

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de ingeniería Civil



**Desarrollo de aplicativo móvil para la optimización del monitoreo en
la especialidad de estructuras, empleando la tecnología de realidad
aumentada**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Danny Edward Ramos Conde

Asesor:

Ing. Ruben Fitzgerald Sosa Aquise

Juliaca, octubre del 2023

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Rubén Fitzgerald Sosa Aquise, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“DESARROLLO DE APLICATIVO MÓVIL PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL MONITOREO EN LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS, EMPLEANDO LA TECNOLOGÍA DE REALIDAD AUMENTADA”** del autor **Danny Edward Ramos Conde** tiene un índice de similitud de 13% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 25 días del mes de noviembre del año 2023.



Ing. Rubén Fitzgerald Sosa Aquise

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 17 día(s) del mes de octubre del año 2023 siendo las 14:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Mtro. Leonel Bhahuaros Paucar el (la) secretario(a): Mg. Arnaldo Cahui Balazga y los demás miembros: Ing. Heron Deberly Pari Cusi y el (la) asesor(a) Ing. Ruben Fitzgerald Sosa Aquist

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: "Desarrollo de aplicativo móvil para la optimización del monitoreo en la especialidad de estructuras empleando la tecnología de realidad aumentada."

del(los) bachiller(es): a) Danny Edward Ramos Conde
 b)
 c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Civil
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Danny Edward Ramos Conde

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

Bachiller (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
 Presidente(a)
[Firma]
 Asesor(a)
[Firma]
 Bachiller (a)

[Firma]
 Miembro
[Firma]
 Bachiller (b)

[Firma]
 Secretario/a
[Firma]
 Miembro
[Firma]
 Bachiller (c)

Desarrollo de aplicativo móvil para la optimización del monitoreo en la especialidad de estructuras, empleando la tecnología de realidad aumentada

RESUMEN:

Este artículo se centra en el desarrollo de un aplicativo para sistema operativo Android como una posible solución de los problemas de monitoreo en el proceso constructivo de las estructuras en el entendimiento del armado y correcciones de alineamiento horizontales y verticales en la fase de ejecución. Es en mención de dichos problemas que son la causa del planteamiento del desarrollo de un aplicativo de realidad aumentada (RA), dado que algunos aplicativos libres no tienen las bondades que un ingeniero de campo requiere. Para construir la investigación se utilizaron softwares libres y educacionales, entre ellos, Revit, Twinmotion, Blender, y Unity, apoyado en la plataforma de Visual Studio Code (VSC) con lenguaje C#; todos estos ayudaron a compilar un aplicativo (APP) de Realidad Aumentada (RA) para dispositivos Android. La metodología de investigación utilizada es de tipo no experimental, que permite demostrar el efecto del desarrollo de la aplicación de realidad aumentada, ya que se aplicará de manera transversal descriptivo, considerando que el tema de investigación tiene un sustento teórico suficientemente formulado. Respecto a los resultados obtenidos, se obtuvo 3 muestras para las pruebas del aplicativo, donde se afirmó la utilización de modelos BIM, se logró desarrollar el aplicativo cumpliendo con los requerimientos que se necesitaban para el monitoreo de elementos estructurales y conocer las limitaciones de los dispositivos móviles en función de su rendimiento para evitar errores de visualización.

Palabras clave: Realidad aumentada, android, estructuras.

Development of a mobile application for the optimization of monitoring in the specialty of structures, using augmented reality technology

ABSTRACT:

This article presents the development and/or programming of an application for an android mobile device. A possible solution to the monitoring problems in the construction process of the structures, the understanding of the assembly and horizontal and vertical alignment corrections in the execution phase. It is then that, due to these problems, it was proposed to develop an APP or augmented reality (AR) application, since some free applications do not have the benefits that an engineer requires, and it is necessary to customize them to the needs of the field user. carried out a workflow with the help of software, Revit, Twinmotion, Blender, and Unity, supported by the Visual Studio Code (VSC) platform with C# language; all these softwares helped to compile an Augmented Reality (AR) APP for Android devices. Regarding the results obtained, 3 samples were obtained for the application tests, where the precision of the anchoring and the superposition of the model in the field with the required geometric information are analyzed, it was possible to develop the APP fulfilling the requirements that were needed for monitoring. of structural elements. In conclusions and recommendations during the development of the APP, the number of polygons of the model and the technical specifications of the phone must be taken care of in its performance to avoid display errors, finally, the wide recognition of the flat surface for anchoring the model.

Keywords: Augmented reality, android, structures.

INTRODUCCIÓN

Ante la situación de errores de procesos constructivos estructurales, algunos graves, de los que se hicieron eco en los medios de comunicación, resalta la preocupación en los proyectos ingenieriles para su correcta supervisión y construcción. De especial interés conocer cuáles son los problemas estructurales en el proceso constructivo de edificaciones, a partir de ahí, adoptar las medidas que permitan prevenir este tipo de problemas como colapso o fallas, así como mitigar o solucionar con el uso de la tecnología en realidad aumentada (Lengua., 2022).

Este artículo busca proporcionar información útil sobre el uso de la tecnología en realidad aumentada, para mejorar el conocimiento sobre el alcance del problema en el mundo de la construcción. Debido a que no se cuentan con suficientes estudios de alcance nacional sobre el uso de la realidad aumentada en la construcción, más aún en la ingeniería estructural, se busca explorar nuevos métodos de supervisión.

En un análisis principal del arte la investigación se centra en el desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas al sector AEC, así como el aporte en su mejora para la supervisión de estructuras por realidad aumentada. La información que se logró incorporar a los teléfonos Android AR, facilita la comprensión de los usuarios (Cubillo Arribas, 2014). Con respecto a los resultados de la investigación se visualiza que la localización de un elemento con el proceso RA tiene una eficacia en un 100% (Sacoto, 2015).

En la actualidad, en edificaciones de gran altura estos vienen siendo afectados por exceso de consumo de material no planificado (Chávez Rocha, 2019).

Como alcance final del proceso de desarrollo de la APP, se logró analizar las barreras del desarrollo del aplicativo con la ayuda del modelo BIM proyectado desde el

dispositivo móvil, utilizando tres modelos como muestra, una edificación construida y otra contrastando para ver los errores tanto como lo ejecutado como lo proyectado. Estos modelos podrán visualizarse desde el teléfono android, haciendo uso de trackings y reconocimiento de planos.

LA REALIDAD AUMENTADA

Es una tecnología que permite crear una experiencia con elementos sintéticos a la realidad, siendo posible proyectar mediante el uso de un dispositivo electrónico con los suficientes componentes requeridos para realidad aumentada (Fombona Cadavieco, 2012).

Esta tecnología viene siendo explotada en la industria del entretenimiento, no obstante, otras industrias como, museos, negocios vienen aprovechando las bondades de la RA por la interacción nueva que comparte con el usuario (Kaasinen)

Es interesante entender el funcionamiento y como logra la proyección o superposición de los elementos virtuales, existen 3: Tarject o anclaje, softwares, proyección de imagen.

El uso de esta tecnología actualmente es poco utilizada o poco explorada, la podemos encontrar en los teléfonos móviles o smartphome, estos contienen la tecnología necesaria para la proyección de estos elementos, con la ayuda de los sensores, que se basan en el uso del giroscopio, acelerómetros, brújulas, wifi, etc.

En esta investigación, se determina la realidad aumentada (RA) como la tecnología que permite proyectar los elementos geométricos modelados por softwares a la realidad, mediante el uso de un equipo móvil o electrónico por la proyección del lente

o cámara, ayudando a la interacción con el usuario, posicionando o superponiendo los modelos sintéticos a la realidad.

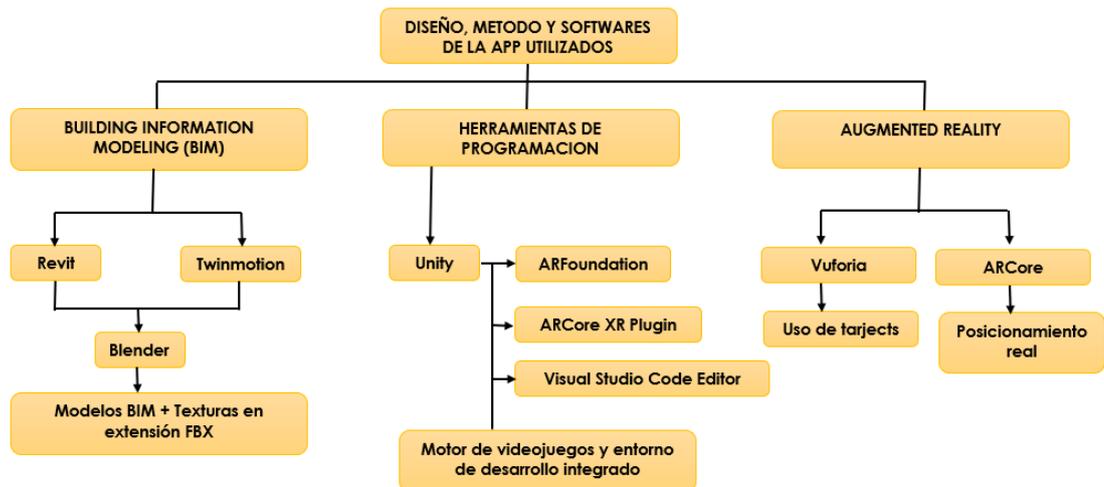
DESARROLLO DEL APLICATIVO

Para el proceso de desarrollo del aplicativo se determinaron un conjunto de librerías y herramientas que ayudaron al producto final. Estos contienen scripts programados en el lenguaje C#, que permiten la creación de las clases privadas y públicas, para la interacción y los filtros del aplicativo.

En la Figura 1, se muestra lo organización de los softwares utilizados para el desarrollo del aplicativo.

Figura 1.

Organización de softwares utilizados.



Durante el proceso del desarrollo se optó por utilizar ARCORE por el mejor entendimiento que tiene con el seguimiento de planos o superficies horizontales para

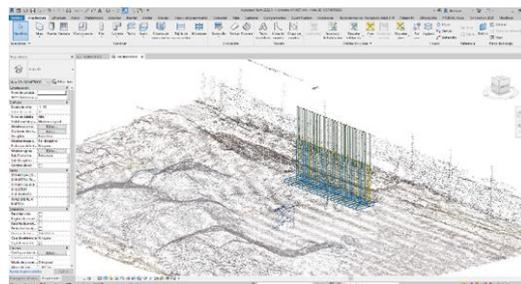
dispositivos Android, una ventaja del aplicativo es que este puede ser creado desde cualquier ordenador con SO window a diferencia de otros.

El proyecto inicia con la creación del modelo BIM en Revit, tomando en consideración el nivel de detalle a utilizar en campo, seguido por la mejora de la geometría y textura en Blender, importado el modelo a unity este tendrá una serie de configuraciones e instalaciones de paquetes descargados de la Asset Store de Unity.

Revit: Modelo construido con las herramientas de revit, el cual fue exportado en formato FBX a través de plugin de twinmotion, este modelo exportado podrá ser importado sin problemas por blender Figura 2.

Figura 2.

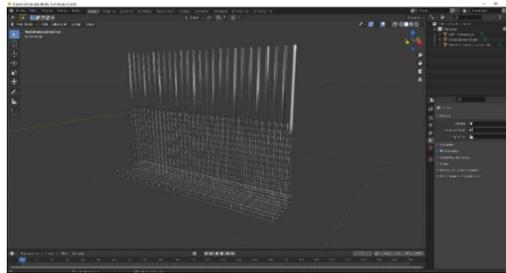
Modelamiento geométrico Revit.



Blender: Exportado el modelo de Revit, se importa en este software libre (blender), para el proceso de las texturas o materiales obtenidos de Revit, a su vez para mejorar el ruido geométrico de los elementos modelados de Revit, finalmente se empaqueta el modelo y exporta en formato objeto en un nuevo fbx. Figura 3

Figura 3.

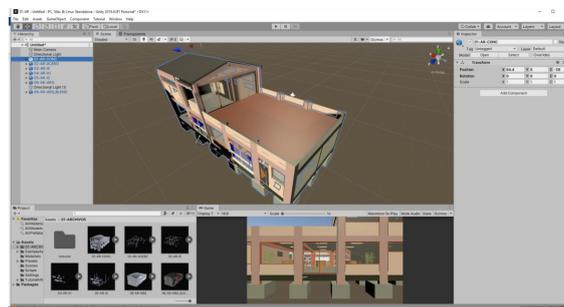
Modelo Revit importado a Blender.



Unity: El nuevo formato de extensión fbx, es reconocido por el software unity, el cual es un motor de video juegos, donde se programa el aplicativo, este podrá ser lecturado en el SO móvil Android con ayuda de packages para AR, como ARfoundation, ARcore, entre otros. Figura 4

Figura 4.

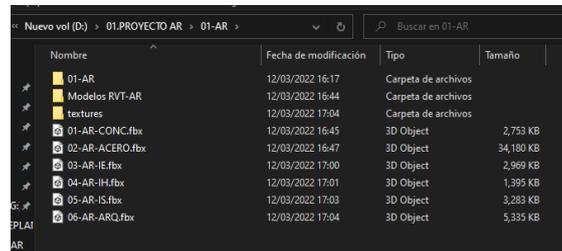
Modelos importados a Unity



Se crea un nuevo escenario y se gestiona carpetas para el orden interno de los archivos a utilizar, donde almacenará los modelos creados a proyectar, Figura 5.

Figura 5.

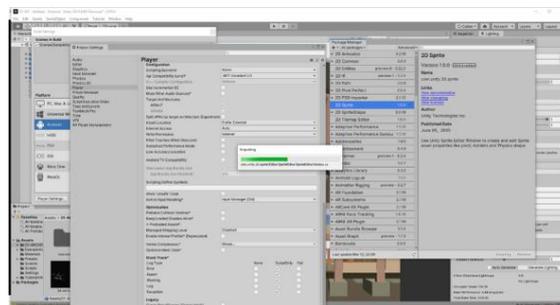
Gestión de Carpetas



A continuación, se insertan los modelos al área de trabajo en unity, estos contienen los materiales o texturas originales del modelo principal, por la compactación que se realizó en blender, el modelo es interactivo ya que las actualizaciones son en tiempo real para cada software.

Figura 6.

Activación de ArCore y ArFoundation.



El siguiente procedimiento es la instalación y activación de la plataforma ArCore y otros complementos, Figura 6 que logran el funcionamiento correcto y reconocimiento del área; el cambio de plataforma a Android se realiza en los primeros pasos de

configuración, hecho esto se diseña el canvas o interfaz del aplicativo con la que el usuario interactúa, este es amigable, entendible e intuitivo, Figura 7.

Figura 7.

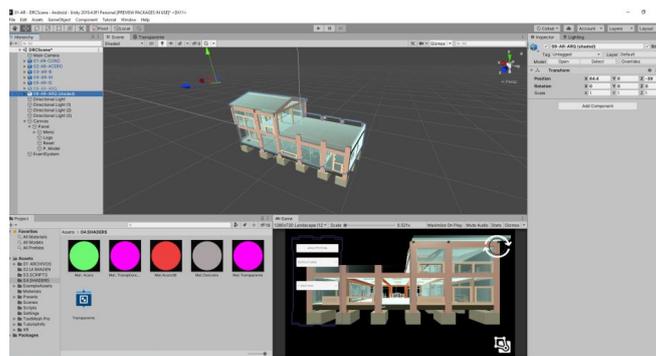
Diseño del canvas o interfaz.



Es importante la creación de shaders estos ayudan a que el elemento que contiene un hijo se le asigne un material transparente para poder visualizar al elemento que contiene, Figura 8.

Figura 8.

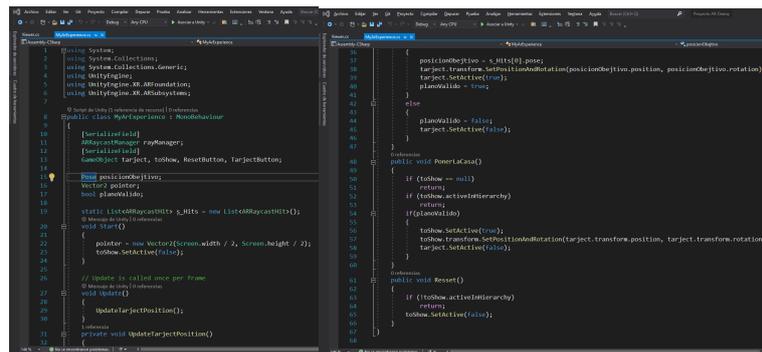
Shaders.



Para asegurar el funcionamiento de los botones de la interfaz estos se asignaron por algunos scripts para el control del menú y los filtros de las estructuras y aceros, creados los principales elementos del aplicativo se ubica el tarject como hijo de los objetos contenedores, para este procedimiento también se realizó el control por código asignando el script necesario para el funcionamiento del anclaje Figura 9.

Figura 9.

Script para el anclaje de modelo



```
using System;
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.AI;
using UnityEngine.SceneManagement;

public class MyBehaviour : MonoBehaviour
{
    [SerializeField]
    MyEventManager mEventManager;
    [SerializeField]
    GameObject target;
    [SerializeField]
    Vector3 position;
    Vector3 position;
    bool planValido;

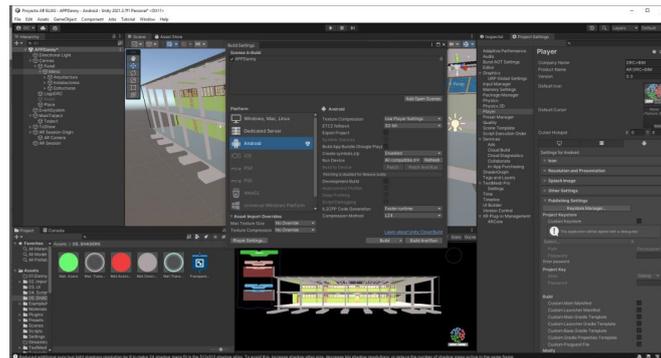
    [SerializeField] s_RHS = new List<MyBehaviour>();
    [SerializeField] s_LHS = new List<MyBehaviour>();
    void Start()
    {
        position = new Vector3(Screen.width / 2, Screen.height / 2);
        toShow.SetActive(false);
    }

    // Update is called once per frame
    void Update()
    {
        UpdateTargetPosition();
    }
    private void UpdateTargetPosition()
    {
        positionObjectivo = s_RHS[0].pose;
        target.Transform.position = positionObjectivo.position;
        target.Transform.rotation = positionObjectivo.rotation;
        target.SetActive(true);
        planValido = true;
    }
    else
    {
        planValido = false;
        target.SetActive(false);
    }
    public void Reset()
    {
        if (toShow == null)
        {
            return;
        }
        if (toShow.activeInHierarchy)
        {
            return;
        }
        if (planValido)
        {
            toShow.SetActive(true);
            toShow.Transform.position = target.Transform.position;
            target.SetActive(false);
        }
    }
    public void Reset()
    {
        if (toShow.activeInHierarchy)
        {
            return;
        }
        toShow.SetActive(true);
    }
}
```

Por último, se realiza la compilación del aplicativo, supervisando los batches al momento de correr el programa, para que no exista pérdida de información al momento de anclar el modelo a la realidad, y la revisión de los SDK y GRADLE necesarios para su compilación Figura 10.

Figura 10.

Ventana de compilación de App.

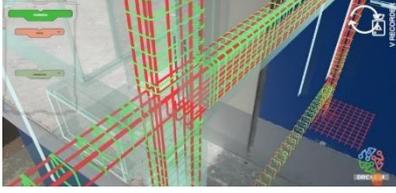


INSPECCION AUMENTADA EN CAMPO (RA)

Para el proceso de monitoreo estructural en campo se realizaron 03 modelos con el procedimiento mencionado en el desarrollo del aplicativo, estos fueron proyectados en campo lugares para analizar el grado de confiabilidad del aplicativo, la instalación fue exitosa en los teléfonos de los responsables de obra. En la siguiente tabla 1 se observa el análisis de cada modelamiento y la superposición del modelo en estructural.

Tabla 1.

Resumen de obras procesadas.

Obras Modeladas	Modelo	Análisis
Mejoramiento de los servicios educativos de la I.E. primaria Elías Cáceres Lozada del distrito De Chivay provincia de Caylloma - Arequipa -2019- primera etapa		Obra en ejecución
Creación de servicio de atención integral al adulto mayor (CIAM) “en el distrito de Chivay, provincia de Caylloma, departamento Arequipa		Obra en cero
Creación del servicio de recreación deportiva en el asentamiento humano Honorato Cáceres del distrito de Chivay- provincia de Caylloma - departamento de Arequipa		Obra en cero + nube de puntos

Características del Equipo

El uso del aplicativo se desarrolló para que sea compatible a partir de android 8, lográndose ejecutar en distintos dispositivos como tabletas, smartphones que posean la tecnología del giroscopio, para las pruebas en campo se utilizó el teléfono móvil Samsung S20 ultra, con las siguientes características, Figura 11.

Figura 11.

Ficha de información técnica.

Características principales

📱 Pantalla: 6.9", 1440 x 3200 pixels	📷 Cámara: Cuádruple, 108MP+48MP +12MP+TOF
🔌 Procesador: Snapdragon 865 2.84GHz / Exynos 990 2.73GHz	🔋 Batería: 5000 mAh
⚙️ RAM: 12GB/16GB	📱 OS: Android 10
💾 Almacenamiento: 128/256/512GB	📏 Perfil: 8.8 mm
📂 Expansión: microSD	⚖️ Peso: 222 g

Anclamiento

Para resolver este problema, inicialmente se ubica un punto de referencia tanto en unity como en el lugar a proyectar, posicionando el modelo a la altura del suelo, el terreno debe ser horizontal y lo más limpio posible para el reconocimiento de superficie, esto ayudó a reducir el error de exactitud en los elementos más lejanos. Una vez identificado el punto de anclaje o referencia, este punto se ubicará en la coordenada 0,0,0 del escenario. El aplicativo cuenta con un icono Figura 12 donde utilizando el giroscopio del teléfono se ubicará a 90° en el lugar donde se desee realizar la supervisión.

Figura 12.

Anclamiento o posicionamiento del modelo.



Superposición

Esta fase corresponde a los datos compilados del campo, Figura 13 se logró posicionar el modelo con éxito, este ayudó al responsable de obra y al personal de obra a monitorear los elementos estructurales, alineamientos y verticalidad, como a entender los planos en un modelo BIM, logrando reducir tiempos y repreguntas del personal obrero.

Figura 13.

Superposición para monitoreo de estructuras.



Ubicación donde se ha realizado el proyecto de investigación

La investigación fue probada y utilizada en tres (03) proyectos en fecha 2020, 2021, 2022, las cuales se presentan a continuación:

Tabla 2. Ubicación de Proyectos procesados.

Mejoramiento de los servicios educativos de la I.E Primaria Elías Cáceres Lozada del distrito de Chivay provincia de Caylloma - Arequipa -2019- primera etapa			
COORDENADAS UTM WGS 84			
LUGAR:	Arequipa – Caylloma - Chivay	ZONA	19
RESIDENTE:	Arq. Hugo Valdivia	ESTE	-15.636020
PERSONAL:	1 investigador	NORTE	-71.605433
CELULAR:	958500015	ELEVACION	3640
Creación de servicio de atención integral al adulto mayor (ciam) “en el distrito de Chivay, provincia de Caylloma, departamento Arequipa			
COORDENADAS UTM WGS 84			
LUGAR:	Arequipa – Caylloma - Chivay	ZONA	19
RESIDENTE:	Arq. Maday Ortegá	ESTE	-15.635699
PERSONAL:	1 investigador	NORTE	-71.604800
CELULAR:	933944429	ELEVACION	3641
Creación del servicio de recreación deportiva en el asentamiento humano Honorato Cáceres del distrito de Chivay- provincia de Caylloma - departamento de Arequipa			
COORDENADAS UTM WGS 84			
LUGAR:	Gruta Santa Rosa de Lima	ZONA	19
RESIDENTE:	Arq. Nestor Carcausto	ESTE	-15.639913
PERSONAL:	1 Investigador	NORTE	-71.604956
CELULAR:	951929649	ELEVACION	3838

METODOLOGIA

La presente investigación se enmarco en modalidades de investigación bibliográfica en el que se refuerce la información sobre la fundamentación teórica del tema en estudio. La investigación bibliográfica es un tipo de investigación que se basa en la revisión y análisis crítico de la literatura existente en un área de estudio. Su objetivo es analizar y sintetizar la información disponible para obtener una comprensión más profunda del tema de investigación (Fink, 2013).

Esta investigación es de tipo no experimental, que permita demostrar el efecto del desarrollo de la aplicación AR en el monitoreo de elementos estructurales con modelos BIM. Ya que se aplicará de manera transversal descriptivo, considerando que el tema de investigación tiene un sustento teórico suficientemente formulado, se procedió a realizar una investigación tipo explicativa o descriptiva para conocer a detalle la forma en que se da la solución con la programación.

La investigación no experimental se utiliza cuando los investigadores no pueden controlar o manipular variables independientes. En su lugar, se enfoca en la observación y recopilación de datos existentes para analizar las relaciones entre variables (Neuman, 2014)

De acuerdo con Hernández y Baptista, la investigación no experimental “es la que se realiza “es la que se realiza sin manipular deliberadamente las variables; lo que se hace en este tipo de investigación es observar fenómenos tal y como se dan en un contexto natural, para después analizarlos (...)”. (Hernández Sampieri, 2010). Estos mismos autores señalan que los diseños de investigación transversales “recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Con el cual se pueda es reseñar variables e indagar las incidencias de la interrelación de su momento dado” (p,289).

RESULTADOS

Los modelos BIM fueron cargados al aplicativo RA para registrar la experiencia de los usuarios con las obras procesadas, los teléfonos de cada usuario no tuvieron problemas para el procesamiento geométrico interno, la resolución fue compilada en landscape para evitar problemas de tamaño de imagen el móvil, la cámara permitió la detección de planos para la ubicación del tarject del modelo logrando así superponer o visualizar el modelo **Tabla 3** se puede observar la superposición del modelo, observando el acero a forma de rayos X distinguiéndolo por diámetro, en la siguiente obra la superposición del modelo de concreto evaluando la verticalidad de los elementos construidos, por último se superpuso el modelo controlando el proceso constructivo del cerco en acero y concreto.

Todas estas pruebas ayudaron a controlar el proceso constructivo, el monitoreo de los problemas de las estructuras, verticalidad, horizontalidad, y visibilidad de los aceros planificados.

Tabla 3.

Resultados de análisis de monitoreo de estructuras.

<i>Proyectos Analizados</i>	<i>Modelo en campo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Anotación</i>
Mejoramiento de los servicios educativos de la i.e. primaria Elías Cáceres Lozada del distrito de Chivay provincia de Caylloma - Arequipa -2019- primera etapa		Bloque de estructura regular – Rectangular de 2 niveles con vigas de cimentación y cerchas de madera.	Para este modelo se controló y bajo el ruido de los elementos modelados con Blender ayudando a los batches para el

<p>Creación de servicio de atención integral al adulto mayor (ciam) “en el distrito de Chivay, provincia de Caylloma, departamento Arequipa</p>		<p>El modelo de estructura regular – rectangular de 2 niveles con vigas de cimentación y techo a dos aguas de concreto.</p>	<p>teléfono. Para el modelo en análisis ayudó a controlar los niveles al maestro y residente de obra.</p>
<p>Creación del servicio de recreación deportiva en el asentamiento humano Honorato Cáceres del distrito de Chivay- provincia de Caylloma - departamento de Arequipa</p>		<p>Modelo de acero para cerco como muro de contención.</p>	<p>Problemas con el reconocimiento de planos, uso de dron y nube de puntos para el reconocimiento del anclado y modelado.</p>

Uno de los problemas por el que se puede partir el análisis es el insuficiente conocimiento y experiencia del proceso de modelado BIM y como consecuencia un mal monitoreo de elementos estructurales; si bien hoy en día, la mayoría de los modelamientos se hacen con técnicos o bachilleres con insuficiente conocimiento sobre el tema, por lo que se recomendaría un conocimiento de nivel intermedio para un correcto sumergimiento.

Para el desarrollo del aplicativo se debe tener en cuenta la estación de trabajo, cumpliendo los requisitos mínimos que exige los softwares de trabajo, así como también el equipo proyector de estos objetos sintéticos, en esta investigación no represento un problema el uso de los dispositivos móviles. El costo de este artículo podría decirse que fue mínimo, dado que los softwares utilizados son gratuitos y de licencia educacional. Relacionando el costo de tiempo invertido el desarrollo del aplicativo no tomó más de un mes, no obstante, el modelado estructural representa un aproximado de 56 horas entre

coordinación de especialidades con los distintos proyectos y su alcance es evaluable en función de su magnitud. En limitaciones de la investigación se han encontrado algunos problemas que se deben tener en cuenta. La precisión de la ubicación del tarject debe ser a 90° para así lograr la correcta orientación del modelo BIM, si el modelo es ubicado con otro grado de orientación se diferenciará desfases en el modelo; una vez anclado al punto de referencia utilizado para posicionar el modelo BIM este no percibe mayor error de posicionamiento, al alejarse del punto de origen se logra apreciar un ligero desfase, este error puede corregirse volviendo a ver el punto de origen de tal forma que se pueda volver a orientar el modelo a la posición original. Por otro lado, los aceros al ser armados manualmente en campo, generalmente se encuentran ligeramente desplazados de su posición original. Por esta causa es que se logra diferenciar un ligero desfase.

Aplicado a las diferentes etapas del proyecto.

Una de las bondades del desarrollo del aplicativo radica en que no solo se puede utilizar para supervisar elementos estructurales, también se puede filtrar las distintas especialidades como arquitectura, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, etc.

Mejora la comunicación en obra.

Las distintos profesionales o encargados que intervienen en el proyecto pueden utilizar esta tecnología de RA para debatir el procedimiento correcto según el modelo. De este modo, se provee de información (a los técnicos) y los operarios encargados (maestro de obra o operarios) para que la ejecución sea sin contratiempos. Lo cual reduce en costos de Retrabajos en mano de obra, ya que se tendrá claro el procedimiento constructivo.

CONCLUSIONES

En este artículo se ha descrito la metodología para la creación de APP de visualización sintética android, partiendo de modelos BIM y proporcionando información de utilidad en el sector.

En ella se ha logrado solucionar dificultades como el anclado o posicionamiento, modelo BIM en el entorno real, así como también una interfaz o canvas, que permite la interacción con el usuario para la visualización de la especialidad de estructuras el cual puede ser utilizado para ubicar los elementos en el entorno real o comparar el diseño con lo ejecutado.

Con el desarrollo de este aplicativo se demuestra el potencial que tiene la tecnología actual de realidad aumentada para su uso como herramientas que sirve de apoyo para el entendimiento, de las obras en el sector AEC.

A pesar de esto, es significativo mencionar que con los resultados logrados se han podido asemejar ciertos factores que sobresaltan la calidad de la experiencia de AR. Como primer punto, este método está sometido a la precisión de posicionamiento y orientación del modelo por el giroscopio del teléfono, así como el LOD adecuado del modelo BIM.

Se destaca que el desarrollo del aplicativo de realidad aumenta (RA) para Android, fue realizado con softwares gratuitos para dispositivo móviles smartphone android, por lo que se puede concluir que existen suficientes herramientas y tecnologías para desarrollar aplicativos de RA en la industria sin que este simbolice un alto costo.

Finalmente, con esta investigación se plantea aportar un correcto monitoreo de elementos estructurales, que ayuden al ejecutor o ingeniero encargado de tomar decisiones sobre el procedimiento constructivo de estos elementos, estos podrán ser

compartidos con el personal de campo, en ausencias excepcionales de los responsables, estos podrán observar el modelo a través de los teléfonos y continuar con el avance planeado, se espera que con el avance de las tecnologías, llegue a implantarse con éxito en la industria de la construcción.

Para el modelo BIM en revit se recomienda tener las características mínimas que exige el software, así como también para unity que es el motor de videojuegos que puede desarrollar estos aplicativos; programar el aplicativo como base android 8 las bibliotecas trabajan de forma optima en la construcción del aplicativo de realidad aumentada y la tecnología del giroscopio incorporada al móvil; espacio horizontal para el reconocimiento del plano o superficie; orientación precisa del modelo a 90° de acuerdo a lo programado previamente en unity.

Es de libre utilización la metodología propuesta; sin embargo, esta podrá ser mejorada por futuras líneas de investigación.

REFERENCIAS

- Chávez Rocha, M. F. (2019). *Propuesta de mejora para la reducción del sobredesperdicio del cemento y cerámico, basado en el análisis de los principales desperdicios generados en la construcción de edificaciones de gran altura en Lima Metropolitana*. Lima.
- Cubillo Arribas, J. M. (2014). *Recursos digitales autónomos mediante realidad aumentada*. *RIED-Revista Iberoamericana De Educación a Distancia* .
Obtenido de <https://doi.org/10.5944/ried.17.2.1268>
- Fink, A. (2013). *Conducting Research Literature Reviews*.
- Fombona Cadavieco, J. P. (2012). *Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles*. Pixel-Bit. *Revista De Medios Y Educación*.
- Hernández Sampieri, R. F. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- Kaasinen, E. A. (s.f.). *Augmented Reality Based Knowledge Sharing*.
- Lengua., M. (2022). *Procedimientos constructivos erróneos en edificios de concreto armado*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/10181>
- Neuman, W. (2014). *Social Research Methods: Qualitative and Quantitative Approaches*.
- Sacoto, A. S. (2015). *Realidad aumentada en dispositivos móviles “android” aplicada a la geolocalización de equipamientos de agua potable de Emapal - EP*. M.S. Thesis. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/22375>

ANEXOS

Evidencia de sumision del articulo a una revista de prestigio

El articulo presentado conlleva el formato de la revista a la que fue sometida “INGENIARE”.

The screenshot shows the 'Ingeniare. Revista chilena de ingeniería' submission dashboard. The user is logged in as 'Ramos Conde' and is viewing the 'Publicación' workflow. The dashboard includes a 'Flujo de trabajo' section with tabs for 'Envío', 'Revisión', 'Editorial', and 'Producción'. Under 'Archivos de envío', there is a table listing submitted files:

ID	Nombre	Fecha	Descripción
42218	Articulo Ingeniare_V1.pdf	August 12, 2023	Texto del artículo
42219	Articulo Ingeniare_V1.docx	August 12, 2023	Texto del artículo
42220	Carta Solicitud - Ingeniare.docx	August 12, 2023	Otro

Below the files, there is a 'Discusiones previas a la revisión' section with a table of discussions:

Nombre	De	Última respuesta	Respuestas	Cerrado
Comentarios para el editor/a	ldanny-rc1	2023-08-12 11:46 AM	0	<input type="checkbox"/>
Revista Ingeniare correcciones pendientes por parte de los autores	cgarcia_c	2023-10-10 05:16 PM	0	<input type="checkbox"/>

[ingeniare] Nueva notificación desde Ingeniare. Revista chilena de ingeniería

Traducir mensaje a: Español | Nunca traduzca de: Portugués (Brasil)

CG Carina García <noreply.ojs2@scielo.org>

Para: danny ramos

Mar 10/10/2023 15:16

Tiene una nueva notificación desde Ingeniare. Revista chilena de ingeniería:

Ha sido añadido a la conversación titulada "Revista Ingeniare correcciones pendientes por parte de los autores" que hace referencia al envío "Desarrollo de aplicativo móvil para la optimización del monitoreo en la especialidad de estructuras, empleando la tecnología de realidad aumentada".

Enlace: <https://cl.submission.scielo.org/index.php/ingeniare/authorDashboard/submission/9516>

Kristopher Chandía Valenzuela

Dr. Kristopher Chandía Valenzuela Editor Ingeniare. Revista chilena de ingeniería

<http://cl.submission.scielo.org/index.php/ingeniare>

Esta mensagem pode conter informação confidencial, sendo seu sigilo protegido por lei. Se você não for o destinatário ou a pessoa autorizada a receber esta mensagem, não pode usar, copiar ou divulgar as informações nela contidas ou tomar qualquer ação baseada nessas informações. Se você recebeu esta mensagem por engano, por favor, avise imediatamente ao remetente, respondendo o e-mail e em seguida apague-a. Agradecemos sua cooperação.

This message may contain confidential information and its confidentiality is protected by law. If you are not the addressed or authorized person to receive this message, you must not use, copy, disclose or take any action based on it or any information herein. If you have received this message by mistake, please advise the sender immediately by replying the e-mail and then deleting it. Thank you for your cooperation.

Copia de la resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo aprobado por el consejo de facultad.



“AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD”

RESOLUCIÓN N° 0895/A-2020/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña, 10 de diciembre de 2020

VISTO:

El expediente de **Danny Edward Ramos Conde**, identificado con Código Universitario N° 201220994, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Danny Edward Ramos Conde**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado “Desarrollo de aplicación de realidad aumentada para modelamientos BIM en la ingeniería estructural” y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 09 de diciembre de 2020, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado “**Desarrollo de aplicación de realidad aumentada para modelamientos BIM en la ingeniería estructural**” y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar al **Ing. Rubén Fitzgerald Sosa Aqise** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Ing. Juana Beatriz Aqise Pari** y el **Mg. Arnaldo Cahui Galarza**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. María Valles Atalaya de Cornejo
DECANA



Mg. Sergio Omar Valladares Castillo
SECRETARIO ACADÉMICO

cc:
-Interesado
Asesor
Dirección General de Investigación
Archivo

PROCESO DE DESARROLLO DEL APLICATIVO DEL ARTICULO

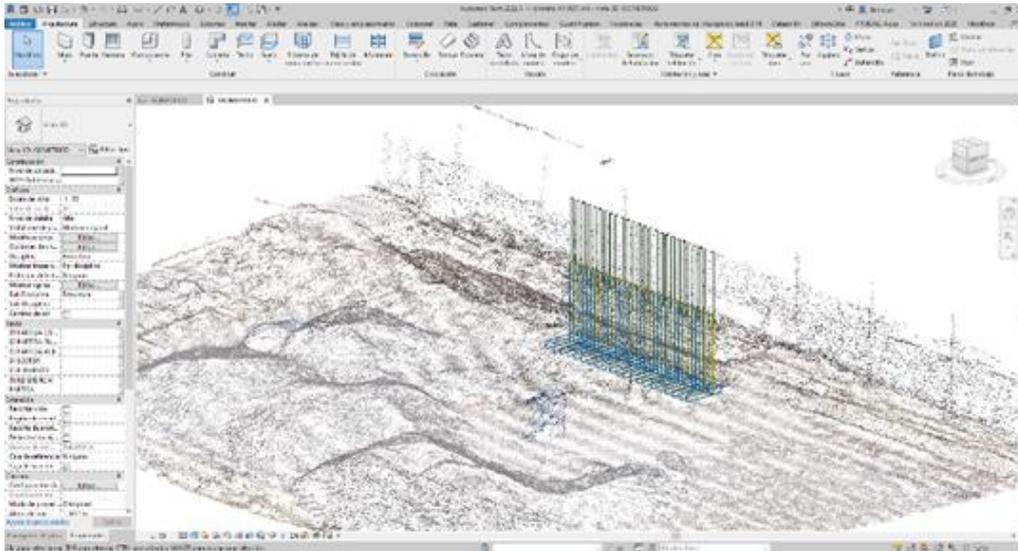


Ilustración 1. Modelo Revit + Nube de puntos

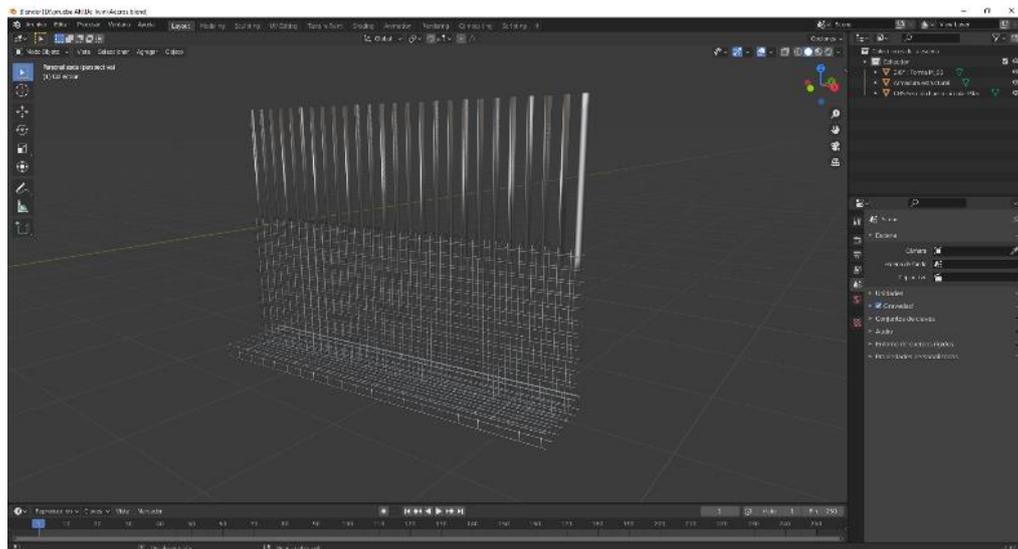


Ilustración 2. Importación hacia blender.

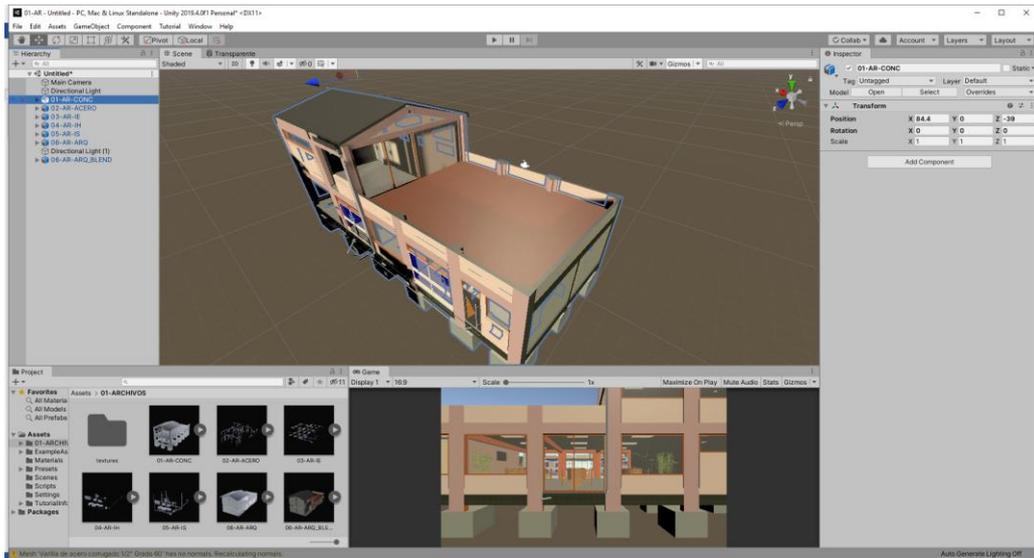


Ilustración 3. Importación de modelo a Unity desde Blender

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
01-AR	12/03/2022 16:17	Carpeta de archivos	
Modelos RVT-AR	12/03/2022 16:44	Carpeta de archivos	
textures	12/03/2022 17:04	Carpeta de archivos	
01-AR-CONC.fbx	12/03/2022 16:45	3D Object	2,753 KB
02-AR-ACERO.fbx	12/03/2022 16:47	3D Object	34,180 KB
03-AR-IE.fbx	12/03/2022 17:00	3D Object	2,969 KB
04-AR-IH.fbx	12/03/2022 17:01	3D Object	1,395 KB
05-AR-IS.fbx	12/03/2022 17:03	3D Object	3,283 KB
06-AR-ARQ.fbx	12/03/2022 17:04	3D Object	5,335 KB

Ilustración 4. Orden de carpetas

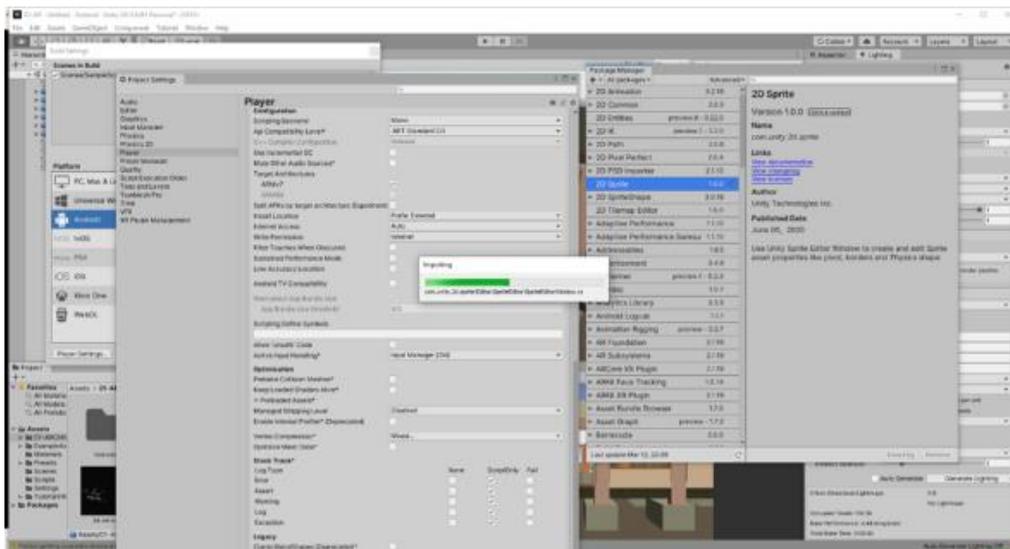


Ilustración 5. Asignación de plataforma AR



Ilustración 6. Diseño de Canvas

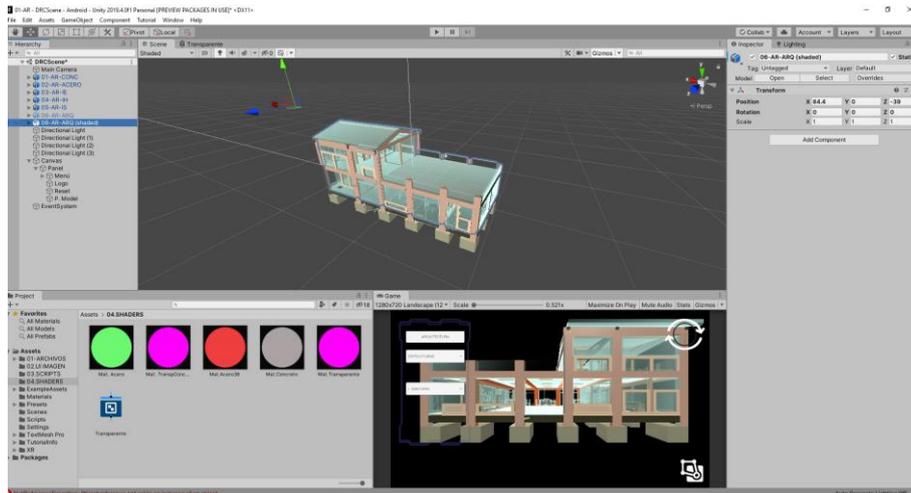


Ilustración 7. Asignación de filtros por categoría

```

1  using System;
2  using System.Collections;
3  using System.Collections.Generic;
4  using UnityEngine;
5  using UnityEngine.XR.ARFoundation;
6  using UnityEngine.XR.ARSubsystems;
7
8  public class MyArExperience : MonoBehaviour
9  {
10     [SerializeField]
11     ARRaycastManager rayManager;
12     [SerializeField]
13     GameObject tarject, toShow, ResetButton, TarjectButton;
14
15     Pose posicionObejtivo;
16     Vector2 pointer;
17     bool planoValido;
18
19     static List<ARRaycastHit> $_Hits = new List<ARRaycastHit>();
20     void Start()
21     {
22         pointer = new Vector2(Screen.width / 2, Screen.height / 2);
23         toShow.SetActive(false);
24     }
25
26     // Update is called once per frame
27     void Update()
28     {
29         UpdateTarjectPosition();
30     }
31     private void UpdateTarjectPosition()
32     {

```

Ilustración 8. Código de vector

```

36
37     posicionObejtivo = s_Hits[0].pose;
38     tarject.transform.SetPositionAndRotation(posicionObejtivo.position, posicionObejtivo.rotation);
39     tarject.SetActive(true);
40     planoValido = true;
41 }
42 else
43 {
44     planoValido = false;
45     tarject.SetActive(false);
46 }
47
48 0 referencias
49 public void PonerLaCasa()
50 {
51     if (toShow == null)
52         return;
53     if (toShow.activeInHierarchy)
54         return;
55     if (planoValido)
56     {
57         toShow.SetActive(true);
58         toShow.transform.SetPositionAndRotation(tarject.transform.position, tarject.transform.rotation);
59         tarject.SetActive(false);
60     }
61 0 referencias
62 public void Reset()
63 {
64     if (!toShow.activeInHierarchy)
65         return;
66     toShow.SetActive(false);
67 }
68

```

Ilustración 9. Código de filtros de categorías

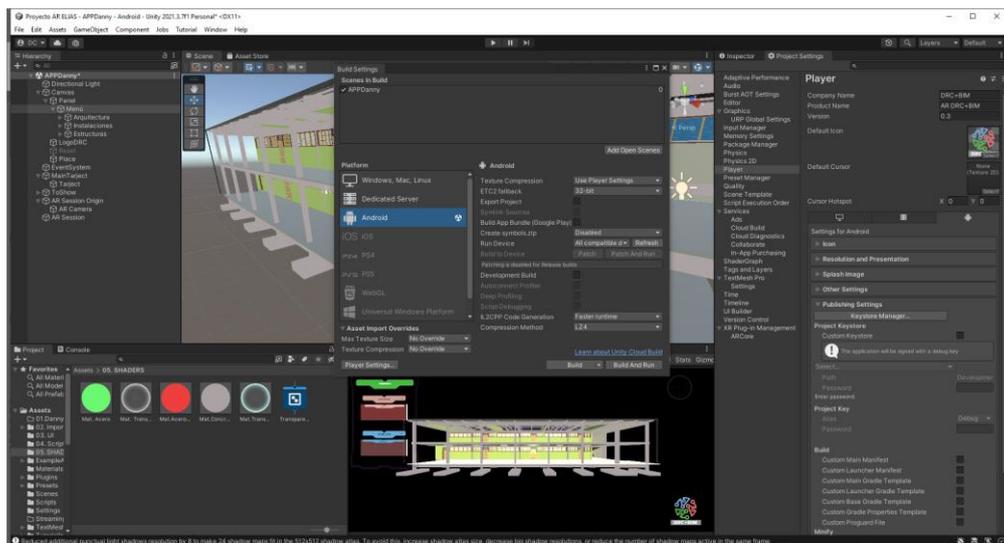


Ilustración 10. Compilación de aplicativo

RESULTADOS DEL APLICATIVO

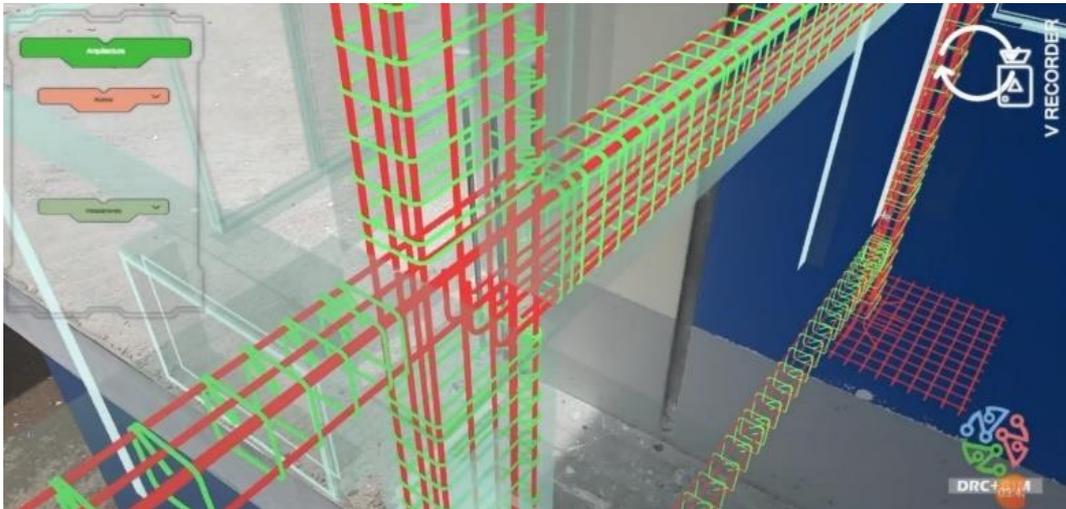


Ilustración 11. Superposicion de estructuras de acero



Ilustración 12. Superposicion de Elementos de concreto



Ilustración 13. Anclaje de modelo