

Departamento de Ciencias de la Computación Carrera de Ingeniería de Software

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero de Software

Tema:

Aplicaciones e implicaciones en la promoción de destinos
turísticos de áreas naturales protegidas, a través de
tecnologías inmersivas - realidad virtual

Autores:

Andrade Garzón, Mario Sebastián
Medina Pacheco, Bryan Alexander

Director:

Dr: Espinosa Gallardo, Edison Gonzalo

Latacunga Agosto, 2023



Contenido

Planteamiento del Problema

Fundamentación Teórica

Metodología y Arquitectura

Análisis del Proyecto

Desarrollo y validación de los entornos

Conclusiones y Recomendaciones



Planteamiento del Problema

- Herramientas para el desarrollo de entornos virtuales de áreas naturales.
- Uso de la Realidad Virtual para generar ambientes inmersivos, que generen atracción hacia los sitios virtualizados.
- Procesos de virtualización adecuados para generar entornos realistas.
- Generación de objetos e interacción en los espacios virtualizados.



Objetivos

General:

Desarrollar una aplicación de Realidad Virtual que permita la interacción e inmersión de usuarios en entornos turísticos recreados y/o virtualizados dentro del Parque Nacional Cotopaxi.

Específicos:

- Efectuar una verificación bibliográfica que faculte conocer el empleo de herramientas de Realidad Virtual.
- Implementación de la aplicación en Realidad Virtual que permita la interacción e inmersión de usuarios en entornos virtualizados de sitios turísticos del Parque Nacional Cotopaxi.
- Validar los resultados, análisis de errores para integrar el sistema y poder liberarlo.



Hipótesis

Con el uso de nuevas tecnologías de Realidad Virtual se puede desarrollar un aplicativo para la virtualización de entornos turísticos del Parque Nacional Cotopaxi mediante el uso de herramientas digitales.



Contenido

Planteamiento del Problema

Fundamentación Teórica

Metodología y Arquitectura

Análisis del Proyecto

Desarrollo y validación de los entornos

Conclusiones y Recomendaciones



Realidad Virtual

Definición: tecnología que faculta a los cibernautas ingresar a un mundo virtual recreado digitalmente, permitiendo interactuar y experimentar en entornos de tercera dimensión

Características:

- Inmersión
- Interacción
- Presencia
- Manipulación



Figura 1: Pruebas de las gafas HTC Vive



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

HMD (Head-Mounted Display)

Definición: Son dispositivos electrónicos que se identifican como gafas de Realidad Virtual utilizadas para crear imágenes por medio del ordenador ubicado sobre la pantalla, cerca de los ojos.

Características

- Al ser captadas por el usuario, se logra una experiencia superior en comparación con una pantalla convencional.
- Abarcar por completo el campo de visión del usuario
- Seguimiento de movimientos con facilidad



Figura 2: Gafas HTC Vive cosmos



Revisión Sistemática

Contexto y justificación:

Esta revisión sistemática se realiza debido a la necesidad de crear entornos virtuales realistas, para ello se va a desarrollar una consulta sobre qué herramientas se pueden utilizar para la creación de entornos virtuales que se asemeje a la realidad.

Pregunta de Investigación:

¿Qué motor gráfico tiene mejores características para el desarrollo de entornos virtuales?

Motores de búsqueda:



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Revisión Sistemática

Términos de búsqueda:

- virtual reality
- photogrammetry
- unreal engine
- unity
- virtualization
- VR
- Inmersion

Cadenas de busqueda:

- **VR AND photogrammetry**
Sin resultados favorables
- **Unreal Engine AND virtualization**
Sin resultados favorables
- **VR AND Unreal Engine**
- **VR AND photogrammetry OR Immersion**
Sin resultados favorables
- **"Virtual reality" AND photogrammetry AND Unreal Engine VR OR virtualization AND immersion**
- **Unreal engine AND photogrammetry OR VR**



Revisión Sistemática

Criterios de inclusión:

- Tema de investigación.
- Enfoque temático.
- Resultados relevantes.
- Periodo de publicación.

Criterios de exclusión:

- Tema fuera de alcance.
- Enfoque temático no pertinente.
- Resultados no relacionados.

Selección de estudios:

El número de estudios seleccionados luego de aplicar los criterios de selección previamente detallados, obtuvimos un total de trece estudios relevantes y que cumplían con las características necesarias para responder nuestra pregunta de investigación.



Revisión Sistemática

Resultados:

Se halló que el motor gráfico con las características necesarias para el desarrollo de un entorno de realidad virtual es Unreal Engine debido a sus componentes visuales los cuales sobresalen entre otros motores, los cuales son:

Blueprints: Los Blueprints permiten a diseñadores y artistas establecer la lógica y las funciones sin necesidad de codificación, lo que acelera el proceso de desarrollo y mejora la colaboración entre equipos.

Nanite: Permite renderizar activos de alta calidad y alta resolución en tiempo real sin sacrificar el rendimiento. Esto se logra mediante la representación y visualización eficiente de una gran cantidad de detalles geométricos

Lumen: Reacciona instantáneamente a cambios de luz y escena, permitiendo una representación realista. Facilita la creación de escenas dinámicas y auténticas al ajustar la iluminación indirecta y los reflejos de manera coherente con la interacción del usuario y la atmósfera del entorno.



**UNREAL
ENGINE**



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Herramientas para el desarrollo de RV



- Unreal Engine
- Blender
- Cámara Zed 2
- Steam VR
- HTC Vive Cosmos



Contenido

Planteamiento del Problema

Fundamentación Teórica

Metodología y Arquitectura

Análisis del Proyecto

Desarrollo y validación de los entornos

Conclusiones y Recomendaciones



Propuesta de Kaur

Definición: Esta metodología para el desarrollo de entornos de Realidad Virtual, Kaur propuso como parte de un estudio realizado con diez desarrolladores que laboraban en el ámbito del desarrollo de aplicaciones basadas en Realidad Virtual,.

Características:

- Establece cinco principios importantes que eran comunes en los desarrolladores de este tipo de entornos

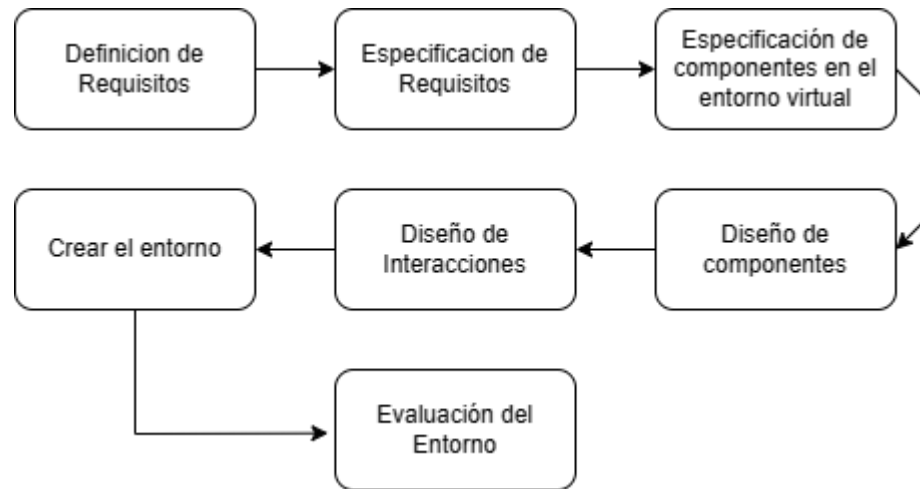


Figura 3: Representación de la Metodología propuesta de Kaur



Arquitectura MVC

Definición: El patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC) es una arquitectura ampliamente utilizada para diseñar aplicaciones de software. Su principal finalidad es dividir la aplicación en tres componentes principales para lograr una separación clara y así mejorar la modularidad, mantenibilidad y extensibilidad del código.

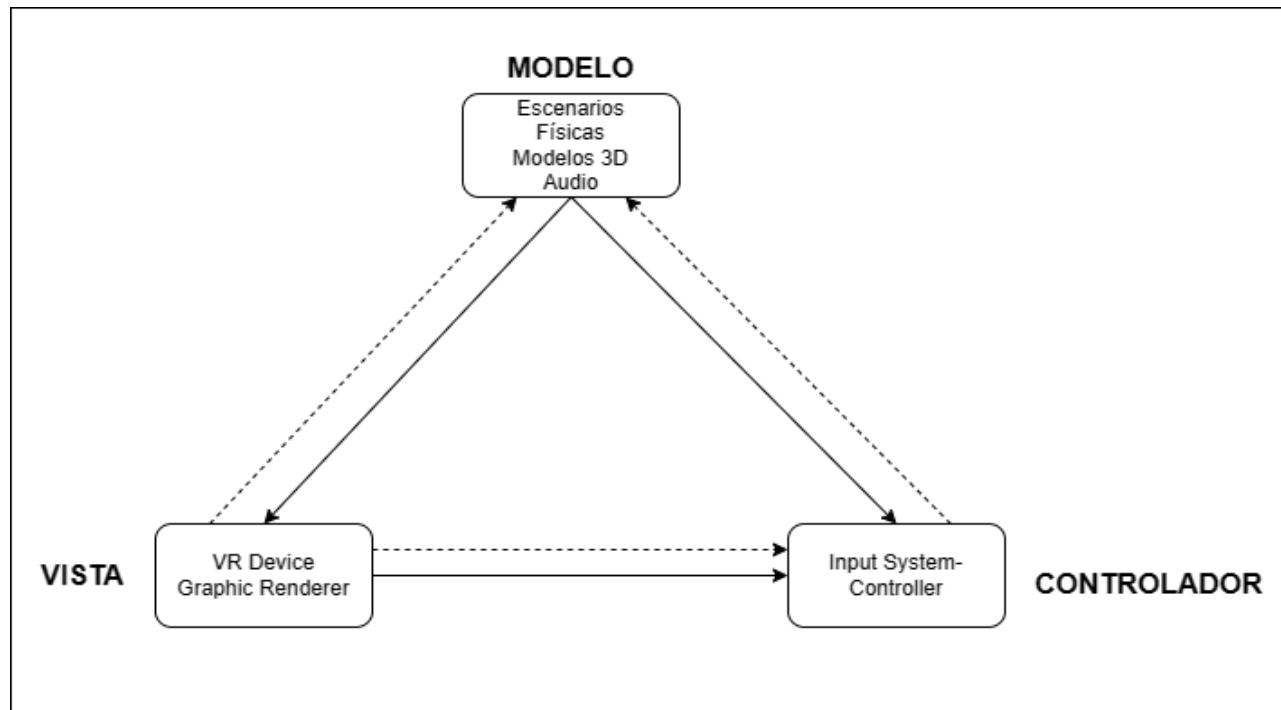


Figura 4: Diseño planteado para el desarrollo de la arquitectura lógica

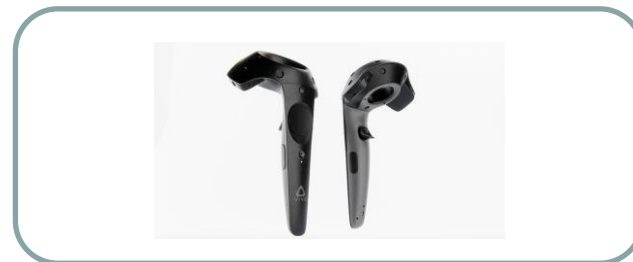
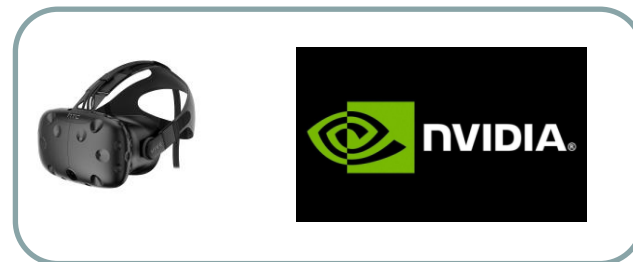
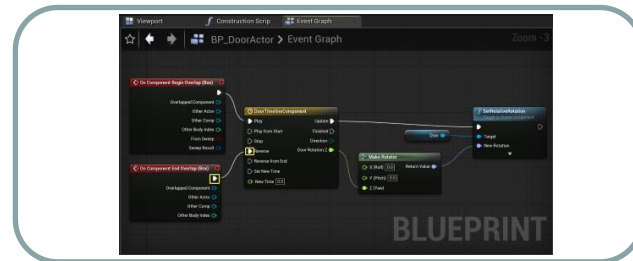


Arquitectura MVC

Modelo: El Modelo adquiere un papel central específicamente, se encarga de gestionar diversas áreas críticas, tales como las interacciones físicas, el administrador de recursos, la configuración de Blueprints y la lógica integral del sistema.

Vista: La Vista para el presente trabajo es la encargada de la renderización gráfica, en la cual el usuario será capaz de ver las actualizaciones que nos entrega el modelo, lo cual nos permitirá poder visualizar el escenario de Realidad Virtual a través de un casco de Realidad Virtual.

Controlador: El Controlador es un componente crucial encargado de detectar y gestionar las entradas del sistema provenientes de dispositivos de control, como mandos o controladores. Reconoce tanto las interacciones físicas como las colisiones entre objetos en el entorno virtual, lo que garantiza la coherencia de la escena de Realidad Virtual. Su principal responsabilidad es manejar las entradas del usuario para lograr una interacción efectiva con el entorno virtual.



Scrum

Definición: Scrum es un marco de trabajo ágil, iterativo e incremental que se utiliza comúnmente para el desarrollo de proyectos, para aumentar la flexibilidad, la colaboración, la entrega continua de valor, basándose en la idea de dividir el trabajo en ciclos llamados sprints.

Características:

- La metodología se divide en fases en la primera se desarrolla una planificación del Backlog, en la segunda fase se realiza un seguimiento al Sprint, en la tercera fase es cuando concluye el Sprint
- Nos proporciona roles como el Product Owner, Scrum Master Development Team, y artefactos como Product Backlog, Sprint Backlog

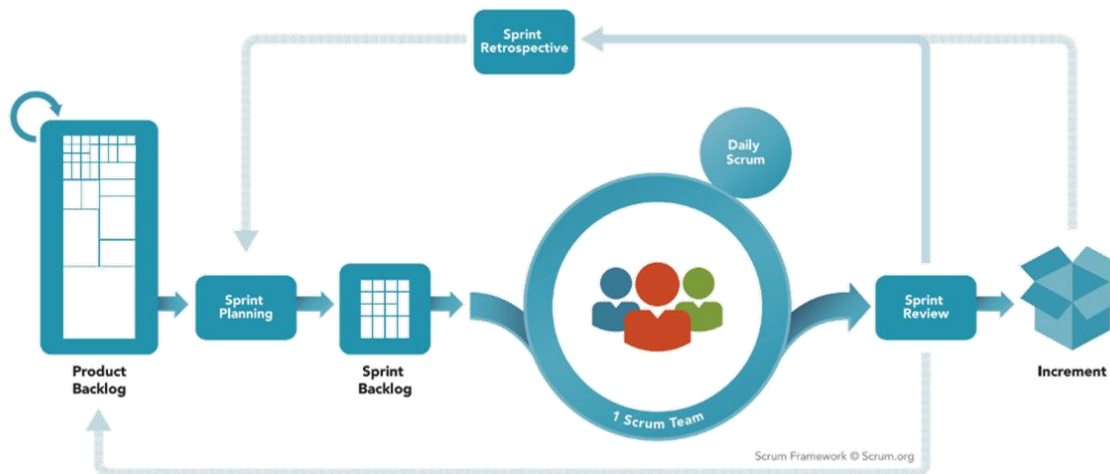


Figura 5: Representación de la Metodología Scrum



Contenido

Planteamiento del Problema

Fundamentación Teórica

Metodología y Arquitectura

Análisis del Proyecto

Desarrollo y validación de los entornos

Conclusiones y Recomendaciones



Organización del Proyecto

Definición de Roles en el Marco de trabajo de Scrum

Rol	Responsable	Función
Product Owner	Dr. Edison Gonzalo Espinoza Gallardo	Es el encargado de definir y priorizar las actividades, trabaja con el equipo de desarrollo para garantizar que las características y requisitos se comprendan claramente.
Scrum Máster	Bryan Alexander Medina Pacheco	Es el encargado de facilitar y asegurar que el equipo cumpla con los objetivos, ayudando a eliminar obstáculos, facilita reuniones y fomenta la mejora continua.
Team Development	Mario Sebastián Andrade Garzón Bryan Alexander Medina Pacheco	Este es el grupo de personas encargadas de realizar el trabajo real de diseño, desarrollo, pruebas y entrega del producto en cada sprint.



Organización del Proyecto

Product Backlog

Identificador	Enunciado de la Historia	Alias	Iteración (Sprint)	Estimación
HU001	Yo como usuario deseo un prototipo de escenario en Realidad Virtual que me permita moverme y examinar las plantas como: pinos, chilcas y amapolas silvestres en detalle. Este entorno de prueba se concibe como una experiencia breve pero inmersiva en la cual pueda de fondo observar la silueta del volcán Cotopaxi. Yo como usuario podrá explorar libremente el entorno en los 2.25 metros que se me proporciona por las las gafas de Realidad Virtual y poder acercarme para observar las plantas mencionadas anteriormente.	Prototipo de virtualización de un sector del parque nacional Cotopaxi	1	3 semanas
HU002	Yo como usuario quiero tener un entorno de Realidad Virtual que permita vivir una experiencia inmersiva en el Parque Nacional Cotopaxi, en la laguna de Limpiopungo, poder recorrer el sendero iniciando desde el parqueadero hasta la parte del muelle y caseta y se permitirá moverse utilizando los mandos de las gafas HTC VIVE en un área aproximada de 5 metros (en el entorno virtual) del sendero a la derecha, en el espacio definido en la vida real, se tendrá un espacio de 2.25 metros para caminar y desplazarse, llegando hasta el filo de la laguna, limitando el ingreso a la misma, hasta el filo del cerro y hasta la caseta en el muelle, por el lado del parqueadero hasta el inicio del sendero sin salirse de la zona de estacionamiento de vehículos. También se requiere visualizar de cerca y en detalle las plantas que hay en este sitio antes definido, así mismo se requiere manipular objetos, en específico las piedras que pueden estar en el camino, las cuales se pueden coger con los mandos e interactuar con ellas. Como parte de este entorno virtualizado se desea incorporar los sonidos del viento y del agua cuando el usuario se acerque a la laguna, así como los sonidos de los patos en la laguna.	Virtualización del circuito de la laguna Limpiopungo del Parque Nacional Cotopaxi.	2	4 semanas



Organización del Proyecto

Product Backlog

HU003	<p>Yo como usuario quiero tener un entorno de Realidad Virtual que permita vivir una experiencia inmersiva en el Parque Nacional Cotopaxi, específicamente en el área del volcán para tener una idea de cómo se realiza el ascenso hacia el refugio, en el que deseo recorrer desde la zona más próxima al parqueadero hasta llegar al refugio y que me permita moverme utilizando los mandos de las gafas HTC VIVE en un área aproximada de 222 metros (en el entorno virtual), en la parte baja y 376,6 metros (en el entorno virtual) de recorrido desde la parte baja hasta el refugio, en el espacio definido en la vida real, se tendrá un espacio de 2.25 metros para caminar y desplazarse, llegando hasta el filo de los acantilados que se encuentran en el recorrido, limitando el ingreso a estos lugares, o peñascos alledaños que existen como parte de la geografía del volcán. También se requiere visualizar en detalle, el piso, los acantilados, las piedras, el volcán con su glaciar y también poder observar el paisaje.</p> <p>Se puede recorrer hasta el sitio del refugio, pero no se puede acceder al mismo. Como parte de este entorno virtualizado se desea incorporar los sonidos del viento.</p>	Virtualización del circuito al refugio del volcán Cotopaxi	3	3 semanas
-------	--	--	---	-----------



Organización del Proyecto

Sprint Backlog 1

Identificador	Fecha Inicio	Fecha Fin	Tareas
HU001	3 de mayo de 2023	24 de mayo 2023	<ul style="list-style-type: none">- Visita al Parque Nacional Cotopaxi.- Captura de la malla poligonal del suelo.- Corrección de irregularidades de la malla poligonal.- Creación del Landscape.- Corrección de irregularidades en el Landscape- Creación de los materiales.- Realizar la coloración del suelo.- Selección de assets.- Colocación de la vegetación en la malla poligonal.- Crear la vegetación de los alrededores a la malla poligonal.- Integrar el avatar en VR.- Delimitación del recorrido del avatar VR



Organización del Proyecto

Sprint Backlog 2

Identificador	Fecha Inicio	Fecha Fin	Actividades Realizadas
HU002	25 de mayo 2023	21 de junio 2023	<ul style="list-style-type: none">- Visita a la laguna de Limpiopungo.- Recorrido del sendero seleccionado para virtualizar.- Captura de la malla poligonal del sendero.- Análisis y verificación de la malla poligonal de la ruta.- Tratamiento de la malla poligonal.- Disminución de las caras de la malla.- Importación de la malla a Unreal Engine.- Creación del mapa de altura.- Creación del Landscape con el mapa de altura.- Tratamiento y correcciones de irregularidades del Landscape.- En Blender crear la forma de un letrero.- Importar los materiales de los objetos a Blender.- Renderizar los objetos de Blender.- Exportar los objetos de Blender a Unreal Engine.- Añadir y colocar los nuevos assets creados al entorno virtual.- Crear el material del Landscape.- Crear modificadores al material.- Realizar la coloración del suelo.- Añadir la vegetación al entorno virtual.- Creación de la laguna.- Modularizarían del recorrido del muelle.- Incorporación de las físicas a objetos del entorno.- Modificación de la iluminación del entorno.- Incorporación del recorrido del avatar VR.- Delimitación del recorrido VR



Organización del Proyecto

Sprint Backlog 3

Identificador	Fecha Inicio	Fecha Fin	Actividades Realizadas
HU003	22 de junio 2023	12 de julio 2023	<ul style="list-style-type: none">- Visita al refugio del volcán Cotopaxi.- Reconocimiento del sendero al primer refugio.- Captura de la malla de polígonos del primer refugio.- Tratamiento en Blender de la malla poligonal.- Reducción de las caras de la malla poligonal.- Exportación del archivo a Unreal Engine.- Creación del mapa de altura del volcán Cotopaxi.- Creación del Landscape con el mapa de altura.- Correcciones del Landscape.- Esculpir el terreno.- Crear el material del terreno- Crear micro variaciones de color al material.- Crear la especularidad del material.- Realizar la coloración del terreno- Implementación de los objetos en el Landscape.- Incorporación del avatar VR.- Delimitación del movimiento del avatra VR.



Contenido

Planteamiento del Problema

Fundamentación Teórica

Metodología y Arquitectura

Análisis del Proyecto

Desarrollo y validación de los entornos

Conclusiones y Recomendaciones



Diseño de Componentes prototipo

El diseño de componentes elaborados para la creación del prototipo son los siguientes:



Figura 6: Captura de la malla poligonal

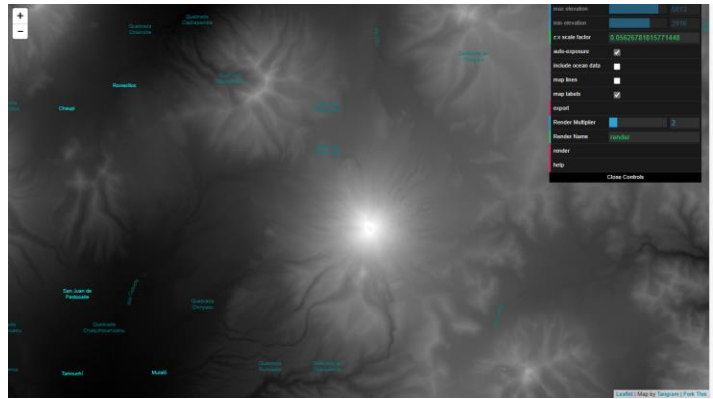


Figura 7: Creación del mapa de altura

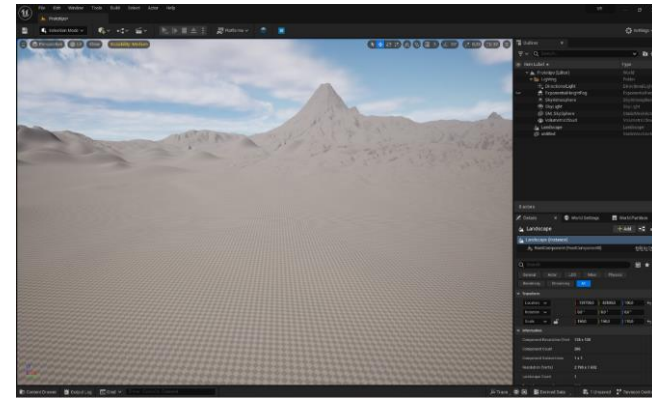


Figura 8: Creación del landscape



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diseño de Componentes laguna de Limpiopungo

El diseño de componentes realizados para la creación de la laguna de Limpiopungo son:



Figura 9: Captura de la malla poligonal



Figura 12: Creación de letreros



Figura 10: Creación del mapa de altura

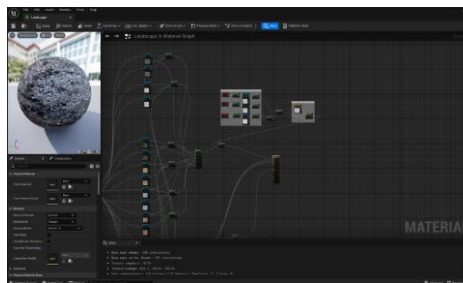


Figura 13: Creación del material del landscape

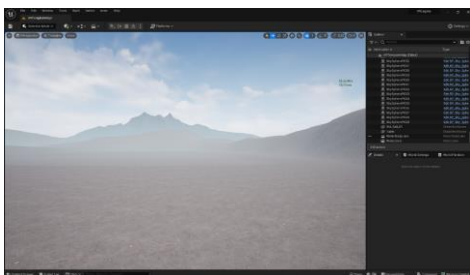


Figura 11: Creación del landscape



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diseño de Componentes asenso al primer refugio

El diseño de componentes para la creación del primer refugio son:



Figura 14: Captura de la malla poligonal

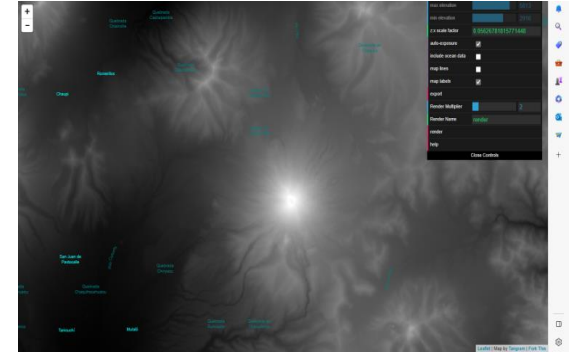


Figura 15: Creación del mapa de altura

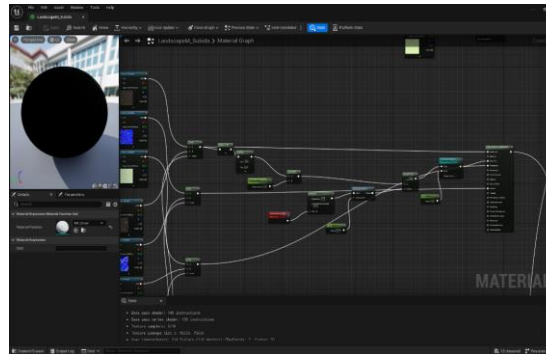


Figura 16: Creación del material del landscape



Diseño de interacciones prototipo

El diseño de las interacciones dentro de los entornos virtuales se ha elaborado el diagrama de interacción o secuencia, para tener una visión más detallada de cómo se realizará los procesos dentro del entorno, y como el usuario interactuará con la aplicación.

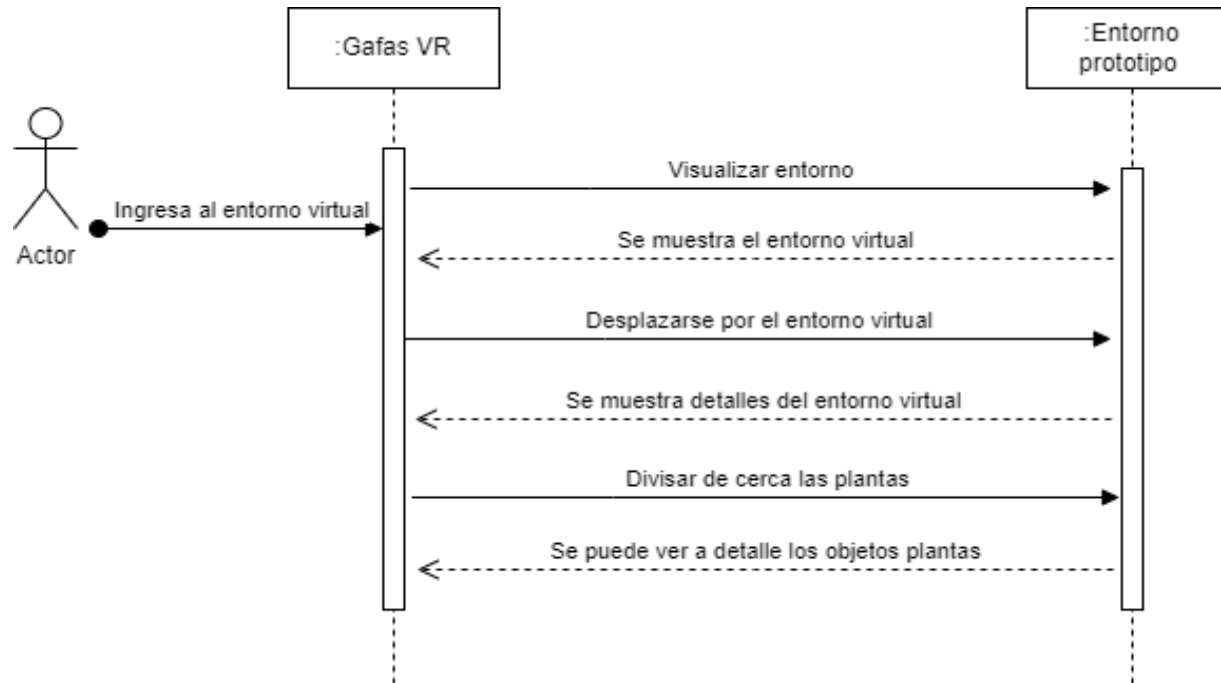


Figura 17: Diseño de interacciones creado para el prototipo

Diseño de interacciones laguna de Limpiopungo

Para el diseño de las interacciones dentro de la laguna de Limpiopungo se realiza el diagrama de interacción o secuencia, para tener una visión más detallada de cómo se realizará los procesos dentro del entorno, y como el usuario interactuará con la aplicación

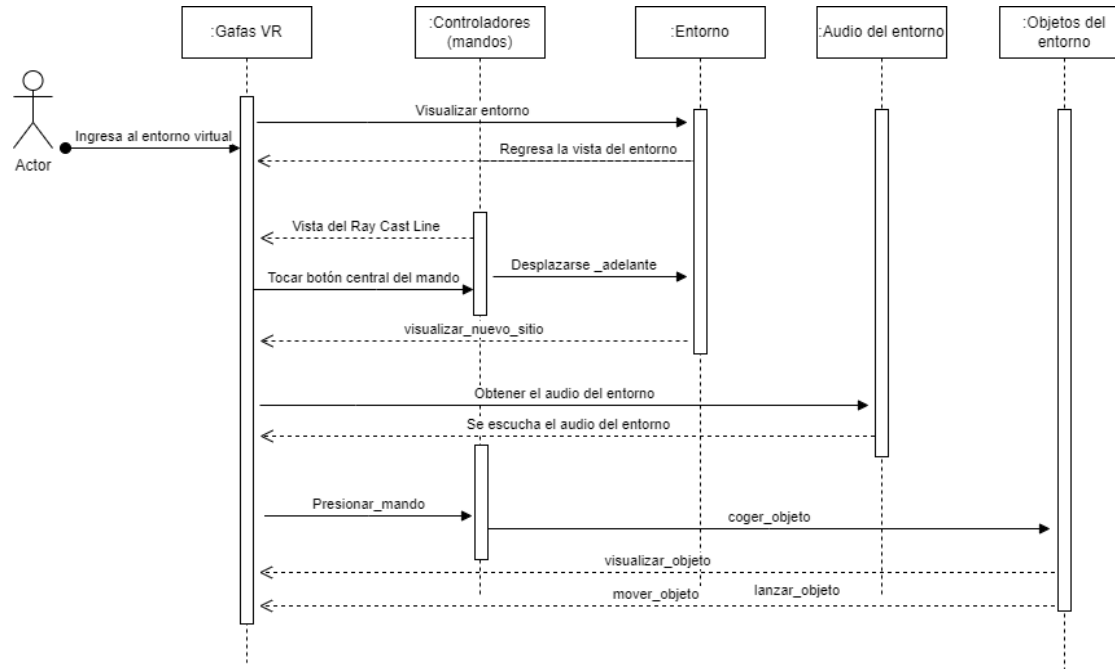


Figura 18: Diseño de interacciones creado para la laguna de Limpiopungo

Diseño de interacciones asenso al primer refugio

El diseño de las interacciones dentro de los entornos virtuales se elabora el diagrama de interacción o secuencia, para tener una visión más detallada de cómo se realizará los procesos dentro del entorno, y como el usuario interactuará con la aplicación

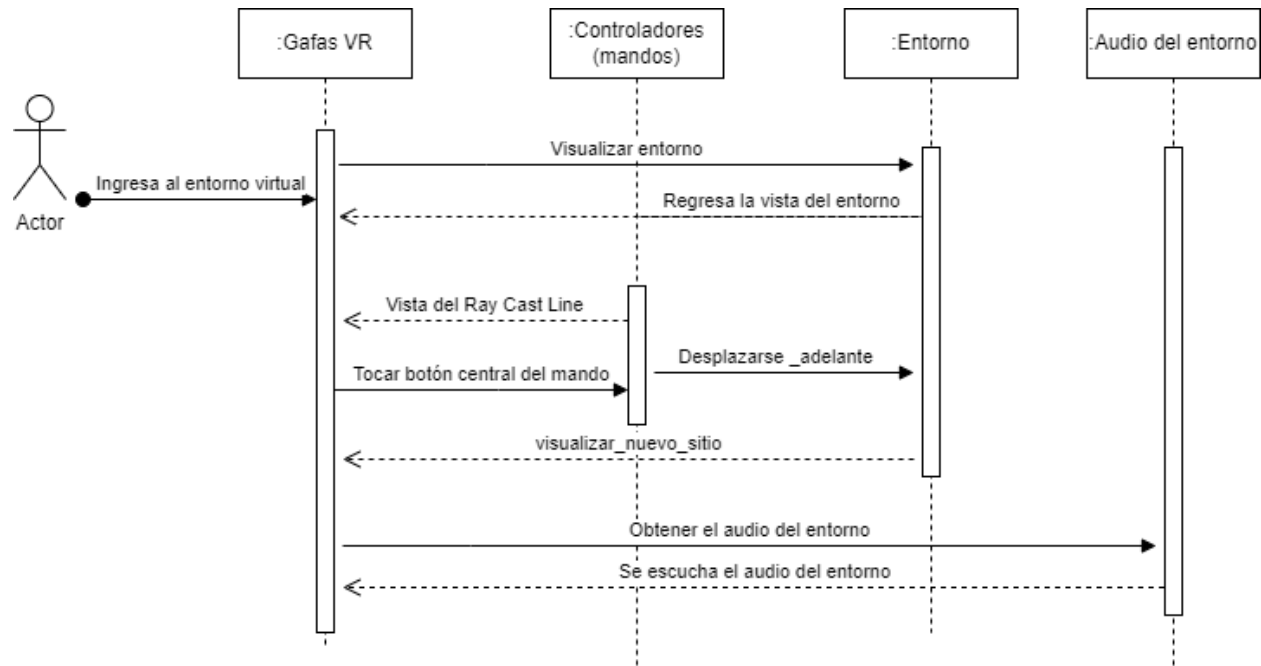


Figura 19: Diseño de interacciones creado para el asenso al primer refugio

Creación del prototipo

Elaboración del prototipo aplicando el proceso definido por la metodología para la creación de entornos VR

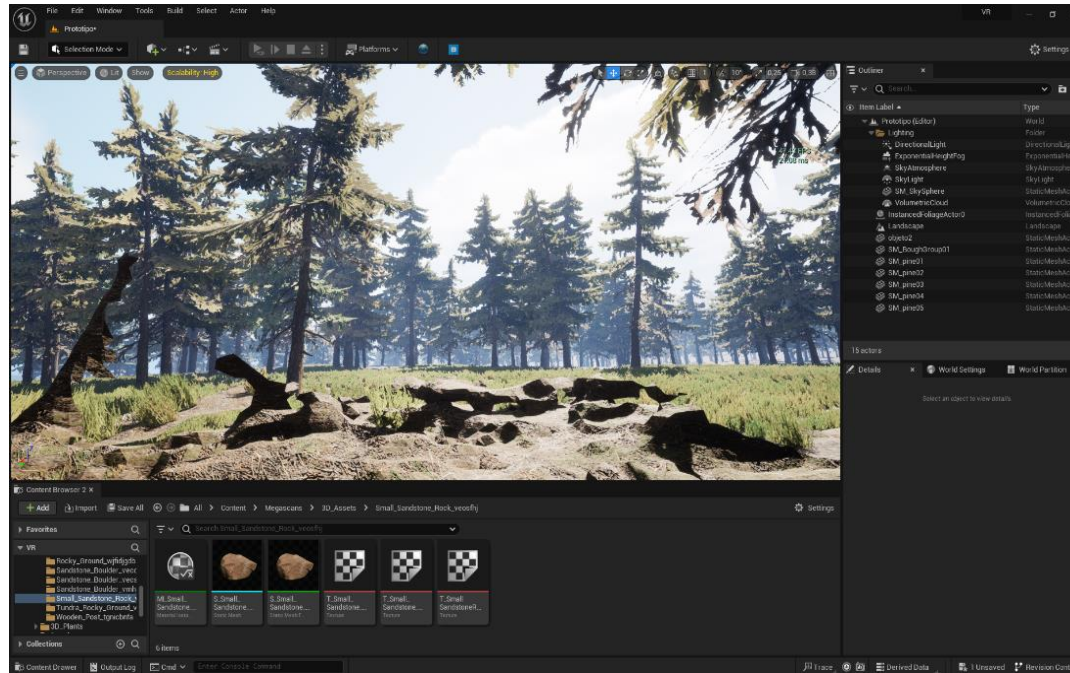


Figura 20: Creación del prototipo



Creación de la laguna de Limpiopungo

Creación del primer circuito oficial implementado en el programa.

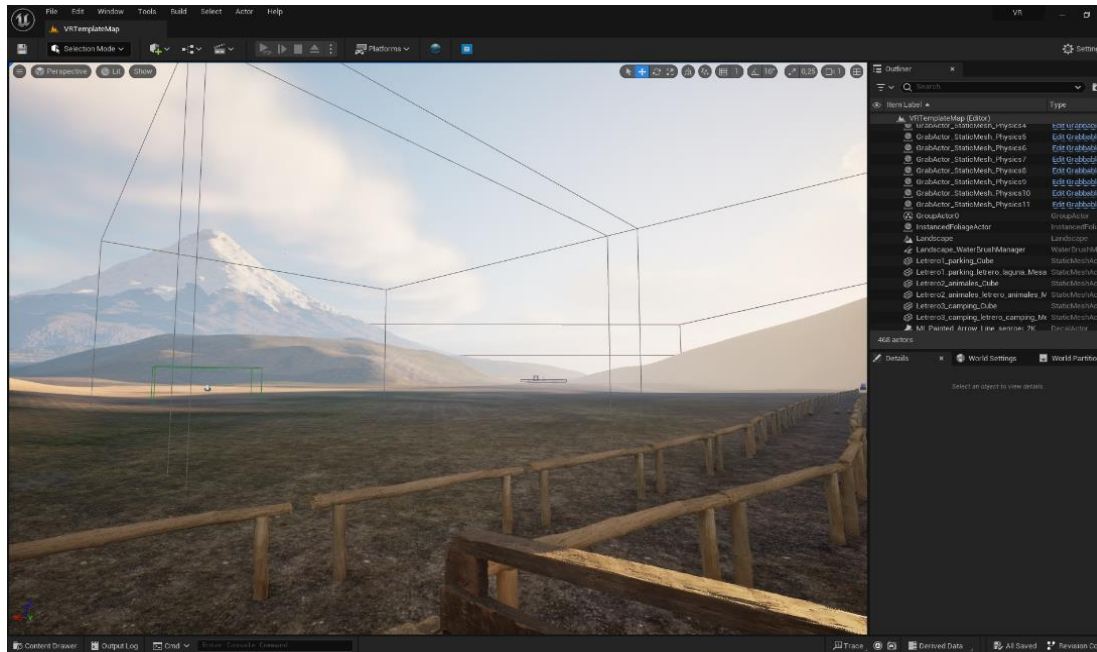


Figura 21: Creación del escenario laguna de Limpiopungo



Creación del ascenso al primer refugio

Escenario creado basado en la ascensión al primer refugio del volcán Cotopaxi.

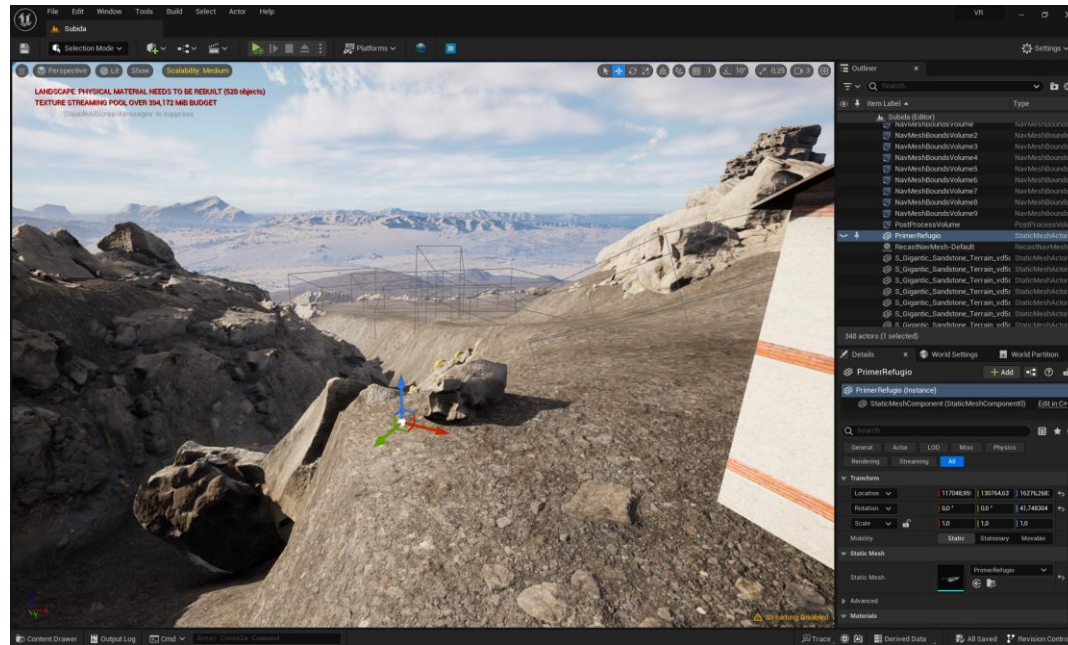


Figura 22: Creación del escenario ascenso al primer refugio



Evaluación del entorno virtual

Recolección de datos: Para la recolección de los datos se optó por el método de encuestas en las cuales se formuló las diez preguntas base que tiene el SUS, tomando la siguiente escala de Likert como un índice de valoración de resultados:

1. Totalmente en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. Neutro
4. De acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

Cálculo del resultado: Se separan las preguntas impares de las pares, donde a las impares se resta -1 y a las pares se les resta de 5, luego se suman los resultados y se obtiene el valor total del SUS



Evaluación del entorno virtual

Pruebas de usabilidad: Para el desarrollo de las pruebas de usuario se realizó encuestas con el objetivo de probar la usabilidad de la aplicación virtual en base a la prueba de SUS (Sistema de escalas de Usabilidad), mediante las cuales se aspira efectuar una evaluación de la eficiencia, la efectividad y la satisfacción del internauta.

El número de personas encuestadas fue de 16, cuyos resultados se muestran de la siguiente manera:

Encuestados	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7	Pregunta 8	Pregunta 9	Pregunta 10	Resultado
1	4	3	4	5	4	1	4	3	4	1	27
2	4	2	4	3	2	4	3	3	3	3	21
3	3	1	2	2	5	2	5	2	5	1	32
4	5	3	3	2	4	2	4	2	4	2	29
5	5	1	3	1	4	1	5	1	4	1	36
6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	20
7	3	1	5	3	5	1	4	2	4	5	29
8	5	2	3	2	5	1	5	1	5	1	36
9	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	40
10	5	2	4	2	4	2	4	2	5	2	32
11	4	1	3	1	5	1	5	2	4	4	32
12	4	1	5	4	5	2	4	1	4	2	32
13	3	1	5	1	5	1	5	1	5	1	38
14	5	2	3	4	5	1	5	1	5	2	33
15	5	2	3	1	4	1	5	1	4	1	35
16	4	2	2	2	5	2	4	1	5	1	32



Evaluación del entorno virtual

Interpretación del resultado: Una vez que se ha obtenido el valor del “SUS” final de 78,75, tomando en cuenta que el puntaje de acuerdo con la escala

Resultado	Resultado SUS
27	67,5
21	52,5
32	80
29	72,5
36	90
20	50
29	72,5
36	90
40	100
32	80
32	80
32	80
38	95
33	82,5
35	87,5
32	80
Total	78,75

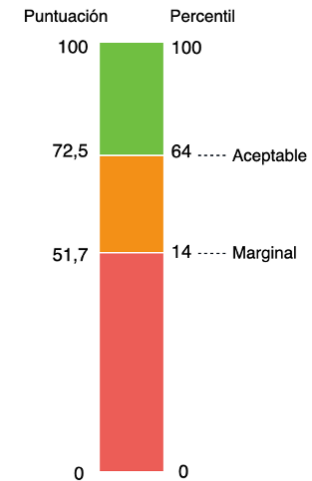


Figura 2: Figura con la escala SUS

Para este estudio teniendo como base, la escala mostrada anteriormente en la figura final se puede concluir que la aplicación de Realidad Virtual es aceptable y por ende ha pasado esta prueba de usabilidad en la que se ha medido la satisfacción del usuario en base a esta escala de usabilidad.



Contenido

Planteamiento del Problema

Fundamentación Teórica

Metodología y Arquitectura

Análisis del Proyecto

Desarrollo y validación de los entornos

Conclusiones y Recomendaciones



Conclusiones

Se desarrolló una revisión sistemática de un panorama más amplio del uso de tecnologías para el desarrollo de entornos de realidad virtual, así como la virtualización de los mismos.

Para el desarrollo del aplicativo se optó por un marco de trabajo enfocado en Scrum lo cual permitió un desenvolvimiento muy organizado al momento de planificar el tiempo requerido para cada sprint.

Se utilizó el motor gráfico Unreal Engine el cual ayudó a la creación de los escenarios virtuales con un tono realista y altamente inmersivo debido a las nuevas características que este motor gráfico dispone.

El uso de la arquitectura MVC que se aplicó al proyecto facilitó apreciar de manera clara cuál va a ser el comportamiento del programa en cada escenario.

Al realizar la digitalización del entorno de la vida real se necesitaba una cámara estereoscópica ZED2 la cual es capaz de generar una malla poligonal del sitio que deseamos digitalizar.

Al aplicar las pruebas de usabilidad SUS se concluye que el sistema cumple con los requisitos planteados y es capaz de ser usado de manera correcta por los usuarios.



Recomendaciones

Es recomendable realizar una previa investigación sobre la Realidad Virtual ya sea a través de una revisión sistemática o por medio de una revisión de la literatura, ya que a partir de las conclusiones generadas se puede partir con la selección de una tecnología o método que permite el desarrollo de entornos virtuales

Para el desarrollo de entornos virtuales realistas se recomienda el uso del motor gráfico Unreal Engine debido a su gran capacidad de generar entornos visualmente realistas.

Se recomienda el uso de algún método de captura de la topografía del suelo ya que la misma al momento de realizar la creación de un entorno permite tener una referencia precisa con gran detalle del lugar a digitalizar.

Se recomienda la utilización de la metodología de desarrollo de entornos virtuales propuesta por KAUR ya que ésta facilita la creación de escenarios virtuales debido a su poca complejidad y precisión para describir cual es el procedimiento a seguir al momento de crear una aplicación en VR

Se recomienda aplicar la metodología SCRUM ya que para el proceso de creación de entornos virtuales se requiere dividir al equipo de manera planificada para conseguir en el tiempo correcto la obtención de los Sprints.



Gracias



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA