

La obligación de los poderes públicos de garantizar el derecho a la vida y a la integridad física, como el más importante de todos los derechos fundamentales, incluido en el artículo 15 de la Constitución Española (1), debe plantearse no sólo de forma que los ciudadanos alcancen la protección a través de las Administraciones Públicas, sino que se ha de procurar la adopción de medidas destinadas a la prevención y control de riesgos en su origen, así como a la actuación inicial en las situaciones de emergencia que pudieran presentarse.

La Ley 2/1985 de 21 de enero, sobre Protección Civil (2), contempla aspectos relativos a la autoprotección, Artículo 6: “Los Centros, establecimientos y dependencias a que se refiere el artículo precedente dispondrán de un sistema de autoprotección, dotado con sus propios recursos, y del correspondiente plan de emergencia para acciones de prevención de riesgos, alarma, evacuación y socorro”, “Se promoverá la constitución de organizaciones de autoprotección entre las empresas de especial peligrosidad, a las que las Administraciones públicas, en el marco de sus competencias, facilitaran asesoramiento técnico y asistencia.

Por parte de las distintas Administraciones Públicas se han desarrollado normas legales, reglamentarias y técnicas en materia de prevención y control de riesgos, que constituyen una buena base para el desarrollo de acciones preventivas y en consecuencia de la autoprotección.

Entre ellas, destacar la Ley 31/1995, de 8 de noviembre **(3)**, de prevención de riesgos laborales, cuyo objeto es promover la seguridad y salud de los trabajadores mediante la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo.

1.1 ANTECEDENTES:

En la Universidad Politécnica de Cartagena, en adelante UPCT, existe un grupo de investigación dentro del ámbito de los Servicios Centrales de Investigación que lleva a cabo la aplicación de nuevas tecnologías al campo de la Prevención de Riesgos Laborales, en adelante PRL, en busca de la mejora de la prevención y la seguridad.

Se trata del grupo “Nuevos Dispositivos de Seguridad en Máquinas” (NDSM), que tiene amplia experiencia tanto en el desarrollo tecnológico de dispositivos incluyendo diseño, disciplinas como la mecánica y electrónica, la creación de contenidos TIC y de Realidad Virtual y Aumentada para la investigación de accidentes y formación de trabajadores entre otros trabajos.

A través del Máster Interuniversitario UPCT-UM de Prevención de Riesgos Laborales, desde la UPCT se vienen desarrollando Trabajos Fin de Estudios que permiten profundizar en investigaciones relacionadas con ciertos temas de la PRL, como la Seguridad, la Ergonomía o la Investigación de Accidentes a modo de ejemplo, en muchos de estos estudios se incorporan nuevas tecnologías en las que los futuros masterizados se pueden formar durante el desarrollo de su Trabajo Fin de Máster.

Este es el caso del presente Trabajo Fin de Máster (TFM), planteado dentro del Máster de PRL y contando con el apoyo de la directora del trabajo que coordina y forma parte del equipo de investigación del Grupo NDSM, por lo que se ha podido contar con los recursos, conocimientos y experiencia que conforman el bagaje del equipo.

De la misma forma otros trabajos previos han dado lugar a TFM de investigación tales como, “Los planes de Autoprotección” **(4)** y “la Gestión de la Prevención y control de accesos” **(5)** que pueden servir como antecedentes al trabajo realizado en el presente estudio.

Con el proyecto de **“Los planes de Autoprotección” (4)** se alcanzaron los objetivos planteados, que consistían en establecer las pautas a seguir ante una situación de emergencia surgida en un edificio, facilitar la prevención de los riesgos sobre las personas, los bienes y el medio ambiente, en todas aquellas actividades, centros, establecimientos, espacios, instalaciones y dependencias recogidos en el anexo I del Real Decreto 393/2007 **(6)**, que puedan resultar afectadas por situaciones de emergencia. Prever todas las posibles situaciones de emergencia y sus actuaciones, así como potenciar la respuesta adecuada a posibles situaciones de emergencia. La Integración del Plan de Autoprotección en otros de ámbito superior.

Más allá, se consiguió conocer el edificio y sus instalaciones, la peligrosidad de zonas o sectores, los medios de protección existentes, las necesidades de material y sus prioridades. Aquellos riesgos que pueden dar lugar a situaciones de emergencia, así como los medios de detección y protección de nuestros edificios. El incumplimiento de la normativa. La forma de actuar ante determinadas situaciones. Disponer de personas formadas, organizadas y adiestradas para que garanticen rapidez y eficacia en las actuaciones, entre otras cosas.

En el trabajo sobre **“La Gestión de la Prevención y control de accesos” (5)** se partió en primer lugar, de hacer una descripción detallada de lo que es una puerta, concebida tal, como acceso a un entorno de trabajo, se estudiaron los tipos de puertas que se pueden encontrar en función del material del que están fabricadas, según la seguridad que se requiera y según su forma de apertura.

Se profundizó sobre el sistema de control de accesos, definiendo los conceptos de sistema de control de accesos autónomo, online y offline, además de cuáles son los componentes de cada uno. También se hizo un breve resumen y descripción de los sistemas electrónicos más importantes que se pueden encontrar a día de hoy en el mercado y las ventajas y desventajas de cada uno de estos tipos. Conocer los tipos de puertas y de sistemas de control de acceso sirvió para hacer una propuesta de sistema de control de accesos capaz de ser adaptado a todo tipo de puertas y permitir así conocer en tiempo real los niveles de ocupación de los lugares de trabajo con fines tanto preventivos como organizativos.

Todo esto, puede servir como andadura en el trabajo actual planteado para el que se precisa saber cómo acceder a las estancias del entorno para el que se realice el plan de autoprotección y más concretamente el simulacro RV de evacuación de un edificio ante la posibilidad de una situación de emergencia.

1.2 RESUMEN:

La Seguridad ante una situación de emergencia, como puede ser un incendio, viene determinada, por las características constructivas del lugar, y por las condiciones de sus instalaciones y equipamientos, y por la formación, conocimiento e información de los usuarios en materia de PRL a la hora de actuar ante un determinado riesgo.

Todos los edificios tanto públicos como privados están obligados a tener unos planos de evacuación y autoprotección en caso de emergencia.

Se considera el plan de autoprotección como el sistema de acciones y medidas desarrolladas que van encaminadas a prevenir, evitar y controlar los posibles riesgos sobre las personas y bienes, para dar solución adecuada a las posibles situaciones de emergencia y a garantizar la integración de estas actuaciones con el sistema público de protección civil (2).

Estas medidas deben ser adoptadas por los usuarios de las actividades, ya sean públicas o privadas, con los recursos y medios propios, dentro de sus competencias.

En este TFM, su autora, junto a su directora y el grupo de investigación NDSM, contando con los recursos disponibles en el Servicio de Diseño Industrial y Cálculo Científico (SEDIC) del Servicio de Apoyo a la Investigación Tecnológica (SAIT) de la UPCT, se ha querido dar un paso más allá.

Este trabajo pretende, dar a conocer a los estudiantes y usuarios del edificio elegido, las vías de evacuación de los planes de autoprotección, definidos por el Servicio de PRL de la UPCT, de una forma dinámica, sencilla y creativa. De forma que la integración de estos conocimientos adquiridos sea mucho más efectiva.

Se estima que la creación de un entorno virtual como gemelo digital del entorno real, ayudará a conocer el centro en el que se encuentran los usuarios, en este caso la casa del estudiante. Es una manera innovadora de instruir a los estudiantes y demás personal de la comunidad universitaria (PAS y PDI) acerca de cómo han de actuar frente a un episodio de emergencia antes de que esta situación se produzca realmente y hacerlo de una forma activa. La innovación reside en introducir nuevas tecnologías de CAD, CAE, RV entre otras.

A partir de la creación de un entorno por ordenador como copia fiel al entorno real tangible del edificio, se puede llegar también a crear un contenido en Realidad Virtual que permita la interacción del usuario con dicho entorno protagonizando escenas en primera persona en las que experimentar un simulacro de evacuación del edificio ante una situación de emergencia que pueda acontecer en el lugar reproducido. Esto, da a los usuarios la oportunidad de conocer el recorrido y vías de evacuación antes de una posible situación real y posibilita que esa acción tenga un mayor índice de éxito.

Todos los planes de autoprotección se suelen acompañar de simulacros de evacuación, estos simulacros emplean el edificio real y a veces conllevan situaciones de accidente o riesgo además de obligar a la paralización de la actividad. El gemelo virtual permite compatibilizar estos simulacros reales con simulacros en el entorno virtual previos para el personal nuevo además de parciales que permiten que la actividad del centro no tenga que ser interrumpida. Los simulacros dan información sobre el plan y permiten su mejora y modificación, los virtuales también pueden ser una interesante fuente de información para la mejora.

Por todo lo expuesto, este proyecto pretende introducir el uso de nuevas tecnologías para la realización de tareas en PRL que confieren un carácter innovador a la forma en la que actualmente se confecciona y se muestra la información y documentación referente a la evacuación de espacios frente a una emergencia, es una forma actualizada de incluir desarrollos audiovisuales, que permitan conocer y simular a los usuarios de los espacios, de una forma activa, las medidas de autoprotección en caso de emergencia.

2.- OBJETIVOS:

- Realizar un modelado en 3D de la Casa del Estudiante, con una vía de evacuación definida en caso de emergencia.
- Configurar y crear un juego interactivo de realidad virtual, que permita al usuario de los espacios de la Casa del Estudiante, recorrer las vías de evacuación en caso de emergencia para salir del edificio a la mayor brevedad y seguridad posible. De esta manera los usuarios podrán realizar el recorrido e interactuar con el programa, así en el caso de presentarse una emergencia sabrán perfectamente cuál es el camino a seguir y la mejor forma de salir del edificio. Incluso poder realizar una aplicación que permita realizar este tipo de interacciones.
- Facilitar a los usuarios de espacios una alternativa dinámica del recorrido de evacuación en caso de emergencia que deben seguir para salir del edificio de forma segura.
- Obtener con ayuda del videojuego interactivo y los elementos de Realidad Virtual el tiempo de evacuación del recorrido del escenario creado de cada uno de los usuarios recreando la simulación de una situación de emergencia.
- Analizar estadísticamente los resultados de las encuestas de los participantes voluntarios del juego.

3.- MATERIALES Y MÉTODO:

3.1 MATERIALES

3.1.1 PLAN DE AUTOPROTECCIÓN

El plan de Autoprotección ha sido el punto de partida de este TFM, constituyendo un material imprescindible para el desarrollo de este estudio, ya que es necesario conocer el recorrido de evacuación del edificio en caso de situación de emergencia, incluyendo todas y cada una de las vías de evacuación definidas para la Casa del Estudiante.

El material recogido en este plan de autoprotección incluye los planos en los que se indican los siguientes recorridos y vías de evacuación.

Éstos planos fueron solicitados al SPRL de la UPCT, que los facilitó en 2D para cada planta del edificio, en formato .dwg, formato propio del Software AutoCAD y también en formato pdf, incluyendo estos últimos medidas y anotaciones útiles para el trabajo a realizar a partir de ellos.

Las **Figuras del 1-5** recogen los planos facilitados por el SPRL de la UPCT y muestran la vista en planta de cada uno de los niveles del edificio.

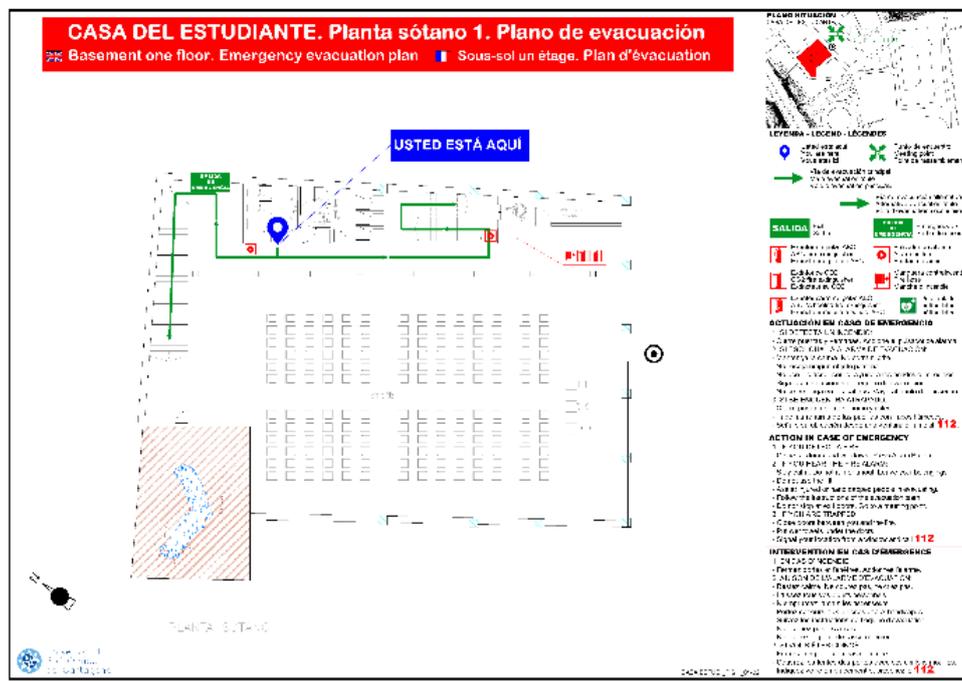


Figura 1. Plano de Evacuación de la Planta sótano del edificio Casa del Estudiante de la UPCT



Figura 2 Plano de Evacuación de la Planta Baja del edificio Casa del Estudiante de la UPCT



Figura 3 Plano de Evacuación de la Planta primera del edificio Casa del Estudiante de la UPCT



Figura 4 Plano de Evacuación de la Planta segunda del edificio Casa del Estudiante de la UPCT

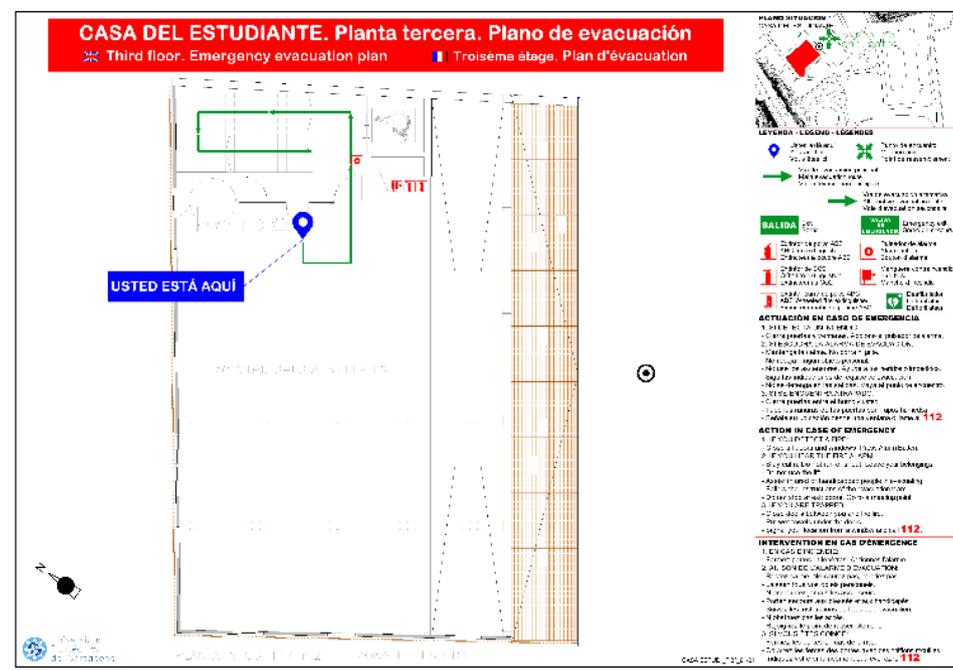


Figura 5 Plano de Evacuación de la Planta tercera del edificio Casa del Estudiante de la UPCT

3.1.2 SOFTWARE A UTILIZAR: AUTOCAD, SKETCHUP, UNITY

3.1.2.1 AUTOCAD:

AutoCAD (7) es un Software de dibujo asistido por ordenador desarrollado por Autodesk para el uso de ingenieros, técnicos y otros profesionales de carreras de diseño.

AutoCAD, como su nombre indica, es un programa para realizar CAD (Computer Aid Design), con en el que se puede realizar todo tipo de diseños técnicos, utilizado por ingenieros, arquitectos. Este software, permite trabajar en diseños 2D y 3D de todo tipo, como planos, objetos, cortes de objetos o secciones.

Existen en el mercado nuevas versiones que incorporan avances en cuanto al diseño 3D e incluyen herramientas avanzadas para el diseño en general.

En cuanto al modo de funcionamiento de este programa, al igual que otros programas de Diseño Asistido por Ordenador (DAO), AutoCAD gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc.) con la que se puede operar a través de una pantalla gráfica en la que se muestran en éstas entidades, este display es el llamado editor de dibujo. La interacción del usuario se puede realizar a través de comandos, de

edición o dibujo, desde la línea de órdenes, introduciendo el nombre del comando a ejecutar, o alias en su defecto.

Este modo de trabajo es al que en un principio el programa estaba orientado. Las versiones posteriores del programa permitieron la introducción de órdenes, opciones y comandos mediante una interfaz gráfica de usuario (en inglés GUI), que dispone de iconos en los que se cliquea y se activan los comandos, esta interfaz gráfica de usuario automatiza el proceso de selección de comandos y creación de entidades pudiendo alcanzar diseños con menos esfuerzo.

Como todos los programas de DAO, procesa imágenes de tipo vectorial, aunque admite incorporar archivos de tipo fotográfico o mapa de bits, donde se dibujan figuras básicas o primitivas (líneas, arcos, rectángulos, textos, etc.), y mediante herramientas de edición se crean gráficos más complejos. El programa permite organizar los objetos por medio de capas o estratos, ordenando el dibujo en partes independientes con diferente color y grafismo. El dibujo de objetos seriados se gestiona mediante el uso de bloques, posibilitando la definición y modificación única de múltiples objetos repetidos.

Parte del programa AutoCAD está orientado a la producción de planos, empleando para ello los recursos tradicionales de grafismo en el dibujo, como color, grosor de líneas y texturas tramadas. AutoCAD, a partir de la versión 11, utiliza el concepto de espacio modelo y espacio papel para separar las fases de diseño y dibujo en 2D y 3D, de las específicas para obtener planos trazados en papel a su correspondiente escala. La extensión del archivo de AutoCAD es .dwg, aunque permite exportar en otros formatos (el más conocido es el .dxf). Maneja también los formatos IGES y STEP para facilitar la compatibilidad con otros softwares de dibujo.

El formato .dxf permite compartir dibujos con otras plataformas de dibujo CAD, reservándose AutoCAD el formato .dwg para sí mismo. El formato .dxf puede editarse con un procesador de texto básico, por lo que se puede decir que es abierto. En cambio, el .dwg sólo podía ser editado con AutoCAD, si bien desde hace poco tiempo se ha liberado este formato (DWG), con lo que muchos programas CAD distintos del AutoCAD lo incorporan, y permiten abrir y guardar en esta extensión, con lo cual la extensión .dxf ha quedado relegado a necesidades específicas de compatibilidad de programas donde no se trabaja con .dwg.

Es en la versión 11, donde aparece el concepto de modelado sólido a partir de operaciones de extrusión, revolución y las booleanas de unión, intersección y sustracción. Este módulo de sólidos se comercializó como un módulo anexo que debía de adquirirse aparte y se mantuvo hasta la versión 12, tras la cual, AutoDesk, adquirió una licencia a la empresa Spatial, para su sistema de sólidos ACIS.

El formato .dwg ha sufrido cambios al evolucionar en el tiempo, lo que impide que formatos más nuevos .dwg no puedan ser abiertos por versiones antiguas de AutoCAD u otros CADs que admitan ese formato.

Las aplicaciones del programa son múltiples, desde proyectos y presentaciones de ingeniería, hasta diseño de planos o maquetas de arquitectura.

3.1.2.2 SKETCHUP:

SketchUp (**8**) es un programa informático de diseño y modelado en 3D para entornos arquitectónicos, ingeniería civil, videojuegos o películas.

Es una herramienta que permite conceptualizar rápidamente volúmenes y formas arquitectónicas de un espacio. Además, los edificios creados pueden ser geo-referenciados y colocados sobre las imágenes de Google Earth. También, los modelos pueden ser subidos a la red mediante el propio programa y almacenarse directamente en la base de datos.

SketchUp fue diseñado para usarlo de una manera intuitiva y flexible, facilitando ampliamente su uso en comparación con otros programas de modelado 3D. Cualquier persona, desde un niño hasta un adulto, puede de manera muy sencilla aprender a utilizar esta herramienta para diseño tridimensional. El programa también incluye en sus recursos un tutorial en vídeo para ir aprendiendo paso a paso cómo se puede ir diseñando y modelando el propio ambiente. Se recomienda a los principiantes tener paciencia para seguir las explicaciones del tutorial. Como una introducción, el tutorial tiene una importancia básica para comprender lo sencillo, práctico y poderoso que en definitiva resulta ser este programa.

SketchUp permite conceptualizar y modelar imágenes en 3D de edificios, coches, personas y cualquier objeto o artículo dentro de la imaginación del diseñador o dibujante. Además, para facilidad, el programa incluye una galería de objetos, texturas e imágenes para descargar.

3.1.2.3 UNITY:

Unity (**9**) es una herramienta para desarrollar videojuegos para diversas plataformas mediante un editor y scripting que permiten crear videojuegos con un acabado profesional. Esta herramienta está accesible al público en diferentes versiones, gratuita y profesional, cada cual, con sus ventajas y limitaciones, evidentemente la más completa es la profesional, pero es necesario hacer un desembolso que no todo el mundo puede permitirse y sobre todo si estamos comenzando a utilizar dicha herramienta.

Unity es un motor de videojuego multiplataforma creado por Unity Technologies. Unity está disponible como plataforma de desarrollo para Microsoft Windows, Mac OS, Linux. La plataforma de desarrollo tiene soporte de compilación con diferentes tipos de plataformas.

El motor gráfico que utiliza OpenGL (en Windows, Mac y Linux), Direct3D (solo en Windows), OpenGL ES (en Android y iOS), e interfaces propietarias (Wii). Tiene soporte para mapeado de relieve, mapeado de reflejos, mapeado por paralaje, oclusión ambiental en espacio de pantalla, sombras dinámicas utilizando mapas de sombras, render a textura y efectos de post-procesamiento de pantalla completa.

La tecnología está diseñada para llevar el movimiento fluido y natural de los personajes con una interfaz eficiente. Mecanim incluye herramientas para la creación de máquinas de estados, árboles de mezcla, manipulación de los conocimientos nativos y retargeting automático de animaciones, desde el editor de Unity.

Además, una serie de animaciones redestinables estarán disponible en el Unity Asset Store de Unity tras el lanzamiento de la herramienta. Muchos de estos archivos de animación de captura de movimiento son proporcionados sin costo por Unity Technologies. Otros proveedores del Asset Store también ofrecerá animaciones para su uso con Mecanim, ya sea de forma gratuita o de pago.

En noviembre de 2010 se lanzó el Unity Asset Store. Asset Store es un recurso disponible en el editor de Unity. Más de 150.000 usuarios de Unity pueden acceder a la colección de más de 4.400 paquetes de Assets en una amplia gama de categorías, incluyendo modelos 3D, texturas y materiales, sistemas de partículas, música y efectos de sonido, tutoriales y proyectos, paquetes de scripts, extensiones para el editor y servicios en línea. La Store es el hogar de muchas extensiones, herramientas y paquetes de assets.

La programación de scripts es un ingrediente esencial en todos los juegos. Incluso el juego más simple necesitará scripts para responder a entradas del jugador y asegurar que los eventos del juego se ejecutan en el momento adecuado. Además, los scripts pueden ser usados para crear efectos gráficos, controlar el comportamiento físico de objetos o incluso implementar un sistema de inteligencia artificial para los personajes del juego.

3.1.3 ELEMENTOS DE REALIDAD VIRTUAL (GADGETS):

Para interactuar con escenas RV existen diversos accesorios denominados gadget que se pueden programar en función de la utilidad que se les quiera conferir en cada trabajo.

En el SEDIC del SAIT de la UPCT se dispone de diferentes gadgets de RV de utilidad para el presente TFM. Estos gadgets se definen y describen en los sucesivos puntos de este apartado.

3.1.3.1 GAFAS DE REALIDAD VIRTUAL

Para la recreación de las escenas creadas en Realidad Virtual se utilizarán las gafas de realidad virtual HTC VIVE disponibles en el SEDIC que se muestran en la **Figura 6** y de uso por el grupo NDSM.

Estas gafas permiten al usuario experimentar la simulación de manera completamente inmersiva. Utilizan una tecnología de posicionamiento personalizado que ofrece un seguimiento de baja latencia de la cabeza del usuario en un entorno 360°. Esto se traduce en un seguimiento en tiempo real del movimiento de la cabeza del usuario creando una experiencia natural e intuitiva. El campo de visión es de más de 90 grados horizontales (110 grados en diagonal).



Figura 6 Gafas Realidad Virtual HTC VIVE

3.1.3.2 PLATAFORMA VIRTUALIZER:

La plataforma Virtualizer, que se muestra en la **Figura 7**, es un gadget de Realidad Virtual, que permite al usuario desplazarse libremente en el escenario creado con la visualización/posicionamiento mediante gafas de Realidad virtual para que la persona pueda simular la acción de caminar dentro de la escena virtual creada, configurada y programada en Unity. Esto posibilita que la experiencia de interacción del usuario con el entorno virtual, sea completamente inmersiva. Mediante una pantalla de proyección el resto de los visitantes podrán observar la escena virtual y cómo el usuario que experimenta la interacción con la escena realiza el recorrido virtual.

La plataforma Virtualizer capta movimientos en 360 grados, además de diferentes velocidades y alturas. Concretamente, esta plataforma contiene una superficie de fricción con numerosos sensores, encargados de captar cada paso que da el usuario, con el fin de trasladarlo al ordenador para su posterior interpretación. Junto a esto, dicha plataforma también integra una serie de cinturones y arneses que, además de asegurar al usuario, se encargan de enviar datos al ordenador para conocer parámetros clave, como la dirección o la altura en la que se encuentra constantemente. Antes de su uso, también se pueden configurar las características físicas del usuario, como su altura.



Figura 7 Virtualizer

3.1.4 EQUIPO INFORMÁTICO:

Para la realización del modelado del edificio, diseño de la escena de Realidad Virtual y la programación del videojuego para la interacción con el software de Realidad Virtual, se ha utilizado el ordenador portátil MSI. Cuyas características y especificaciones son, MSI GL63 8RD. **Figura 8**

- Últimos procesadores de octava generación de Intel® Core™ i7
- Hasta GeForce® GTX 1050 4GB GDDR5 con rendimiento de un PC de sobremesa
- Exclusiva tecnología Cooler Boost 5
- Teclado gaming de Steelseries
- 5X altavoces gigantes mejorados para un mayor realismo e inmersión
- Nuevo Dragon Center con exclusivo modo gaming
- Procesador Coffeelake i7-8750H+HM370 (6 núcleos, 2,2 GHz - 4,1 GHz, 9 MB)
- Memoria 16GB DDR4 2666MHz (2 slots, máximo de 32GB)
- Almacenamiento 256GB NVMe PCIe SSD +1TB (SATA) 7200rpm
- Pantalla 15.6" FHD (1920*1080), vista amplia 94%NTSC color Anti-reflejante, 100%sRGB
- Controlador gráfico GeForce® GTX 1050 Ti, 4GB GDDR



MSI GL63 8RD-676XES Intel Core i7-8750H/16GB/1TB+256GB SSD/GTX 1050Ti/15.6"

Figura 8. Portátil MSI

3.1.5 ESPACIOS DE TRABAJO:

El primer espacio de trabajo fue la propia Casa del Estudiante donde se realizó un recorrido por cada una de las estancias, tomando fotografías, anotaciones, medidas y documentación necesaria para la elaboración de este trabajo. **Figura 9.**



Figura 9. Edificio Casa del Estudiante

Una vez realizado el modelado del edificio de la Casa del Estudiante y pasarlo al programa Unity se comenzó a realizar tareas para preparar el diseño para la simulación y las pruebas con los elementos de realidad virtual, para este trabajo se utilizaron las instalaciones del grupo de investigación de Nuevos dispositivos de seguridad en máquinas (NDSM) del SAIT, que se encuentra en el edificio I+D+I de la Universidad Politécnica de Cartagena. **Figuras 10 y 11.**



Figura 10. Edificio I+D+I de la UPCT



Figura 11. Laboratorio NDSM del edificio I+D+I

3.2 MÉTODO:

3.2.1 MODELADO:

Para alcanzar el primero de los objetivos fijados, la realización del modelado en 3D de la Casa del Estudiante, con una vía de evacuación definida en caso de emergencia. Para comenzar se ha usado el software de AutoCAD para realizar el levantamiento de 2D a 3D de la estructura del edificio, para ello se tomaron medidas previas en el edificio, fotografías, y anotaciones de la ubicación de los equipos de emergencia existentes en su interior.

La finalidad del modelado es crear una realidad virtual con escenas interactivas, que permitan a los usuarios de los espacios de la Casa del Estudiante, recorrer la vía de evacuación en caso de emergencia para salir del edificio a la mayor brevedad y seguridad posible. De esta manera los usuarios podrán realizar el recorrido e interactuar con el programa, así en el caso de presentarse una emergencia sabrán perfectamente cuál es el camino a seguir y la mejor forma de salir del edificio.

3.2.1.1 PASOS PREVIOS

Tal y como se explicó en el Apartado 3.1.1. Plan de Autoprotección, del apartado 3.1. Materiales, de esta Memoria, para comenzar Susana Martínez, delineante del Área de Infraestructuras de la UPCT, en colaboración con Juan Romero Macián, perteneciente al Servicio de Prevención de Riesgos Laborales, me facilitaron los Planos de Evacuación de la Casa del estudiante en AutoCAD 2016, y unos planos en pdf con ciertas medidas.

3.2.1.2 PROGRAMA AUTOCAD

Con el programa de AutoCAD se realizará el modelado en 3D de la Casa del estudiante y posteriormente usaremos el programa SketchUp para dar texturas a este 3.

Una vez adquiridos los planos en 2D, se exportaron al programa de AutoCAD y se comprobó la escala de estos, cogiendo la referencia de las medidas de los peldaños. A partir de este momento se comenzó a pasar del plano 2D al modelado en 3D, diseñando primero la escalera con las medidas de referencia. Se fue realizando el levantamiento de los tramos de la escalera de cada planta del edificio, de 2D a 3D utilizando las herramientas de AutoCAD 3D de girar, extruir, alargar, dependiendo de la necesidad del dibujo. De la misma forma se levantaron las paredes, extruyendo posteriormente los huecos de ventanas y puertas. Para realizar las ventanas, se tuvo en cuenta los marcos, las hojas y los cristales de estas, ya que posteriormente tendrían una textura diferente cada uno de estos elementos, se fueron creando diferentes grosores, dibujando primero en 2D y extruyendo las partes para ir dando forma a cada elemento del edificio. **Figuras 12, 13, 14 y 15.**

Los planos se encontraban en una escala diferente a la real, así que se escalaron a escala real 1:1 para tomar medidas del edificio y llevarlo al dibujo más cómodamente. Se comprobó esta escala con la medida de los peldaños y las puertas, para poder tener una referencia fija fiable. **Figura 16.**

A continuación, se creó una carpeta nueva, en las propiedades de capa, para poder crear capas nuevas para el modelado 3D.

En cada una de las capas nuevas del dibujo 3D se incorporaron cada una de las partes que iban a tener la misma textura, es decir, el mismo material. De esta forma, cuando se aplique la textura del hormigón, por ejemplo, todo lo que haya en esa capa tendrá esta misma textura y material.

Se diseñó en 3D cuidadosamente cada una de las plantas del dibujo por separado dejando referencias para unir las todas posteriormente. Se usaron las herramientas 3D (Cortar, extruir, girar, recorrer, etc..) para modelar, jugando con las diferentes perspectivas que ofrecía el dibujo. **Figuras 17, 18 y 19.**

Cuando el levantamiento de 2D a 3D se realizó, se dio por concluida la tarea con el software de AutoCAD, para proceder a incorporar texturas y realizar otro tipo de tareas con el programa SketchUp.

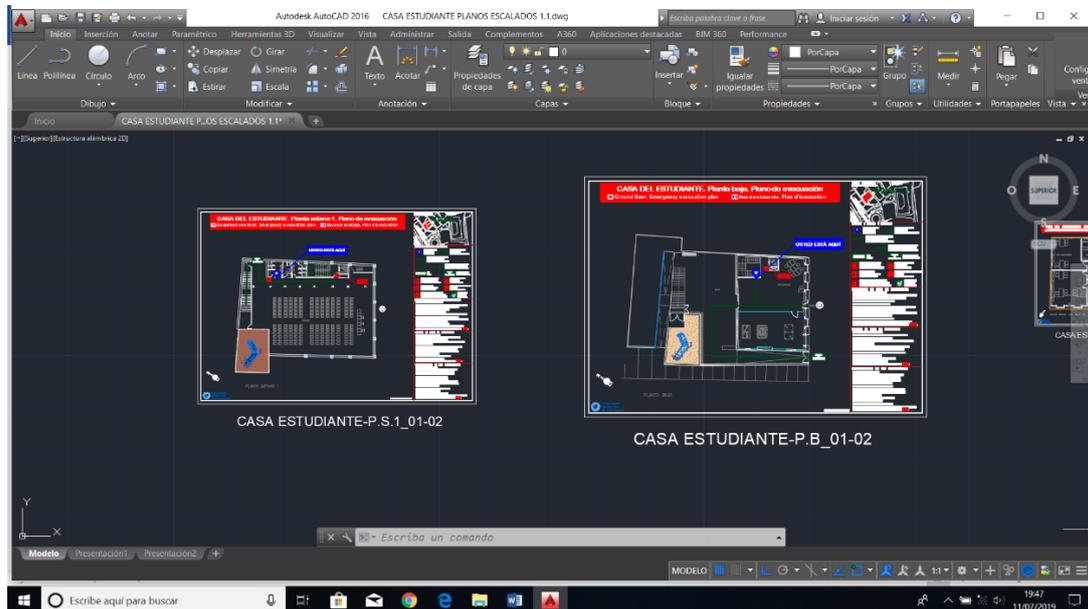


Figura 12. Planos de Autoprotección AutoCAD 2D

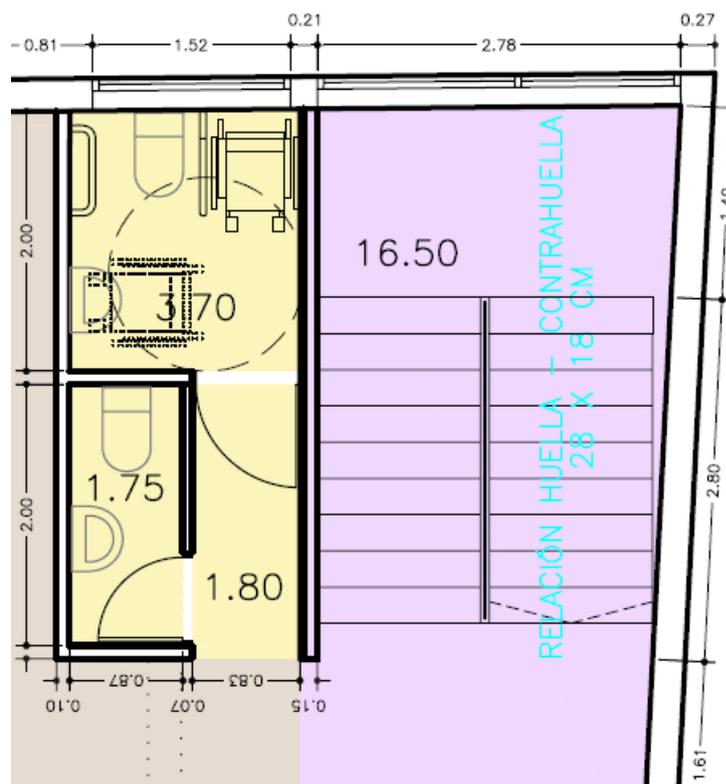


Figura 13. Plano pdf medidas peldaños

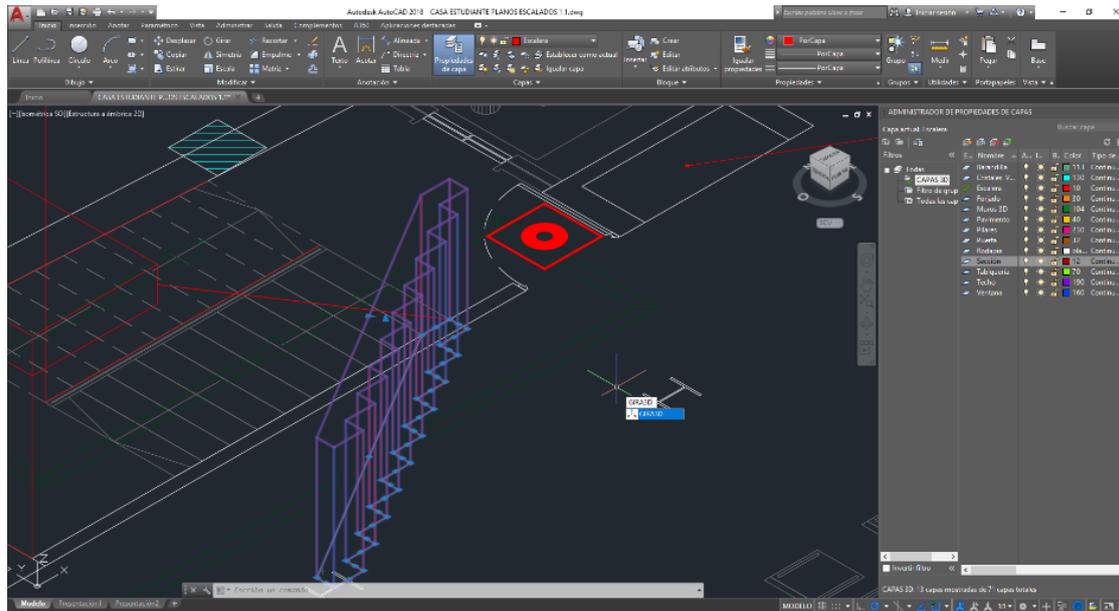


Figura 14. Realizando escalera en 3D en AutoCAD. Casa del Estudiante

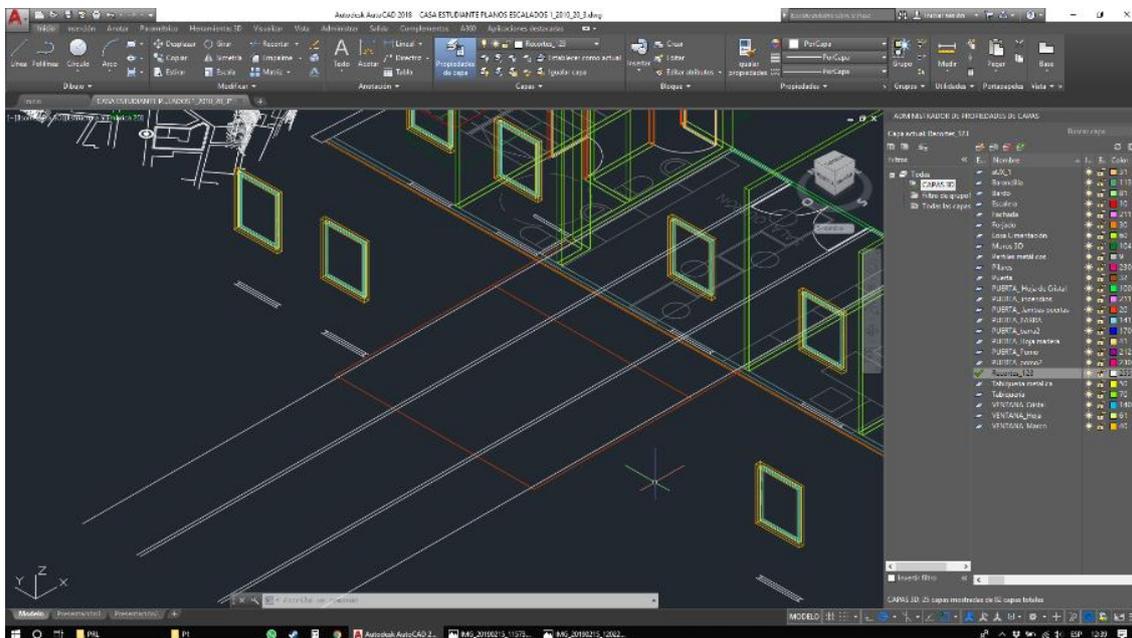


Figura 15. Ventanas 1ª Planta en AutoCAD. Casa del estudiante

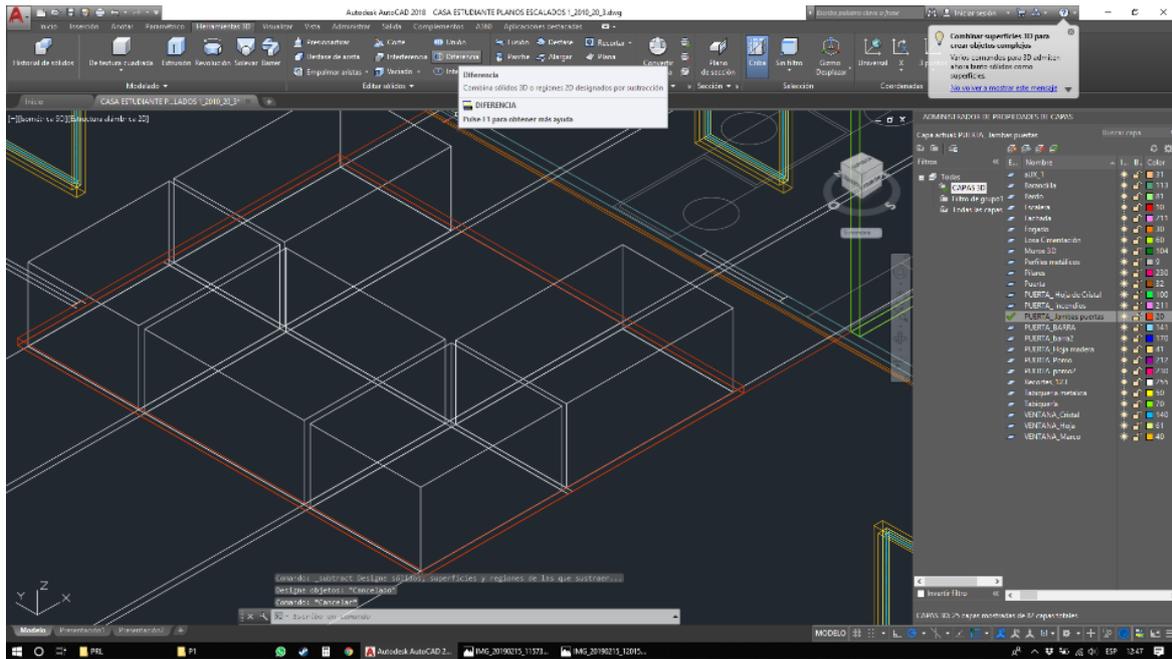


Figura 16. Puerta de cristal despacho 1ª Planta, de 2D a 3D AutoCAD. Casa del Estudiante

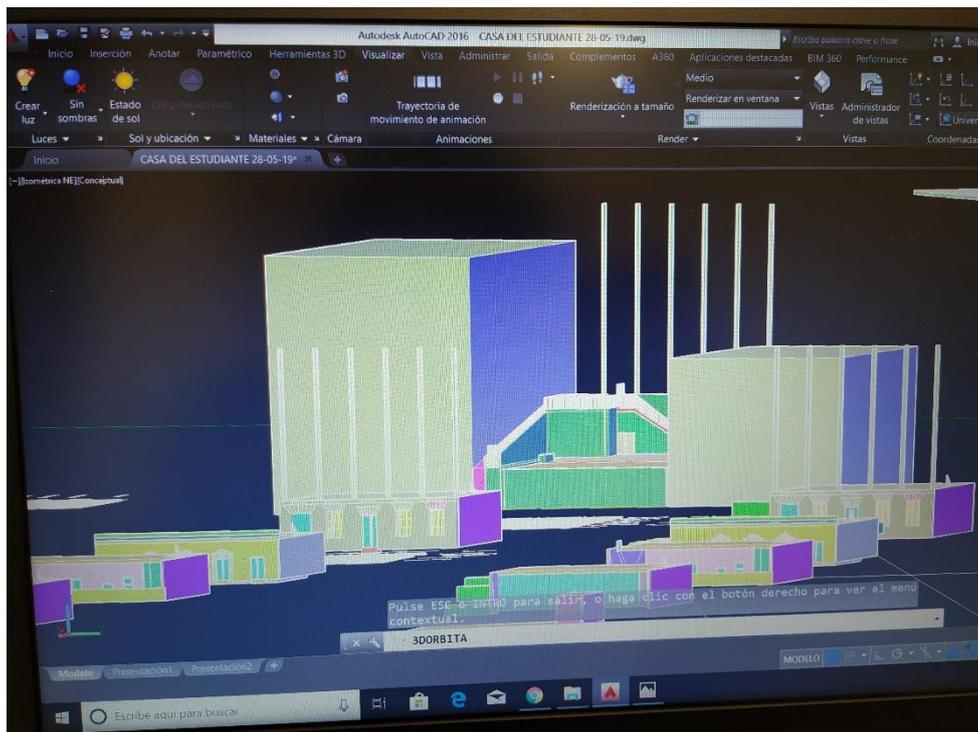


Figura 17. Modelado AutoCAD - Unión Plantas AutoCAD. Casa del Estudiante

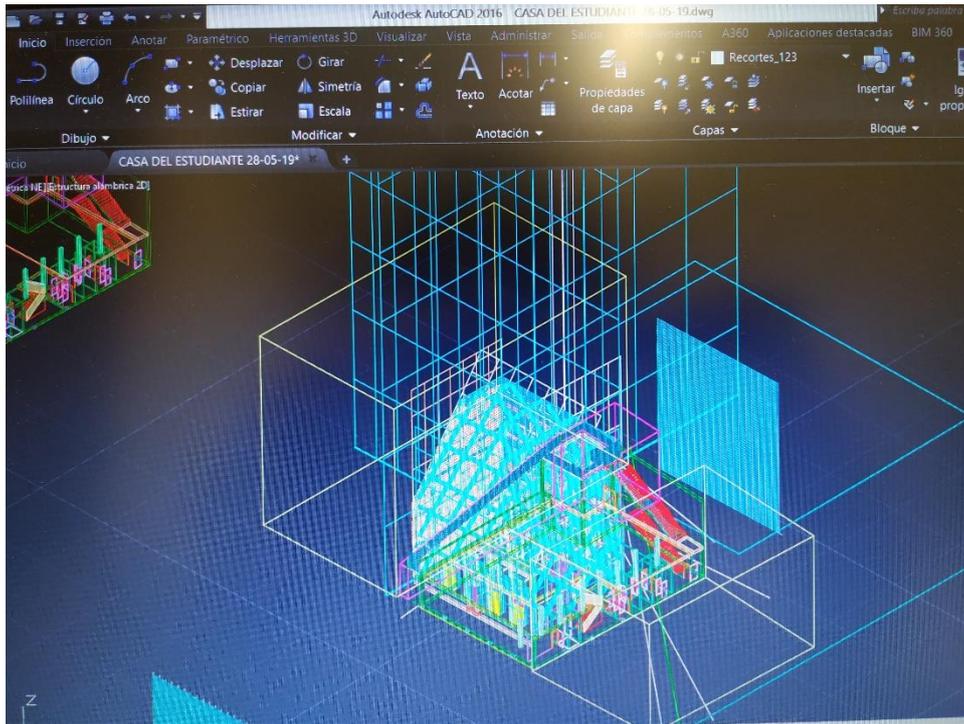


Figura 18. Modelado AutoCAD - Perfiles metálicos. Casa del Estudiante

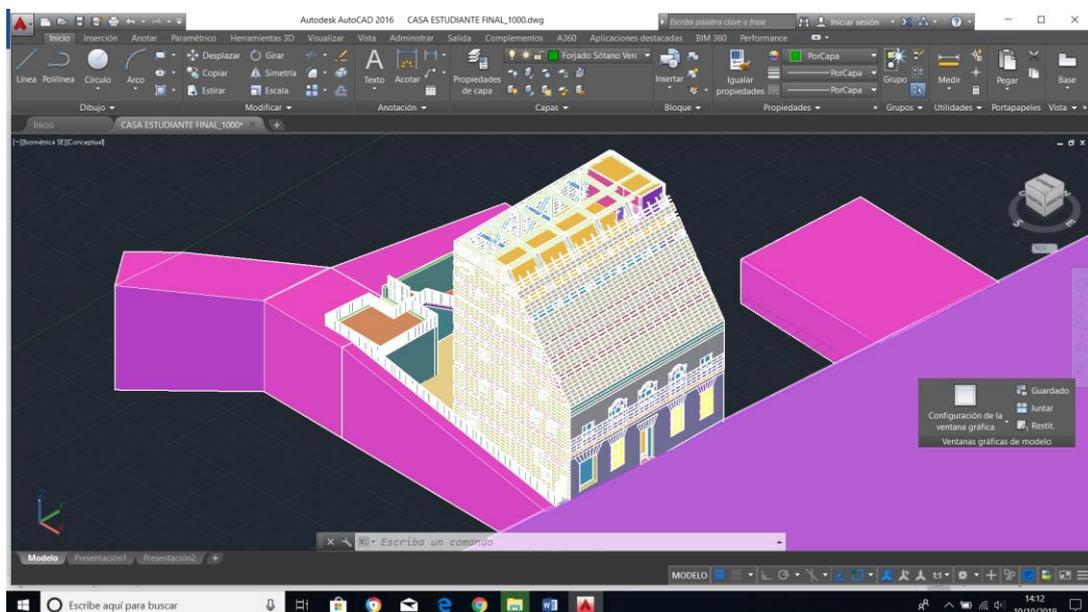


Figura 19. Modelado AutoCAD - Patio y Rampa Casa del Estudiante

3.2.1.3 PROGRAMA SKETCHUP

Una vez finalizado el diseño 3D en AutoCAD. Se importó el dibujo de AutoCAD en .dwg al programa SketchUp Pro 2018, para dar comienzo a introducir texturas y mobiliario, se comprobó que los diámetros muy pequeños no se apreciaban en el dibujo, así que se volvió a AutoCAD para aumentar la escala en ciertas partes del dibujo, con el fin de que cada uno de los detalles del dibujo se viesen correctamente, como fue el caso de las rejas de la fachada y pomos de las puertas que se veían demasiado pequeños por el diámetro de los barrotes y los pomos.

Se importó el dibujo, tras las correcciones oportunas, al programa SketchUp. En este programa, en la barra de la derecha se aprecian cada una de las capas realizadas en el programa anterior de AutoCAD. De esta manera se dejaba activa únicamente una de las capas, ya que todos los elementos dibujados en esta capa tendrían el mismo tipo de material y se incorporaba la textura correspondiente, esto facilitaba la tarea de incorporar las texturas a cada parte del dibujo. En la barra de la derecha en Bandeja predeterminada, marcando la opción de material, se buscaban las texturas para ir incorporándolas con la herramienta pintar. **Figura 20.**

Cuando las texturas no eran exactamente como se deseaban se recurrió a: Textures.com, página de internet donde se pueden buscar texturas lo más parecidas posibles a la realidad, se descarga y se añade a una nueva. **Figura 21.**

De esta forma se fueron incorporando todos los materiales del dibujo. Una vez descargada la textura deseada, se incorporaba siguiendo la siguiente ruta:

Bandeja predeterminada → Materiales → Crear Material → Usar imagen de textura → selección de la textura descargada. En la edición se puede modificar dicha imagen de textura hasta conseguir la deseada.

Una vez medidas las texturas se fueron activando y desactivando capas para poder agrupar diferentes materiales en un bloque o grupo, se seleccionan los elementos y con el botón derecho se marca la opción de crear grupo, con la finalidad de que se pudiese interactuar en el programa Unity con determinados elementos. En este caso se agrupó la puerta para que el pomo de ésta girase y la puerta pueda abrirse con el programa de Realidad Virtual.

Durante el modelado se realizaron todas las visitas necesarias al edificio para toma de medidas, fotografías, anotación del mobiliario y apuntes de los diferentes tipos de materiales existentes a fin de realizar el modelo virtual lo más fidedigno posible a la realidad.

Se fue incorporando mobiliario al diseño del dibujo, bien diseñándolo en este programa o bien descargando dibujos ya realizados en 3D Warehouse, en este último caso se buscaba en internet en 3D warehouse (biblioteca de modelos 3D gratuitos de SketchUp) el elemento, se descargaba y se importaba al dibujo. En la mayoría de los casos se tuvo

que escalar el mobiliario que se incorporaba al 3D de la Casa del Estudiante. Algunos se retocaron en el propio dibujo hasta conseguir un mobiliario lo más parecido a la realidad posible. **Figuras 22, 23 y 24.**

Por último, se dibujó parte del entorno urbano donde se encuentra el edificio situado. Estos fueron los últimos pasos del modelado, previos a usar el programa Unity con el que a partir de aquí se comenzó a realizar la Realidad Virtual de este trabajo.

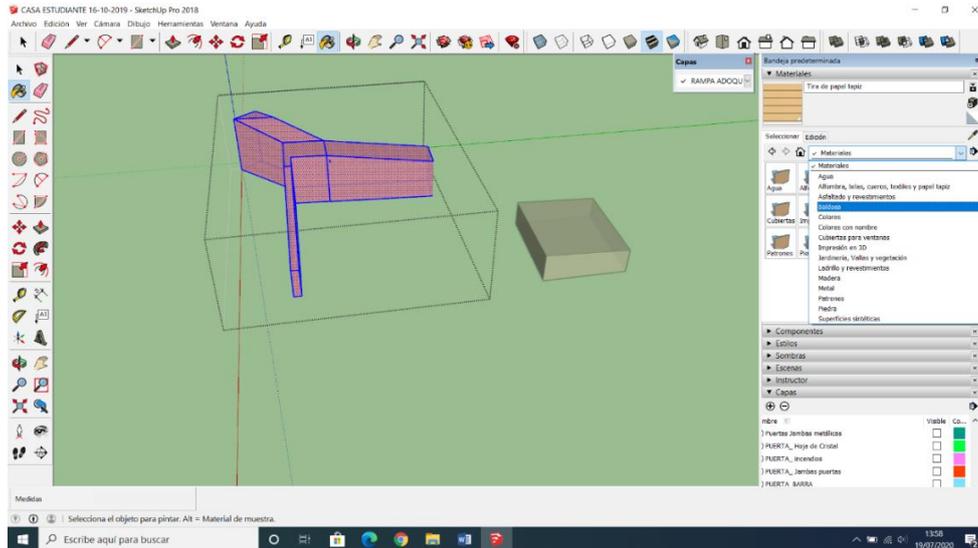


Figura 20. Texturas Rampa SketchUp. Casa del Estudiante

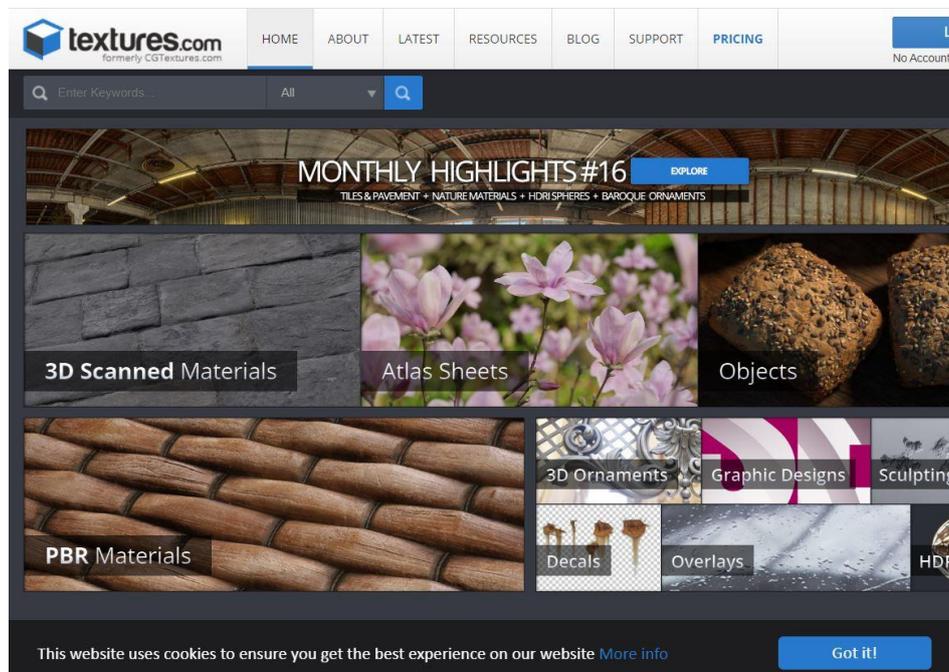


Figura 21. Página Web Textures.com SketchUp.

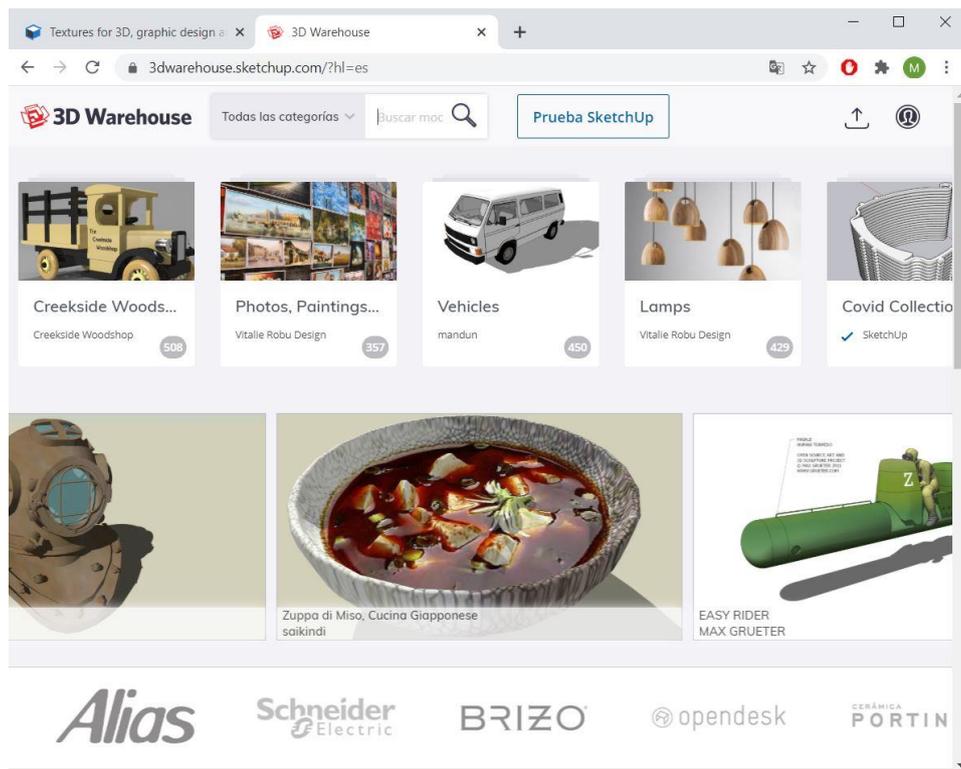


Figura 22. Página web 3D warehouse. SketchUp



Figura 23. SketchUp Mobiliario Casa del Estudiante

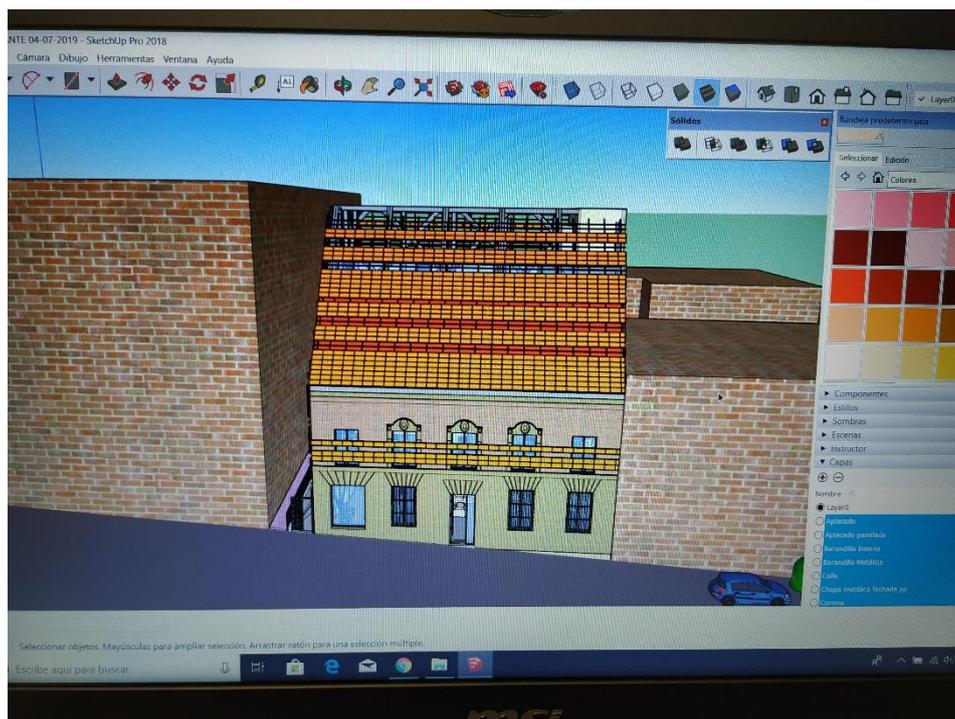


Figura 24. Fachada SketchUp. Casa del Estudiante

3.2.2 ESCENARIO VIRTUAL:

Hasta ahora todo el trabajo realizado ha sido respecto al modelado. Una vez llegados a este punto se trabajó con el programa Unity para crear una escena de Realidad Virtual lo más parecida posible al entorno real del edificio de la Casa del Estudiante.

Como paso previo, se comprobó que cada parte del dibujo se había pasado e importado al nuevo programa correctamente, viendo si había fallos por si fuese necesario modificar algún detalle. Al importar el archivo de SketchUp al programa Unity, se procedió a importar en este todos los materiales y texturas puestas en el anterior programa.

Se crearon Carpetas nuevas en: Assets → Modelo edificio, dentro de éste se clicó con el Botón derecho → create Folder. Así dentro de la carpeta “Modelo edificio” se crearon las carpetas de: Material, Texturas y Casa del Estudiante. Se seleccionó “Casa del Estudiante”, en la barra Inspector se marcó la opción de: Extract Textures (a la carpeta texturas) y extract materials (en la carpeta material), para extraer todos los materiales y texturas puestas con el anterior programa, por último, se arrastró “Casa del Estudiante” a la izquierda: SampleScene, a Hierarchy. De esta forma todo lo dibujado en SketchUp se importó a Unity.

En una de las primeras visitas al edificio se pudo observar, que los planes de Autoprotección nuevos del edificio de la Casa del estudiante, vistos en el apartado 3.1.1. Plan de Autoprotección de esta memoria, no estaban colocados en las paredes de cada planta, sólo se encontró un plano antiguo situado en la sala de juegos acristalada de la Planta Baja, y otro en el sótano. Dado que, en el recorrido, los participantes del simulacro de evacuación deben de poder orientarse para salir del edificio con dichos planos, se decidió añadir dichos planos de Autoprotección a la escena de Realidad Virtual. Para ello, se creó una carpeta nueva en Assets llamada imágenes, donde se fue arrastrando cada plano, planos que existían en imágenes, para poder incorporarlos a la escena de Realidad Virtual. Los archivos se arrastraron en formato png.

Carpeta: Assets → Modelo Edificio → Planos.

Create → 3D Object → Quad, en donde aparece un plano.

Se escaló en formato A3: (X: 0,420 Y: 0,297) y se arrastró esta imagen en png añadida en Unity, como si fuese una textura, al Inspector, columna de la derecha de la pantalla de Unity, y se arrastró a Albedo, lugar en la barra Inspector donde se meten las texturas en Unity.

Para comenzar, se tuvo en cuenta el recorrido de evacuación en caso de emergencia. Para poder interactuar con esta escena de Realidad Virtual, se incorporaron límites en el dibujo, es decir, para que el futuro jugador fuese capaz de caminar por el interior del edificio e interactuar de la misma forma que si fuese real, se tuvo que impedir atravesar paredes, muros y puertas, así como ventanas, etc. Para ello se utilizó la opción de Mesh Collider, que impide al jugador atravesar ese objeto, se seleccionó cada elemento y se marcó esa opción en el Inspector. Otra forma de ejecutar límites fue mediante cubos:

Selección de objeto (por ejemplo: silla) → Botón derecho en la pantalla Hierarchy → 3D Object → Cube.

En el inspector de Cube se ve la opción de Box Collider marcada, esto quiere decir, que no se podrá atravesar este objeto con el jugador. Si seleccionamos en la pantalla Inspector la opción de Mesh Renderer del cube, éste se vuelve transparente y no se verá en la escena virtual. Este cube se podrá adaptar a las dimensiones del objeto en cuestión, que no queremos que sea atravesado por el jugador, con los botones de desplazar, agrandar, recortar que existen arriba en la barra de herramientas de Unity.

Se pivotaron las puertas para que se pudiesen abrir y cerrar. En este diseño todas las puertas del recorrido de evacuación se encuentran abiertas, pero se pivotaron para que, en un futuro, en el caso de encontrar en la escena de Realidad Virtual puertas cerradas y más específicamente en el recorrido de evacuación consignado, se puedan programar para abrir y cerrar. Para pivotar las puertas, primero se procedió a descomponer todo el bloque “Casa del Estudiante”, seleccionando “Casa del Estudiante” en Hierarchy, se marcó la opción “Unpack prefabs completely”. En el dibujo se seleccionó el elemento a pivotar, en este caso una de las puertas, en:

Hierarchy se selecciona la puerta → botón derecho → Create empty → crea un GameObject, en este momento GameObject depende de la puerta (hijo), por lo tanto se sacó fuera (padre), se le dio un nombre. Se buscó el punto de pivotaje de la puerta. Para girar las puertas en la pantalla de arriba tendrá que estar marcada la opción de Pivot, no en center, con la barra de herramientas de Unity.

Ya que en caso de emergencia está prohibido el uso del ascensor, se imposibilitó en el programa el acceso al interior del mismo. Se seleccionó el ascensor y se marcó en el inspector la opción de Mesh Collider, que impide al jugador atravesar dicho objeto.

Se cambiaron algunas de las texturas que se pudieron mejorar en el programa Unity respecto al programa SketchUp, siguiendo la ruta:

Assets → modelo edificio → materiales → Albedo. **Figura 25.**

Marcando el objeto en la escena, se arrastra el material deseado al Inspector (ventana de la derecha) o al objeto directamente en la escena si a dicha textura no hay que modificarle nada.

Se creó en la escena de Realidad Virtual el foco de la situación de emergencia, con un fuego ocasionado en una zona de la tercera planta de la Casa del Estudiante. **Figura 26.** Para hacer la simulación del fuego fue necesario descargar de Unity Assets Store: Unity particle, buscando en internet y descargando un paquete de fuego gratuito para Unity, se importan a la carpeta Assets de Unity donde se arrastran para incorporar el fuego y el humo a la escena haciendo la búsqueda siguiendo la siguiente ruta:

ParticlePacks → EffectsExamples → Fire&Explosion Effects → Prefabs (FireBall) (MediumFlames)

ParticiclePack → EffectExamples → Smoke&Steam Effects → Prefabs (SmokeEffect)

Se pobló de árboles el entorno exterior del edificio, dando así un aspecto lo más parecido posible a la realidad, siguiendo la ruta:

Assets → Standard assets → Environment → Speedtree → Broadleaf

Se descargó y se eligió el tipo de árbol más similar al existente en el espacio real ocupado por los mismos, se procedió de igual forma con el resto de mobiliario urbano existente en la zona, como contenedor, coches, bancos etc. **Figura 27.**

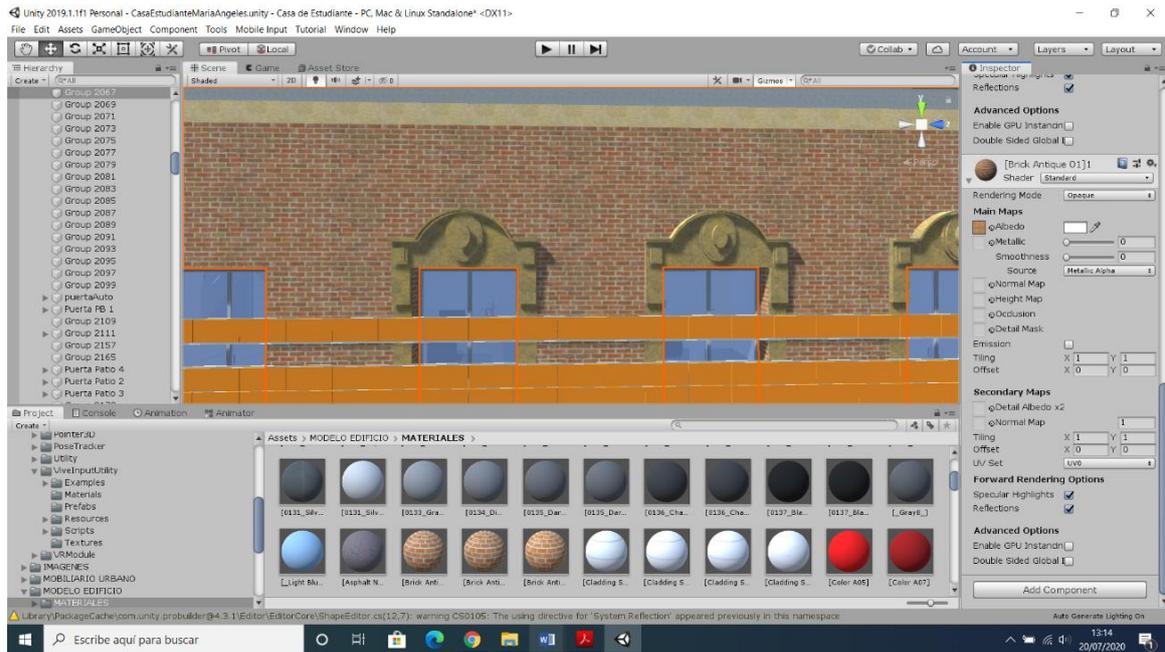


Figura 25. Unity Textura mejorada - Fachada ladrillo Casa del Estudiante



Figura 26. Unity Fuego 3ª Planta Casa del Estudiante

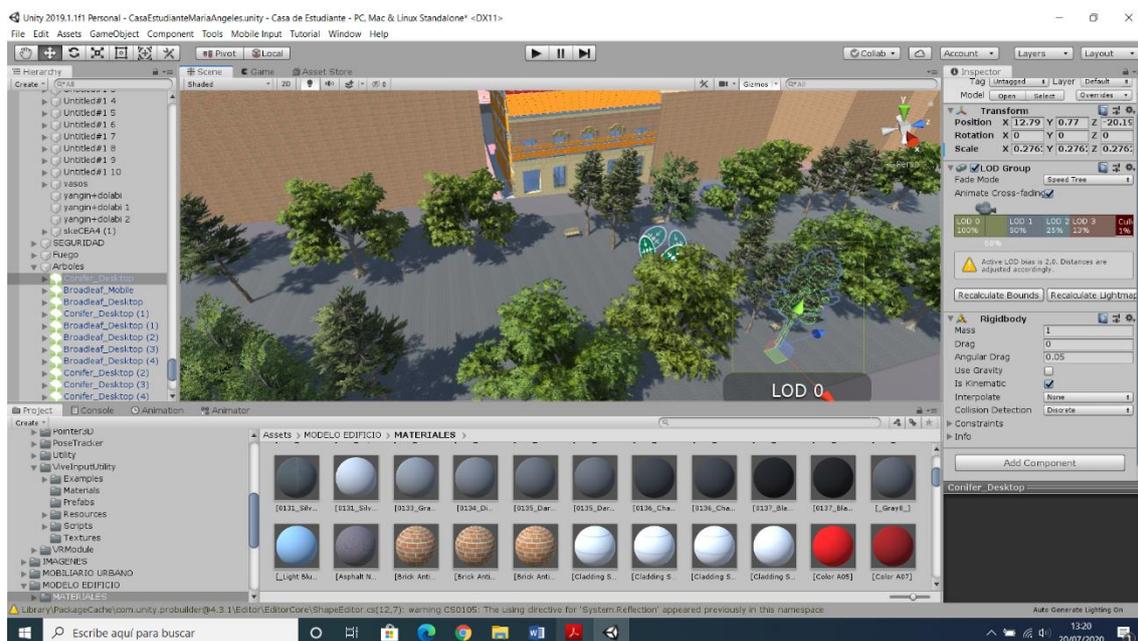


Figura 27. Unity árboles entorno Casa del Estudiante.

Para crear un jugador y poder mover a este por la escena con el teclado del ordenador, se incorporó FPSController, es el controlador para poder mover al jugador con el teclado. Para ello se tuvo que descargar el “Standart Assets” siguiendo la siguiente ruta:

Assets store → En el buscador: Standart assets → Descargar, Import → automáticamente la Carpeta Standart assets en Project (abajo a la izquierda de la pantalla Unity).

Standart assets → Characters → FirtsPersonCharacter → prefabs → FPSController → FPSController se arrastra a la escena virtual en Hierarchy.

Lo anteriormente descrito se muestra en las **Figuras 28 y 29**.

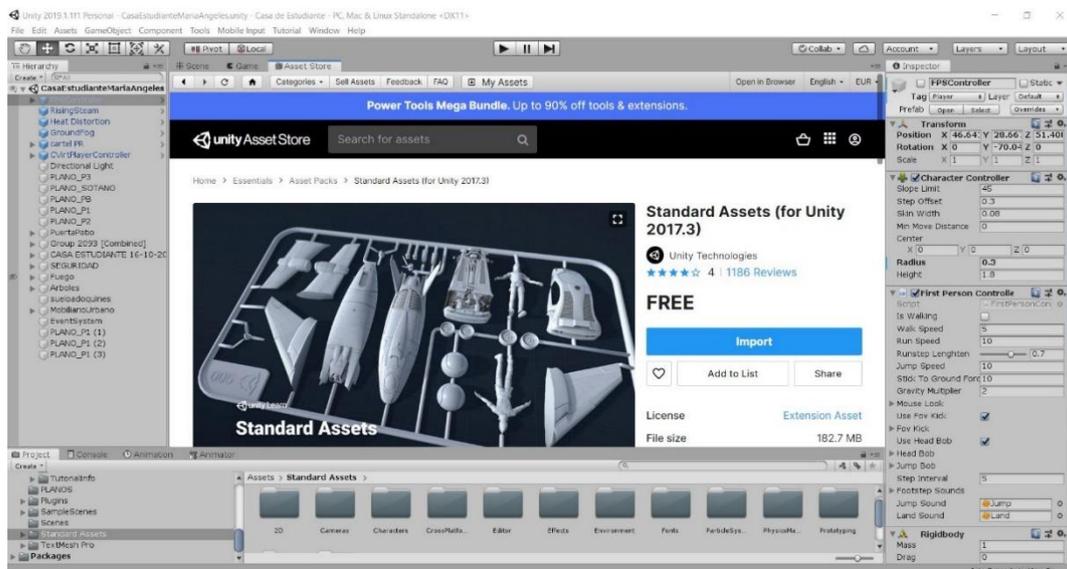


Figura 28. Unity descarga FPSController

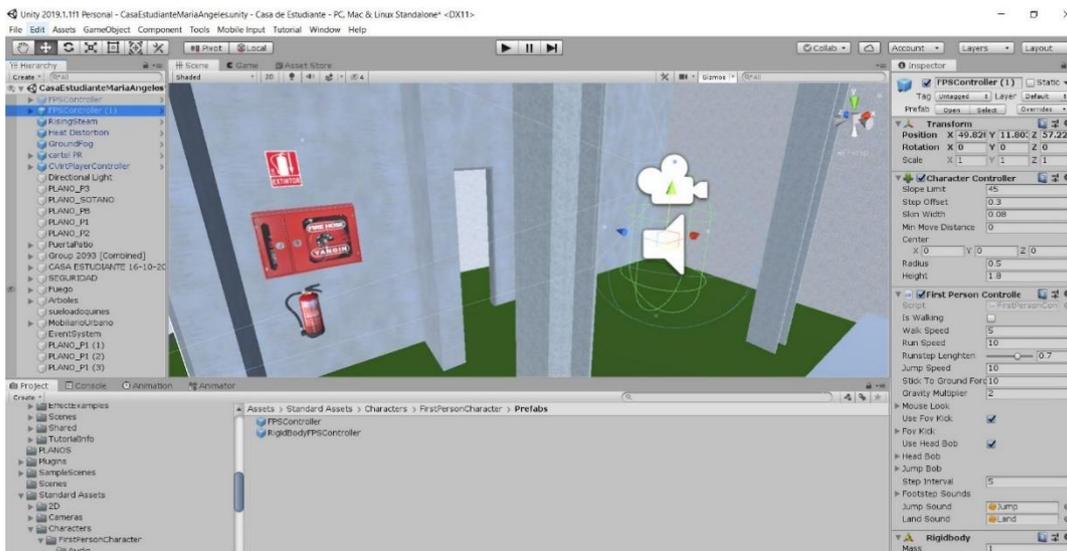


Figura 29. Introducción FPSController en escena virtual Unity

Para realizar las escenas de pantalla inicio y final se utilizó User Interfaz: UI, se creó un canvas. El Canvas es un Game Object con un componente Canvas en él, y todos los elementos UI deben ser hijos de dicho Canvas. Por otro lado, el GameObject es el concepto más importante en el Editor de Unity. Cada objeto en su juego es un GameObject, desde personajes y objetos coleccionables hasta luces, cámaras y efectos especiales. Dicho Canvas se creó, siguiendo la siguiente ruta:

Create → UI → Canvas.

De esta forma se generó una pantalla en 2D, donde se elaboró una escena inicio de la aplicación. Desde Hierarchy, se pinchaba en canvas con el botón derecho → UI → Text, para incorporar texto y así se fue rellenando la escena. Lo mismo se hizo para incorporar los botones en la escena, imágenes y demás elementos. **Figura 30.**

Para incluir imágenes en un canvas habrá que tener en cuenta marcar la opción en el Inspector de:

Canvas → Botón derecho → UI → Image. Assets → Imágenes → arrastramos la imagen que queremos incorporar desde el ordenador → la seleccionamos (en el inspector) image (script) → source image → none (sprite). Por último, marco en mi imagen → Texture Type → sprite (2D and UI) y se marca Apply. Se marca de nuevo la imagen y se arrastra la imagen deseada en source Image. Es importante marcar: sprite (2D and UI) porque de lo contrario no se podría ver la imagen.

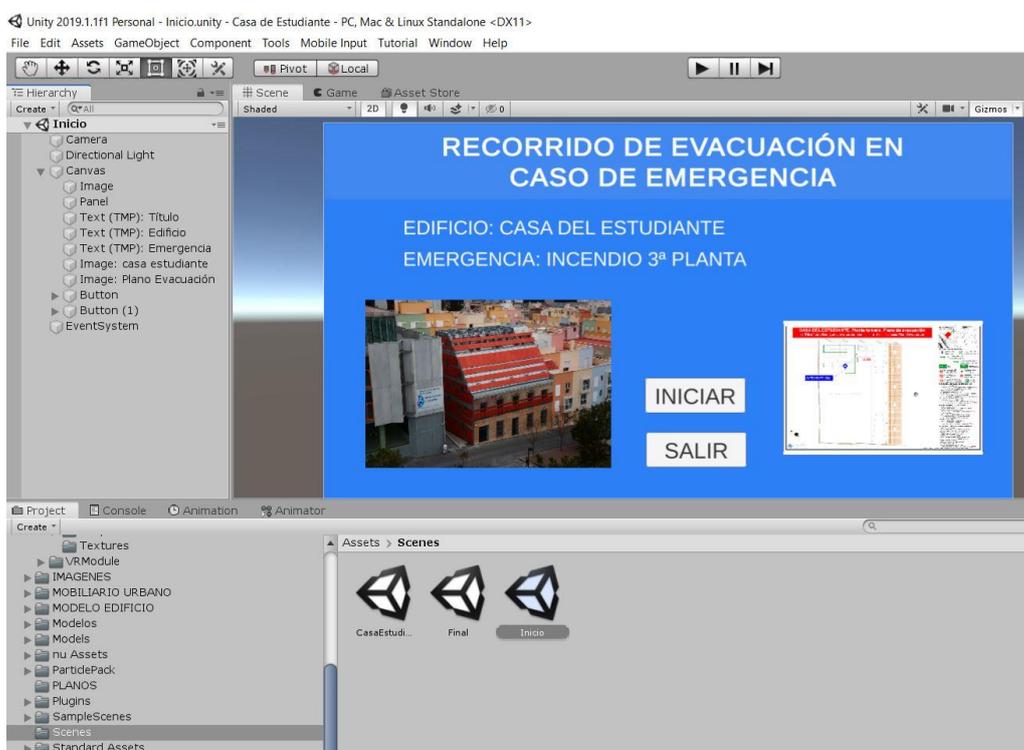


Figura 30. Creando escena: Canvas Unity

Para meter el jugador a la escena y poder interactuar con el andador, se importó el paquete “CybSDK” con el prefab: CVirtPlayerController, paquete para conectar el andador o Plataforma Virtualizer. CVirtPlayerController se arrastra a la ventana Hierarchy para incorporarlo a la escena.

A continuación, se fue al Prefab: CVirtPlayerController. Dentro de este GameObject o prefab CVirtPlayerController se encuentra el GameObject: “CameraHolder”, en el cual tendremos que arrastrar el controlador de las gafas.

Así, dentro de “CameraHolder”, se insertó el Prefab ViveCameraRig, este último es el prefab que controla las Gafas de Realidad Virtual. Este prefab “ViveCameraRig” se encuentra dentro del paquete HTC.UnityPlugin, descargado anteriormente en Unity Assets Store, siguiendo la siguiente ruta:

Assets Store → VIVEInputUtility → Import: para importar a Project el paquete. Se guarda con el nombre del paquete: “HTC.UnityPlugin”

Project → HTC.UnityPlugin → VIVEInputUtility → Prefabs → ViveCameraRig

Se muestra esto último en las **Figuras 31 y 32**.

Posterior a estos pasos, se seleccionó: File → Build Settings → Player settings → XR settings, para activar el virtual Reality supported, para que la aplicación soporte las gafas de realidad virtual.

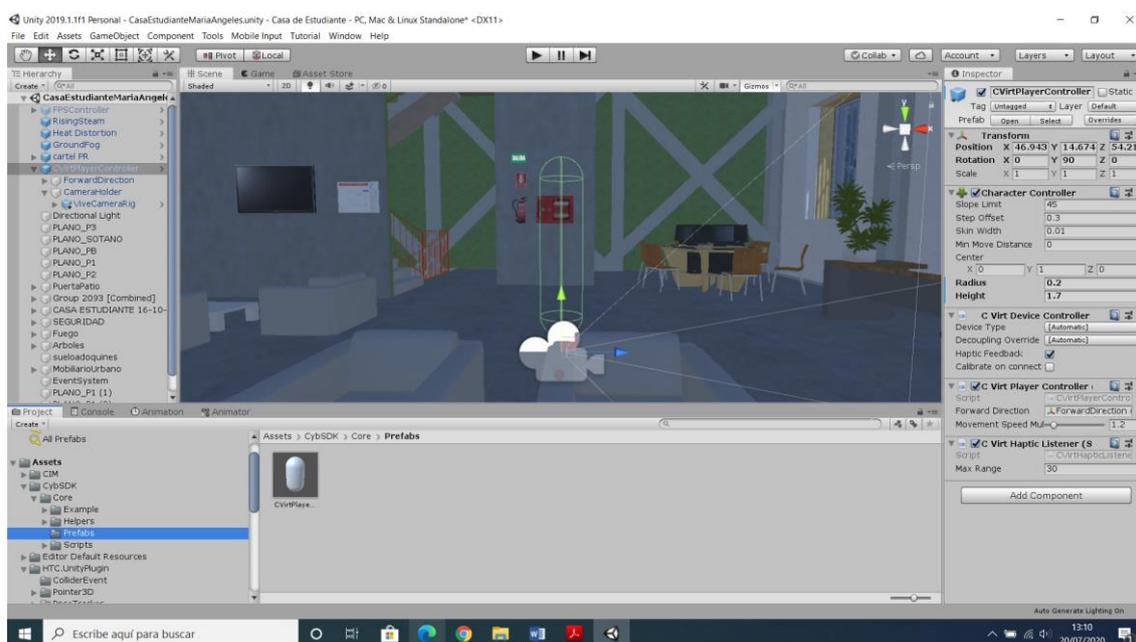


Figura 31. Instalación CVirtPlayerController, para Virtualizer, en Unity

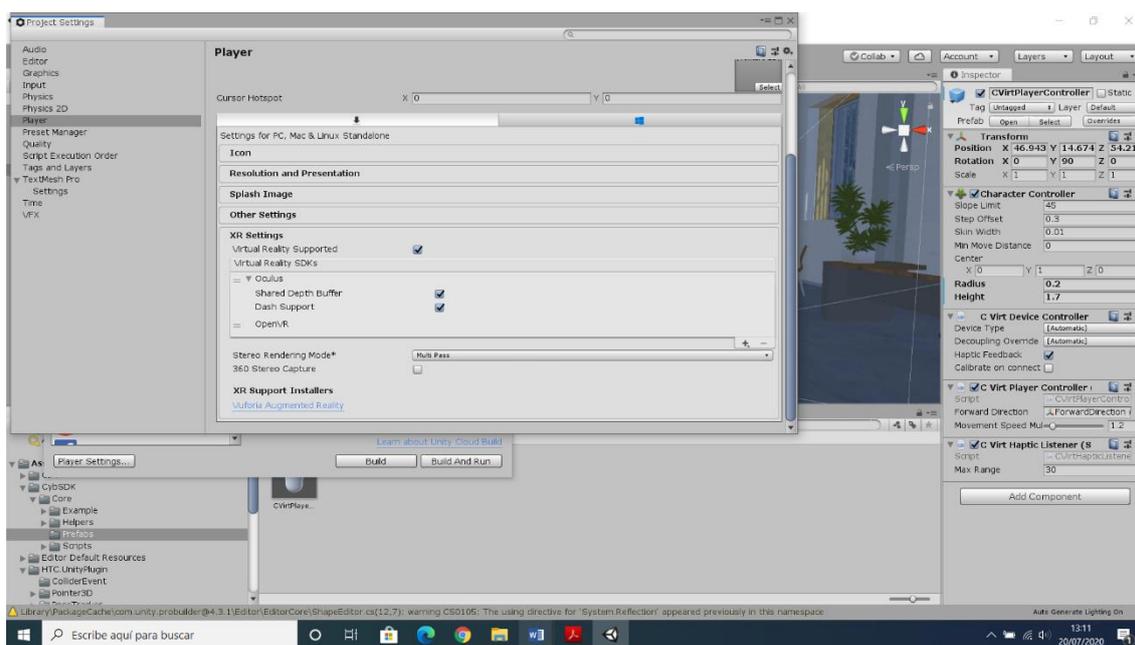


Figura 32. Instalación Player Unity

Dentro del recorrido de evacuación, existe la posibilidad, en la planta baja, de salir por la puerta automática que da al patio exterior que hay por la parte de atrás de la casa del Estudiante, para la programación de la Puerta automática se procedió de la siguiente forma:

Primero se usó Animation, pestaña que se sitúa abajo a la izquierda del programa Unity, seleccionando cada hoja de la puerta, se creó una animación de abrir y cerrar la puerta, habilitando el modo grabación e indicando en el Timeline se marcó la posición de la puerta respecto al tiempo. **Figura 33.**

Animation → créate → se puso en nombre, Puerta Auto → guardar → Add property. Aquí aparece una franja de tiempo donde se creará la animación. En transform, se puede modificar la posición respecto a X, Y, Z y se realiza el movimiento que se desea conseguir para la puerta automática con el botón grabar. Si se marca el botón de Play se hará la recreación del movimiento.

Con el uso de la herramienta Unity animator, se pudo configurar para ver cómo afectaba la variable “persona detectada” en la reproducción de la animación de la puerta. **Figuras 34 y 35.**

Animator → opción + → Bool (en este caso se marcó la opción Bool, variable booleana para reconocer el verdadero o falso en función de la programación del script) a este se le dio nombre: Persona detectada.

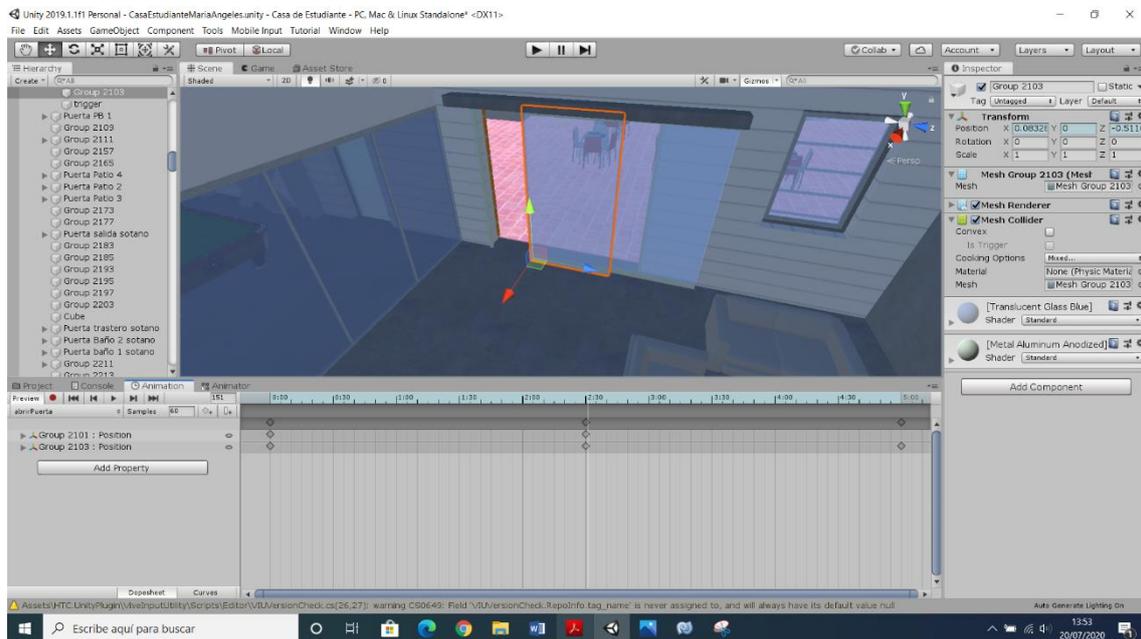


Figura 33. Puerta Automática Unity Animation Casa del Estudiante

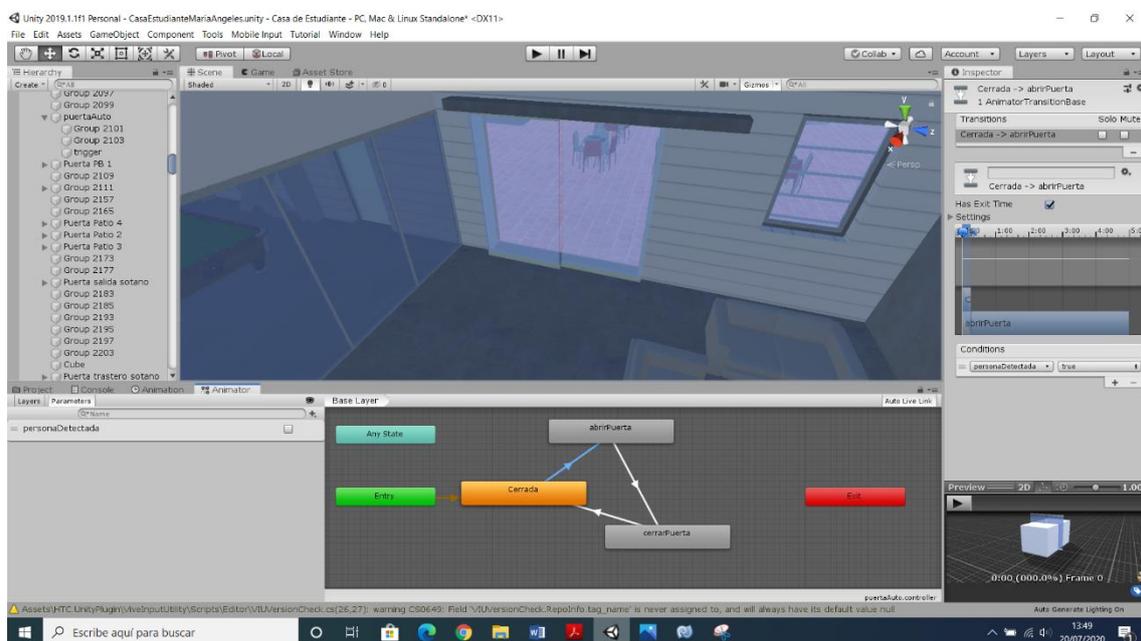


Figura 34. Puerta Automática Unity Animator. Casa del Estudiante

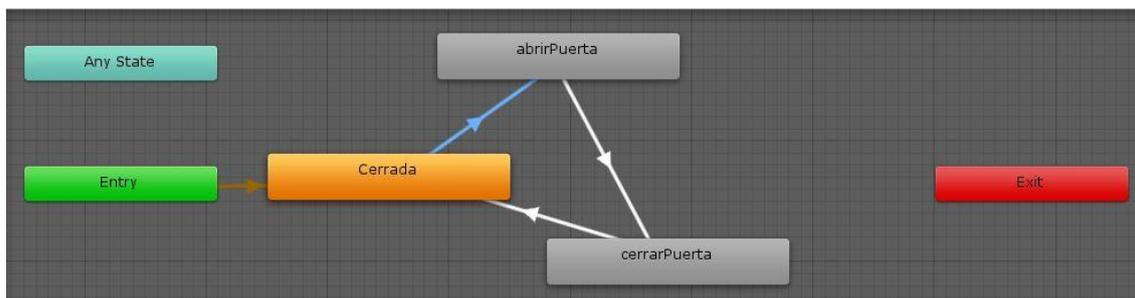


Figura 35. Detalle Animator Unity. Puerta Auto. Casa del Estudiante

Se añadió un Box Collider trigger en el dibujo, delante y detrás de la puerta automática. Para ello se creó un cubo. Cuando en un cubo se marca en el Inspector la opción de: Is trigger, quiere decir que el jugador no se chocará con el cubo, sino que cuando se atraviese dicho cubo ocurre una acción que se programará en un script, a esto se le llama Box Collider trigger. Un Collider permite la detección de colisiones en un videojuego en Unity 3D, en este caso se hizo con la finalidad de que se pudiese atravesar este Box collider trigger detectando el player a su paso.

Con esta idea se creó un script, donde se dieron las indicaciones de la Puerta Automática.

Selección de objeto a programar el script, en Hierarchy → En la Barra Inspector marcamos: Add Component → New Script.

De esta forma, se creó una función en el script que detecta cuando un objeto entra en el Boxcollider trigger, si el objeto que ha entrado es el player (jugador), cuando reconoce que la variable “persona detectada” es verdadera, éste activa la animación para abrir puerta. Si reconoce que la variable “persona detectada” es falsa, activa la animación para cerrar puerta. De esta forma cuando el jugador se acerca a la puerta, ésta se abre y cuando se aleja, ésta se cierra. **Figuras 36 y 37.**

Todos los scripts se guardan en Assets, a no ser que se cree una nueva carpeta.

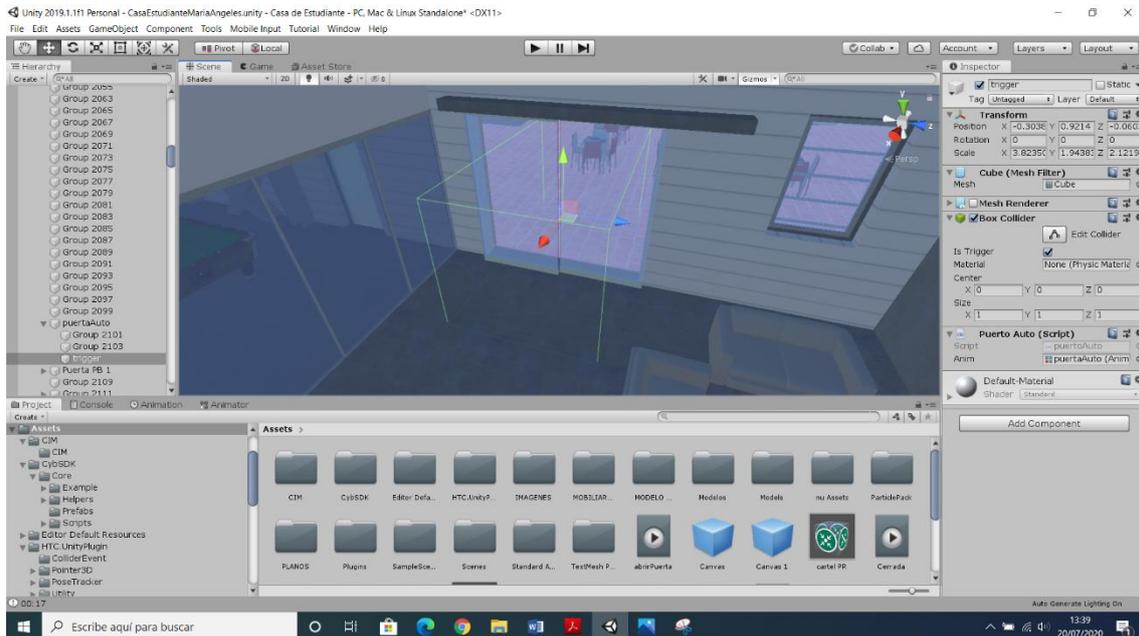


Figura 36. Box Collider Trigger en Unity. Puerta Automática. Casa del Estudiante

```

puertoAuto.cs
puntoReunion.cs
resultados.cs
PuntoEncuentro.cs
tiempo.cs
inicio.c

No selection
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4
5 public class puertoAuto : MonoBehaviour
6 {
7     public Animator anim; //objeto que contiene la animación de las puertas
8
9     void OnTriggerEnter(Collider other) { //función que detecta cuando un objeto entra en un BoxCollider trigger
10         if (other.tag == "Player") { //Si el objeto que ha entrado es el player
11             anim.SetBool("personadetectada", true); //selecciona la variable booleana "personadetectada" como verdadera,
12             //lo cual activará la animación de abrir puerta
13         }
14     }
15     void OnTriggerExit(Collider other) { //función que detecta cuando un objeto sale de un BoxCollider trigger
16         if (other.tag == "Player") { //Si el objeto que ha salido es el player
17             anim.SetBool("personadetectada", false); //selecciona la variable booleana "personadetectada" como falsa,
18             //lo cual activará la animación de cerrar puerta
19         }
20     }
21 }
22

```

Figura 37. Programación Unity. Script Puerta Automática. Casa del Estudiante

La escena inicio es la primera escena de la aplicación, en donde se explica que se va a realizar un recorrido de evacuación en una situación de emergencia, se especifica el edificio donde ocurrirá y la emergencia que es. Hay un botón de Iniciar y otro de Salir, en esta escena también aparece la imagen del edificio y el plano de Autoprotección.

Para realizar la programación de este script, se creó la función que da la orden de que al pulsar el botón inicio se cargará la escena de la simulación y que si se pulsa el botón salir se saldrá de la aplicación. **Figuras 38 y 39.**



Figura 38. Escena inicio Juego Unity

```

1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4 using UnityEngine.UI;
5 using UnityEngine.SceneManagement;
6
7 public class inicio : MonoBehaviour
8 {
9
10     public void Iniciar(){//función que se ejecutará al pulsar el botón iniciar
11         SceneManager.LoadScene("CasaEstudianteMariaAngeles");//para cargar
12         //la escena de la simulación "CasaEstudianteMariaAngeles"
13     }
14     public void Salir(){//función que se ejecutará al pulsar el botón salir
15         Application.Quit();//salir de la aplicación
16     }
17 }
18

```

Figura 39. Programación Unity. Script escena inicio Juego

Se creó un script para el objeto del punto de encuentro. Hay un Boxcollider trigger que detecta cuando el player (jugador) ha entrado. Contiene el script “tiempo” en el que programamos qué ocurre, y además este script contabiliza el tiempo que ha transcurrido desde la escena de la simulación hasta llegar a dicho punto de encuentro. Esto permitirá conocer el tiempo transcurrido desde el inicio de la simulación hasta la llegada al punto de encuentro, tiempo de evacuación del recorrido. **Figuras 40 y 41.**

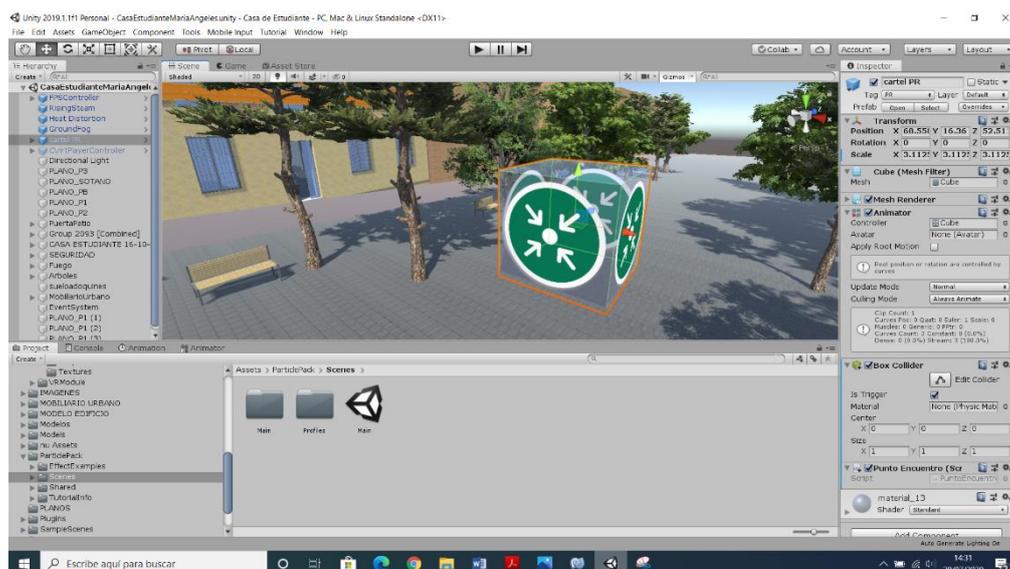


Figura 40. Punto de encuentro Unity. Recorrido evacuación Casa del Estudiante

```

tiempo.cs inicio.cs puertoAuto.cs
No selection
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4 using UnityEngine.UI;
5 using UnityEngine.SceneManagement;
6
7 public class PuntoEncuentro : MonoBehaviour
8 {
9     public static string TimerString; //variable tipo texto estática
10    //que permanece aunque se cambie de escena en la que guardaremos
11    //el tiempo de evacuación
12    private float StartTime; //variable tipo flotante donde guardaremos
13    //el tiempo en el que comienza la simulación
14    // Start is called before the first frame update
15    void Start()
16    {
17        TimerString="0"; //iniciamos el contador a cero
18        StartTime = Time.time; //guardamos el tiempo en el que arranca
19        //La escena en la variable starttime
20    }
21    // Update is called once per frame
22    void Update()
23    {
24        float TimerControl = Time.time - StartTime; //calculamos
25        //La diferencia entre el tiempo en el que arranca la escena y
26        //el tiempo actual para ver el tiempo que ha pasado
27        string mins = ((int)TimerControl/60).ToString("00");
28        //función que contabiliza los minutos
29        string segs = (TimerControl % 60).ToString("00");
30        //función que contabiliza los segundos
31        TimerString = string.Format("{00}:{01}", mins, segs);
32        //guardamos en la variable timestring los minutos y segundos
33    }
34    void OnTriggerEnter(Collider other){ //función que detecta cuando un
35    //objeto ha entrado en el Boxcollider trigger del punto de reunión
36    if(other.tag=="Player"){ //si el objeto que ha entrado es el player
37        SceneManager.LoadScene("Final"); //carga la escena a resultados
38    }
39    }
40 }
41

```

Figura 41. Programación Unity. Script Punto de Encuentro Casa del Estudiante

La escena final contiene el tiempo de evacuación del recorrido, junto con un botón para volver a menú inicial y otro para salir de la aplicación. En este script se muestra el tiempo de evacuación. En esta escena se tuvo problemas para la aparición del puntero para poder seleccionar cualquiera de los botones que tiene la escena, por este motivo se añadió al script la función desbloqueo del ratón y aparición del puntero, se añadió la función volver al menú inicial si se marca el botón menú, y salir de la aplicación si se marca, en este caso, el botón salir. **Figuras 42 y 43.**



Figura 42. Escena final Juego Unity

```
tiempo.cs inicio.cs puertoAuto.cs puntoReun
No selection
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4 using UnityEngine.UI;
5 using UnityEngine.SceneManagement;
6
7 public class tiempo : MonoBehaviour
8
9 {
10     public Text text_tiempo; //objeto texto que muestra el tiempo
11     //tardado en la evacuación
12
13     // Start is called before the first frame update
14     void Start()
15     {
16         Cursor.lockState = CursorLockMode.None; //desbloquea el
17         //uso del ratón para poder actuar con los botones del menú
18         Cursor.visible = true; //hace visible el puntero del ratón
19         text_tiempo.text = PuntoEncuentro.TimerString.ToString ();
20         //introduce el valor de la variable timerstring del script
21         //puntoencuentro en el objeto texto text_tiempo
22     }
23
24
25     public void Menu() { //función volver al menú inicial
26         SceneManager.LoadScene("Inicio"); //carga la escena menú inicial
27     }
28     public void Salir() { //función que se ejecutará al pulsar el botón salir
29         Application.Quit(); //salir de la aplicación
30     }
31 }
```

Figura 43. Programación Unity. Script escena final Casa del Estudiante.

4.- RESULTADOS:

4.1 MODELADO 3D:

El primer resultado que se obtiene es el propio modelado 3D, en donde se incluye el modelado tanto del edificio de la Casa del Estudiante como de todo su entorno. Este modelado fue realizado a través del software de AutoCAD para el levantamiento de 2D a 3D de la estructura y acabados del propio edificio. Posteriormente se utilizó el programa SketchUp para incorporar texturas y mobiliario al modelado 3D del edificio. **Figuras 44 y 45.**

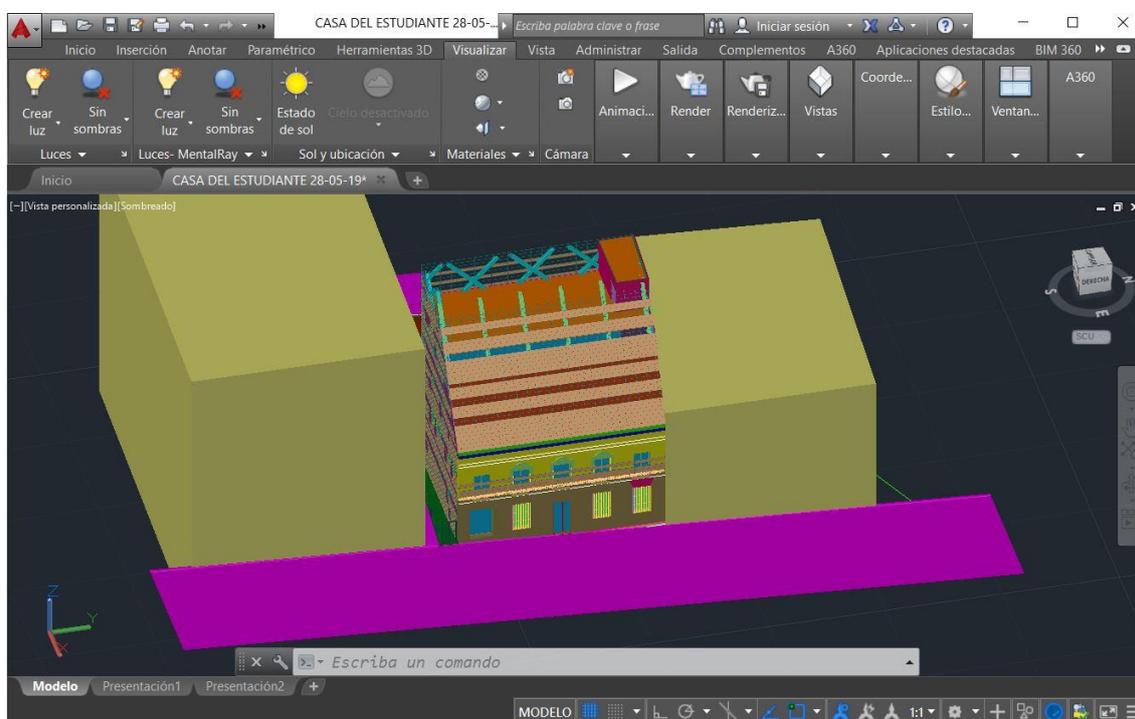


Figura 44. Resultado modelado 3D con AutoCAD Casa del Estudiante.

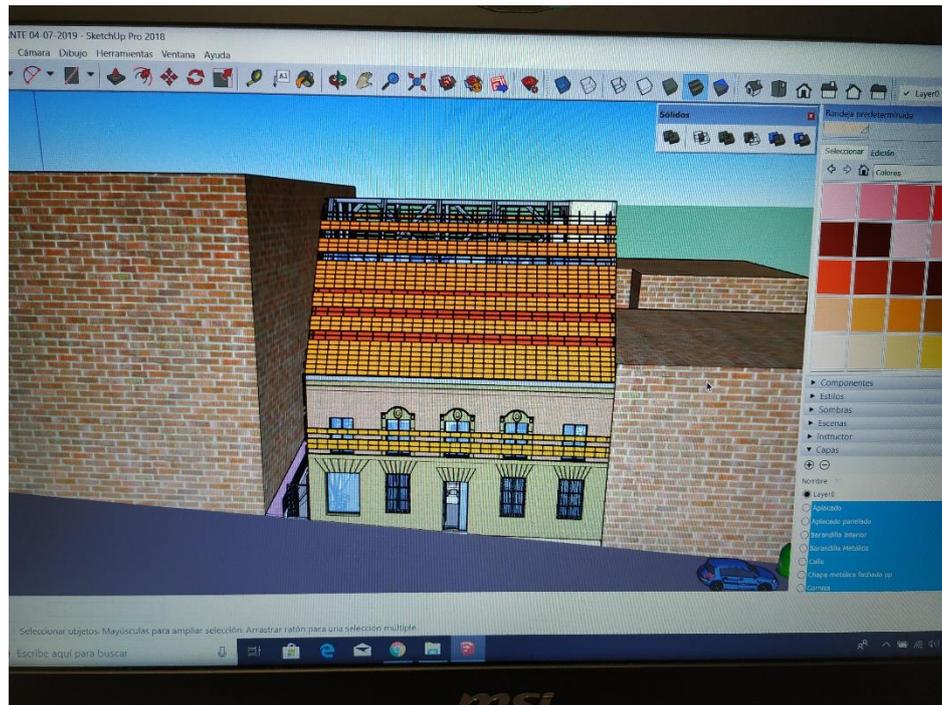


Figura 45. Resultado modelado 3D con SketchUp. Casa del Estudiante

4.2 ESCENAS:

Otro de los resultados obtenidos de este TFM son las escenas virtuales del edificio de la Casa del Estudiante.

Se ha creado un escenario virtual lo más parecido posible al escenario real, a partir del modelado 3D del edificio de la Casa del Estudiante. Este escenario se ha creado con el software Unity con el que se han mejorado las texturas, se ha añadido mobiliario en el interior del edificio, así como árboles y mobiliario urbano y luces a las escenas.

Estas escenas están realizadas para cada estancia del edificio: Casa del Estudiante, con la finalidad de que fuese reflejo del real. **Figuras de 46 a 56.**

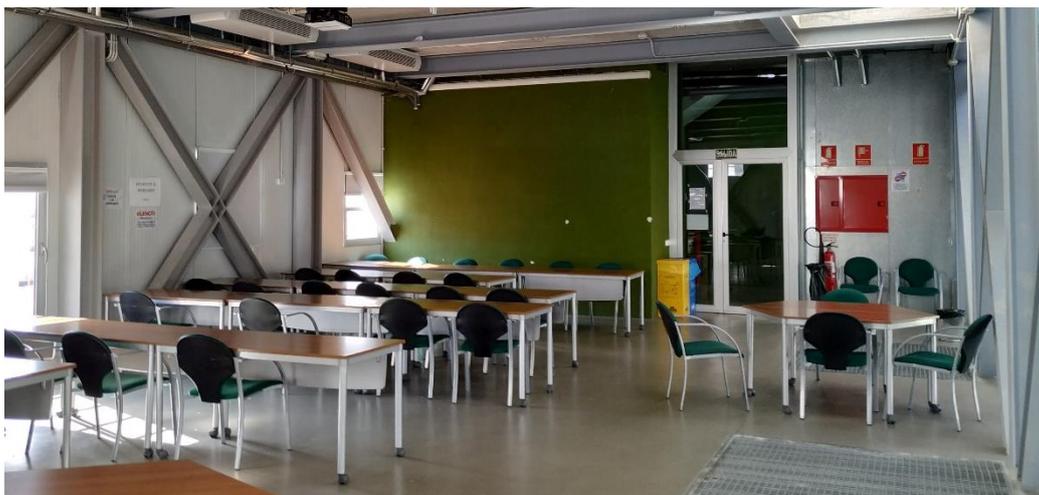


Figura 46. Escena 3ª Planta Casa del Estudiante real



Figura 47. Resultado escena 3ª Planta Casa del Estudiante Virtual



Figura 48. Resultado escena 2ª Planta Casa del Estudiante Virtual



Figura 49. Resultado escena 1ª Planta Cocina Casa del Estudiante Virtual



Figura 50. Escena 1ª Planta cocina Casa del Estudiante Real.

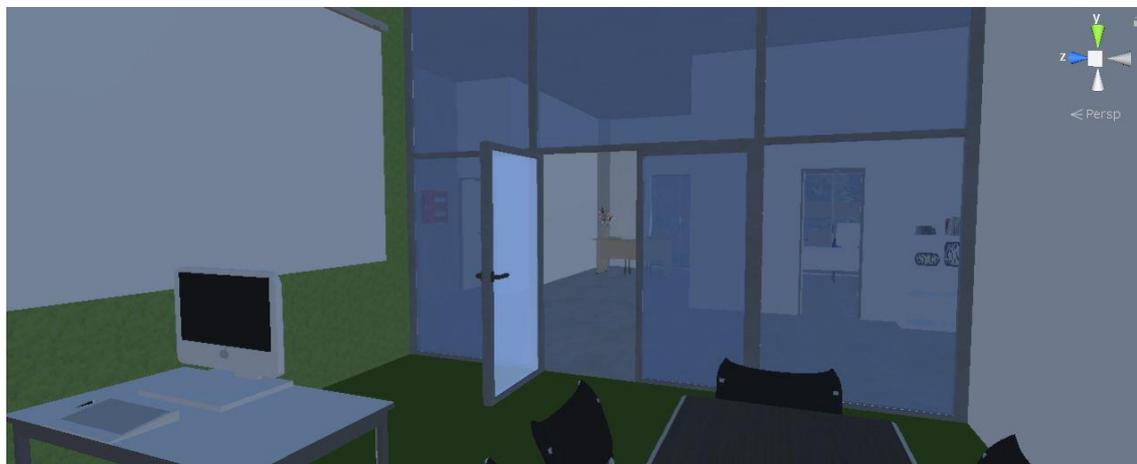


Figura 51. Resultado escena Sala reunión 1ª Planta. Casa del Estudiante Virtual



Figura 52. Escena Sala reunión 1ª Planta Casa del Estudiante Real



Figura 53. Resultado escena despacho 1ª Planta Casa del Estudiante Virtual



Figura 54. Resultado escena Sala Juegos Planta Baja Casa del Estudiante Virtual



Figura 55. Resultado escenas Salón Planta Baja Casa del Estudiante Virtual



Figura 56. Resultados escena Planta Sótano Casa del Estudiante Virtual



Figura 57. Resultado escena Puerta Automática y Patio Casa del Estudiante Virtual

4.3 VIDEOJUEGO Y SIMULACIÓN:

Con las escenas creadas en Unity y la programación de comunicación entre el entorno virtual y los gadgets que facilitarán la interacción entre el usuario y la escena, se diseña una interfaz con la que se puede experimentar un juego que arroje resultados de cómo se ha desarrollado el simulacro de la evacuación del edificio debido a una simulación de emergencia, en este caso el fuego recreado en la escena de Realidad Virtual.

El planteamiento de este juego pasa por definir unas instrucciones de uso y posterior experiencia inmersiva usando gadgets.

El último resultado obtenido es el juego en sí, en el que se interactúa en ese escenario creado mediante animación y la programación de scripts. Para interactuar con el escenario creado se han adaptado las Gafas de realidad Virtual y la Plataforma Virtualizer, de esta forma se puede realizar una simulación del recorrido de evacuación en situación de emergencia. **Figura 58.**

Los resultados del juego se muestran tras la experiencia virtual inmersiva del recorrido de evacuación por parte de los voluntarios participantes que se ofrecieron a esta. Tras dicha experiencia, y recogido en un cuestionario, se obtendrá información sobre el tiempo que se ha tardado en realizar el recorrido de evacuación.

Al comienzo del juego aparece una Escena de introducción donde se muestra una imagen del edificio de la Casa del Estudiante, en esta primera escena se explica el lugar donde vamos a situarnos, es decir, nuestro edificio, qué ocurre o qué situación de emergencia nos vamos a encontrar y cuál es el objetivo del juego.

Aparecerá un botón INICIAR, para comenzar el recorrido y otro botón SALIR que permite salir del juego, en el caso de que no se quiera comenzar el juego. **Figura 59.**

Se describe el título: Recorrido de evacuación en caso de emergencia, el edificio: Casa del Estudiante y el tipo de emergencia: Incendio en la 3ª Planta.



Figura 58. Resultado escena inicio juego Unity

Para realizar la simulación el usuario tendrá que:

- 1.- Subir a la plataforma de Virtualizer.
- 2.- Colocarse las gafas de Realidad Virtual.

3.- Se inicia el programa, y con ello, se activa el inicio de la simulación:

- Pantalla inicio, donde se explica el recorrido de evacuación en caso de incendio desde la Tercera planta del edificio de la Casa del Estudiante hasta salir del edificio y llegar al punto de encuentro seguro fuera del edificio, que es la finalidad del juego configurado
- Se le dará a Iniciar para comenzar.

4.- Comienzo:

- Con el movimiento de los pies se simula el caminar y los sensores del andador Virtualizer se realizará el recorrido desde el inicio, viendo el foco de la emergencia, siendo en este caso un incendio.
- Siguiendo las indicaciones de los planes de autoprotección del edificio, el usuario debe ser capaz de salir del mismo en un tiempo mínimo que asegure que está fuera de peligro asegurando su integridad.

5.- Una vez finalizado el recorrido y llegado al punto de encuentro, aparecerá la pantalla final en el interfaz de usuario del juego. **Figura 59.**



Figura 59. Resultado juego y simulación recorrido de evacuación Casa del Estudiante

En esta pantalla final del recorrido aparece la escena final del videojuego. En esta última pantalla se muestra el tiempo que se ha tardado en realizar la evacuación en esta simulación de situación de emergencia virtual, tiempo de evacuación en minutos y segundos, aparece un botón MENU para volver al menú inicial y un botón SALIR para salir de la aplicación. **Figura 60.**



Figura 60. Resultado escena final juego Unity

5.- EVALUACIÓN DE RESULTADOS:

Para comprobar que la simulación cumple con los objetivos marcados, se ha realizado un estudio del retorno por parte de los usuarios (feedback).

La intención era realizar un estudio estadístico (10) de resultados realizando una encuesta a una muestra amplia de voluntarios que se prestaran a la realización del simulacro y la realización del juego diseñado y configurado.

Se pretendía contar con los usuarios habituales de la Casa del Estudiante y con personal perteneciente a la comunidad universitaria de todos los colectivos, pero debido a las circunstancias excepcionales derivadas de la pandemia del COVID19, ha sido imposible realizar esta evaluación para la muestra inicialmente planteada.

En su defecto se ha realizado esta modesta prueba contando con la colaboración de 10 voluntarios cercanos a los laboratorios del SAIT.

Estos voluntarios se han sometido al simulacro de evacuación de forma virtual realizando el juego creado como protagonistas de la escena con la existencia de fuego en el entorno virtual modelado.

Tras la experiencia inmersiva, se les ha solicitado responder a un cuestionario con preguntas referentes a la actividad realizada que pueden servir para analizar el efecto obtenido en los usuarios por la realización del juego.

El objetivo de la encuesta, es obtener un Feedback de los usuarios, valorar la experiencia del simulador, obtener información y ver si esta herramienta permite mejorar la prevención.

5.1 ENCUESTA SIMULADOR REALIDAD VIRTUAL:

En esta encuesta hay tres secciones a diferenciar, en la primera sección, “Datos del Encuestado”, se obtendrá información sobre la edad, género y oficio del participante, en la segunda sección “Conocimientos previos”, con las preguntas del cuestionario se obtendrá información sobre determinados conocimientos previos que pueda tener el participante, y que puedan influir a la hora de realizar con más fluidez el recorrido en el simulador y con la tercera sección “Evaluación de la simulación” se obtendrá información sobre qué le ha parecido la experiencia y qué cosas se podrían mejorar para un futuro.

Antes de la prueba hubo una explicación del proyecto a los participantes. Instrucciones con respecto al funcionamiento de la plataforma a cada participante.

Durante la prueba el investigador se sitúa tras la plataforma en comunicación con el voluntario por si hubiese algún problema.

Al finalizar la prueba se procede a los comentarios y discusión de resultados con los participantes, encuesta sobre la experiencia.

ENCUESTA SIMULADOR REALIDAD VIRTUAL

ESCENA DE REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA:

SIMULACIÓN: RECORRIDO DE EVACUACIÓN EN SITUACIÓN DE EMERGENCIA DEL EDIFICIO

EDIFICIO: CASA DEL ESTUDIANTE

EMERGENCIA: INCENDIO 3ª PLANTA DEL EDIFICIO

DATOS DEL ENCUESTADO:

- GÉNERO (M/F):
- EDAD:
- ESTUDIOS:
- OFICIO:

CONOCIMIENTOS PREVIOS:

- USUARIO DE VIDEOJUEGOS (SI/NO):
- CONOCE EL EDIFICIO (SI/NO):
- CONOCIMIENTOS PREVIOS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES (SI/NO):

EVALUACIÓN DE LA SIMULACIÓN:

1. TIEMPO DE EVACUACIÓN:
 2. ¿LE HA GUSTADO LA EXPERIENCIA? (Valore del 1 al 10):
 3. ¿SIENTE QUE HA APRENDIDO? (Valore del 1 al 10):
 4. ¿SE HA DIVERTIDO? (Valore del 1 al 10):
 5. ¿HA CAMBIADO SU PERCEPCIÓN DE LA AUTOPROTECCIÓN DESPUÉS DE HABER REALIZADO LA SIMULACIÓN? (Responda con SI/NO):
 6. CONSIDERA QUE PARA LOS USUARIOS DEL EDIFICIO ES EFECTIVA LA SIMULACIÓN DEL RECORRIDO DE EVACUACIÓN PARA SU RESPUESTA EN CASO DE EMERGENCIA (Responda con SI/NO):
- ¿TIENE ALGÚN COMENTARIO O SUGERENCIA?
-
-
-

NOTA: Esta encuesta es completamente anónima. Da información sobre las personas que han realizado el recorrido virtual de evacuación en el juego, el tiempo que han tardado en finalizar el recorrido y si les ha servido el juego para aprender a cómo actuar en caso de una posible situación real.

Tras someter a los voluntarios a la experiencia de la escena de simulación de evacuación del edificio “Casa del estudiante” los resultados de los tiempos empleados por cada uno de ellos en la realización de la experiencia, quedan recogidos en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos de tiempo empleado en la simulación del recorrido de Evacuación

DATOS SIMULACIÓN TIEMPO RECORRIDO EVACUACIÓN	
PARTICIPANTES	TIEMPO DE EVACUACIÓN
Participante 1	T1 = 78 s
Participante 2	T2 = 50 s
Participante 3	T3 = 115 s
Participante 4	T4 = 101 s
Participante 5	T5 = 88 s
Participante 6	T6 = 44 s
Participante 7	T7 = 118 s
Participante 8	T8 = 185 s
Participante 9	T9 = 292 s
Participante 10	T10 = 310 s

Duración media de la prueba:

Para calcular el valor medio del tiempo de recorrido, se emplea la expresión de cálculo de la media aritmética entre los tiempos obtenidos por los diferentes voluntarios.

$$T_{\text{medio}} = \sum T_i (i=1, \dots, n) / n$$

$$T_{\text{medio}} = 138,1s = 2\text{min} + 18,1s$$

Desviación estándar de los datos:

Para el cálculo de la desviación estándar se necesita el valor de la varianza, que se calcula para cada participante como la diferencia entre el tiempo obtenido y el tiempo medio.

$$V_i (i=1, \dots, n) = T_i - T_{\text{medio}}$$

Tabla 2. Varianza de los datos de tiempo empleado en la simulación del recorrido Evacuación

DATOS SIMULACIÓN TIEMPO RECORRIDO EVACUACIÓN		
PARTICIPANTES	VARIANZA	VARIANZA ²
Participante 1	V ₁ = -60,1s	(V ₁) ² = 3.612,01s
Participante 2	V ₂ = -88,1s	(V ₂) ² = 7.761,61s
Participante 3	V ₃ = -23,1s	(V ₃) ² = 533,61s
Participante 4	V ₄ = -37,1s	(V ₄) ² = 1.376,41s
Participante 5	V ₅ = -50,1s	(V ₅) ² = 2.510,01s
Participante 6	V ₆ = -94,1s	(V ₆) ² = 8.854,81s
Participante 7	V ₇ = -20,1s	(V ₇) ² = 404,01s
Participante 8	V ₈ = 48,9s	(V ₈) ² = 2.199,61s
Participante 9	V ₉ = 153,9s	(V ₉) ² = 23.685,21s
Participante 10	V ₁₀ = 171,9s	(V ₁₀) ² = 29.549,61s

La varianza, como desviación de cada dato con respecto al valor medio, ayuda a determinar el tamaño de la dispersión de los datos en comparación con dicho valor medio. Tabla 2.

A medida que la varianza aumenta, se produce una mayor variación en los valores de los datos, y puede haber una mayor brecha entre un valor de datos y otro. Si los valores de los datos están todos juntos, la desviación será menor.

Las desviaciones estándar suelen ser más fáciles de imaginar y aplicar. La desviación estándar se expresa en la misma unidad de medida que los datos, lo que no es necesariamente el caso con la varianza.

Usando la desviación estándar, los estadísticos pueden determinar si los datos tienen una curva normal u otra relación matemática. Si los datos se comportan en una curva normal, entonces el 68% de los puntos de datos estarán dentro de una desviación estándar del promedio o punto de datos promedio. Desviaciones mayores causan que más puntos de datos queden fuera de la desviación estándar. **(11)**

Para el cálculo de la desviación estándar se suman los cuadrados de las varianzas, se dividen entre el tamaño de la muestra menos 1 y finalmente se realiza la raíz cuadrada de ese resultado. Todo esto sigue la siguiente expresión:

$$\sigma = \left[\sum (v_i (i=1, \dots, n))^2 / (n-1) \right]^{1/2}$$

$$\sum (v_{i(i=1\dots, n)})^2 = (V_1)^2 + (V_2)^2 + (V_3)^2 + (V_4)^2 + (V_5)^2 + (V_6)^2 + (V_7)^2 + (V_8)^2 + (V_9)^2 + (V_{10})^2 = 80.486,9 \text{ s}$$

$$\sigma = [\sum (v_{i(i=1\dots, n)})^2 / (n-1)]^{1/2} = [80.486,9 / (10-1)]^{1/2} = 94,57 \text{ s}$$

$$\sigma \text{ (Global)} = 94,57\text{s}$$

Se han recogido en la Tabla 3, los factores de las encuestas que se van a analizar, para valorar en qué medida las variables afectan al tiempo de evacuación del recorrido de la simulación. Concretamente se prestará atención a la condición de usuario de videojuegos, el conocimiento del edificio y la experiencia en el conocimiento de las medidas de prevención de riesgos laborales que tiene que ver con el conocimiento de la señalización de evacuación.

Tabla 3. Datos Encuesta simulador Realidad Virtual

ENCUESTA SIMULADOR REALIDAD VIRTUAL						
Participante	Edad	Tiempos (Seg)	Género	Usuario Videojuegos	Conoce Edificio	Con conocimientos de PRL
1	27	78	MASCULINO	NO	SI	SI
2	33	50	MASCULINO	SI	SI	SI
3	29	115	FEMENINO	NO	NO	NO
4	34	101	MASCULINO	SI	SI	NO
5	28	88	MASCULINO	NO	NO	NO
6	38	44	MASCULINO	SI	SI	SI
7	48	118	FEMENINO	NO	NO	SI
8	51	185	MASCULINO	NO	NO	NO
9	42	292	FEMENINO	NO	NO	NO
10	58	310	FEMENINO	NO	NO	NO

Antes de proceder al estudio de estas variables es importante insistir en que la muestra es demasiado pequeña y que hubiese sido deseable hacer este mismo estudio con una n superior a 50. Del total de 10 participantes, hay 6 hombres y 4 mujeres, hay 3 personas que son usuarios de videojuegos, 4 personas que conocen el edificio y otras 4 que tienen conocimientos en materia de PRL.

Aunque aparentemente los grupos son representativos, el peor de ellos está en un 70/30 (variable usuario de videojuego) y el resto está en un 60/40, de haber dispuesto una muestra más grande, muy posiblemente no se presentarían las dificultades que ahora se describen:

Todos los usuarios de videojuegos están dentro del grupo del género masculino, todos los conocedores del edificio pertenecen igualmente al citado grupo y por último tan solo una de las personas que tiene conocimientos en PRL es del género femenino. Por lo tanto, la comparación entre los resultados por género no se debe de abordar ya que los otros factores sesgan los posibles resultados del estudio de esta variable.

En la Tabla 4, se ven los porcentajes de las variables que se han tenido en cuenta, así como la media de edad de los participantes voluntarios de realizar la simulación:

$$\text{Edad}_{\text{media}} = \sum T_i (i=1, \dots, n) / n$$

$$\text{Edad}_{\text{media}} = 39 \text{ años}$$

Tabla 4. Valores Genéricos Encuestas Simulador Realidad Virtual

VALORES GENÉRICOS ENCUESTAS	
PROPIEDAD	PARTICIPANTES
Edad Media Participantes	39 años
Usuarios de Videojuegos (%)	30%
Conocen el Edificio (%)	40%
Con conocimientos en PRL (%)	40%

A continuación, se calculan las desviaciones típicas para cada caso, de las variables Usuario de Videojuegos, Conocedor del edificio y con conocimientos en PRL, a tener en cuenta, para ello calculamos previamente el Tiempo medio, la Varianza y la Varianza², Tablas de 5 a 7, tal y como se ha explicado anteriormente.

Tabla 5. Datos Encuesta Simulador Realidad Virtual - Usuario Videojuegos.

DATOS ENCUESTA SIMULADOR REALIDAD VIRTUAL - USUARIO VIDEOJUEGOS					
Participante	Tiempos (T _i)	Usuario Videojuegos	Media (T _{medio})	Varianza (V _i)	Varianza ² ((V _i) ²)
2	50	SI	65	V ₂ = -15	(V ₂) ² = 225
4	101	SI	65	V ₄ = 36	(V ₄) ² = 1.296
6	44	SI	65	V ₆ = -21	(V ₆) ² = 441

$$T_{\text{medio}} = (50+101+44) / 3 = 65 \text{ s}$$

$$V_{i (i=1\dots, n)} = T_i - T_{\text{medio}}$$

$$\sum (V_{i (i=1\dots, n)})^2 = (V_2)^2 + (V_4)^2 + (V_6)^2 = 1.962 \text{ s}$$

$$\sigma = [\sum (V_{i (i=1\dots, n)})^2 / (n-1)]^{1/2} = [1.962 / (3-1)]^{1/2} = 31,32 \text{ s}$$

$$\sigma (\text{U. Videojuegos}) = 31,32 \text{ s}$$

P = 0,05 Nivel de significación preestablecido

$\sigma (\text{U. Videojuegos}) - \sigma (\text{Global}) = 31,32 - 94,57 = - 63,25 \text{ s} < 0,05$: Hay diferencias significativas

Tabla 6. Datos Encuesta Simulador Realidad Virtual - Conoce Edificio.

DATOS ENCUESTA SIMULADOR REALIDAD VIRTUAL – CONOCE EL EDIFICIO					
Participante	Tiempos (T _i)	Conoce Edificio	Media (T _{medio})	Varianza (V _i)	Varianza ² ((V _i) ²)
1	78	SI	68,25	V ₁ = 9,75	(V ₁) ² = 95,0625
2	50	SI	68,25	V ₂ = - 18,25	(V ₂) ² = 333,0625
4	101	SI	68,25	V ₄ = 32,75	(V ₄) ² = 1.072,5625
6	44	SI	68,25	V ₆ = - 24,25	(V ₆) ² = 588,0625

$$T_{\text{medio}} = (78+50+101+44) / 4 = 68,25 \text{ s}$$

$$V_{i (i=1\dots, n)} = T_i - T_{\text{medio}}$$

$$\sum (V_{i (i=1\dots, n)})^2 = (V_1)^2 + (V_2)^2 + (V_4)^2 + (V_6)^2 = 2.088,75 \text{ s}$$

$$\sigma = [\sum (V_{i (i=1\dots, n)})^2 / (n-1)]^{1/2} = [2.088,75 / (4-1)]^{1/2} = 26,39 \text{ s}$$

$$\sigma (\text{Conoce Edif.}) = 26,39 \text{ s}$$

P = 0,05 Nivel de significación preestablecido

$\sigma (\text{Conoce Edif.}) - \sigma (\text{Global}) = 26,39 - 94,57 = - 68,18 \text{ s} < 0,05$: Hay diferencias significativas

Tabla 7. Datos Encuesta Simulador Realidad Virtual - Con conocimientos de PRL.

DATOS ENCUESTA SIMULADOR REALIDAD VIRTUAL – CON CONOCIMIENTOS EN PRL					
Participante	Tiempos (T _i)	Conocimientos en PRL	Media (T _{medio})	Varianza (V _i)	Varianza ² ((v _i) ²)
1	78	SI	72,5	V ₁ = 5,5	(V ₁) ² = 30,25
2	50	SI	72,5	V ₂ = - 22,5	(V ₂) ² = 506,25
6	44	SI	72,5	V ₆ = - 28,5	(V ₆) ² = 812,25
7	118	SI	72,5	V ₇ = 45,5	(V ₇) ² = 2.070,25

$$T_{\text{medio}} = (78+50+44+118) / 4 = 72,5 \text{ s}$$

$$V_i (i=1\dots, n) = T_i - T_{\text{medio}}$$

$$\sum (v_i (i=1\dots, n))^2 = (V_1)^2 + (V_2)^2 + (V_6)^2 + (V_7)^2 = 3.419 \text{ s}$$

$$\sigma = [\sum (v_i (i=1\dots, n))^2 / (n-1)]^{1/2} = [3.419 / (4-1)]^{1/2} = - 60,81 \text{ s}$$

$$\sigma (\text{Con conoc. PRL}) = 33,76 \text{ s}$$

P = 0,05 Nivel de significación preestablecido

$\sigma (\text{Con conoc. PRL}) - \sigma (\text{Global}) = 33,76 - 94,57 = -60,81 \text{ s} < 0,05$: Hay diferencias significativas

Comparando los resultados de los valores medios de tiempo de la población total frente a los de las poblaciones de cada una de las variables estudiadas, se observa que cualquiera de estas variables influye muy favorablemente respecto a la disminución del tiempo de evacuación del edificio.

Del mismo modo que el ser conocedor de PRL y del edificio son factores que están relacionados con la realidad de los ocupantes de la casa del estudiante, la mejora en el tiempo de aquellos que son usuarios de videojuegos, no tiene porqué significar un verdadero aprendizaje del proceso de evacuación del edificio y de los planes de autoprotección, por lo que para los pertenecientes a este grupo debería de planificarse formación específica en materia de prevención y asegurar el conocimiento real del edificio y de las directrices a seguir en situaciones de emergencia, lo cual está en consonancia con el establecimiento de un plan de autoprotección. La solución virtual siempre ha de ser complementaria a la situación real.

6.- CONCLUSIONES:

1. Se ha realizado el modelado en 3D de la Casa del Estudiante de la UPCT, creando un gemelo digital del edificio.
2. Se han realizado escenas de realidad virtual interactivas que permitan recorrer la vía de evacuación del plan de autoprotección, a seguir por el usuario en situación de emergencia.
3. Se ha incluido en la escena una situación crítica de emergencia que requiere la puesta en marcha del plan de evacuación del edificio.
4. Se ha realizado un juego virtual interactivo donde simular la evacuación del edificio en una situación de emergencia.
5. Se ha llevado a cabo una prueba representativa de personas, con el fin de evaluar la utilidad y efectividad de este juego, mediante el simulador, para el aprendizaje e interacción de conceptos de seguridad y PRL en general por parte de los usuarios.
6. En este estudio se ha observado la importancia de incorporar los nuevos planes de autoprotección al edificio real de la Casa del estudiante de la UPCT y la buena ubicación de los mismos. Inclusive la falta de Plan de Autoprotección en el patio.
7. En este estudio se ha observado que los usuarios de videojuegos, participantes que conocían el edificio y con conocimientos de PRL tardaron menos tiempo en realizar la evacuación del edificio en el simulador.
8. La percepción del riesgo y la seguridad aumentó después de la experiencia con el simulador para todos los participantes y todos vieron positiva la experiencia.
9. Facilita, a los usuarios de los espacios de este edificio, una alternativa dinámica y en primera persona, del recorrido de evacuación que en situación de emergencia deben seguir para salir del edificio de la mejor manera, más rápidamente y con una mayor seguridad.



7.- TRABAJOS FUTUROS:

Finalmente comentar que este Trabajo Final de Máster es un paso previo a nuevas ideas y proyectos futuros, ya que una idea de futuro con este es poder realizar una App que permita a los usuarios del edificio interactuar mediante un videojuego de una forma fácil y sencilla, abre las puertas a futuras simulaciones de emergencias o riesgos en el interior de otros edificios, lo que nos permite estar preparados ante una posible emergencia real. Esto les permitirá conocer el recorrido de evacuación en situación de emergencia y usar la App con su propio dispositivo móvil.

El desarrollo de una aplicación se incluía como complemento añadido en uno de los objetivos marcados de este TFM, dado que se ha realizado un juego interactivo, esto sirve como paso previo a un trabajo de investigación futuro, tal y como se acaba de explicar en el párrafo anterior, para poder desarrollar adecuadamente cada una de las partes de este.

8.- BIBLIOGRAFÍA:

Constitución Española, Artículo 15 (BOE 29 diciembre 1978) (1)

LEY 2/1985, DE 21 DE ENERO, SOBRE PROTECCION CIVIL (BOE núm. 22, de 25 enero de 1985) (2)

LEY 31/1995. de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. (BOE de 10/11/95 núm., 269) (3)

“Los planes de Autoprotección”, marzo 2016, Juan Serigot Senent. (4)

<https://repositorio.upct.es/handle/10317/5614>

“La Gestión de la Prevención y control de accesos”, Máster de PRL 2016, Arantxa Mora Pérez. (5)

<https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/5636/tfm-mor-ges.pdf?isAllowed=y&sequence=3>

REAL DECRETO 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia. (BOE núm. 72, de 24 de marzo) (MINISTERIO DEL INTERIOR). (6)

AutoCAD: WEB (7)

<https://informaticaaplicadascn.wordpress.com/2016/12/06/que-es-autocad-y-para-que-nos-sirve/>

<https://es.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>

SketchUp: WEB (8)

[https://es.wikipedia.org/wiki/SketchUp#:~:text=SketchUp%20\(anteriormente%20Google%20SketchUp\)%20es,%2C%20GIS%2C%20videojuegos%20o%20pel%C3%ADculas.](https://es.wikipedia.org/wiki/SketchUp#:~:text=SketchUp%20(anteriormente%20Google%20SketchUp)%20es,%2C%20GIS%2C%20videojuegos%20o%20pel%C3%ADculas.)

<https://www.3dnatives.com/es/caracteristicas-del-software-sketchup-120220202/>

<http://alejitatqr.blogspot.com/2010/>

Unity: WEB (9)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Unity_\(motor_de_videojuego\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Unity_(motor_de_videojuego))

<https://docs.unity3d.com/es/530/Manual/UnityManual.html>

Análisis estadístico: WEB

(10)



<https://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/#:~:text=La%20estad%C3%ADstica%20descriptiva%20es%20la,medidas%20de%20resumen%2C%20tablas%20o>

(11)

<https://efxto.com/diccionario/desviacion-estandar>