



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



TESIS

**DIGITALIZACIÓN DEL PARQUE ARQUEOLÓGICO DE SAQSAYHUAMÁN
USANDO TECNOLOGÍA DE REALIDAD VIRTUAL, CUSCO 2023**

Línea de investigación: Innovación tecnológica de la información,

Presentado por:

Bach. Choque Flores, Jose Roberto

0009-0009-4525-1261

Para optar al Título Profesional de

Ingeniero de Sistemas

ASESOR: Mg Ariadna Palomino Cahuaya

0000-0003-0572-4086

CUSCO – PERÚ

2023



Metadatos

Datos del autor	
Nombres y apellidos	JOSE ROBERTO CHOQUE FLORES
Número de documento de identidad	71479395
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0009-4525-1261
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	MG. ARIADNA PALOMINO CAHUAYA
Número de documento de identidad	06268370
URL de Orcid	https://orcid.org/0000-0003-0572-4086
Datos del jurado	
Presidente del jurado (jurado 1)	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. EDWIN CARRASCO POBLETE.
Número de documento de identidad	24001157
Jurado 2	
Nombres y apellidos	Ing. HUGO ESPETIA HUAMANGA.
Número de documento de identidad	23983332
Jurado 3	
Nombres y apellidos	Mtra. LISETH URPY SEGUNDO CARPIO.
Número de documento de identidad	46480186
Jurado 4	
Nombres y apellidos	Mgt. FREDY SOTA ESCOBAR.
Número de documento de identidad	23994259
Datos de la investigación	
Línea de investigación de la Escuela Profesional	Innovación tecnológica de la información



DESPUESDESUSTETACION25SE P

por Jose Roberto Choque Flores

Fecha de entrega: 25-sep-2023 09:23a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2176433970

Nombre del archivo: TESIS_Digitalizacion_del_parque_arqueologico_de_saqsayhuaman.pdf (2.63M)

Total de palabras: 13541

Total de caracteres: 81452



10

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



TESIS

DIGITALIZACIÓN DEL PARQUE ARQUEOLÓGICO DE SAQSAYHUAMÁN
USANDO TECNOLOGÍA DE REALIDAD VIRTUAL, CUSCO 2023

3

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS

Presentado por:

Bach. Choque Flores, Jose Roberto

ASESOR: Mg Ariadna Palomino Cahuaya

CUSCO – PERÚ

2023

1



INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	datospdf.com Fuente de Internet	2%
2	www.redalyc.org Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	andina.pe Fuente de Internet	1%
7	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1%
8	kanbanize.com Fuente de Internet	1%
9	es.slideshare.net Fuente de Internet	1%



Agradecimientos

A Dios por su infinito amor y el maravilloso regalo de la vida.

A la Universidad Andina del Cusco, a los docentes de la Universidad por los conocimientos y a mis compañeros por las experiencias impartidas en mi formación como Ingeniero de Sistemas.

A mi asesora por su apoyo e incentivo para poder culminar el presente trabajo.



Dedicatoria

A mis padres, por ser las personas más importantes de mi vida por haberme acompañado en todo mi trayecto estudiantil tanto en los momentos difíciles y en los buenos. Por su apoyo, consejos, motivación, perseverancia que me permitió ser una persona de bien pero más que nada, por su amor, por el gran ejemplo de vida que me dan.

A toda mi familia, por impulsarme, guiarme y apoyarme en todo momento.

A mis amigos y personas muy especiales para mí, que de una u otra manera me han llenado de sabiduría e inspiración para terminar mis estudios.



ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos	2
Dedicatoria	3
Introducción	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I Problema de investigación	12
1.1. Ámbito de influencia.....	12
1.1.1. Ámbito de influencia teórica.....	12
1.1.2. Área de dominio.....	12
1.1.3. Línea de investigación	12
1.2. Planteamiento del problema.....	13
1.2.1. Descripción de la situación actual del lugar de intervención.	13
1.2.2. Descripción del problema	14
1.2.3. Formulación del problema	16
1.2.4. Objetivos	16
1.2.5. Justificación	17
1.2.6. Alcances y limitaciones.	18
CAPÍTULO II Marco Teórico	19
2.1 Antecedentes del desarrollo o implementación.....	19
2.1.1 Antecedentes nacionales	19
2.1.2 Antecedentes internacionales	21
2.2 Bases teórico – científicas.....	25
2.3 Perspectiva tecnológica.....	35
2.3.1 Metodología para la digitalización.....	37
CAPÍTULO III DESARROLLO E IMPLEMENTACION	43
3.2. Metodología para el desarrollo	43
3.3. Implementación del aplicativo	53
3.3.1. Elección de aplicativo para la creación del proyecto	53
3.3.2. Delimitación del proyecto.....	54
3.3.3. Elección de mejor ruta de Digitalización	54
3.3.4. Recolección de Fotografías.....	55
3.3.5. Creación de escenarios.....	56
3.3.6. Códigos de Programación para enlaces de escenario.....	57
3.3.7. Pruebas de desplazamiento	58
CAPÍTULO IV Resultados	62
4.1.1. Metodología de digitalización.....	62
4.1.2. Desarrollo de pruebas de aceptación con usuario representativo.....	62



4.1 Contribuciones	65
Conclusiones	66
Recomendaciones	68
Referencias	69
ANEXO N° 01	72
ANEXO N° 02	73
ANEXO N° 03	74
ANEXO N° 04	74
ANEXO N° 05	74



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Primera fase de desarrollo.....	53
Tabla 2: Segunda fase de desarrollo.....	56
Tabla 3: Tercera fase de desarrollo.....	58
Tabla 4: Cuarta fase de desarrollo.....	60
Tabla 5: Quinta fase de desarrollo.....	62
Tabla 6: Sexta fase de desarrollo.....	64
Tabla 7: Séptima fase de desarrollo.....	66
Tabla 8: Octava fase de desarrollo.....	68
Tabla 9: Novena fase de desarrollo.....	70
Tabla 10: Cuadro comparativo de la metodología de digitalización.....	78
Tabla 11: Cuadro de duración de tareas.....	79



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Geodinámica interna del Parque Arqueológico de Saqsayhuamán.....	14
Figura 2: Planta general de los restos de Saqsayhuamán.....	28
Figura 3: Tablero kanban.....	30
Figura 4: Flujo de trabajo para el desarrollo de la experiencia de realidad virtual.....	35
Figura 5: Red geodésica 3D.....	36
Figura 6: Modelo 3D vista de AUTOCAD	37
Figura 7: Recorrido virtual interactivo por la catedral imperial utilizando fotografías panorámicas esféricas.....	38
Figura 8: Componentes y configuración esquemática del sistema VR HTC Vive Pro con área de interacción.....	39
Figura 9: Dos vistas del Kaiserdom, interior (A) y exterior (B). Una tercera imagen (C).....	40
Figura 10: Motor de juegos UNITY.....	51
Figura 11: Delimitación del prototipo.....	52
Figura 12: Marcando recorrido para toma de muestras.....	53
Figura 13: Muestra de toma fotográficas.....	53
Figura 14: Proceso de creación de fotos panorámicas en PTGUI.....	54
Figura 15: Creación de escenarios e importación de foto panorámica	55
Figura 16: Código de programación (Desplazamiento y cambio de escenario)	56
Figura 17: Emulación de prototipo en UNITY.....	56
Figura 18: Vista de menú de prototipo.....	58
Figura 19: Vista de selección de escenarios.....	58
Figura 20: Vista de emulación en realidad virtual.....	59
Figura 21: Emulación de software con usuario representativo.....	72
Figura 22: Exposición en reunión de proyectos interdisciplinarios.....	73
Figura 23: Cuadro de planificación de tareas.....	74
Figura 24: Fotografía panorámica 1.....	75
Figura 25: Fotografía panorámica 2.....	75



Figura 26: Fotografía panorámica 3.....	76
Figura 27: Fotografía panorámica 4.....	76
Figura 28: Fotografía panorámica 5.....	77
Figura 29: Fotografía panorámica 6.....	77
Figura 30: Fotografía panorámica 7.....	78
Figura 31: Fotografía panorámica 8.....	78



Introducción

La ciudad del Cusco es conocida como la cuna del imperio incaico, puesto que en sus tierras yacen complejos arqueológicos que demuestran la importancia que tuvo este imperio, dichos complejos arqueológicos expresan la majestuosidad e ingenio que tuvieron los incas, y hasta el día de hoy nos siguen asombrando con cada edificación, es por ello que es importante pensar en el tema de preservación y conservación de estos espacios que tienen un valor cultural irremplazable.

Se tiene registros sobre los complejos arqueológicos, que indican que están en constante riesgos, ya sean naturales o provocados, que pueden dañar de manera significativa estos lugares que tienen gran afluencia de turistas nacionales y extranjeros.

Es por ello que, en la presente investigación, se aplicará la tecnología denominada realidad virtual, para poder digitalizar el Parque Arqueológico de Saqsayhuamán, abriendo paso así a la preservación virtual, contribuyendo a la continuidad social y cultural al retener los recuerdos y las experiencias digitales de las personas y las comunidades. el contenido digital juega un papel importante en la preservación de nuestro patrimonio cultural y registros históricos. La preservación virtual nos permite salvaguardar y brindar acceso a documentos importantes, obras de arte, literatura, investigación científica y otros artefactos digitales valiosos. Garantiza que las generaciones futuras puedan explorar y aprender de nuestro patrimonio digital.



RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo digitalizar el parque Arqueológico de Saqsayhuamán por medio de fotos panorámicas para su preservación y la posibilidad de uso para los diferentes profesionales del rubro de la arqueología y posibles restauraciones a través de este proyecto.

Para llevar a cabo este proyecto, se utilizaron muestras fotográficas de la zona denominada Fortaleza de Saqsayhuamán, se capturaron fotografías con diferentes perspectivas con la finalidad de la creación de una foto panorámica de 360°.

Durante la creación de este prototipo se utilizó la metodología de desarrollo Kanban, la cual nos da la libertad de organización a través de tareas definidas por el equipo de desarrollo, respetando también el límite de tiempo establecido en cada tarea que se realizó. También se utilizó el programa de creación de fotos panorámicas PTGUI, siendo clave para el prototipo en la creación de muestras fotográficas en 360°, que después se importó al motor de juegos UNITY, donde fue desarrollado el prototipo que sería compilado por dispositivos móviles con el sistema operativo Android. La tesis está enfocada al área de dominio de Tecnologías de la Información, debido a que se desarrolló un producto de software, lo que es una experiencia en primera persona a través de la realidad virtual del Parque Arqueológico de Saqsayhuamán, teniendo como objetivo la preservación del mismo, y al mismo tiempo impulsar a la sociedad a experimentar los beneficios ilimitados que nos puede brindar esta tecnología.

Palabras clave: Digitalización, foto panorámica, metodología Kanban, realidad virtual.



ABSTRACT

The objective of this thesis is to digitize the Saqsayhuamán Archaeological Park through panoramic photos for its preservation and the possibility of use for different professionals in the field of archeology and possible restorations through this project.

To carry out this project, photographic samples of the area called Saqsayhuamán Fortress were used, photographs were captured with different perspectives in order to create a 360° panoramic photo.

During the creation of this prototype, the Kanban development methodology was used, which gives us the freedom of organization through tasks defined by the development team, also respecting the time limit established in each task that was carried out. The PTGUI panoramic photo creation program was also used, being key for the prototype in the creation of 360° photographic samples, which was later imported into the UNITY game engine, where the prototype that would be compiled by mobile devices with the purpose of Android operating system. The thesis is focused on the domain area of Information Technologies, because a software product was developed, which is a first-person experience through the virtual reality of the Archaeological Park of Saqsayhuamán, with the objective of preserving the yourself, and at the same time encourage society to experience the unlimited benefits that this technology can bring us.

Keywords: Digitization, panoramic photo, Kanban methodology, virtual reality.



CAPÍTULO I Problema de investigación

1.1. **Ámbito de influencia**

1.1.1. **Ámbito de influencia teórica**

Según el autor (Roehl, 1996), La Realidad Virtual es un entorno tridimensional que es generada por un computador, en el que el usuario tiene la posibilidad de interactuar en primera persona todo el ambiente creado.

Mediante ello se pondrá en aplicación en este proyecto, para que se pueda preservar de manera digital el parque arqueológico de Saqsayhuamán, ya que en la actualidad este parque está al asecho de distintas circunstancias naturales y provocadas por la mano del hombre.

1.1.2. **Área de dominio**

El presente trabajo de investigación se encuentra en el área de dominio que es la **Tecnología de Información**, debido a que se pondrá en práctica la realidad virtual, así se podrá digitalizar escenarios ayudando a la preservación del parque arqueológico de Saqsayhuamán.

1.1.3. **Línea de investigación**

La investigación expuesta se enmarca a una línea de investigación determinada como **Innovación tecnológica de la información**, dando como aporte nuevas metodologías de preservación, puesto que es crucial para garantizar la longevidad y la accesibilidad del contenido digital, permitiendo así; la investigación, la educación, la preservación cultural y los avances tecnológicos.



1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Descripción de la situación actual del lugar de intervención.

El parque arqueológico Saqsayhuamán está ubicado a dos kilómetros de la ciudad imperial del Cusco, en la parte alta de una montaña; cuenta con una superficie total de aproximadamente 3,000 hectáreas. Aloja una gran variedad de flora y fauna andina; llamas, halcones y cernícalos, que pueden ser vistos con mucha frecuencia en este recinto.

Se deduce que solo en la construcción de Saqsayhuamán trabajaron un aproximado de 20,000 hombres, en un plazo de 70 años. Para los expertos, Saqsayhuamán representa un trabajo de impecable ingeniería (gigantescas rocas talladas que encajan con absoluta precisión, sin la necesidad de pegamento alguno).

La fortaleza fue un titánico complejo con varias construcciones, con lagunas sagradas y numerosos templos ceremoniales, albergando 33 sitios arqueológicos, pero por su ubicación y estilo los cronistas españoles la consideraron una edificación militar.

La fortaleza Saqsayhuamán es el escenario donde se celebra la festividad ancestral más importante del Perú, la fiesta del Sol (Inty Raymi). Esta celebración le rinde homenaje al dios Sol, recreando las tradicionales actividades y bailes de la época cada 24 de junio en los jardines de Saqsayhuamán. (Andina, 2012)

Dicha fortaleza de Saqsayhuamán corre el riesgo de perder algunos sectores de su complejo debido a las lluvias y deslizamientos de tierras, así como también como incendios forestales que se suscitan cerca a este sector.



1.2.2. Descripción del problema

El problema de investigación se enfocará en la preservación del parque arqueológico de Saqsayhuamán, el cual favorecerá el proceso, mediante la digitalización por medio de la realidad virtual, debido a que en los últimos 20 años este parque está sufriendo deterioro por parte de la naturaleza y la acción humana, ya que se tiene registrado que en este sector se construyen viviendas, las cuales no respetan los parámetros de esta zona, así como la acumulación de basura, las aguas residuales que pasan por este parque, las actividades de comercio que usan caballos y los incendios forestales que últimamente se viene reportando. Los riesgos más latentes a los que está expuesto el parque arqueológico de Saqsayhuamán son:

- **La geodinámica externa:**

Las laderas de los valles del Parque Arqueológico de Saqsayhuamán están sometidas a diversos procesos de modificación donde el agua juega un papel predominante, a ello se suman otros factores como la existencia de pendientes pronunciadas, vertientes de difícil acceso y composición litológica diversa, estas condiciones sumadas a la explosión urbana, determinan riesgos potenciales.

Entre los fenómenos geodinámicas posibles resaltan, los deslizamientos, las inundaciones, zonas de derrumbes o desprendimiento de rocas y otros. Resaltando que en la zona hay una mínima incidencia de los mismos.

- **La geodinámica interna:**

Las informaciones obtenidas para la ciudad del Cusco describen una repartición accidental en la parte central donde se indican sismos superficiales mínimos a 70 km, de profundidad, las medidas sísmicas se detallan a continuación:

a: Factor de área sísmica $Z = 0.30$

b: Factor de crecimiento sísmica $S = 1.2$

c: Periodo sobresaliente del suelo $T_s = 0.6$ seg. (*)

Figura 1:

Geodinámica interna del Parque Arqueológico de Saqsayhuamán



Nota: Ciudad del Cusco y zonas de nuevas urbanizaciones en las laderas inestables de la zona sur de la ciudad, (línea roja) Zona de alto riesgo, (línea azul) zonas de inundación. **Obtenido de url:** https://www.cusco.gob.pe/wp-content/uploads/transparencia/Gdur/Sgotp/PEZRECU12/02_Actualizacion.pdf

- **Erosión y socavación**

Durante el periodo lluvioso el cauce del río Cachimayo aumenta, dándose así la socavación y erosión afectando principalmente a los muros posiblemente prehispánicos que se encuentra en el trayecto de cauce del río, el cual muchos de ellos fueron completamente erosionados, afectando así principalmente sus cimientos de dichos muros.

- **Infiltración**

La ubicación del sitio arqueológico favorece a la infiltración ya que se encuentra en una zona de desnivel, que está conformado por fragmentos y partes de rocas caídas de la parte alta de la zona.

Por consiguiente permite la infiltración de agua hacia las estructuras del sitio arqueológico, esto sucede principalmente en las temporadas de lluvia. producto de estas aguas infiltradas en lo profundo de las estructuras son denominadas aguas superficiales que generan a su paso erosión por tubificación dando así el basculamiento de dichas estructuras. (Ministerio de



Cultura, 2011)

1.2.3. Formulación del problema

Formulación interrogativa del Problema General

¿Cómo aplicar la preservación con realidad virtual en el parque arqueológico de Saqsayhuamán?

Formulación interrogativa de los Problemas Específicos

- ¿Qué metodología de digitalización que utilice realidad virtual se utilizará para la implementación del proyecto?
- ¿Qué modelo de digitalización emplear para la reconstrucción de un entorno utilizando realidad virtual?
- ¿Es posible aplicar la reconstrucción virtual al parque arqueológico de Saqsayhuamán?
- ¿Cuál es el criterio de aceptación en la digitalización del parque arqueológico de Saqsayhuamán?

1.2.4. Objetivos

Objetivo general

Digitalizar el Parque Arqueológico de Saqsayhuamán usando la tecnología de realidad virtual.

Objetivos específicos

1. Indagar sobre las metodologías para la digitalización de patrimonio cultural usando la realidad virtual.
2. Diseñar el entorno virtual a partir de la metodología de digitalización en realidad virtual elegida.
3. Implementar el entorno virtual del parque arqueológico de Saqsayhuamán



utilizando una metodología ágil.

4. Ejecutar pruebas de aceptación de software con usuario representativo.

1.2.5. Justificación

Justificación teórica

La preservación virtual sirve como una herramienta valiosa para fines de documentación e investigación. Permite el registro y el archivo completos del patrimonio cultural, lo que permite a académicos, historiadores e investigadores estudiar y analizar artefactos, sitios y entornos históricos en detalle.

Justificación Practica

La preservación virtual mejora las experiencias educativas al ofrecer encuentros inmersivos e interactivos con el patrimonio cultural. Proporciona plataformas atractivas para el aprendizaje y la exploración, lo que permite a los estudiantes, educadores y público en general comprender y apreciar los contextos históricos, la arquitectura, el arte y las prácticas culturales.

También puede ayudar en los esfuerzos de restauración y reconstrucción. Al utilizar registros digitales, modelado 3D y datos históricos, la preservación virtual puede ayudar a recrear la apariencia y las características originales de estos activos patrimoniales, apoyando las iniciativas de conservación y reconstrucción.

Justificación metodológica

Ya que el siguiente proyecto no cuenta con requerimientos de usuario, se tuvo que elegir una metodología ágil con el contexto que se propone en el proyecto, es por ello que se trabajó con la metodología kanban que se amoldaba a nuestro mecanismo de



construcción del proyecto.

1.2.6. Alcances y limitaciones.

La preservación virtual plantea consideraciones éticas con respecto a la representación y difusión digital del patrimonio cultural. Puede haber preocupaciones sobre la propiedad, los derechos y los permisos relacionados con las reproducciones digitales de artefactos, sitios o prácticas culturales. Además, puede haber debates sobre el uso apropiado de representaciones virtuales, como reconstrucciones virtuales de sitios sensibles o sagrados.

Limitaciones

La preservación virtual captura y presenta una instantánea de un sitio o artefacto del patrimonio cultural en un momento particular en el tiempo. Es posible que no capture completamente la naturaleza evolutiva de estas entidades o las relaciones dinámicas que tienen dentro de sus contextos físicos y sociales.

También tiene limitaciones espaciales, ya que está restringida al entorno virtual y es posible que no reproduzca por completo la escala, la atmósfera o las interacciones espaciales de las contrapartes físicas.



CAPÍTULO II Marco Teórico

2.1 Antecedentes del desarrollo o implementación

2.1.1 Antecedentes nacionales

Quinto Fernández S. (2016). Uso y aprovechamiento de las nuevas tecnologías en la conservación del patrimonio edificado. Reseña de casos emblemáticos en Perú. *Universidad nacional de Ingeniería*, 3(5), 113-132.

Resumen:

El empleo y la aplicación de nuevas tecnologías dirigido a la conservación e intervención del patrimonio del Perú, está cruzando un ciclo de pruebas e implementación en proyectos específicos. Esta publicación describe experiencias que se realizaron en territorio peruano dirigido por instituciones internacionales, nacionales y privadas, con el objetivo de conservar el amplio legado patrimonial, utilizando variados recursos tecnológicos de digitalización o representación visual. también describen ejemplos de proyectos que van surgiendo en la labor nacional que se debe considerar un desarrollo especializado del profesional en el patrimonio construido, destacando su carácter interdisciplinario.

Conclusión:

Los aplicativos provenientes de Google (Google earth, Google Maps) utilizan materiales visuales y sistemas de navegación en donde nos permiten visualizar una perspectiva de 360 grados y opciones de zoom, dándonos la facilidad de explorar todo el amplio territorio peruano.



Burgos, M. (2018). Realidad virtual para la mejora de las experiencias de turismo, educación y difusión de proyectos de investigación en construcciones históricas (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Resumen:

El Perú está caracterizado por poseer una vasta riqueza en lo que es patrimonio natural y cultural, pero a su vez no es aprovechado al máximo por temas de gestión del país. Sus escasas de adecuada infraestructura para la recepción de visitantes internacionales definen límites en cantidad de aforo de visitantes. Durante el transcurso del tiempo su patrimonio paso por varias fases de restauración donde los complejos arqueológicos no se encuentran de manera íntegra debido a su deterioro y finalmente la visita turística consigue acelerar dicho deterioro en los complejos arqueológicos. La riqueza nacional tiene una historia muy antigua que el ciudadano peruano tiene como deber transmitir. Primero a sus residentes para mejorar la identidad nacional y segundo a la comunidad internacional con el objetivo de revalidar la cultura peruana al mundo. Por otra parte, el Perú realiza proyectos de investigación dirigido hacia el cuidado del patrimonio cultural, Estos proyectos poseen información ya sea en revistas o conferencias realizadas, donde el público son investigadores en todo el mundo teniendo como tema el cuidado y conservación de zonas arqueológicas. Actualmente, la realidad virtual nos permite tener una primera impresión del patrimonio sin la necesidad de estar en el lugar convirtiéndose en una herramienta de marketing. También permite el ingreso a lugares inaccesibles o prohibidos por motivos conservacionistas, la visualización de zonas turísticas restauradas y por último la posibilidad de interactuar con el patrimonio sin tener el peligro de su deterioro o posible destrucción. Por otro lado, la realidad virtual abre puertas para mejorar los métodos de aprendizaje gracias a la capacidad de interacción dentro del entorno virtual. Este progreso nos da la facilidad de brindar servicios turísticos y promover el cuidado del patrimonio nacional.



Conclusión:

Se aplicó tres aspectos para hacer posible la creación del tour virtual. Primero se permite visualizar tridimensionalmente todos los complementos que conforman el patrimonio cultural, en este caso La iglesia San Pedro Apóstol de Andahuaylillas desarrollando una visita turística virtual aproximando lo más parecido a la realidad. Estos elementos son todos los detalles encontrados al interior de la iglesia. Segundo el aspecto pedagógico, que a través de este método el usuario es capaz de interiorizar la información histórica del patrimonio con mayor facilidad. Esto se debe a que el usuario va experimentando la información en la visita virtual ya sea oral o escrita mientras las escenas van cambiando al mismo tiempo contando la historia del lugar. Tercero, que todas las personas sean capaces de entender los esfuerzos realizados por la comunidad científica del país e incentive la conservación del patrimonio.

2.1.2 Antecedentes internacionales

Walmsley Alexander P. y Thomas P. Kersten (2020) La Catedral Imperial de Königsutter (Alemania) como Experiencia Inmersiva en Realidad Virtual con Fotografía Panorámica 360° Integrada.

Resumen:

A medida que la realidad virtual (VR), las tecnologías de modelado y documentación 3D correspondientes evolucionan hacia herramientas cada vez más poderosas y establecidas para preservación de monumentos, conservación/restauración y presentación del patrimonio cultural, nuevos métodos para la creación entornos 3D interactivos ricos en información, son cada vez más demandados. En este artículo se describe el desarrollo de una aplicación de realidad virtual inmersiva para la Catedral Imperial de Königsutter, en la que se integraron fotografías panorámicas de 360° dentro de un entorno virtual como una forma de visualización novedosa y complementaria. La Catedral Imperial (Kaiserdom) de Königsutter



es uno de los ejemplos más importantes de arquitectura románica al norte de los Alpes. La Catedral había sido sometida previamente a escaneo láser y grabación con fotografía panorámica de 360° por parte del laboratorio de Fotogrametría y Escaneo Láser de la Universidad HafenCity de Hamburgo en 2010. Debido al rápido desarrollo reciente de la tecnología VR de consumo, se decidió posteriormente investigar, cómo estos dos, las fuentes de datos podrían combinarse dentro de una aplicación de realidad virtual inmersiva para el turismo y para la preservación del patrimonio arquitectónico. Se desarrolló un flujo de trabajo técnico especializado para construir el entorno virtual en Unreal Engine 4 (UE4) e integrar las fotografías panorámicas para garantizar la perfecta integración de estos dos conjuntos de datos. Se desarrolló una mecánica simple utilizando el lenguaje de programación nativo basado en nodos UE4 para cambiar entre estos dos modos de visualización. Laboratorio de escaneo láser de la Universidad HafenCity de Hamburgo en 2010. Con el rápido desarrollo reciente de la tecnología de realidad virtual para el consumidor, se decidió investigar cómo estas dos fuentes de datos se podrían combinarse dentro de una aplicación de realidad virtual inmersiva para el turismo y la preservación del patrimonio arquitectónico.

Conclusión:

Este documento presentó el interés y el flujo de trabajo en la creación de una visualización de realidad virtual con fotografía panorámica de 360° integrada del Kaiserdom en Königslutter. La combinación de estos dos tipos de medios (visualización 3D en tiempo real y fotografía panorámica HDRI) permite que el potencial interactivo e inmersivo de la primera, complemente la alta fidelidad y el fotorrealismo de la segunda. Si bien tradicionalmente estos dos "tipos" de realidad virtual se han mantenido separados, es importante investigar formas de integrarlos para crear experiencias que puedan integrar diferentes tipos de datos. Esto es particularmente importante para aquellos campos, como el patrimonio, donde la documentación puede tomar múltiples formas, como fotografías,



objetos, datos 3D o documentos escritos. El desarrollo futuro del museo virtual.

Bulgarelli Bolaños, J. (2018). El uso de la realidad aumentada en los procesos de restauración de edificios patrimoniales, caso de estudio: Residencia Gonzalez Feo. *International Journal of Scientific Management and Tourism*, 4(2), 115-149.

Resumen:

La realidad aumentada es una herramienta que nos da la facilidad de tener una comunicación positiva, mediante representaciones bidimensionales y tridimensionales, de la descripción única de los objetos arquitectónicos patrimoniales que se presenta al usuario, según el objetivo del contenido del aplicativo móvil que se manipule; esta función es la que brindara facilidad para gestionar los procesos, administrar los recursos y encaminar a las personas envueltas en el proyecto propuesto y así conservar el muro colindante norte del condominio de Gonzales Feo, completando así el objetivo último de la investigación. También el contenido creado para el aplicativo móvil Amon_RA facilitara el apoyo tanto como los ejecutores de la obra y los procesos descriptivos de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo. Aportando así una visión del esfuerzo de valor y enseñar el paisaje urbano histórico del barrio Amon. Como último punto, la presentación de dicho proyecto que sirva de ejemplo a la administración y conservación del patrimonio edificado y así tener una réplica de metodología usada en el pasado.



Luisina, M. (2018). *La realidad virtual en el proceso de interpretación patrimonial Diagnóstico de implementación de una CAVE en el Teatro Argentino de La Plata* (tesis de grado). Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

Resumen:

El siguiente proyecto posee como objetivo principal generar un diagnóstico a partir de la utilización de servicios de la realidad virtual, en este caso el aplicativo Cave Automatic Virtual Environment (CAVE), en los procedimientos de interpretación del patrimonio cultural. Para lo cual, se inició construyendo un marco conceptual para estudiar descripciones y elegir conceptos clave para la creación del proyecto de investigación, como por ejemplo la definición de patrimonio cultural, su proceso descriptivo y la conceptualización de la realidad virtual, así como su relación de aplicación en el turismo, en especial con el turismo cultural. Con el objetivo de realizar una investigación se definieron objetivos específicos que contribuyeran tanto a identificar las herramientas de la realidad virtual y su relación con el patrimonio cultural, en este caso realizar un diagnóstico y una propuesta de desarrollo aplicado hacia el teatro argentino de La Plata, que en este caso fue elegido como caso de estudio en el presente tema de investigación. Se inició con una conceptualización de la herramienta CAVE y una investigación de proveedores nacional como internacional. Después se describieron una serie de argumentos en los que esta herramienta fue manejado para la recuperación de diferentes patrimonios culturales y como su desarrollo indagó incurrir los procesos interpretativos de estos sitios culturales. Como paso final se elaboró un plan a partir de las posibilidades y expectativas que se generarían con el desarrollo hipotético del aplicativo, es decir la implementación de un CAVE en el teatro argentino de La Plata. La recolección de información se realizó a partir de entrevistas de la opinión de expertos en diversos conceptos con relación al proyecto de investigación, y en otro contexto se aplicó esta recolección de información hacia los habitantes locales respecto a dicha implementación



de la CAVE, para así generar las conclusiones del proyecto y también describir las recomendaciones esperadas para la constitución de los estudios futuros relacionados al tema de investigación.

Conclusión:

Como conclusión de este proyecto se describe las diferentes herramientas que usa la realidad virtual al momento de implementar el CAVE teniendo así grandes potencialidades en el ámbito del patrimonio cultural, detalladamente en su descripción de procesos interpretativos tanto turistas nacionales e internacionales. Aplicando esta herramienta se logró implementar con gran éxito diversos lugares culturales donde también se concluyó que se puede desarrollar todo tipo de lugares sean o no culturales para las nuevas generaciones.

2.2 Bases teórico – científicas

Preservación

La preservación es un conjunto de actividades de conservación preventiva destinadas a prolongar y asegurar el tiempo de existencia de diferentes objetos. Durham, E. (1998).

la preservación se utiliza de modo similar a la conservación, a pesar de incidir más sobre el aspecto preventivo de ella en cuanto defensa, salvaguarda y articulación de medidas previas de prevención frente a posibles daños o peligros. (González-Varas 2005),

Preservación patrimonial

La preservación del patrimonio está definida primeramente como un requerimiento de tener como privilegio la usabilidad de dicho recinto de tal forma que el llamado "trabajo muerto" que se altero pueda convertirse en una ayuda a nuevas inversiones simbólicas. Como segundo requerimiento, definir enfoques educaciones en donde es importante eliminar limites educacionales que no permiten a la población tener acceso a bienes culturales que son



prohibidas por clases dominantes, y por otro lado es necesario publicar la producción cultural que es propia de todos, avalando así su posible acceso a herramientas que provean ese requerimiento permitiendo su comunicación y transmisión de dicha información cultural. (Durham, 1998).

Patrimonio

Definidos por toda obra, escultura, pintura, estructura de carácter arqueológica que tenga como característica principal el valor histórico y aporte cultural a la humanidad. También está definida como propiedad perteneciente, ya sea una institución, país o continente donde se pueda donde no es necesariamente un valor cultural donde se puedan atribuir valores y ser transmitidos. (UNESCO, 1972).

El patrimonio y sus diferentes manifestaciones culturales

La palabra patrimonio posee una histórica conceptualización, ya que pasaba de civilización a civilización. Era asemejada a propiedad económica de las familias, también era aquello que provenía de los abuelos, las riquezas que poseemos o nos heredaron para luego ser transferida al siguiente ciclo familiar, por otro lado, también era definida en el contexto jurídico como la referencia a derechos y obligaciones. Asimismo, Por el contexto espiritual, como los valores éticos que posee la línea familiar, Por el contexto social era la aportación histórica que posee la humanidad que constituían en la creatividad de la persona, familia o pueblo para luego de años llamadas; tradiciones y cultura. Por el lado de su definición histórica abarcaba a los bienes edificados, fundados y/o heredado. No olvidemos el impacto que tiene la humanidad al momento de mantén viva y ser parte y juez de ese patrimonio, conformados los paisajes con valor cultural en sus diferentes categorías. (Diaz, 2010).



Parques arqueológicos:

Haciendo mención al autor español Ramón Parada, definido como zona con valor histórico y nombrado patrimonio arqueológico, que son caracterizados por la susceptibilidad a estudios con métodos arqueológicos, asimismo están vinculados con la historia del hombre. Es por ello que todo lo que integra un Patrimonio Arqueológico son declarados por Ley, bienes estatales. (Parada, 2010).

Saqsayhuamán:

En el año 1532 arribaron los españoles a la ciudad imperial del Cusco. En ese tiempo era considerada la gran capital inca que se llegaba a extender a lo largo de un valle elevado teniendo como ubicación el corazón de los Andes. En ese periodo fue la principal agrupación urbana de todo el continente Sudamericano, no obstante, rápido era convertida en una ciudad colonial española. Saqsayhuamán está asentada en el principio del valle donde se ubicaban palacio, ambientes monumentales, al mismo tiempo poseían dos ríos canalizados: el Saphi y el Tullumayo. En aquellos tiempos existían vías donde los habitantes de este recinto la utilizaban para poder llegar de un destino a otro por toda la geografía del Tawantinsuyo formando así los caminos del Inca estos tienen su origen en Saqsayhuamán. Los investigadores relatan que era una construcción de una fortaleza con torres y grandes murallas, donde era una estructura visiblemente espectacular teniendo en cuenta que la ubicación de la ciudad estaba ubicada en un valle, entre serranías muy pronunciadas. El año de 1536, Saqsayhuamán fue devastado en las primeras décadas de la conquista española y sus enormes piedras utilizadas como material en sus construcciones coloniales. Pero a rasgos de toda la ciudadela de Saqsayhuamán sobrevivió conteniendo aun sus gigantes piedras de encaje que sigue impresionando a todos los turistas. Garcilaso de la Vega realizó un escrito desde España, donde recordaba a Saqsayhuamán como una edificación impenetrable del que



sobresalían detalles rocosos en las alturas. Donde describe las caracterizaciones de los torreones medievales de la colonia española en el Cusco. En la actualidad los investigadores descartan que Saqsayhuamán fue edificada como fortaleza de Barreda y Valencia y validando la información como centro ceremonial y templo del Sol como parte de la ciudad del Cusco. (Mar, R., & Beltrán, J. 2014).

Las terrazas y muros perimetrales de la colina

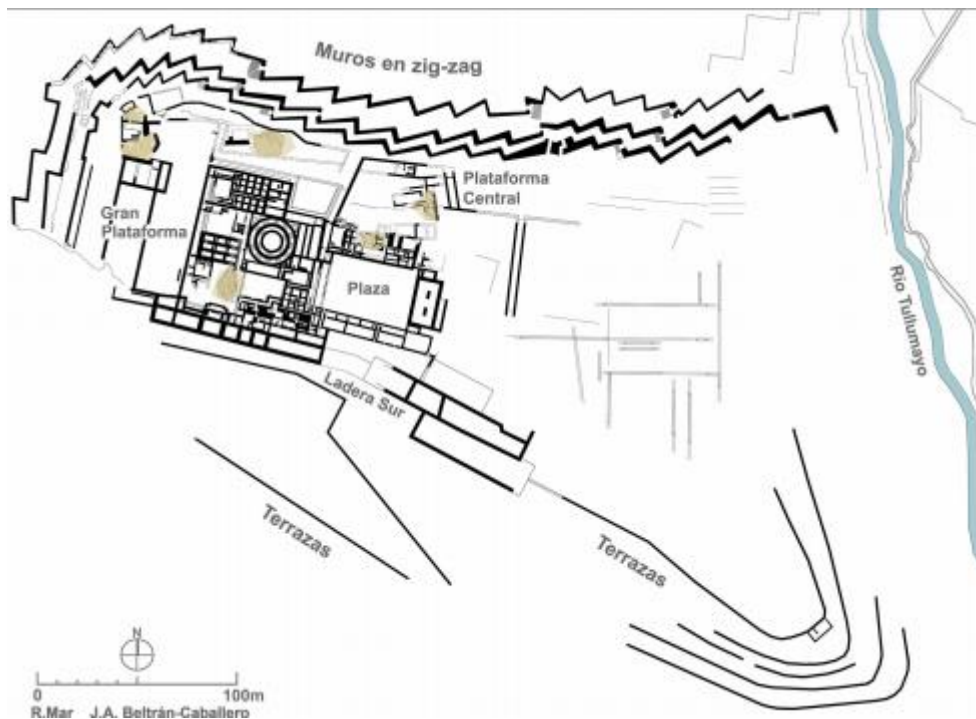
Los gigantes muros descritos en las formas de zigzag forman limitantes del cerro hacia el norte y hacen el este, son actualmente considerados en la investigación de la zona. No llegaron a ser terminados ya que la conquista española empezó en su periodo de construcción. esta constituido con tres muros en donde su parte inicial del muro tenía el objetivo de contener amenazas mientras los otros 2 eran muros extensamente gruesos donde tenían el objetivo de contener los caminos necesarios mientras sus quince puertas abrían la necesidad de abrir paso a todos los accesos Gracilazo (2004 [1609]: 485) cita los nombres de algunas de ellas y recuerda que cada puerta se cerraba con un bloque elevadizo. Una nueva excavación arqueológica cumplida en el Cusco (Calle Suecia) descubrió la plataforma de una puerta asemejada con varios muros de contención en zigzag equivalente a los de Saqsayhuamán. (Farrington, 2010).

Dichas puertas estaban cubiertas con grandes dinteles consistentes relacionados a la dimensión de los bloques que se utilizaron en la construcción de los muros. Un sistema constructivo equivalente al que hallamos en la gran puerta de la nombrada «muralla» de Pisac, en el camino monumental al circuito alto de Machu Picchu y al igual en la entrada que vigilaba el acceso a la parte alta del conjunto sacro de Ollantaytambo. En estos tres argumentos, han sido descritas como puertas defensivas. (Kaufmann, 2006).

A pesar de ello, forman parte de lugares que no fueron sellados como murallas, por lo que deberíamos deliberar que servían para establecer límites monumentales a sitios y regiones respetados. La construcción de quince puertas en los muros de Saqsayhuamán nos consiente intuir que el conjunto indicaba a finalidades más complicadas que la simple dirección al pico del cerro o su resguardo militar. La representación en zigzag de los muros ha sido puesta en dependencia con la divinidad del rayo (Silva 2007), sin embargo, Garcilaso de la Vega, estimulado por sus estimulaciones populares, sugiere una correlación con el arco iris. (Mazzotti, 1996).

Figura 2

Planta general de los restos de Saqsaywaman



Nota. Fortaleza de Saqsayhuamán obtenido de <https://blogs.incarail.com/es/la-fortaleza-de-sacsayhuam%C3%A1n-15-datos-que-seguro-no-conoc%C3%ADas>

Digitalización

Es el proceso de conversión de una información capturada analógicamente ya sea texto, foto, sonido a un formato digital o electrónico, para ello es necesario la utilización de dispositivos que capturen dicha información que son el escáner o circuitos computarizados



especializados, con el objetivo de procesar la información capturada para que pueda ser almacenada y transmitida a través de dispositivos electrónicos, equipos y redes de información. (Vazquez, P. 2014).

La digitalización en el Perú

Las creaciones digitales desarrolladas en el Perú, mediante la aprobación del Decreto Legislativo N° 681, el catorce de octubre de 1991, describía el uso regular de las tecnologías avanzadas en contexto de edición, creación y archivo de documentos producida por medios informáticos. (El peruano, 1991).

Después del paso de 25 años, los archivos digitales se vieron muy necesarios y representaban bases para proyectos que la digitalización fue clave. desde los inicios del siglo XXI hasta la fecha la digitalización optimizaba y presentaba escritos con un contexto futurista, y mientras pasaba el tiempo evolucionaba la creación de archivos digitales crecía en cantidad llegando así a 100 millones de documentos digitales. En el Perú varias organizaciones e instituciones invirtieron por la digitalización creando proyectos como el Archivo General de la Nación (AGN) y la biblioteca nacional del Perú. (Gadgerss, 2015).

Objetivos de la digitalización

Teniendo en cuenta definiciones sobre ¿cuál sería el objetivo de la digitalización?, todos ellos coincidieron que el objetivo principal es la facilidad que el usuario tiene al momento de acceder a ella, siendo una transacción rápida y eficaz. Asimismo, la digitalización posee objetivos específicos que estos son; la facilidad de consultas de procesos simultáneos en un mismo documento, Eliminación de archivos mixtos, sustitución de archivos y documentos físicos, almacenado más seguro. (Gadgerss, 2015).

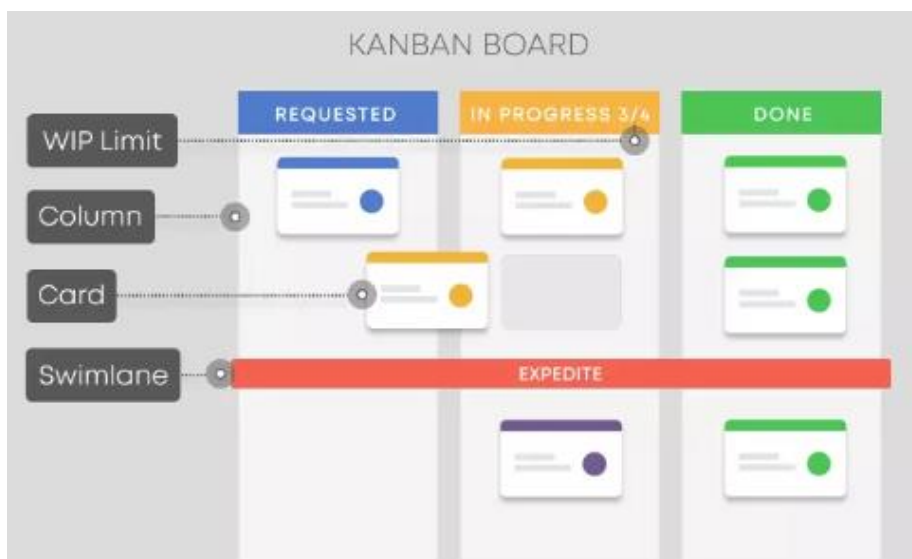
Metodología Kanban

La palabra japonesa "kanban", que significa "tablero visual" o "señal", se utiliza en el entorno de definición y mejora de procesos desde la década de 1950.

Kanban es un método Lean, muy popular, de gestión del flujo de trabajo para definir, gestionar y mejorar los servicios que proporciona el trabajo de conocimiento. Te ayuda a visualizar el trabajo, maximizar la eficiencia y mejorar continuamente. El trabajo se representa en tableros Kanban, lo que te permite optimizar la entrega de trabajo a través de múltiples equipos y manejar, incluso los proyectos más complejos en un solo entorno. (David J. Anderson. 2005).

Figura 3:

Tablero kanban



Nota. Descripción de uso de tabla Kanban. Obtenido de: <https://kanbanize.com/es/recursos-de-kanban/primeros-pasos/que-es-tablero-kanban>



Tabla 1:

Principios Kanban

Principios de la gestión del cambio	Principios de prestación de servicios
Comienza con lo que haces ahora	Centrarte en las necesidades y expectativas del cliente
Aceptar el cambio incremental y evolutivo	Gestionar el trabajo, no los trabajadores
Fomentar los actos de liderazgo a todos los niveles	Revisar periódicamente la red de servicios

Nota. Descripción de principios del uso de metodología Kanban. Obtenido de: <https://kanbanize.com/es/recursos-de-kanban/primeros-pasos/que-es-tablero-kanban>

Realidad virtual

Está definido como un entorno de escenas y diferentes objetos de apariencia real. Ofreciendo así al usuario la sensación de estar inmerso dentro de él.

También se puede decir que para poder definir la realidad Virtual se debe tener en cuenta los siguientes elementos, estos son; la simulación iterativa, mundo digital y la inmersión sensorial, definiremos cada una:

Simulación interactiva:

Donde se aplica la definición de recreación de un mundo virtual dando así al usuario la facultad de tomar decisiones adicionales y no solo seguir las direcciones marcadas, ya que el sistema virtual estará respondiendo en tiempo real todos sus movimientos, para hacer posible es necesario dispositivos de reproducción de entorno, para ello es esencial el casco de realidad virtual. (Del pino, 1995).



Mundo virtual:

La realidad virtual procesa un espacio en donde el usuario tiene la facultad de interactuar físicamente en contraposición, para hacer esto posible es necesario dispositivos periféricos para la percepción del posicionamiento del usuario. (Del pino, 1995).

Inmersión sensorial:

Podemos definirla como sumergir al usuario sobre un efecto real irreal alejando totalmente de su entorno, en el que actualmente se encuentra posicionado. La clave para esta aplicación es la visión estereotípica donde aplica la imagen a cada ojo de forma que el cuerpo humano capta la vista para luego asignar profundidad en cada objeto recreado en las imágenes digitales. (Del pino, 1995).

Función de la realidad virtual

Para hacer posible el procesamiento y la utilización de la realidad virtual esta necesita de diversos componentes que sirvan para la captura del usuario estos son:

- Cascos: HMD (Head Mounted Display). definido como dispositivo encargado de la visión estere óptica y detección de movimientos del usuario a nivel de posicionamiento. OculusRift y Personal 3D Viewer (Sony) son los ejemplos más conocidos de este tipo de dispositivo. (Jormaje, 2014).
- Ratones 3D: encargados de decepcionar funciones del usuario actuando en un espacio tridimensional.
- Guantes: Está encargado de decepcionar y manipular los objetos virtuales recreados imitando así la característica real de sostener un material.
- Andadores: dispositivos realistas para que el usuario se sumerja aún más en el mundo digital capturando sus pisadas y velocidad-Dispositivos de salida: Son los encargados de



llevar la información al usuario de forma que pueda distinguir alteraciones. (Del pino, 1995).

Tipos de realidad virtual

En 1995, Pino González define tres variaciones en la realidad virtual. las establece de acuerdo a como se presente la aplicación al usuario. las define en; realidad inmersiva, realidad semi-inmersiva y realidad no inmersiva, teniendo diferencias grandes entre ellas, todas cumplen el mismo objetivo recrear un mundo virtual al usuario.

- Realidad inmersiva: utiliza los dispositivos completos para todo el cuerpo como es: gafas, guantes, casco, traje especial, y otros más para hacer posible la experiencia en todos los sentidos posibles. (Del pino, 1995)

- Realidad no inmersiva: Es la encargada de dar una experiencia al usuario de un mundo virtual a partir de procesamientos en 3D y las herramientas que son el mouse y teclado para poder así capturar sus movimientos deseados, un ejemplo vendría a ser una película en 3D.

- Realidad semi-inmersiva o inmersiva de proyección: Es la encargada de brindar una sensación de mundo virtual a partir de espacios cerrados y limitados que proyectan imágenes recreadas. Mayormente son utilizados para que el usuario no se aleje tanto de su entorno sin dejar de experimentar otro. (Del pino, 1995)

Pruebas de aceptación

La fase de pruebas es fundamental a la hora de asegurar la calidad del producto entregado orientada, entre otras muchas cosas, a la validación y verificación del sistema. Por verificación se entiende que se esté construyendo el producto correctamente y por validación



que se esté construyendo el producto correcto.

Pruebas alfa

Es aquella en la que se le entrega a un usuario final todo el producto final, junto a su documentación correspondiente para que este, en presencia del desarrollador y en entornos previamente preparados para el proceso de dichas pruebas, vaya informando de todo lo que vea que no está bien, que no se cumple, etc.

Pruebas beta

Es la que se les proporciona a usuarios finales, situados en lugares concretos de los puestos de trabajo donde finalmente será el software implantado, para que sea de nuevo el usuario y sin estar nadie presente del resto de grupos de trabajo, el que de nuevo vuelva a emitir unos informes de resultados e impresiones de la aplicación o sistema software desarrollado. Independiente del proceso seguido, también tendríamos que prestar especial atención a la documentación entregada al cliente para su posterior evaluación, ya que la entrega de aplicación y documentación, debería tener la misma calidad. (Piattini, M. G., Calvo-Manzano, J. A., Cervera, J., and Fernandez, L. 2004)

2.3 Perspectiva tecnológica

Descripción de la propuesta de desarrollo, implementación o transferencia tecnológica

El objetivo principal de este estudio es tener un respaldo de manera digital de cómo se encuentra en la actualidad el Parque Arqueológico de Saqsayhuamán, ya que al tener imágenes en las que se puedan visualizar a detalle cada característica que compone este lugar, donde ayudara a la conservación y protección del patrimonio cultural delicado o vulnerable.



Esto se conseguirá mediante la digitalización de un entorno en donde se pueda interactuar mediante la realidad virtual, en este caso el Parque Arqueológico de Saqsayhuamán, con ello podremos aportar, una forma de preservar dicho lugar, ya que se podrá usar de referencia para reconstrucciones de posibles alteraciones que pueda sufrir el parque arqueológico ya sean ambientales o propiciados por la mano del hombre.

Para el desarrollo de este estudio se tendrá que desarrollar la digitalización del Parque Arqueológico de Saqsayhuamán es obteniendo imágenes del parque dicho proceso seguirá las siguientes etapas:

1. Examinar el parque arqueológico de Saqsayhuamán.
2. Delimitar el espacio de estudio.
3. Tomar muestras fotográficas del espacio de estudio.
4. Importar las fotografías hacia la plataforma de desarrollo (UNITY).
5. Reconstrucción del espacio de estudio, a partir de las muestras fotográficas.
6. Realizar pruebas de control.
7. Exportar a un aplicativo móvil.

Situación esperada

Con la realización de este estudio, se espera contar con un respaldo digital del Parque Arqueológico de Saqsayhuamán, en el cual se pueda visualizar de manera detallada cada espacio, recinto, y lugares importantes que posee el Parque Arqueológico de Saqsayhuamán, así mismo se podrá generar la promoción del uso de la realidad virtual para poder preservar los demás centros arqueológicos ya que ninguno de ellos están completamente seguros ante cualquier situación natural o fortuita que pueda suceder.



Permitirá a las personas de todo el mundo acceder y experimentar sitios del patrimonio cultural, artefactos y entornos históricos que pueden ser físicamente inaccesibles debido a la distancia, las restricciones o las preocupaciones de preservación.

2.3.1 Metodología para la digitalización

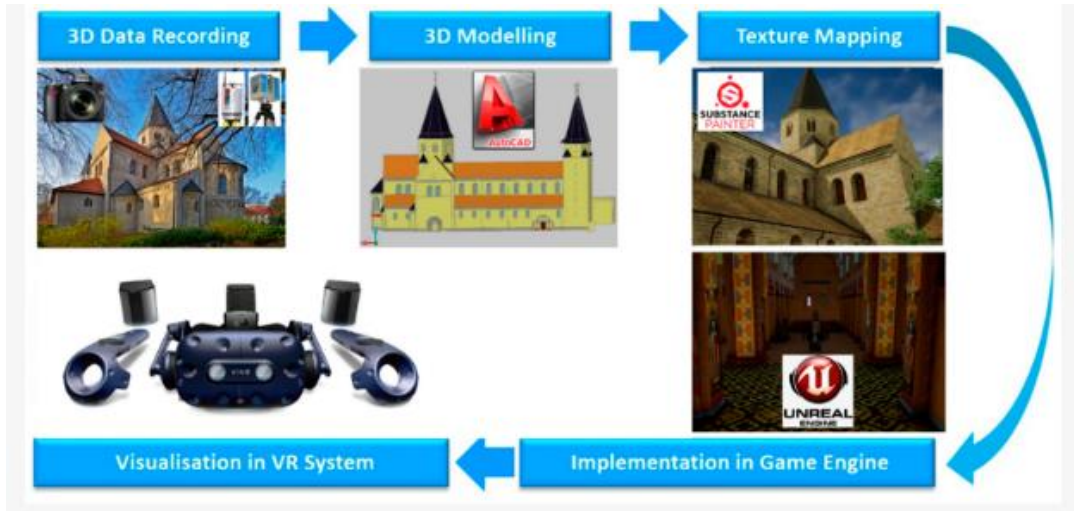
Después de la recolección de los diferentes antecedentes tanto nacionales como internacionales que se obtuvo, la siguiente Metodología propuesta en Walmsley Alexander P. y Thomas P. Kersten (2020) La Catedral Imperial de Königslutter (Alemania) como Experiencia Inmersiva en Realidad Virtual con Fotografía Panorámica 360° Integrada.

Esta metodología propone 5 fases de construcción y desarrollo y estas son:

- Adquisición de datos.
- Modelado 3D.
- Fotografía panorámica.
- Game Engine Unreal y sistema VR HTC Vive.
- Implementación en Realidad Virtual.

Figura 4

Flujo de trabajo para el desarrollo de la experiencia de realidad virtual



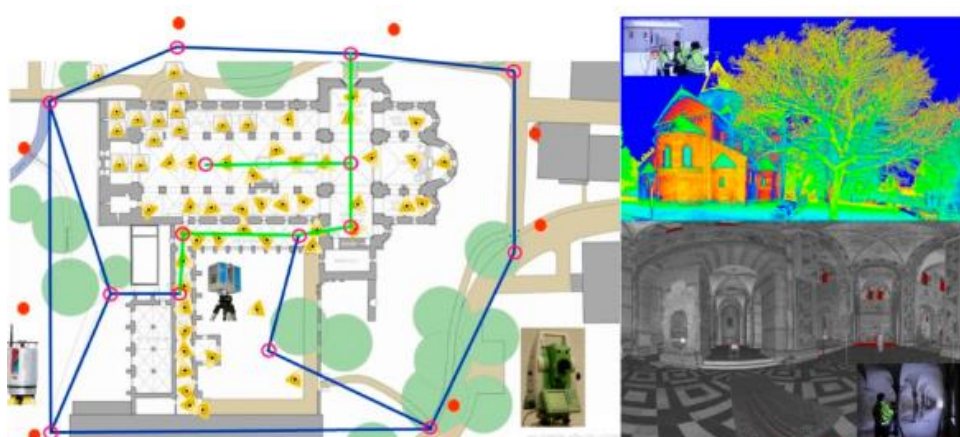
Nota. Flujo de metodología de desarrollo para la reconstrucción virtual. Obtenido de: Walmsley Alexander P. y Thomas P. Kersten (2020)

Adquisición de datos

Para la recolección de datos se utilizó tecnología láser escaneando así toda la estructura interior de dicho lugar obteniendo así un mapeado completo del lugar, al igual que las partes externas de la estructura.

Figura 5

Red geodésica 3D



Nota. (líneas azules y verdes) y posición de las estaciones de escaneo (IMAGER 5006 = triángulos amarillos, Riegl VZ-400 = puntos rojos) en la catedral (izquierda), nube de puntos Riegl VZ-400 de (arriba a la derecha) y presentación 2D de un escaneo IMAGER 5006 (abajo a la derecha)) Walmsley Alexander P. y Thomas P. Kersten (2020) obtenido de: Walmsley Alexander P. y Thomas P. Kersten (2020)

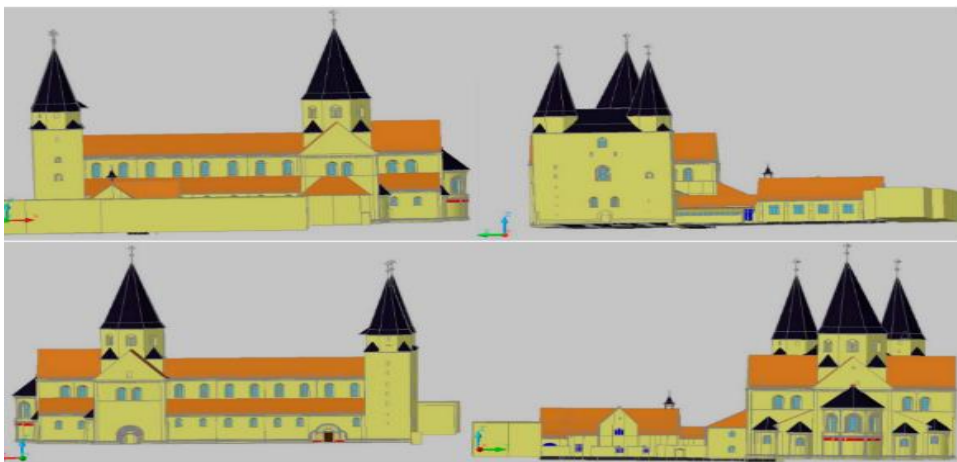


Modelado 3D

Para los detalles más pequeños que existen en la catedral, se usaron las funciones de mallado automatizado en Geomagic para generar rápidamente una malla (mapping texture) directamente desde la nube de puntos, esta funcionalidad es gracias a la tecnología láser utilizada para el escaneo, que después es exportado en un archivo CAD.

Figura 6

Modelo 3D vista de AUTOCAD



Nota. Modelado 3D de la catedral desarrollado en AUTOCAD. Obtenido de: Walmsley Alexander P. y Thomas P. Kersten (2020)

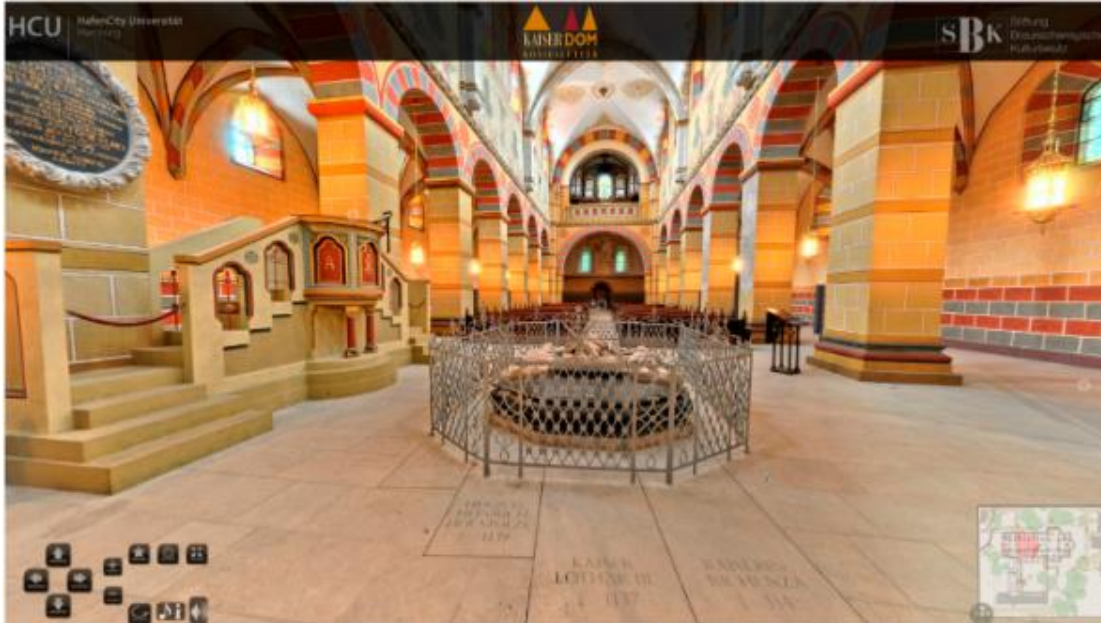
Fotografía panorámica

Para generar un recorrido virtual en línea de la catedral, se capturaron una serie de fotos panorámicas de 360° en cada estación de escaneo IMAGER 5006 usando una cámara Nikon DSLR con un adaptador de punto nodal. También se capturaron fotos panorámicas adicionales en 10 lugares fuera de la catedral, así como en 19 puntos más dentro de la catedral. Estas fueron tomadas sin objetivos de escaneo láser u objetos extraños presentes en la toma. Cada conjunto de fotografías consta de 16 imágenes, una apuntando hacia el cielo, tres hacia el suelo y 12 fotos para el círculo de 360° en posición horizontal. El software PTGui generó automáticamente un panorama esférico con 11.700×5850 píxeles (aprox. 43 MB) para cada estación de cámara.



Figura 7

Recorrido virtual interactivo por la catedral imperial utilizando fotografías panorámicas esféricas)



Nota. Recorrido de entorno virtual interior utilizado VR. Obtenido de: Walmsley Alexander P. y Thomas P. Kersten (2020)

Game Unreal Engine y sistema VR

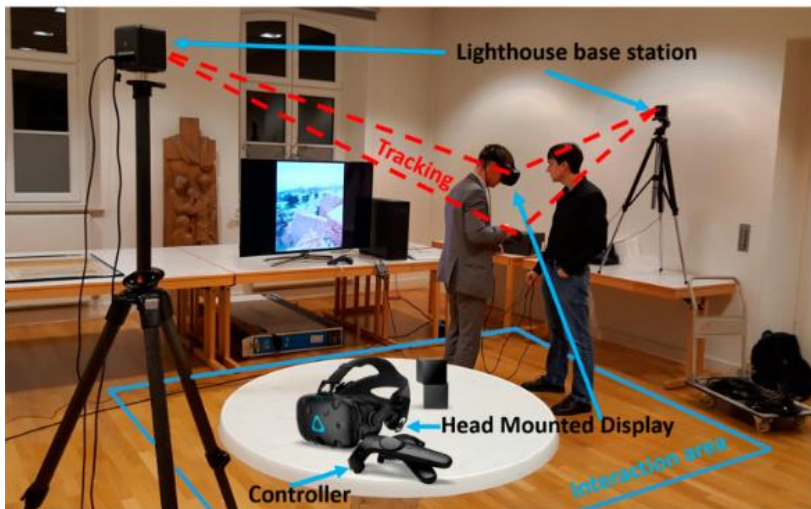
Para este proyecto, se eligió Unreal Engine por su ventaja en el sistema de codificación visual de planos integrado.

El hardware específico requerido para ejecutar VR es un auricular VR, dos estaciones base "faro", dos controladores y una PC lista para VR. Para este proyecto, se eligió el HTC Vive Pro como auricular. Los faros son necesarios para rastrear el movimiento del usuario en el espacio 3D (Figura 10), mientras que los controladores se usan para mapear interacciones en el mundo virtual. El seguimiento se logra con un giroscopio, un acelerómetro y un sensor de posición láser dentro de los propios auriculares VR, y puede detectar movimientos con una precisión de 0,1°



Figura 8

Componentes y configuración esquemática del sistema VR HTC Vive Pro con área de interacción (azul).



Nota. Conjunto de Componentes para realizar el desplazamiento de RV. Obtenido de: Walmsley Alexander P. y Thomas P. Kersten (2020)

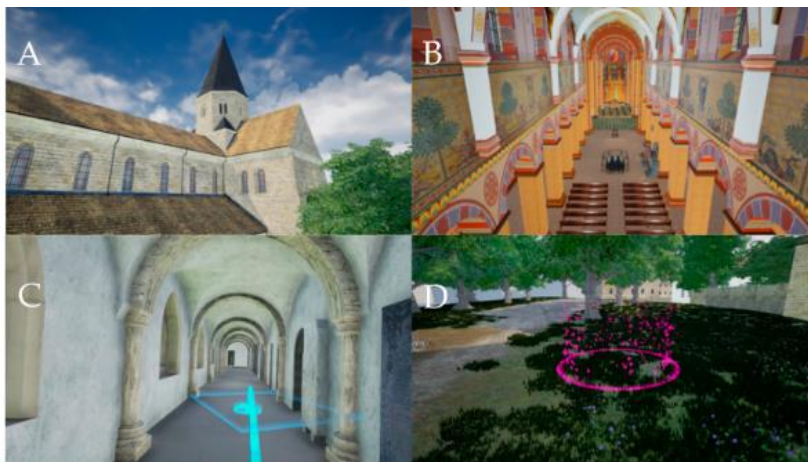
Implementación en Realidad Virtual

Para llevar el modelo a la realidad virtual, se tuvieron que hacer algunos cambios en la malla y las texturas para que funcionaran de manera más eficiente dentro del motor del juego. Los criterios de rendimiento de la realidad virtual significan que se debe hacer todo lo posible para optimizar los modelos y garantizar que se pueda lograr una velocidad de fotogramas lo suficientemente alta (idealmente, 90fps, aunque para muchas aplicaciones, más de 40 es suficiente). Gran parte de esta parte del flujo de trabajo se realizó manualmente.



Figura 9

Vistas de proyecto



Nota. Dos vistas del Kaiserdom, exterior (A) e interior (B). Una tercera imagen (C) muestra un ejemplo de la mecánica de teletransportación en acción. La imagen (D) muestra un ejemplo de una pista visual colocada en el mundo virtual, donde se puede ver una foto panorámica.



CAPÍTULO III IMPLEMENTACIÓN

3.2. Metodología para el desarrollo

3.2.1. Aplicando la metodología

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizó la metodología ágil KANBAN, debido a su descripción de cada tarea a realizarse, facilita el trabajo equipo durante el desarrollo del proyecto, en este caso no tendremos requerimientos de un usuario final, para ello se define diferentes tareas que se seguirá durante el desarrollo del proyecto.

Al momento de tener definidas las tareas a realizarse, estas las clasificaremos en 3 fases estas son: pendiente, proceso, terminada. Teniendo ya nuestras tareas a desarrollar, nos toca definir los tiempos que nos llevara la ejecución de cada tarea, por tanto, también establece la duración de trabajo de cada fase.

Tareas definidas para el desarrollo

- Elección de aplicativo para la creación del proyecto.
- Delimitación del complejo arqueológico.
- Elección de mejor ruta de digitalización.
- Recolección de fotografías.
- Creación de escenarios.
- Códigos de Programación para enlaces de escenario.
- Códigos de programación para desplazamiento entre escenarios.
- Pruebas de desplazamiento de los escenarios
- Retroalimentación en el desplazamiento de escenarios
- Prueba general del proyecto
- Ejercicio de ejecución con el arqueólogo invitado



1º Primera fase de desarrollo:

Empezamos con la realización de nuestra tabla de tareas, para poder ir registrando el avance del trabajo de investigación.

Para ello aplicaremos el cuadro Kanban donde se describirá el progreso de cada tarea a realizarse.

Tabla 2

Primera fase de desarrollo

Planificación de tareas		
Pendiente	Proceso	Terminadas
Elección de aplicativo para la creación del proyecto		
Delimitación del complejo arqueológico		
Elección de mejor ruta de digitalización		
Recolección de fotografías		
Creación de escenarios		
Códigos de Programación para enlaces de escenario		
Códigos de programación para Desplazamiento entre escenarios		
Pruebas de desplazamiento de los escenarios		
Retroalimentación en el desplazamiento de escenarios		
Prueba general del proyecto		
Ejercicio de ejecución con el arqueólogo invitado		

Nota. Planificación de tareas en la primera fase. Fuente: propia

Duración:

Cada tarea detallada en esta tabla (poner el número de tabla), será ejecutada durante un plazo máximo de **1 mes con 6 días**, para así poder tener que cumplir con el cronograma definida en la metodología.



2º Segunda fase de desarrollo:

Continuando el proceso pasamos hacia la primera tarea de desarrollo que es la elección del aplicativo, en donde construiremos el proyecto de investigación, para ello utilizaremos el motor gráfico multiplataforma **UNITY**.

Tabla 3:

Segunda fase de desarrollo

Planificación de tareas		
Pendiente	Proceso	Terminadas
	Elección de aplicativo para la creación del proyecto	
Delimitación del complejo arqueológico		
Elección de mejor ruta de digitalización		
Recolección de fotografías		
Creación de escenarios		
Códigos de Programación para enlaces de escenario		
Códigos de programación para Desplazamiento entre escenarios		
Pruebas de desplazamiento de los escenarios		
Retroalimentación en el desplazamiento de escenarios		
Prueba general del proyecto		
Ejercicio de ejecución con el arqueólogo invitado		

Nota. Planificación de tareas en la segunda fase. Fuente: propia

Duración:

En esta primera tarea, su duración está definida en 3 días ya que para ello se recolecto información de que a aplicativo era el adecuado para el desarrollo del proyecto, caracterizándolo, así como una de las tareas principales del proyecto.



3° Tercera fase de desarrollo:

Siguiendo la secuencia de las fases de desarrollo, terminada una tarea se continua con la siguiente, para ello la primera tarea ya finalizada se le ubica en la columna de **TAREAS TERMINADAS** (poner el número de tabla) y empezamos con delimitar el complejo arqueológico, en esta tarea definiremos la zona a digitalizar del complejo, para ello se realiza el mapeado en la zona denominada Fortaleza de Saqsayhuamán.

Tabla 4:

Tercera fase de desarrollo

Planificación de tareas		
Pendiente	Proceso	Terminadas
		Elección de aplicativo para la creación del proyecto
	Delimitación del complejo arqueológico	
Elección de mejor ruta de digitalización		
Recolección de fotografías		
Creación de escenarios		
Códigos de Programación para enlaces de escenario		
Códigos de programación para Desplazamiento entre escenarios		
Pruebas de desplazamiento de los escenarios		
Retroalimentación en el desplazamiento de escenarios		
Prueba general del proyecto		
Ejercicio de ejecución con el arqueólogo invitado		

Nota. Planificación de tareas en la tercera fase. Fuente: propia

Duración:

La duración de esta fase tuvo la cantidad de **4** días debido a la buena disponibilidad de horario de visita del parque arqueológico cumpliendo así con el cronograma asignado.



4° Cuarta fase de desarrollo:

Terminada la delimitación del proyecto, proseguimos en la elección de mejor ruta de digitalización, para ello el equipo recolecta información de la ruta pre-establecida del complejo y el mejor horario en donde el complejo este totalmente vacío.

Tabla 5:

Cuarta fase de desarrollo

Planificación de tareas		
Pendiente	Proceso	Terminadas
		Elección de aplicativo para la creación del proyecto
		Delimitación del complejo arqueológico
	Elección de mejor ruta de digitalización	
Recolección de fotografías		
Creación de escenarios		
Códigos de Programación para enlaces de escenario		
Códigos de programación para Desplazamiento entre escenarios		
Pruebas de desplazamiento de los escenarios		
Retroalimentación en el desplazamiento de escenarios		
Prueba general del proyecto		
Ejercicio de ejecución con el arqueólogo invitado		

Nota. Planificación de tareas en la cuarta fase. Fuente: propia

Duración:

La duración de esta tarea fue establecida en **3 días**, ya que se dio la facilidad de información obtenida por el control Zonal del parque arqueológico.



5° Quinta fase de desarrollo:

En esta fase recolectaremos las fotografías necesarias para poder aplicar la digitalización para ello es necesario, tener diferentes perspectivas que muestren los detalles que existen en las rocas del parque arqueológico de Saqsayhuamán.

Tabla 6

Quitan fase de desarrollo

Planificación de tareas		
Pendiente	Proceso	Terminadas
		Elección de aplicativo para la creación del proyecto
		Delimitación del complejo arqueológico
		Elección de mejor ruta de digitalización
	Recolección de fotografías	
Creación de escenarios		
Códigos de Programación para enlaces de escenario		
Códigos de programación para Desplazamiento entre escenarios		
Pruebas de desplazamiento de los escenarios		
Retroalimentación en el desplazamiento de escenarios		
Prueba general del proyecto		
Ejercicio de ejecución con el arqueólogo invitado		

Nota. Planificación de tareas en la quinta fase. Fuente: propia

Duración:

La duración de esta fase, fue de **5 días**, ya que se necesitaba retroalimentar varias veces para tener las tomas adecuadas del parque arqueológico.



6° Sexta fase de desarrollo:

En esta fase de desarrollo se realizó 3 tareas, el trabajo en equipo facilito el avance de las mismas, permitiendo el óptimo avance del proyecto. Aplicando conocimientos de diseño y programación permitió la creación, programación de enlaces y desplazamiento de los escenarios, desarrollados en el motor gráfico de **UNITY**.

Tabla 7

Sexta fase de desarrollo

Planificación de tareas		
Pendiente	Proceso	Terminadas
		Elección de aplicativo para la creación del proyecto
		Delimitación del complejo arqueológico
		Elección de mejor ruta de digitalización
		Recolección de fotografías
	Creación de escenarios	
	Códigos de Programación para enlaces de escenario	
	Códigos de programación para Desplazamiento entre escenarios	
Pruebas de desplazamiento de los escenarios		
Retroalimentación en el desplazamiento de escenarios		
Prueba general del proyecto		
Ejercicio de ejecución con el arqueólogo invitado		

Nota. Planificación de tareas en la sexta fase. Fuente: propia

Duración:

La duración de esta sexta fase estuvo definida en **11** días, ya que contenía 3 tareas a desarrollarse.



7° Séptima fase de desarrollo:

En la séptima fase pasamos ya hacia las diferentes pruebas del proyecto, ya sea a nivel de diseño o programación.

Para esta fase fue necesario realizar varias iteraciones de pruebas hasta lograr una óptima ejecución del proyecto.

Tabla 8:

Séptima fase de desarrollo

Planificación de tareas		
Pendiente	Proceso	Terminadas
		Elección de aplicativo para la creación del proyecto
		Delimitación del complejo arqueológico
		Elección de mejor ruta de digitalización
		Recolección de fotografías
		Creación de escenarios
		Códigos de Programación para enlaces de escenario
		Códigos de programación para Desplazamiento entre escenarios
	Pruebas de desplazamiento de los escenarios	
	Retroalimentación en el desplazamiento de escenarios	
Prueba general del proyecto		
Ejercicio de ejecución con el arqueólogo invitado		

Nota. Planificación de tareas en la séptima fase. Fuente: propia

Duración:

La duración de esta fase estuvo comprendida en **6** días por la realización de varias iteraciones de pruebas al proyecto.



8° Octava fase de desarrollo:

Esta fase es la más importante ya que se realiza la primera ejecución del proyecto ya terminado, también se realiza la prueba respectiva utilizando tecnología de realidad virtual.

Tabla 9:

Octava fase de desarrollo

Planificación de tareas		
Pendiente	Proceso	Terminadas
		Elección de aplicativo para la creación del proyecto
		Delimitación del complejo arqueológico
		Elección de mejor ruta de digitalización
		Recolección de fotografías
		Creación de escenarios
		Códigos de Programación para enlaces de escenario
		Códigos de programación para Desplazamiento entre escenarios
		Pruebas de desplazamiento de los escenarios
		Retroalimentación en el desplazamiento de escenarios
	Prueba general del proyecto	
Ejercicio de ejecución con el arqueólogo invitado		

Nota. Planificación de tareas en la primera fase. Fuente: propia

Duración:

La presente fase tuvo una duración de **4** días ya que después de la retroalimentación necesaria se corrigió y se llegó a una óptima ejecución del proyecto.



9º Novena fase de desarrollo:

En esta última fase, se realizó un ejercicio de ejecución con un arqueólogo invitado, donde nos brindó todos sus comentarios y puntos de vista al respecto del proyecto ejecutado exitosamente.

Tabla 10:

Novena fase de desarrollo

Planificación de tareas		
Pendiente	Proceso	Terminadas
		Elección de aplicativo para la creación del proyecto
		Delimitación del complejo arqueológico
		Elección de mejor ruta de digitalización
		Recolección de fotografías
		Creación de escenarios
		Códigos de Programación para enlaces de escenario
		Códigos de programación para Desplazamiento entre escenarios
		Pruebas de desplazamiento de los escenarios
		Retroalimentación en el desplazamiento de escenarios
		Prueba general del proyecto
	Ejercicio de ejecución con el arqueólogo invitado	

Nota. Planificación de tareas en la novena fase. Fuente: propia

Duración: En esta ejecución de la última tarea tuvo una duración de 1 día, ya que se realizó una ejecución ya que se programó una reunión con el arqueólogo invitado, donde se pudo recolectar comentarios sobre la experiencia con este primer usuario que se sumergió en la ejecución del proyecto en realidad virtual.



3.3. Implementación del aplicativo

Al momento que se construye el aplicativo se debe tener en cuenta que el método que utilizaremos será la construcción de un entorno virtual a partir de fotografías capturadas, teniendo diferentes enfoques y posicionamientos de la delimitación ya definida.

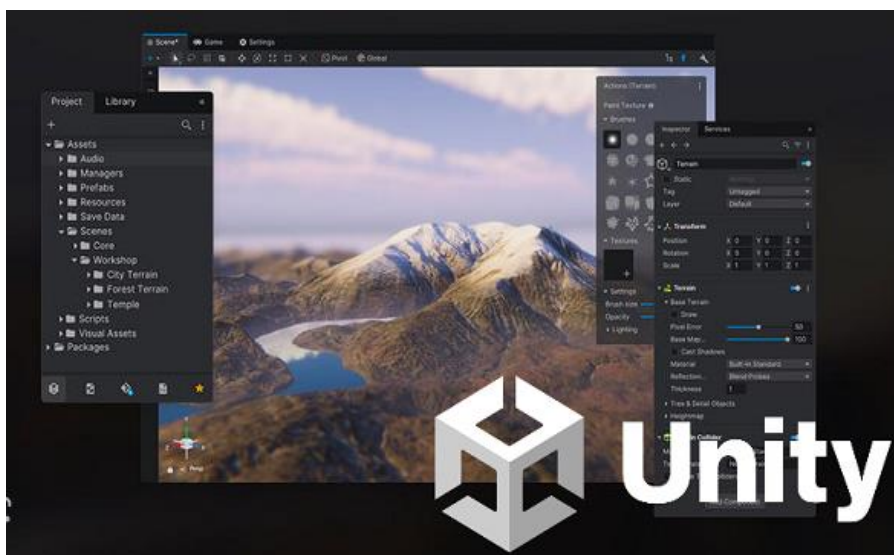
Ante de empezar tenemos que tener en cuenta que no se tiene requerimientos de usuario por ello la documentación se basara en la metodología KANBAN, para ello se describirá las diferentes tareas ya definidas.

3.3.1. Elección de aplicativo para la creación del proyecto

El motor que se uso fue **UNITY** en donde gracias a su facilidad y su forma rápida de creación de escenarios y su buena visualización de imágenes, facilitaron la construcción de la Digitalización; para su exportación en Aplicativo para Móvil fue necesaria las diferentes librerías que se utilizaran durante su compatibilidad con la realidad virtual.

Figura 10

Motor de juegos UNITY



Nota. Interfaz del motor de juegos UNITY obtenido de url : <https://dotnet.microsoft.com/es-es/apps/games/unity>

Hay que tener en cuenta que **UNITY** es caracterizado por la facilidad de crear videojuegos con soporte a realidad virtual y la renderización de imágenes para alta calidad de visualización.

3.3.2. Delimitación del proyecto

Como paso previo a la Digitalización del Parque Arqueológico de Saqsayhuamán se eligió la zona de la Fortaleza, ya que dicha zona contiene una forma singular y varios detalles en la formación de las rocas, hay que tener en cuenta que omitiremos zonas que tengan prohibido el acceso ya que dichas zonas solo pueden ingresar el personal autorizado.

Figura 11

Delimitación del prototipo



Nota. Zona delimitada como la Fortaleza de Saqsayhuamán Fuente: propia

3.3.3. Elección de mejor ruta de Digitalización

Después de tener ya en claro la delimitación, se realizó varias visitas al Parque Arqueológico de Saqsayhuamán y se definió cual va ser el recorrido a seguir.

El recorrido más Optimo es el aquel que se realiza con un Guía de Turismo ya que resaltara las zonas con más impacto y con más importancia del Parque Arqueológica. (Véase la Figura 23).

Figura 12

Marcando recorrido para toma de muestras



Nota. Recorrido Establecido para la toma de capturas fotográficas fuente: propia

3.3.4. Recolección de Fotografías

La recolección de material fotográfico será con una cámara Samsung Gear 360 tomando como material fotográfico un total de 344 muestras de todas las perspectivas que se pudo observar, teniendo como prioridad zonas con alto contenido de roquería y andenería.

Figura 13

Muestra de toma fotográficas



Nota. Recolección de muestras fotográficas almacenadas. Fuente: propia

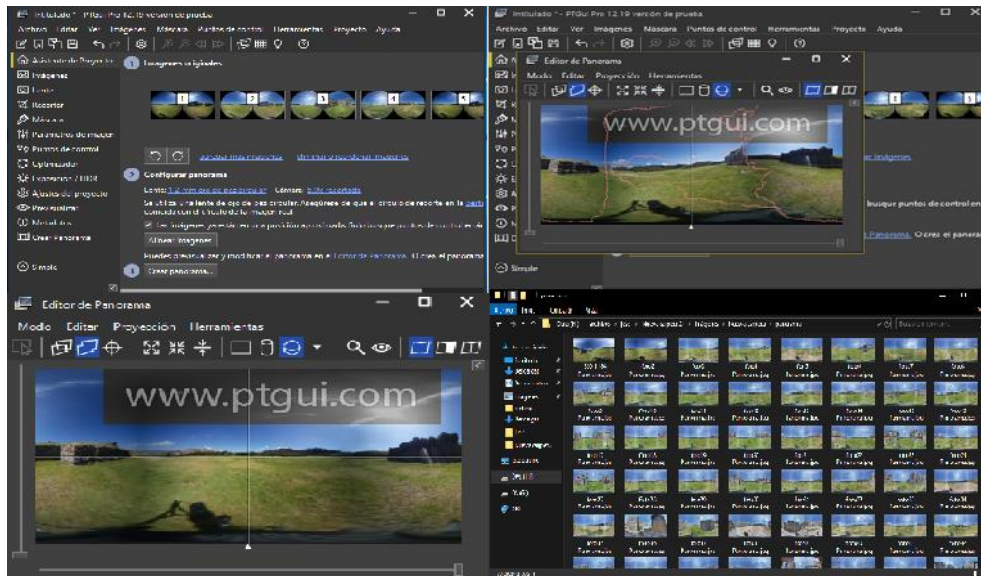
Hay que tener en cuenta que la cámara entregara un archivo incompleto en lo que es edición, para ello en la siguiente tarea es donde se explicara más sobre su edición.

3.3.5. Creación de escenarios

La edición final de las muestras fotográficas se realizó con el programa PTGUI, en donde se agrupo las diferentes fotos de una sola zona, para crear su visión panorámica detallada y de alta calidad.

Figura 14

Proceso de creación de fotos panorámicas en PTGUI



Nota. Procedimientos para la creación de entornos fotográficos. Fuente: propia

En la figura (véase figura 25) se detalla los pasos de edición, construcción y exportación de la imagen panorámica.

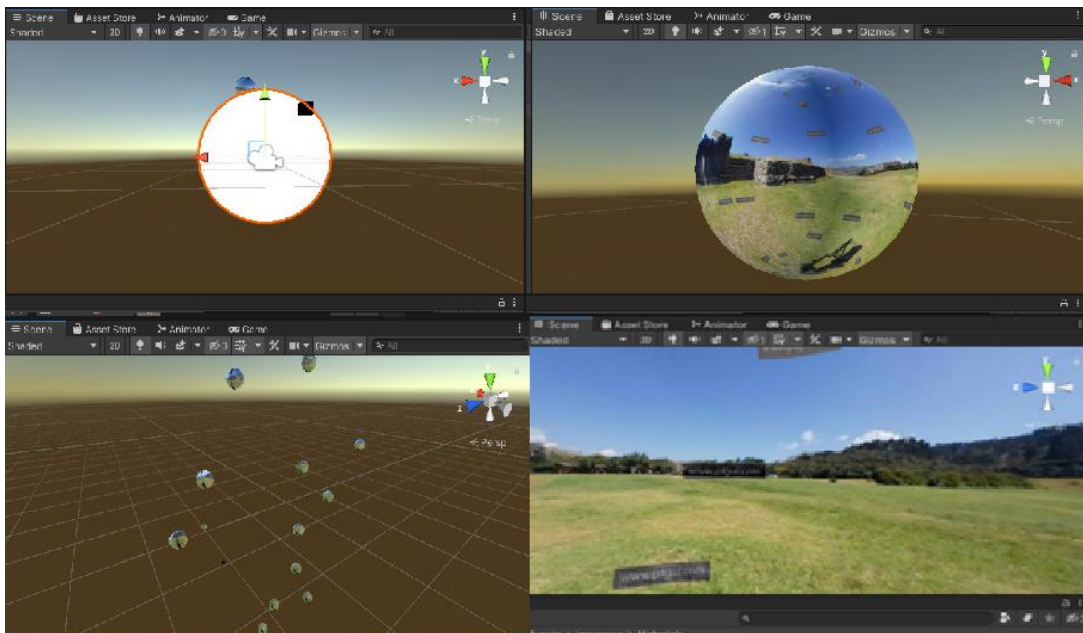
El primer paso es la carga de imágenes de un solo sector con varios enfoques, el segundo realizamos el alineamiento hasta conseguir la imagen, después en el tercer paso exportamos teniendo ya la imagen lista para ser trabajada y visualizada en Realidad Virtual.

Hay que resaltar que el programa PTGUI no tiene licencia de estudiante por ello se utilizó la versión gratuita y con firma de agua.

Se obtuvo un total de 70 muestras fotográficas panorámicas 360.

Figura 15

Creación de escenarios e importación de foto panorámica



Nota. Conjunto de procedimientos para la creación de entornos virtuales en la plataforma UNITY fuente: Propia

El trabajo en Unity fue la creación del escenario donde se importará la muestra fotográfica panorámica ya trabajada anteriormente, este procedimiento se dividió en 4 fases; la primera es la creación de la esfera, donde posicionaremos la cámara al centro donde tendrá una visualización homogénea de la muestra fotográfica, la segunda es la importación de la muestra fotográfica hacia la esfera, en la siguiente se aplicó la primera y segunda fase a las 70 muestras fotográficas y la cuarta fase es la emulación de la primera muestra (Véase Figura 26).

3.3.6. Códigos de Programación para enlaces de escenario

Para hacer posible el desplazamiento entre escenarios se reutilizó y se modificó el código libre de Google VR que viene de proyecto demostrativo que contiene el paquete de archivos que facilita Unity en proyectos demostrativos.

Figura 16

Código de Programación (Desplazamiento y cambio de escenario)

```
SphereChanger.cs | TourManager.cs
C:\Users > Pc > entorno virtual sacsayhuaman > Assets > codigo > SphereChanger.cs
37
38 IEnumerator FadeCamera(Transform nextSphere)
39
40
41
42     if (m_Fader != null)
43     {
44         //atenuacion de objeto de pantalla
45         StartCoroutine(FadeIn(0.75f, m_Fader.GetComponent<Renderer>().material));
46         yield return new WaitForSeconds(0.75f);
47
48         //cambio de posición de camara
49         Camera.main.transform.parent.position = nextSphere.position;
50
51         //desvanecer efecto de pantalla
52         StartCoroutine(FadeOut(0.75f, m_Fader.GetComponent<Renderer>().material));
53         yield return new WaitForSeconds(0.75f);
54     }
55     else
56     {
57         // Si no se detecta posición ,centrar posición de la camara
58         Camera.main.transform.parent.position = nextSphere.position;
59     }
60
61
62
63
```

Nota. Códigos de programación para enlace de escenarios en plataforma Visual studio fuente: propia

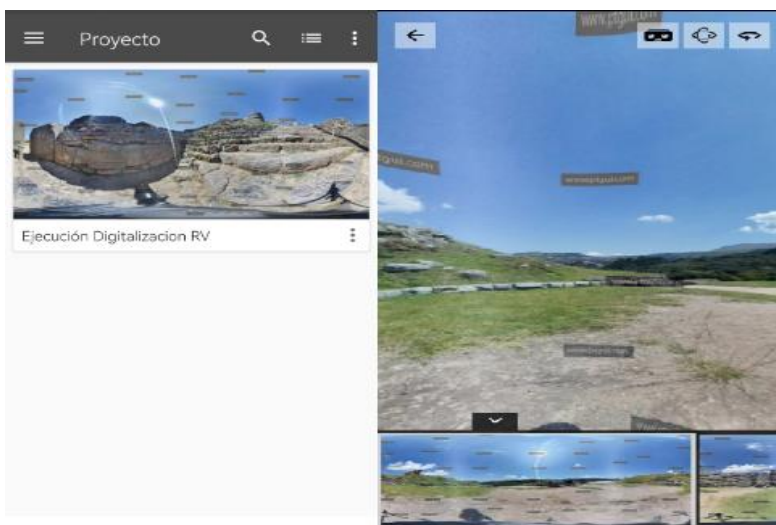
3.3.7. Pruebas de desplazamiento

Después de varias iteraciones en pruebas de cambio de escenario y visualización, llego a su etapa de su correcto funcionamiento.

A partir de este punto es donde empezamos con el menú inicio, quien nos dará funcionalidad básica para su ejecución de Digitalización de Parque Arqueológico de Saqsayhuamán.

Figura 17

Emulación de prototipo en UNITY Fuente: propia



Nota. Interfaces compiladas en simulación realizada en plataforma Unity fuente: propia



Para el desarrollo de este prototipo de Digitalización se trabajó siguiendo la metodología de desarrollo ágil KANBAN. Se programó la culminación del proyecto al momento de terminar las tareas descritas en la metodología utilizada siendo 11 fases definidas al momento de empezar el desarrollo del prototipo, no olvidemos que cada fase está establecida con su duración respectiva.

Tabla 11

Cuadro de duración de tareas

Tareas definidas	Duración (días)
Elección de aplicativo para la creación del proyecto	3
Delimitación del complejo arqueológico	4
Elección de mejor ruta de digitalización	3
Recolección de fotografías	5
Creación de escenarios	11
Códigos de Programación para enlaces de escenario	6
Códigos de programación para Desplazamiento entre escenarios	1
Pruebas de desplazamiento de los escenarios	1
Retroalimentación en el desplazamiento de escenarios	1
Prueba general del proyecto	1
Ejercicio de ejecución con el arqueólogo invitado	1

Nota. Tabla de duración de cada tarea realizada durante el desarrollo del aplicativo. fuente: propia

Luego de concluir con todas las tareas de desarrollo se obtuvo el prototipo, el cual satisface mínimamente la fácil ejecución para un usuario en donde podrá experimentar el prototipo ejecutándolo en un móvil, que en este caso es obtener una apreciación crítica de un Arqueólogo oficial.

Como primera vista de ejecución del prototipo nos encontramos con un menú y cuyo único registro es el conjunto de escenarios panorámicos importados por el equipo de desarrollo.

Figura 18

Vista de menú de prototipo



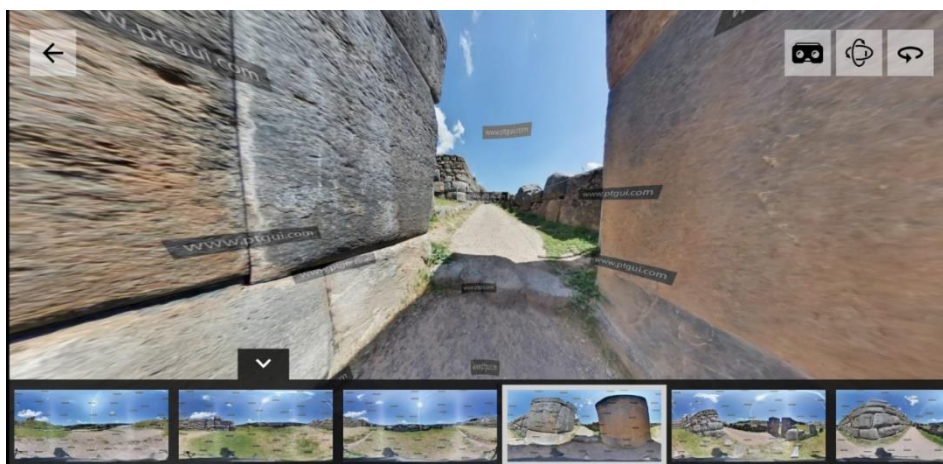
Nota. Interfaz de inicio de aplicativo. fuente: propia

Después toca realizar un click en la ejecución para poder acceder al catálogo de escenarios para poder elegir desde una posición especificado o escenario panorámico deseada.

Hay q tener en cuenta que se abre por defecto una pre visualización del primer escenario establecido por el equipo de desarrollo.

Figura 19

Vista de selección de escenarios



Nota. Interfaz de selección de escenario. fuente: propia

Después de la elección de escenario es hora de la visualización en RV, para lo cual es



necesario tener un visor (Cardboard) en donde complementará la experiencia que podrá recibir el usuario.

El prototipo pasara a la vista de visualización 3D al momento que se presiona el botón de su forma característica de RV observada en la figura (véase figura 19).

Figura 20

Vista de emulación en Realidad Virtual



Nota. Visualización en RV fuente: propia

El prototipo es capaz del cambio de escenario al momento de salir de la visualización 3D para que así pueda elegir los diferentes escenarios panorámicos desarrollados por el equipo de desarrollo.



CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1.1. Metodología de digitalización

Al tener como referencia la metodología descrita en el capítulo 3 (Figura 5), se plantearon las tareas adecuadas para su creación, en donde se reutilizo procedimientos otras se omitieron como es el caso de la escaneado de estructuras por medio del láser.

Para una descripción más detallada sobre el método usado como referencia y el método utilizado en el prototipo de Digitalización se realizó la siguiente tabla comparativa.

Tabla 12

Cuadro comparativo de Metodología de digitalización

Fase de desarrollo	Método Referencial	Método usado
Adquisición de datos	Sí	Sí
Modelado 3D	Sí	No
Fotografía panorámica	Sí	Sí
Motor de Juego usado	UNREAL ENGINE	UNITY
Implementación en Realidad Virtual	Realidad Virtual semi-inmersiva	Realidad Virtual semi-inmersiva

Nota. Comparación de la metodología usada con la referencial con respecto para el desarrollo de software fuente: propia

4.1.4. Desarrollo de pruebas de aceptación con usuario representativo

Las pruebas realizadas ayudo a validar las decisiones y suposiciones de diseño, también apporto a determinar si el producto satisface las expectativas del usuario en este caso el arqueólogo invitado, a través de sus comentarios y su observación se pudo evaluar la eficacia de su opinión de diseño y realizar los ajustes necesarios para mejorar el rendimiento del producto y la aceptación del usuario.

Durante el despliegue del software se tuvo en cuenta como el usuario navego y exploro las



diferentes funcionalidades que contiene el software, recopilando así sus diferentes comentarios realizados en este caso del arqueólogo.

Se realizó una breve encuesta de opinión de software, en donde se le preguntó directamente al Arqueólogo, para luego registrar cada una de las respuestas y documentarlo en la Presente documentación.

Se debe tener en cuenta que las pruebas ejecutadas fueron PRUEBA DE ACEPTACION BETA (pruebas de campo o externas) para obtener retroalimentación y mejoras a la herramienta del software.



PREGUNTAS Y RESPUESTAS QUE SE REALIZARON

1. ¿Ha tenido usted experiencia con la realidad virtual en relación a complejos arqueológicos anteriormente?

R1: He tenido experiencia virtual en otros ámbitos, pero no en complejos arqueológicos.

2. ¿En cuánto favorecería la implementación de este software en el complejo de Saqsayhuamán?

R2: Analizando el proyecto favorecería bastante. ya que no contamos con este tipo de estudios tecnológicos.

3. ¿Cree usted que este prototipo pueda servir a futuro para preservar o reconstruir la fortaleza de Saqsayhuamán?

R3: Definitivamente sería un gran apoyo tecnológico para las labores de preservación que realiza el ministerio de cultura en el complejo arqueológico.

4. ¿Cree que Sería adecuado mantener actualizado el prototipo y épocas distintas?

R4: Claro que sí, pienso que dicha actualización debería ser anual.

5. ¿Qué órgano estatal sería el encargado de administrar el prototipo?

R5: El encargado sería el ministerio de cultura de la mano del creador del sistema.

6. ¿Qué impacto cree usted que pueda causar este software?

R6: El impacto sería positivo ya que se puede aplicar a todos los complejos arqueológicos y facilitar tarea de preservación del ministerio de cultura.

7. ¿ha notado algún tipo de falla al momento de la demostración del software?

R7: Ninguna falla, pero recomiendo que la toma de las fotos se realice con cámaras fotográficas profesionales de mayor nitidez.

8. ¿Está usted satisfecho con el rendimiento de nuestro software?

R8: Si, y sugiero la presentación del proyecto al ministerio de cultura.



INTERPRETACIÓN DE RESPUESTAS:

El prototipo fue ejecutado con éxito, y con ello ha cumplido con las metas y objetivos especificados en los requisitos del proyecto, definidos por el mismo programador, por otro lado, se obtuvo una apreciación crítica favorable en lo que es el despliegue del proyecto.

También las recomendaciones del Arqueólogo para su presentación al Ministerio de Cultura para en un futuro hacer posible trabajar este prototipo en los diferentes parques arqueológicos que existan en el territorio del Cusco.

Se tiene que aclarar que para hacer verídico todo este comentario se realizó un documento donde el arqueólogo firma su consentimiento para hacer posible estas pruebas. (ver anexo 1)

4.1 Contribuciones

- En el capítulo 2 se analizó los diferentes antecedentes que se tiene para este proyecto, teniendo en cuenta que se utilizó la realidad virtual una tecnología que recién se utiliza en diferentes proyectos, se documentó los proyectos que proponían métodos de digitalización que se aplicó al siguiente proyecto.
- En el capítulo 3 se describió la metodología Ágil usada que en este caso es Kanban y la implementación que se hizo paso a paso, respecto al proceso de desarrollo y despliegue del software en donde no existieron requerimientos de usuario.
- La creación de los diferentes escenarios, así como el diseño del menú y las tomas de las muestras fotográficas fueron realizadas personalmente. Así como también la programación de algoritmos y la exportación en formato APK del prototipo.
- Finalmente, el prototipo para su desarrollo se utilizó recursos gratuitos o con licencia para estudiante como: motor de juegos UNITY, PTGUI Y VISUAL STUDIO.



Conclusiones

Acorde al objetivo general, el proyecto documentado propone una innovación con respecto a la preservación del parque arqueológico de Saqsayhuamán, proponiendo un software que utiliza la realidad virtual para poder así simular un entorno virtual del parque arqueológico. Esta propuesta requirió la reconstrucción virtual por medio de capturas fotográficas y programas de renderización y vinculación de dichas fotografías.

A partir de esta investigación se puede determinar como uno de los principales aportes, y dando referencia al primer objetivo específico, la metodología de digitalización utilizada para la construcción del software, que gracias a ella se tuvo una referencia de técnicas a usar para cumplir con el objetivo principal que es la digitalización del parque arqueológico de Saqsayhuamán, por medio de este servir como referencia en el diseño del software.

Sumado a ello, correspondiente al segundo objetivo, el diseño del software fue parte clave para la implementación, puesto que después de definir la metodología de digitalización a usar, se planteó el diseño ajustable al software que se implementó, describiendo así paso a paso todo el desarrollo del software, para así poder continuar con el siguiente objetivo específico.

Haciendo referencia al tercer objetivo específico, la implementación fue un reto, teniendo en cuenta la falta de un usuario y requerimientos, el desarrollo del proyecto se basó en una metodología ágil Kanban donde se proponían tareas definidas para el avance del proyecto. Para así llegar a exportar un producto mínimo viable y al final de todas estas tareas definidas, se realicé una prueba con un usuario invitado y evaluar la aceptabilidad de este proyecto.



Como último punto, la evaluación de prueba de aceptabilidad del software se llevó a cabo a base de un despliegue móvil (apk) instalado en un Celular de prueba, donde el software se llegó a ejecutar con un arqueólogo, para así recolectar información sobre la aceptabilidad de este.



Recomendaciones

- La digitalización utilizando RV puede mejorar las experiencias educativas al proporcionar plataformas inmersivas e interactivas para el aprendizaje. Se puede usar para recrear eventos históricos, civilizaciones antiguas o fenómenos científicos, ofreciendo a los estudiantes un entorno virtual para explorar y comprender conceptos complejos.
- La elección de la metodología dependerá de la naturaleza de su proyecto de digitalización, el contexto organizacional y los objetivos específicos que pretende lograr. Es importante adaptar las metodologías para que se ajusten a sus necesidades únicas y aprovechar los beneficios que ofrecen para impulsar iniciativas de digitalización exitosas.
- Las metodologías ágiles ofrecen un enfoque flexible y colaborativo para el desarrollo de software, lo que permite que los equipos se adapten, entreguen valor de forma incremental y mejoren continuamente el proceso de desarrollo. Al adoptar la agilidad, las organizaciones pueden mejorar la satisfacción del usuario, mitigar los riesgos y lograr resultados de desarrollo de software más rápidos y exitosos.
- Las pruebas de aceptación del usuario son necesarias para validar la aptitud del sistema, recopilar comentarios de los usuarios, mejorar la usabilidad, mitigar los riesgos y garantizar la satisfacción del usuario. Desempeña un papel crucial en el proceso de desarrollo, contribuyendo a la implementación y adopción exitosas del sistema por parte de los usuarios finales.



Referencias

- Díaz, M. (2010). Materiales de enseñanza. *Criterios y conceptos sobre el patrimonio cultural en el siglo XXI*, 28.
- Durham, E. (1998). Cultura, patrimonio, preservación. *Alteridades*, 7.
- El peruano. (1991). El Peruano. *Decreto Legislativo N° 681*.
- Farrington, I. (2010). The Houses and 'Fortress' of Waskar: Archaeological Perspectives on a Forgotten Building Complex in Inka Cusco. *Journal of Iberian and Latin American studies*, 99.
- Gadgerss, A. (22 de 05 de 2015). <http://gadgerss.com/>. Obtenido de <http://gadgerss.com/2015/06/22/gmd-ya-hemos-digitalizado-mas-de-90-millones-documentos-con-valor-legal-y-vamos-por-mas/>: <http://gadgerss.com/2015/06/22/gmd-ya-hemos-digitalizado-mas-de-90-millones-documentos-con-valor-legal-y-vamos-por-mas/>
- Jenyree, A. (10 de 05 de 2018). "Posibilidades didácticas de la realidad virtual". Obtenido de <https://www.emaze.com/@ALTFQOCQ/Realidad-Virtual>: <https://www.emaze.com/@ALTFQOCQ/Realidad-Virtual>
- Jormaje. (21 de 03 de 2014). "Componentes de la realidad virtual. Obtenido de <https://es.slideshare.net/jormaje/sistemas-de-realidad-virtual>: <https://es.slideshare.net/jormaje/sistemas-de-realidad-virtual>
- Kaufmann, H. (2006). *Fortifications of the Incas*. Nueva York: Osprey.
- Leao, L. (2007). *En las entrelíneas de la memoria y de los lugares: El proceso histórico de preservación del patrimonio cultural-material en la ciudad de La Plata*. La Plata: Universidad Nacional de la Plata.
- Mar, R., & Beltrán, J. (2014). El conjunto arqueológico de Saqsaywaman (Cusco): una aproximación a su arquitectura. *Revista Española de Antropología Americana*, 9-38.



Mazzotti, A. (1996). «The Lightning Bolt Yields to the Rainbow: Indigenous History and Colonial Semiosis in the Royal Commentaries of El Inca Garcilaso de la Vega. *Modern Language Quarterly*, 211.

Ministerio de Cultura. (Abril de 2011). “Puesta En Valor del Monumento Pre Hispánico del Parque Arqueológico de Saqsaywaman, Sector Inkilltambo (Inka Cárcel), Sub Sector “A”, Provincia y Departamento de Cusco”. Cusco, Perú: DIRECCION REGIONAL DE CULTURA – CUSCO .

Parada, R. (2010). *Derecho Administrativo*”. Madrid: Marcial Pons.

Silva, J. (2007). Saqsaywaman, Casa del Sol de los Incas. *Estudios fundamentales*, 180.

Staller, J. (2008). «Dimensions of Place: The Significance of Centers to the Development of Andean. *Precolumbian Landscapes of Creation and Origin*, 313.

UNESCO. (16 de Noviembre de 1972). *Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural 1972*. Obtenido de http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=13055&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html

Vazquez, P. (2014). Digitalizar ¿Para qué? principios y criterios a tener en cuenta en los proyectos de digitalización del patrimonio documental. *AGN*, 600.

Walmsley, A.P.; Kersten, T.P. (2020) The Imperial Cathedral in Königslutter (Germany) as an Immersive Experience in Virtual Reality with Integrated 360° Panoramic Photography. . <https://doi.org/10.3390/app10041517>

Resolución n° 467-CU-2016-UAC: Líneas de investigación de la Universidad Andina del Cusco url: https://www.uandina.edu.pe/descargas/transparencia/R_CU-467-2016-UAC-lineas-investigacion-uac.pdf

David J. Anderson. (2005) El método Kanban para el trabajo del conocimiento y el trabajo de mantenimiento Obtenido de:

<https://kanbanize.com/es/recursos-de-kanban/primeros-pasos/enciclopedia->



ANEXO N° 01

**INSTRUMENTO DE INVESTIGACION
ENCUESTA**

Instrumento de investigación

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Sistemas.

El trabajo de investigación titulado **DIGITALIZACIÓN DEL PARQUE ARQUEOLÓGICO DE SAQSAYHUAMÁN USANDO TECNOLOGÍA DE REALIDAD VIRTUAL, CUSCO 2021** tiene como objetivo principal digitalizar el Parque Arqueológico de Saqsayhuamán usando la tecnología de realidad virtual.

En este sentido, uno de los instrumentos usados para la validación de la información es la entrevista a un especialista en materia de la arqueología.

La entrevista será realizada fue realizada al Sr. Claudio Cumpa Palacios.


Sr. Claudio Cumpa Palacios
Sub Director de Patrimonio
Cusco, Arqueológico
Sr. Claudio Cumpa Palacios
Lic. Arqueología



ANEXO N° 02

ENCUESTA

La técnica de la siguiente encuesta, está orientada a buscar información de interés sobre **digitalizar el Parque Arqueológico de Saqsayhuamán usando la tecnología de realidad virtual**, para ello se redactó las siguientes preguntas junto a las respuestas ya digitalizadas del arqueólogo Claudio Cumpa Palacios.

1. ¿Ha tenido usted experiencia con la realidad virtual en relación a complejos arqueológicos anteriormente?

Respuesta: He tenido experiencia virtual en otros ámbitos, pero no en complejos arqueológicos.

2. ¿En cuánto favorecería la implementación de este software en el complejo de Saqsayhuamán?

Respuesta: Analizando el proyecto favorecería bastante. ya que no contamos con este tipo de estudios tecnológicos.

3. ¿Cree usted que este prototipo pueda servir a futuro para preservar o reconstruir la fortaleza de Saqsayhuamán?

4.

Respuesta: Definitivamente sería un gran apoyo tecnológico para las labores de preservación que realiza el ministerio de cultura en el complejo arqueológico

5. ¿Cree que Sería adecuado mantener actualizado el prototipo y épocas distintas?

Respuesta: Claro que sí, pienso que dicha actualización debería ser anual.

6. ¿Qué órgano estatal sería el encargado de administrar el prototipo?

Respuesta: El encargado sería el ministerio de cultura de la mano del creador del sistema.

7. ¿Qué impacto cree usted que pueda causar este software?

Respuesta: El impacto sería positivo ya que se puede aplicar a todos los complejos arqueológicos y facilitar tarea de preservación del ministerio de cultura.

8. ¿Ha notado algún tipo de falla al momento de la demostración del software?

Respuesta: Ninguna falla, pero recomiendo que la toma de las fotos se realice con cámaras fotográficas profesionales de mayor nitidez.

9. ¿Está usted satisfecho con el rendimiento de nuestro software?

Respuesta: Si, y sugiero la presentación del proyecto al ministerio de cultura.

10. ¿Recomendaría nuestro software?

Respuesta: Si, y recomiendo la pronta presentación del proyecto al ministerio de cultura para su aplicación.



ANEXO N° 03

Evidencia fotográfica de las pruebas realizadas al arqueólogo Claudio Cumpa Palacios

Figura 21

Emulación de software con usuario representativo



Nota. Se realizaron pruebas con el usuario utilizando CardBoard. Fuente: propia



ANEXO N°4

EXPOSICION DE TEMA DE TESIS COMO PROPUESTA EN PROYECTOS INTERDISCIPLINARIOS

Figura 22

Exposición en reunión de proyectos interdisciplinarios



Nota. Presentación de tesis en reunión de alto nivel en proyectos interdisciplinarios entre la Escuela profesional de Turismo e Ingeniería de Sistemas Fuente: propia



ANEXO N°5

CUADRO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA AGIL REALIZADA

Figura 23

Cuadro de planificación de tareas

Planificación de tareas		
Pendiente	Proceso	Terminadas
		Elección de aplicativos para la creación del proyecto.
		Delimitación del complejo arqueológico
		Elección de mejor ruta de digitalización
		Recolección de fotografías
	Creación de escenarios	
	Codigos de programación para enlaces de escenario.	
	Codigos de programación para desplazamiento entre escenario.	
Pruebas de desplazamiento de los escenarios.		
Retroalimentación en el desplazamiento de escenarios		
Prueba general del proyecto.		
Ejercicio de ejecución con el arqueólogo invitado		

Nota. Aplicando la metodología Kanban. Fuente: Propia



ANEXO N°5

FOTOGRAFÍAS EXPORTADAS PARA LA CREACION DE ENTORNO VIRTUAL

Figura 24

Fotografía panorámica 1



Nota. Fuente: propia

Figura 25

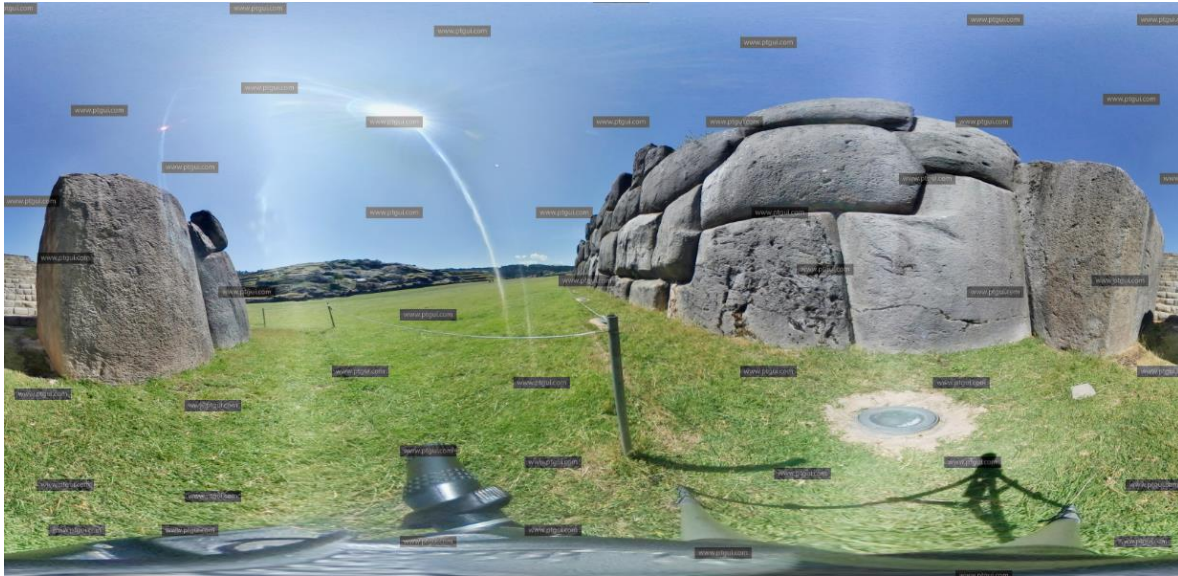
Fotografía panorámica 2



Nota. Fuente: propia

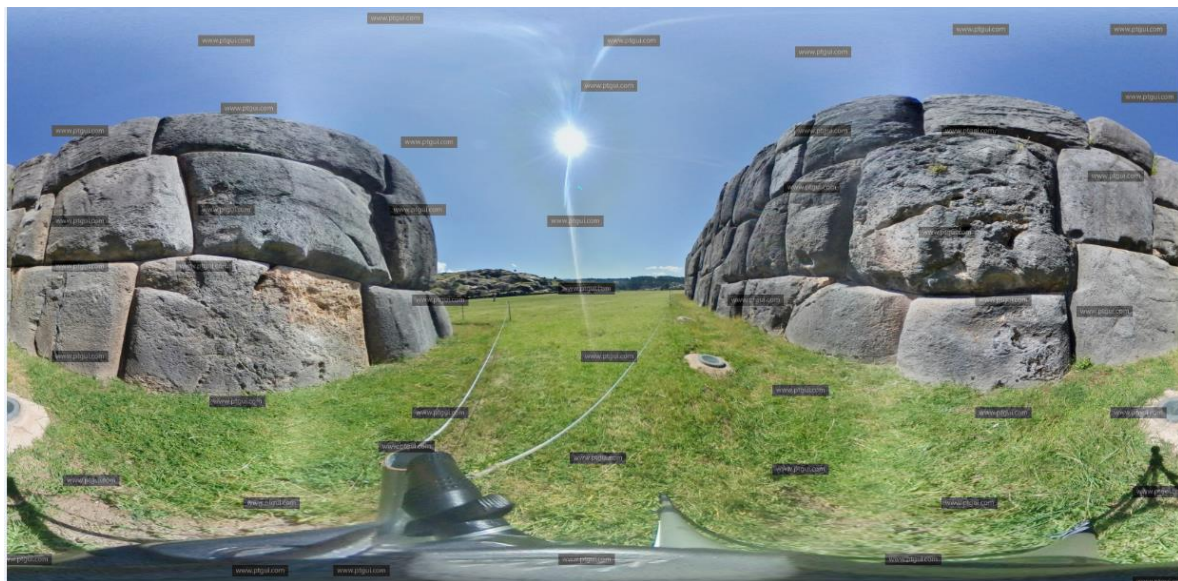


Figura 26
Fotografía panorámica 3



Nota. Fuente: propia

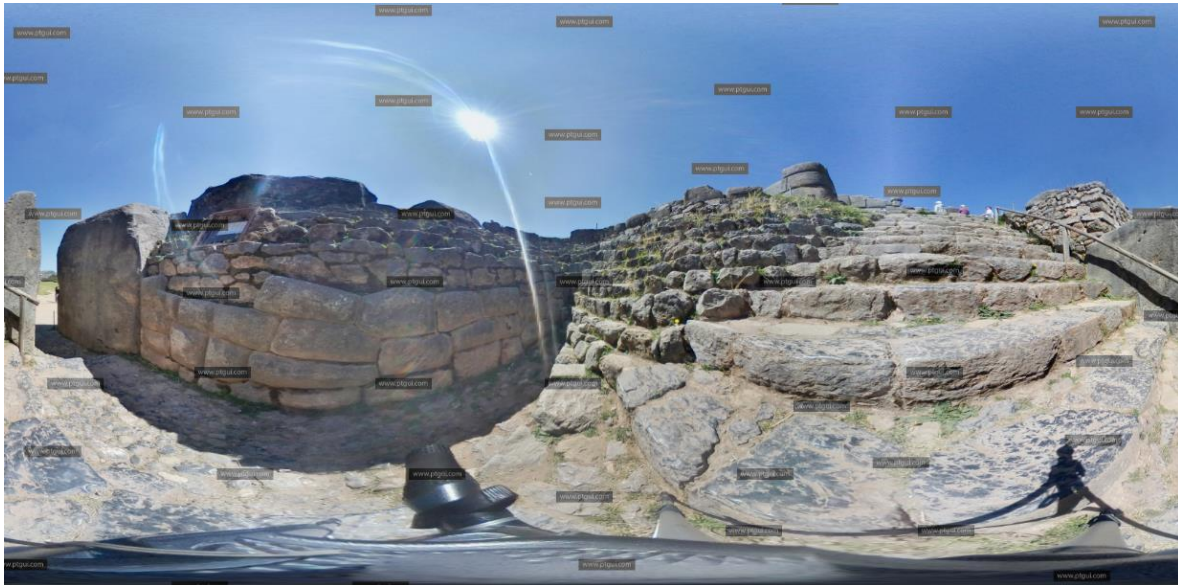
Figura 27
Fotografía panorámica 4



Nota. Fuente: propia



Figura 28
Fotografía panorámica 5



Nota. Fuente: propia

Figura 29
Fotografía panorámica 6



Nota. Fuente: propia



Figura 30
Fotografía panorámica 7



Nota. Fuente: propia

Figura 31
Fotografía panorámica 8



Nota. Fuente: propia