

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**DESARROLLO Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM PARA
LA PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE UN PROYECTO
INMOBILIARIO EN LA CIUDAD DE QUITO**

REALIDAD VIRTUAL CON HERRAMIENTAS BIM

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL**

MARÍA BELÉN GALÁN GALÁN

belengalan123@gmail.com

DIRECTOR: MSC. PABLO ALEJANDRO PINTO GAIBOR

pablo.pinto@epn.edu.ec

DMQ, julio 2024

CERTIFICACIONES

Yo, MARÍA BELÉN GALÁN GALÁN declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

MARÍA BELÉN GALÁN GALÁN

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por MARÍA BELÉN GALÁN GALÁN, bajo mi supervisión.

PABLO ALEJANDRO PINTO GAIBOR
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

MARÍA BELÉN GALÁN GALÁN

PABLO ALEJANDRO PINTO GAIBOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la mujer que, con su ejemplo de fortaleza y perseverancia, me ha demostrado que siempre puedo ser más fuerte. A la mujer que me enseñó el valor del trabajo y la importancia de perseguir mis sueños. A la mujer que con su esfuerzo, dedicación y amor hizo posible mi educación; ella soñó con tener una hija profesional y trabajó para conseguirlo.

Gracias madre por tu apoyo incondicional y por quererme con tanto amor. Eres mi pilar y la razón por la cual nunca me rindo. Cada uno de mis logros serán dedicados a ti siempre.

Martha del Rocío Galán Pacheco, este trabajo es por ti y para ti.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que me dieron su apoyo y confianza no solo en la elaboración de este trabajo sino también durante toda mi formación académica.

A mi madre, Martha Galán, quien me inspiró a ser mejor cada día y quien me apoyó en todos los sentidos para que pudiera terminar esta carrera universitaria.

A Daniel Cueva, por su cariño y comprensión, que me ayudaron a superar todos mis momentos de estrés, colapsos mentales y desveladas a lo largo de mi carrera. Además, quiero hacer una mención de agradecimiento especial por ayudarme con todas las fotos que se presentaron en este documento.

A mi querido amigo Ing. Leonardo Pozo, por haberme permitido usar sus gafas de Realidad Virtual que fueron indispensables para aplicar esta tecnología en mi proyecto.

Al Ing. Pablo Pinto, por darme la oportunidad de realizar este trabajo bajo su tutoría y por la confianza depositada en mi para trabajar a su lado. Sin duda, mi agradecimiento será eterno.

A Ludolab y sus autoridades, quienes me permitieron usar los equipos de su laboratorio para el desarrollo de este trabajo.

A Mary Sánchez, quien desde el inicio de mi carrera me apoyó con impresiones y copias sin costo para incentivar me a seguir adelante con mis estudios.

A las autoridades encargadas de la Unidad de Bienestar Estudiantil y Social, quienes hicieron posible que tenga la Beca de Vulnerabilidad Económica cada semestre.

Al Ing. Telmo Perugachi, mi gran amigo quien me brindó su amistad, apoyo incondicional y me salvó de una situación de acoso sexual que sufrí por parte de un profesor al iniciar mi carrera.

A todos mis amigos, por acompañarme desde mi llegada a Quito en cada momento de felicidad y tristeza, y por siempre darme ánimos para pasar los semestres.

A mis compañeros de universidad, por su gran ayuda y colaboración en los trabajos realizados durante esta carrera.

A todas las personas que me conocen y confiaron en que podía lograrlo, gracias por cada palabra de apoyo que recibí, y a las personas que constantemente dudan de mi capacidad igual gracias por darse el tiempo de pensar en mí.

A todos ustedes, les extiendo mi más profundo agradecimiento por ser parte esencial de mi camino académico y personal.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco teórico.....	3
1.4.1 BIM (Building information Modeling	3
1.4.2 Realidad Virtual.	7
2 METODOLOGÍA.....	12
2.1 Gestión de la información BIM.....	12
2.1.1 Definición del EIR	13
2.1.2 Definición del BEP.....	14
2.1.3 Generación de Información (Modelos).....	15
2.1.4 Control de garantía de calidad.....	15
2.1.5 Revisión y Autorización de Modelos.	16
2.1.6 Entrega del proyecto.	17
2.2 Aplicación de la metodología BIM	18
2.2.1 Descripción del Proyecto.....	18
2.2.2 Configuración del modelo BIM	19
2.2.3 Visualización del proyecto en Enscape.	20
2.2.4 Integración de la Realidad Virtual.	21
2.2.5 Colaboración y Revisión	22
2.2.6 Promoción y Comercialización.....	26
3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	29
3.1 Resultados.....	29
3.1.1 Reuniones interactivas y colaborativas.....	29

3.1.2	Visualización de errores	29
3.1.3	Impacto de la Realidad Virtual en la Promoción y Difusión del Proyecto Inmobiliario	30
3.2	Conclusiones.....	30
3.3	Recomendaciones	31
4	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
5	ANEXOS.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo de Vida de un proyecto BIM	3
Figura 2 Dimensiones BIM	4
Figura 3 Representación gráfica de Realidad virtual.....	7
Figura 4 Realidad virtual	8
Figura 5 Gafas de Realidad Virtual	10
Figura 6 Proceso de gestión de la información durante la fase de entrega de activos	13
Figura 7 Proceso de gestión de la información — Evaluación y necesidad	13
Figura 8 Proceso de gestión de la información — Invitación a concursar	14
Figura 9 Proceso de gestión de la información — Respuesta a la licitación	15
Figura 10 Proceso de gestión de la información — Producción colaborativa de información	16
Figura 11 Proceso de gestión de la información — Entrega del modelo de información..	17
Figura 12 Proceso de gestión de la información — Cierre del proyecto.....	17
Figura 13 Ubicación del Proyecto “San Francisco”	18
Figura 14 Vista Frontal del Edificio	19
Figura 15 Vista 3D del modelo en Revit	20
Figura 16 Plugin Enscape	21
Figura 17 Experiencia Inmersiva RV.....	21
Figura 18 Reunión tradicional de trabajo con planos 2D.....	22
Figura 19 Reunión de trabajo con metodología BIM y RV	23
Figura 20 Visualización Realidad Virtual	24
Figura 21 Registro de errores en Enscape	25
Figura 22 Registro de errores por categorías en Enscape	26
Figura 23 Recorrido virtual de un cliente.	27
Figura 24 QR de vista 360 del proyecto.	28

RESUMEN

En la actualidad, la industria de la construcción está experimentando una revolución a gran escala impulsada por los nuevos avances tecnológicos que demuestran mejorar la eficiencia y gestión de los proyectos. Este trabajo está enfocado en aplicar una metodología coordinada y eficiente para desarrollar proyectos de construcción basado en el trabajo colaborativo de todos los participantes, además se refleja como el uso de herramientas de visualización 3D y RA mejoran la colaboración entre los participantes del proyecto.

La metodología BIM (Building Information Modeling) y la Realidad Virtual juegan un papel fundamental en esta revolución de la industria, pues facilitan la colaboración clara y efectiva entre los diferentes participantes de un equipo de trabajo, lo que a su vez permite las revisiones continuas y colaborativas del proyecto. Esta metodología no solo optimiza la colaboración entre disciplinas si no que optimiza la manera de gestionar errores u omisiones que puedan presentarse a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

El uso de herramientas de visualización 3D como Enscape permiten a los equipos de trabajo realizar recorridos virtuales por los modelos generados y revisarlos a detalle en tiempo real. Esto facilita la identificación temprana de problemas lo que a su vez previene costosas correcciones durante la fase de construcción real.

Por otro lado, la Realidad Virtual proporciona experiencias inmersivas que permite a los clientes, posibles inversores y equipos de diseño visualizar a detalle cada una de las características del proyecto ofreciendo una experiencia de entornos realistas y mejorando la toma de decisiones.

PALABRAS CLAVE: BIM, Realidad Virtual, modelo, Revit, Enscape, ISO, colaborativo, eficiente.

ABSTRACT

Currently, the construction industry is undergoing a large-scale revolution driven by new technological advances that are proven to improve project efficiency and management. This work is focused on applying a coordinated and efficient methodology to develop construction projects based on the collaborative work of all participants. It also reflects how the use of 3D visualization and AR tools improves collaboration between project participants.

The BIM (Building Information Modeling) methodology and Virtual Reality play a fundamental role in this industry revolution, as they facilitate clear and effective collaboration between the different participants of a work team, which in turn allows continuous reviews and project collaborations. This methodology not only optimizes collaboration between disciplines but also optimizes the way of managing errors or omissions that may occur throughout the project life cycle.

The use of 3D visualization tools such as Enscape allows work teams to take virtual tours of the generated models and review them in detail in real time. This facilitates early identification of problems which in turn prevents costly fixes during the actual construction phase.

On the other hand, Virtual Reality provides immersive experiences that allow clients, potential investors and design teams to visualize each of the project's characteristics in detail, offering an experience of realistic environments and improving decision making.

KEYWORDS: BIM, Virtual Reality, model, Revit, Enscape, ISO, collaborative, efficient.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El presente trabajo está enfocado en utilizar nuevas herramientas tecnológicas como la Realidad Virtual y la metodología BIM para optimizar el proceso de diseño, la revisión colaborativa y el marketing del proyecto inmobiliario “San Francisco” ubicado al norte de la ciudad de Quito.

La aplicación de Realidad Virtual (RV) con herramientas BIM representa un avance importante en la industria de la construcción debido a que permite la visualización y la gestión de errores dentro de los proyectos de manera eficiente. La metodología BIM permite crear modelos colaborativos entre los diversos componentes de un proyecto. Al complementar la metodología BIM con la RV, se aumentan las capacidades de dicho modelo, mejorando la comunicación entre arquitectos, ingenieros, constructores, clientes y demás actores que intervengan en el proyecto. Esto se logra a través de herramientas como Enscape, que permite a los usuarios explorar los modelos BIM en un entorno virtual e inmersivo.

En este trabajo se podrá evidenciar como las diferentes especialidades que trabajan en el proyecto se unen de manera óptima para solventar cualquier error que se presente en la elaboración de los modelos, para ello se hará uso del plugin Enscape en el software Revit.

Con la Realidad Virtual nos acercamos a una visualización del proyecto implantado como si fuera la construcción real. Incluyendo los diversos diseños que se realizan (arquitectónico, estructural, hidrosanitario, eléctrico). Estos modelos que fueron generados a partir del software Revit serán revisados y ajustados gracias a la herramienta para Realidad virtual Enscape, esto permite una fluida colaboración entre las diferentes especialidades que abarca el proyecto para corregir los errores que puedan presentarse en los diseños antes de su construcción real; de esta manera, obtenemos un diseño final sin la necesidad de pensar en modificaciones luego del inicio de la obra.

La capacidad de Enscape para renderizar en tiempo real y de forma colaborativa e interactiva no solo reduce los costos asociados a los cambios posteriores a la construcción si no también permite una reducción en el tiempo de entrega del proyecto y eso a su vez representa la satisfacción del cliente al recibir de forma rápida su correcto diseño. Además, el modelo terminado y renderizado en Enscape se lo puede presentar a los diferentes inversores y clientes potenciales facilitando así el crecimiento de la industria constructiva.

1.1 Objetivo general

Estudiar y aplicar la herramienta BIM para realidad virtual “ENSCAPE” en colaboración con las gafas “Meta Quest 2” para visualizar a gran escala los diseños (arquitectónico, estructural, hidrosanitario y eléctrico) del proyecto inmobiliario “San Francisco de Norte” de la ciudad de Quito.

1.2 Objetivos específicos

1. Emplear la herramienta “Enscape” de realidad virtual BIM para la visualización del proyecto “San Francisco”.
2. Presentar las facilidades de visualización que permite la realidad virtual en el proyecto de construcción.
3. Aprovechar el trabajo colaborativo de todas las áreas involucradas en el proyecto para solventar posibles errores en el diseño.
4. Utilizar las herramientas de realidad virtual como nexo entre las disciplinas que intervienen en un proyecto de construcción; incluido el análisis de colisiones, previo al inicio del proceso constructivo.
5. Evaluar la posibilidad de usar la herramienta Enscape para la promoción del proyecto inmobiliario.

1.3 Alcance

El alcance de este trabajo se centra en implementar la metodología BIM combinada con la herramienta de modelado 3D Revit y Enscape para realidad virtual. Este trabajo está enfocado en mejorar la forma de visualización y calidad de los diseños permitiendo que las áreas involucradas en el proyecto revisen por medio de Enscape todos los detalles de sus modelos y con ello, revisen posibles errores que se puedan presentar en la construcción; esto ayudará a todo el equipo a tomar decisiones en tiempo real.

Enscape será usado para generar entornos virtuales inmersivos para que el equipo de trabajo realice recorridos virtuales y revisen cada aspecto de sus diseños en tiempo real. Estos recorridos virtuales también servirán como herramienta de marketing para presentar el proyecto final a los clientes potenciales, facilitando su comercialización.

1.4 Marco teórico

1.4.1 BIM (Building information Modeling)

BIM del acrónimo Building Information Modeling (modelado de la información para la construcción) se refiere al conjunto de metodologías y herramientas de trabajo que permiten la ejecución de un proyecto de manera coordinada y eficiente que va desde la implantación de la idea hasta la finalización del proyecto.

La adopción de metodología implica mantener una comunicación continua con todos los responsables de las diversas áreas involucrada en el proyecto, permitiendo que se realicen modificaciones del modelo en tiempo real y disminuyendo significativamente el desperdicio de recursos.

BIM es un nuevo acercamiento al diseño, construcción y gestión de proyectos de construcción. Se trata de una metodología que ya ha comenzado a cambiar la manera en la que se ven los edificios, cómo funcionan y la manera en la que los mismos se construyen. (Gámez, et al., 2018)



Figura 1 Ciclo de Vida de un proyecto BIM

Fuente: Cámara Argentina de la Construcción

Metodología BIM en la Industria de la Construcción.

“La metodología BIM centraliza toda la información del proyecto en un único modelo de información creado por todos los agentes participantes. Incluso puede incluir los productos

necesarios para materializar la obra, incorporando al modelo sus características, costo e información de contacto para comprarlos.” (Barbieri, 2020).

Para realizar todo el proceso de ejecución de obra, BIM integra a todos los especialistas que intervienen en el proceso como son arquitectos, ingenieros, constructores, propietarios, entre otros para optimizar la comunicación entre todas las partes y obtener de manera óptima el proyecto terminado. La metodología BIM tiene sus bases de trabajo en 7 Dimensiones, cada una de las cuales se describirá a continuación.



Figura 2 Dimensiones BIM

Fuente: Editeca

1D Idea. - BIM 1D se refiere a la fase inicial de un proyecto en donde se establecen sus características generales, estimaciones y uso de espacio, costo y factibilidad, todo expresado en forma de idea.

2D Boceto. - En el 2D se realizan los planos 2D del proyecto. Se “preparan los programas computacionales para modelar, planteado los materiales. Se definen las cargas estructurales y energéticas y se establecen las bases para la sostenibilidad del proyecto” (Sánchez, 2016)

3D Modelo. - Dimensión en la cual se coordina las distintas disciplinas (arquitectura, estructura e instalaciones) para realizar el modelo 3D. Es la etapa en donde se representa gráficamente la idea con la colaboración de todas las áreas.

4D Tiempo. - Con el BIM 4D se puede gestionar el tiempo para que exista una óptima planificación de todas las fases que abarcan el proyecto, además, al utilizar BIM se garantiza que exista una correcta gestión de la información a lo largo del ciclo de vida del

proyecto por lo que se reducirá el tiempo empleado en realizar cambios que con la metodología tradicional se los haría en obra.

5D Costos. - La dimensión 5D hace referencia a la gestión de costos de un proyecto, incluyendo las variaciones que puedan suceder en el transcurso del desarrollo de la obra.

6D Green BIM. - "BIM 6D esta principalmente orientado a mejorar el rendimiento energético del ciclo de vida del proyecto" (Nical & Wodynski, 2016). Permite las simulaciones de varios escenarios y ubicaciones del proyecto de manera que se genere una optimización del consumo de energía, reduciendo el impacto al medio ambiente.

7D Gestión. - La séptima dimensión BIM está enfocada en la gestión eficiente de la operación y mantenimiento de los proyectos a lo largo de su ciclo de vida; "En esta dimensión, se incluye información relevante para el uso, operación y mantenimiento del edificio una vez finalizada su construcción. Esto incluye detalles técnicos, manuales, garantías y planos de mantenimiento". (Bimtool, 2023)

EIR (Employer's Information Requirements)

El EIR (Requisitos de Intercambio de Información) es un documento que elabora el cliente o propietario del proyecto en el cual se detalla las expectativas de los resultados a los cuales se desea llegar con el proyecto. En el EIR se detallan los objetivos y propósitos del proyecto, su alcance en las diferentes fases, toda la información que se requiera como modelos 3D, planos, especificaciones, cronogramas y cualquier otro aspecto que sea de interés para el cliente.

Además, el EIR indica las especificaciones de los formatos y estándares BIM que debe cumplirse a lo largo del desarrollo del proyecto, incluyendo los flujos de trabajo y el intercambio de información que debe seguirse. Este documento sirve de guía para el posterior desarrollo del Plan de ejecución BIM.

BEP (BIM Execution Plan).

El BEP (Plan de Ejecución BIM) es un documento que elabora el equipo de gestión del proyecto, el BIM Manager designado o el contratista; contiene una serie de requisitos y

especificaciones para que las diferentes especialidades que estén involucradas en el trabajo puedan crear, gestionar e intercambiar correctamente su información.

El objetivo de este documento es establecer cada uno de los roles, responsabilidades, estándares, requisitos, actividades, metodología de trabajo y normas a seguir para el correcto desarrollo del proyecto. Con este documento se garantiza que se cumpla con las buenas prácticas BIM en todo el ciclo de vida del proyecto evitando inconvenientes a lo largo de su ejecución. Este documento debe ser coordinado con todos los interesados relevantes, incluidos diseñadores, constructores, consultores y cualquier otro participante clave en el proyecto que utilice BIM.

Importancia-Ventajas de la metodología BIM

Gámez, et al., 2018 dice que se podría comparar la adopción de BIM en la industria de la construcción con la Revolución Industrial del siglo XXI. BIM ha transformado radicalmente los procesos constructivos al permitir una comunicación y organización en tiempo real, lo que permite una notable optimización de recursos y tiempo.

En contraste con los métodos tradicionales, donde la interpretación de cada componente del proyecto resulta difícil y propensa a errores recurrentes, el enfoque BIM proporciona una visión íntegra del diseño. La capacidad de realizar cambios en tiempo real y mantener una comunicación continua minimiza la posibilidad de cometer errores repetitivos entre las diferentes áreas. Además, a diferencia de las herramientas de modelado convencionales, que operan de forma independiente y aislada en áreas específicas, BIM permite un modelado que une todas estas.

Gracias a BIM, es posible visualizar el modelo en todas sus dimensiones sin necesidad de interpretaciones complejas, lo que facilita la toma de decisiones informadas y la coordinación efectiva entre todos los actores involucrados en el proyecto.

Norma ISO 19650

La norma ISO19650 es una norma internacional que contiene los principio y requisitos necesarios para poder realizar un proyecto con la metodología BIM. Su objetivo principal es mejorar la colaboración y manejo de información entre todos los participantes del

proyecto, permitiendo el intercambio coordinado y seguro de toda la información manejada en este.

En esta norma se encuentra información importante para el desarrollo del BEP y EIR; además, se enfoca en garantizar la calidad de la información creada en el proyecto mediante controles y revisiones colaborativas entre las áreas involucradas, facilitando la gestión eficiente y continua.

1.4.2 Realidad Virtual.

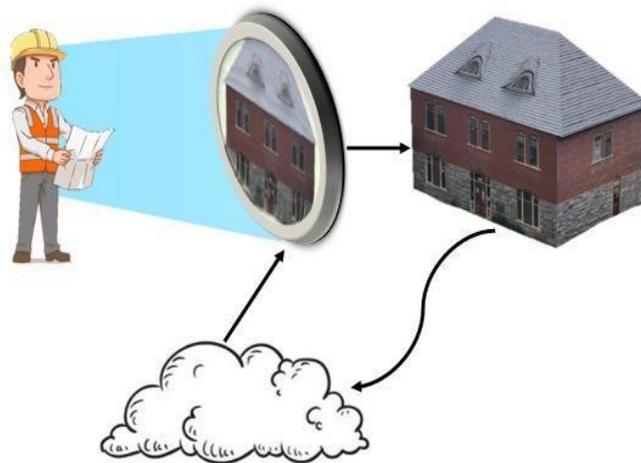


Figura 3 Representación gráfica de Realidad virtual

Elaborado por: Belén Galán

“La realidad virtual consiste en combinar el mundo real con el virtual mediante un proceso informático, enriqueciendo la experiencia visual y mejorando la calidad de comunicación.” (Innovae, 2016). La realidad virtual ha impulsado una revolución innovadora en la forma de percibir el mundo. Si se observa unos años atrás, se puede notar la evolución que ocurrió en la industria constructiva, pasando de tener un plano en dos dimensiones de un edificio a visualizarlo incluso en tamaño real mucho antes de su construcción física.

Aplicación en la industria de la construcción.

Gracias a la RV, la industria de la construcción ha revolucionado la forma de diseñar, gestionar y construir los proyectos. La RV se utiliza para superponer elementos virtuales

como modelos tridimensionales sobre un entorno físico real en donde se pueda ver todos los detalles del proyecto, sus fases y la integración de todos sus componentes antes de ser construido para analizar las posibles fallas que pueda tener el mismo y solucionarlas a tiempo.



Figura 4 Realidad virtual

Elaborado por: Belén Galán

Importancia-Ventajas de la Realidad Virtual.

La importancia de la realidad virtual (RV) en el monitoreo de obras de construcción radica en su capacidad para proporcionar una visualización precisa y en tiempo real del progreso del proyecto, facilitando la detección temprana de posibles problemas y la toma de decisiones informadas. Al superponer modelos 3D sobre el entorno físico, la RV permite a los equipos de construcción comparar el diseño previsto con la construcción real, identificar desviaciones y coordinar mejor las actividades en el lugar de trabajo. La RV permite a los profesionales de la construcción ver como la idea teórica del proyecto se traduce en realidad; mediante el uso de dispositivos de visualización de RV, como gafas inteligentes o tabletas, los supervisores pueden acceder a información crítica sobre el proyecto mientras están en el lugar, mejorando la eficiencia y la precisión en la gestión de la construcción.

La RV, además, ofrece una experiencia inmersiva y atractiva para los potenciales compradores o inversores del proyecto. Al superponer modelos 3D de los proyectos en desarrollo sobre el entorno físico real, la RV permite a los clientes visualizar cómo se verá

el proyecto una vez completado, incluso antes de que se inicie la construcción. Esto permite visualizar los detalles que el proyecto tendrá, e incluso hacer cambios en el aspecto de manera que se acomode a las indicaciones y gustos exactos de los clientes. Esta interacción personalizada y realista permite que los clientes o inversores se interesen de manera más significativa con el proyecto y así se consiga mayor éxito.

RV y BIM.

La integración de la realidad virtual con la metodología BIM ofrece numerosas ventajas para arquitectos e ingenieros en diversas etapas del proyecto. Para empezar, la RV facilita la presentación del proyecto a los clientes al permitirles visualizar el modelo en detalle y ofrecer recorridos virtuales, lo que proporciona una comprensión más clara del diseño y su contexto real antes de la construcción. Además, simplifica la colaboración entre profesionales al permitir compartir imágenes y vídeos en 3D de forma remota, lo que facilita la identificación rápida de errores y problemas, incluso para aquellos que no están en el sitio de construcción.

En conjunto, el uso de la realidad virtual en la industria de la construcción no solo mejora la eficiencia y la calidad del trabajo, sino que también reduce los costos y los riesgos para los trabajadores.

Enscape.

Enscape es una herramienta de visualización en tiempo real diseñada para la industria constructiva y enfocada en la metodología BIM. Funciona como un plugin para programas de modelado como Revit, Archicad y Vectorworks, así como con las herramientas de CAD SketchUp y Rhino. Esta herramienta ofrece la oportunidad de conectar dispositivos de realidad virtual que permiten una visión más completa y detallada del entorno modelado.

El uso de Enscape facilita la colaboración entre los equipos de trabajo al proporcionar una visión más clara y detallada del edificio, lo optimiza la asignación de tiempo y recursos. Además, al explorar el modelo de diseño en un entorno inmersivo, Enscape permite una toma de decisiones más rápida y eficiente, mejorando el flujo de trabajo en general.

Al mismo tiempo, la capacidad de visualizar los datos BIM directamente en Enscape una comunicación clara de la intención de diseño y la identificación temprana de posibles problemas. En conjunto, la integración de Enscape con modelos BIM mejora significativamente la gestión y el rendimiento del proyecto, proporcionando una herramienta valiosa para todo el ciclo de vida de la construcción.

Meta Quest 2.

Meta Quest 2 son unas gafas para Realidad Virtual que permiten tener una experiencia inmersiva para revisar a gran detalle los modelos constructivos. Originalmente estas gafas fueron diseñadas para usarlas en videojuegos o experiencias de entretenimiento; sin embargo, actualmente estas gafas se utilizan en temas académicos y profesionales. Esta capacidad de adaptación a varios entornos tanto de entretenimiento como de trabajo se debe a las características que mantienen las gafas que permiten una interacción detallada con cualquier entorno virtual.

Una de las características más importantes de las Meta Quest 2 es su manera de trabajar de forma independiente puesto que no necesita estar conectada a una computadora por medio de un cable, si no que se conecta por medio de Steam Link utilizando wifi. Esta independencia permite que los recorridos virtuales sean más largos y versátiles sin las limitaciones de un cable.



Figura 5 Gafas de Realidad Virtual

Elaborado por: Belén Galán

Steam Link.

Es una herramienta que se utiliza para transmitir el contenido visual y auditivo desde una computadora a cualquier dispositivo compatible como tablets, televisores, teléfonos móviles y gafas de RV. Hablando de Realidad Virtual, Steam Link permite que se transmitan las experiencias de RV desde una computadora de alto rendimiento a dispositivos que no tengan la misma capacidad de procesamiento; permitiendo de esta manera que se realicen recorridos virtuales rápidos y sin intermitencias. Lo único que se necesita es una red local o una conexión a internet.

Steam VR.

Steam VR es una herramienta creada originalmente para usarla en videojuegos, que permite integrar dispositivos de RV con una computadora para obtener experiencias inmersivas con mayor detalle; inicialmente, Steam VR era compatible únicamente con las gafas HTC Vive; sin embargo, el auge de la realidad virtual se ha expandido a tal escala que ahora es compatible con una gran variedad de gafas, incluidas las Meta Quest; aunque para lograr esta conexión es necesario que Steam VR y Steam Link estén activos simultáneamente.

SteamVR va más allá de los juegos. Se ha convertido también en una herramienta multifacética utilizada para diversas aplicaciones, desde la exploración de entornos de aprendizaje inmersivos hasta la realización de reuniones virtuales. Para profesionales, educadores y creativos, SteamVR ofrece una plataforma para explorar nuevas formas de trabajar, aprender y expresarse. (Ribones, 2024)

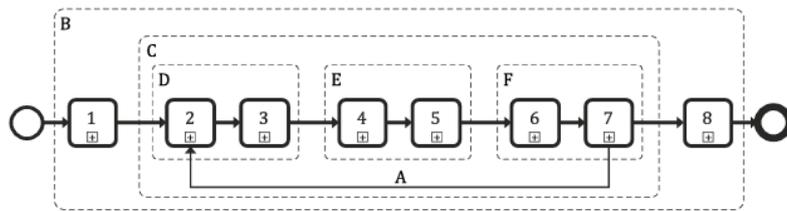
2 METODOLOGÍA

Antes de empezar con el desarrollo de este trabajo es importante entender que cada uno de los documentos descritos a continuación fueron elaborados por autoría de los estudiantes para fines académicos. Los documentos que posteriormente se mencionarán como elaborados por la Contratante son de autoría estudiantil y se realizaron bajo supervisión del tutor académico para elaborar este trabajo de manera coherente. De la misma manera, la empresa BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD) es una empresa ficticia, creada por los estudiantes para mantener la coherencia de las actividades desarrolladas en este trabajo.

2.1 Gestión de la información BIM

El manejo de la información BIM está basada en las Normas ISO 19650 Parte 1 y Parte 2, con las cuales se ha logrado llevar este proceso de manera ordenado y coherente.

El proceso de gestión de información se debe aplicar a lo largo del todo el desarrollo del proyecto y mantendrá el flujo de trabajo presentado en la Figura 6 Este esquema está basado en actividades (parte izquierda) y nombramientos (parte derecha) los cuales deben tener un seguimiento adecuado para garantizar el cumplimiento de cada actividad. La Norma ISO 19650 establece que el proceso de gestión de información debe aplicarse durante toda la fase de entrega de cada uno de los nombramientos, independientemente de la fase del proyecto. Esto asegura que, durante todo el desarrollo del proyecto, se evitan errores y se revisen colaborativamente todos los datos e información importante. Para temas específicos de este trabajo no se detallarán los puntos 4 y 5 de este.



Activities

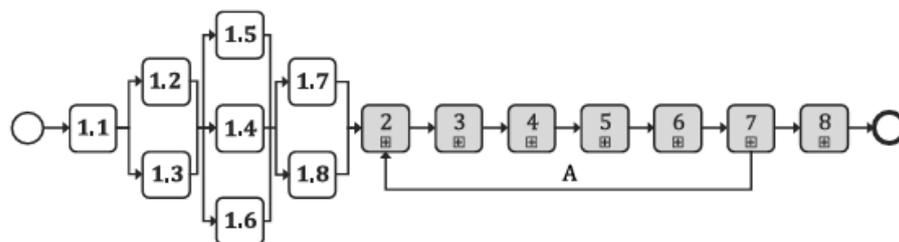
- | | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | assessment and need | A | information model progressed by subsequent delivery team(s) for each appointment |
| 2 | invitation to tender | B | activities undertaken per project |
| 3 | tender response | C | activities undertaken per appointment |
| 4 | appointment | D | activities undertaken during the procurement stage (of each appointment) |
| 5 | mobilization | E | activities undertaken during the information planning stage (of each appointment) |
| 6 | collaborative production of information | F | activities undertaken during the information production stage (of each appointment) |
| 7 | information model delivery | | |
| 8 | project close-out (end of delivery phase) | | |

Figura 6 Proceso de gestión de la información durante la fase de entrega de activos

Fuente: ISO 19650 - 2

2.1.1 Definición del EIR

Antes de llamar a concurso, la entidad contratante establecerá los requisitos de intercambio de información que deberá cumplir la posible parte designada principal durante el nombramiento” (ISO 19650). En este punto del proyecto, la contratante debe analizar sus necesidades para el correcto desarrollo del proyecto y posteriormente elaborar el EIR.



Key

- | | |
|-----|--|
| 1.1 | appoint individuals to undertake the information management function |
| 1.2 | establish the project's information requirements |
| 1.3 | establish the project's information delivery milestones |
| 1.4 | establish the project's information standard |
| 1.5 | establish the project's information production methods and procedures |
| 1.6 | establish the project's reference information and shared resources |
| 1.7 | establish the project's common data environment |
| 1.8 | establish the project's information protocol |
| A | information model progressed by subsequent delivery team(s) for each appointment |

Figura 7 Proceso de gestión de la información — Evaluación y necesidad

Fuente: ISO 19650 - 2

Una vez analizadas las necesidades y requerimientos del proyecto, la entidad contratante, Escuela Politécnica Nacional, elabora el EIR (Requisitos de Intercambio de Información). Este documento contiene todos los requisitos en base a los cuales, la empresa adjudicada BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD) deberá trabajar para cumplir los requerimientos de la contratante. El EIR incluye las directrices que se debe seguir con el uso de las tecnologías y herramientas BIM, además se definen las responsabilidades necesarias para ejecutar el proyecto; toda esta información se la encuentra detallada en el Anexo 1 de este trabajo.

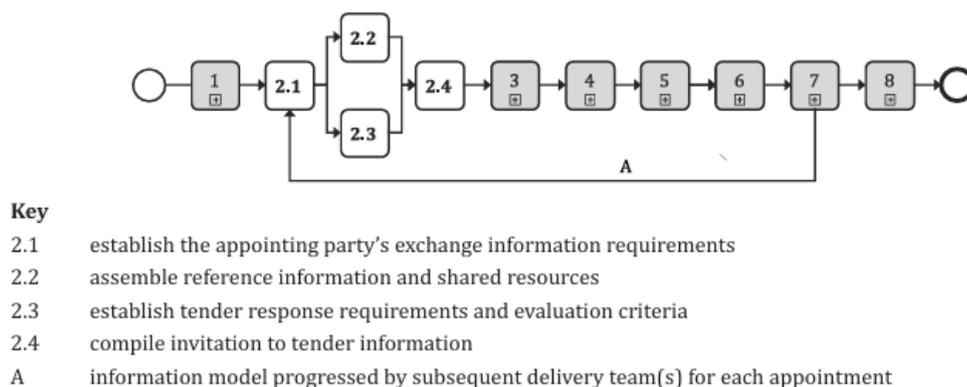


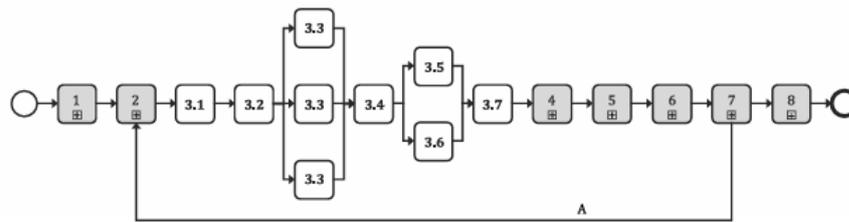
Figura 8 Proceso de gestión de la información — Invitación a concursar

Fuente: ISO 19650 - 2

2.1.2 Definición del BEP

El equipo BIM debe redactar el plan de ejecución BIM (BEP) posterior a la adjudicación del proyecto. En este documento se especifica cada uno de los roles específicos de los integrantes y la metodología que se aplicará para el desarrollo de este. La empresa adjudicada es BIM SOLUTIONS DESIGN (BSD) integrada por Alex Añilema (Estructural), Sebastian Jiménez (Hidrosanitario), Luis Jiménez (Climatización), Pamela Calo (Programación de Obra), Esteban Sango (Costos) y Belén Galán (Construcción Virtual).

Los detalles de la metodología que se aplicará para el correcto desempeño de trabajo en este proyecto se encuentran detallados en el Anexo 2 de este trabajo.



Key

- 3.1 nominate individuals to undertake the information management function
- 3.2 establish the delivery team's (pre-appointment) BIM execution plan
- 3.3 assess task team capability and capacity
- 3.4 establish the delivery team's capability and capacity
- 3.5 establish the proposed delivery team's mobilization plan
- 3.6 establish the delivery team's risk register
- 3.7 compile the delivery team's tender response
- A information model progressed by subsequent delivery team(s) for each appointment

Figura 9 Proceso de gestión de la información — Respuesta a la licitación

Fuente: ISO 19650 - 2

2.1.3 Generación de Información (Modelos).

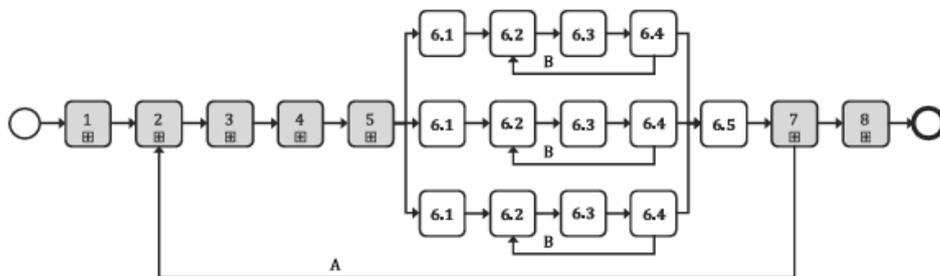
Las ISO 19650 indica que cada área de trabajo deberá generar información que se encuentre “de conformidad con la norma de información del proyecto y con los métodos y procedimientos de producción de información del proyecto”. Por otro lado, no podrán generar información que “exceda el nivel requerido de información necesaria, se extiende más allá del elemento asignado de la estructura de desglose del contenedor de información, duplique información generada por otra área o equipo de trabajo y que contenga detalles superfluos”.

Toda la información creada en el proyecto San Francisco del Norte, debe ser coordinada y compartida dentro de un mismo entorno del proyecto, de manera que cada uno de los participantes tengan acceso a la información. De ser el caso que exista algún problema de coordinación, los participantes relevantes en el proyecto deben reunirse para dar una posible solución, todo esto de manera colaborativa y comunicada.

2.1.4 Control de garantía de calidad.

Para asegurar que exista calidad y coherencia en los modelos desarrollados para San Francisco, las áreas de trabajo deberán llevar un control detenido y riguroso de su información el cual estará basado plenamente en el EIR y BEP; cada nueva detalle que se genere en cada área respectiva debe estar completamente alineada con estos documentos mencionados para que exista coordinación y calidad del trabajo, si se considera necesario

se puede ir guardando esta información en una base de cumplimiento de calidad para tener en cuenta cualquier novedad. Este control se lo debe realizar continuamente previo a las revisiones colaborativas que se mantendrán a lo largo del proyecto. “Este procedimiento garantiza que solo los modelos que cumplen con los estándares de calidad del proyecto avance a la siguiente fase de revisión”. (ISO 19650)



Key

- 6.1 check availability of reference information and shared resources
- 6.2 generate information
- 6.3 complete quality assurance check
- 6.4 review information and approve for sharing
- 6.5 information model review
- A information model progressed by subsequent delivery team(s) for each appointment
- B new information container revision

Figura 10 Proceso de gestión de la información — Producción colaborativa de información

Fuente: ISO 19650 - 2

2.1.5 Revisión y Autorización de Modelos.

El proceso de revisión de los modelos se los realiza mediante dos maneras: reuniones virtuales en la plataforma Teams y reuniones presenciales en la oficina de BSD; mediante las cuales, cada área presenta sus avances y detalles al coordinador BIM. El coordinador debe tener en cuenta cada uno de los detalles de los documentos ya mencionados EIR y BEP para revisar cualquier error o incoherencia que pueda resultar en los modelos. Es importante que cada revisión se haga minuciosamente. De existir algún error durante la revisión, el coordinador designará las áreas o especialistas encargadas de realizar los cambios que sean necesarios y hasta que estos no sean solventados, los modelos no podrán ser presentados a la entidad contratante. Las reuniones para revisión de modelos se realizarán de manera periódica asegurando que los modelos a entregar estén acordes a lo que la EPN solicita. “La aceptación parcial de la información puede generar problemas

de coordinación, por lo que se recomienda que el coordinador acepte o rechace todo el modelo de información”. (ISO 19650)

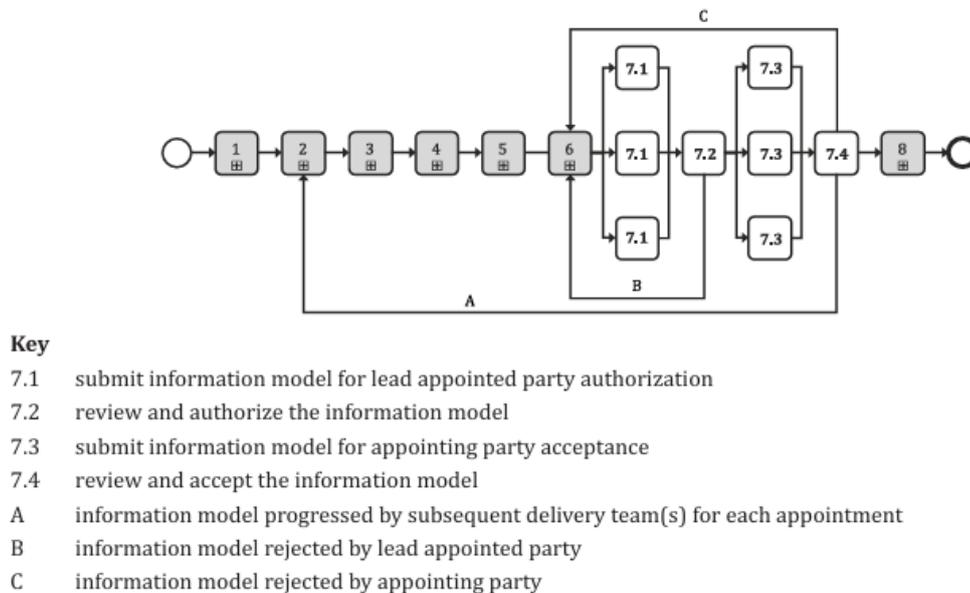


Figura 11 Proceso de gestión de la información — Entrega del modelo de información

Fuente: ISO 19650 - 2

2.1.6 Entrega del proyecto.

Una vez que todas las observaciones y cambios sean realizados y los modelos estén aprobados, el BIM Manager autorizará a los especialistas enviar la información a la contratante quien archivará la información en función de sus necesidades. Cada área encargada de los modelos deberá registrar las lecciones aprendidas durante el desarrollo del proyecto para su futura utilización en nuevos proyectos.

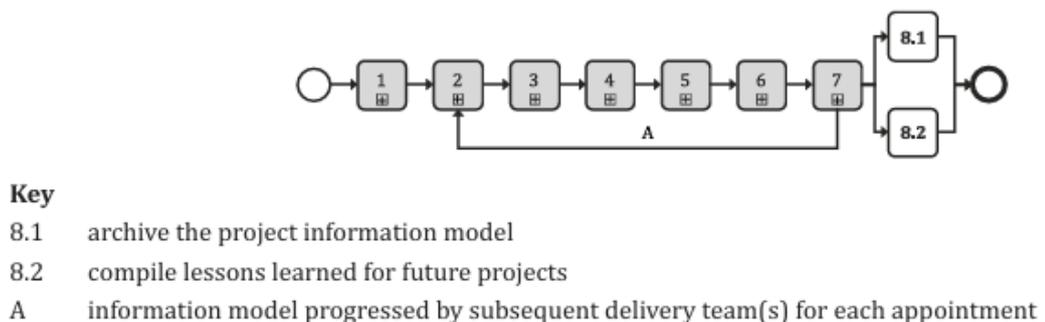


Figura 12 Proceso de gestión de la información — Cierre del proyecto.

Fuente: ISO 19650 - 2

2.2 Aplicación de la metodología BIM

2.2.1 Descripción del Proyecto.

El proyecto inmobiliario "San Francisco" se ubicará en el norte de la ciudad de Quito, específicamente en el sector de Carcelén, entre la Avenida Panamericana Norte y las calles C. del Hierro y Los Cóndores. Estratégicamente se encuentra cerca del intercambiador de Carcelén y el Portal Shopping. Sus coordenadas son latitud $0^{\circ} 6'15.97''S$ y longitud $78^{\circ}27'44.20''O$, el terreno del proyecto abarca aproximadamente 28341 m².

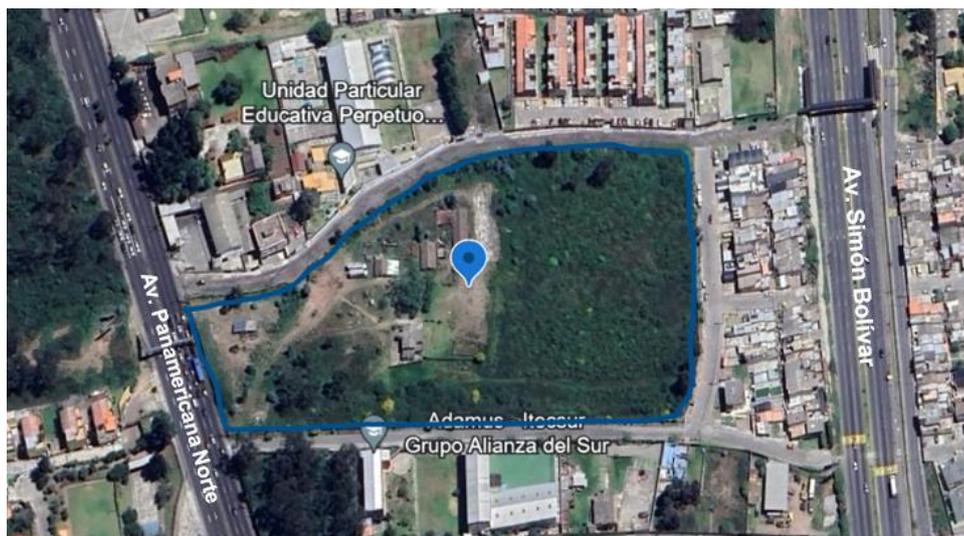


Figura 13 Ubicación del Proyecto "San Francisco"

Elaborado por: Belén Galán

San Francisco estará distribuido en 18 torres conformadas por dos edificios que mantienen sus características y configuraciones arquitectónicas idénticas. Cada torre se diseñará con las nuevas innovaciones constructivas y de sostenibilidad permitiendo que, a más de ser un espacio atractivo, sea ecológicamente responsable y eficiente. Las torres estarán conectadas por unas escaleras que permiten el acceso a cada uno de los departamentos y a su vez aseguran el bienestar y privacidad de los residentes. Las características arquitectónicas del proyecto aseguran que exista una armonía estética brindando una experiencia moderna y eficiente.

La fachada frontal tomada de los planos de AutoCAD se presenta en la siguiente imagen.



Figura 14 Vista Frontal del Edificio

Elaborado por: Belén Galán

2.2.2 Configuración del modelo BIM

Para generar los modelos arquitectónico, estructural, hidrosanitario y eléctrico se usó la herramienta de modelado Revit, puesto que está diseñado específicamente para los trabajos colaborativos de BIM. Revit permite la integración de las diferentes áreas de diseño para dejar de lado los cambios tradicionales en planos 2D que representan un gasto de tiempo y falta de coordinación entre cambios o actualizaciones de los modelos. Para utilizar el modelo colaborativo, el BIM Manager crea un modelo central que sirve para ir almacenando la información de cada área. Para poder trabajar colaborativamente, es necesario que cada uno de los especialistas genere su propio archivo local, en donde deberá ir creando su diseño de acuerdo con lo planificado.

Lo importante de esta metodología es que a medida que un especialista va guardando sus cambios, estos se reflejan automáticamente para todos los miembros del equipo, manteniendo la coherencia de los cambios y optimizando el tiempo de diseño.

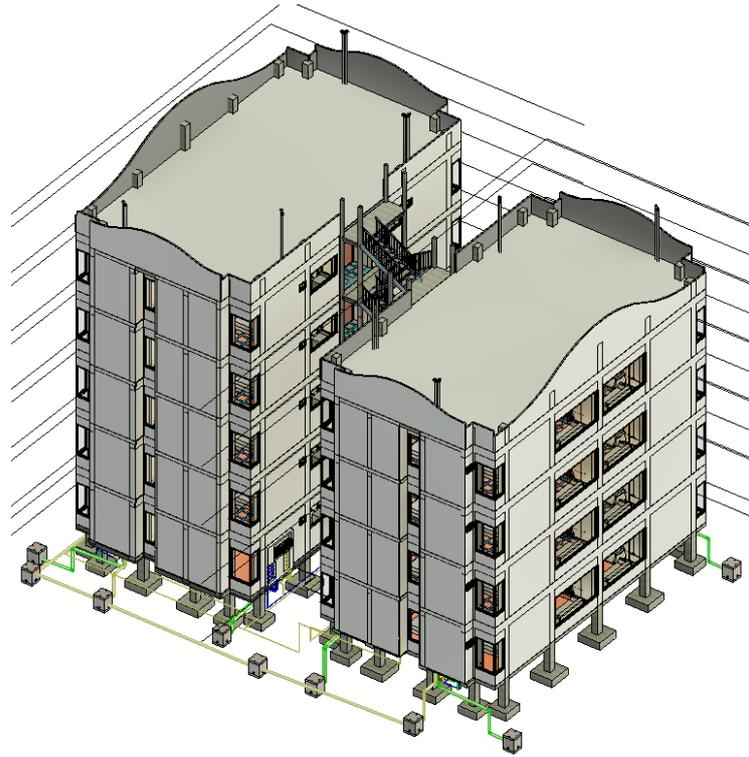


Figura 15 Vista 3D del modelo en Revit

Elaborado por: Belén Galán

2.2.3 Visualización del proyecto en Enscape.

Con el desarrollo de la industria de la construcción cada vez es más exigente la necesidad de visualizar y colaborar en tiempo real en los proyectos de manera precisa y óptima, permitiendo así el éxito de este. Actualmente existen varias herramientas que permitan visualizar el proyecto con los detalles que corresponden a la vida real, sin embargo, se escogió a Enscape como el software adecuado para este trabajo debido a la rapidez y facilidad de su uso.

Enscape se usa como un plugin dentro de la herramienta Revit, esto significa que para usarlo solo es necesario instalarlo y ejecutarlo desde el entorno mismo de Revit. Una vez instalado el plugin, el equipo de trabajo puede usar la interfaz de Enscape con un solo clic; en cuestión de segundos se abrirá una ventana con el modelo virtual permitiendo su visualización a detalle. Cualquier cambio que se genere en Revit se visualiza automáticamente en Enscape.

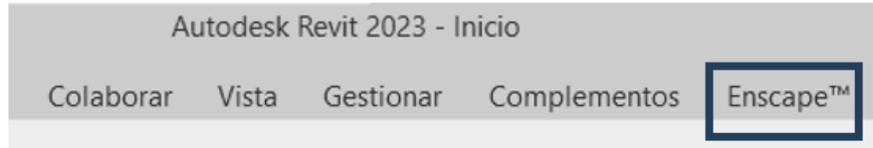


Figura 16 Plugin Enscape

Elaborado por: Belén Galán

2.2.4 Integración de la Realidad Virtual.

Para ser posible que el proyecto se transporte de un medio digital presentado en pantallas a uno inmersivo y completamente interactivo, es necesario la conexión entre Enscape con herramientas de Realidad Virtual. En el caso del proyecto San Francisco, se implementó el uso de las gafas Meta Quest 2, las cuales se conectaron a una computadora mediante Steam Link. Esta acción, permite que los usuarios que estén con las gafas puedan desplazarse sin problema en un área definida sin tener problemas de cableado, los participantes del proyecto pueden desplazarse en toda el área que abarca la señal de Wifi. La visión virtual de la computadora se da gracias a Steam VR.

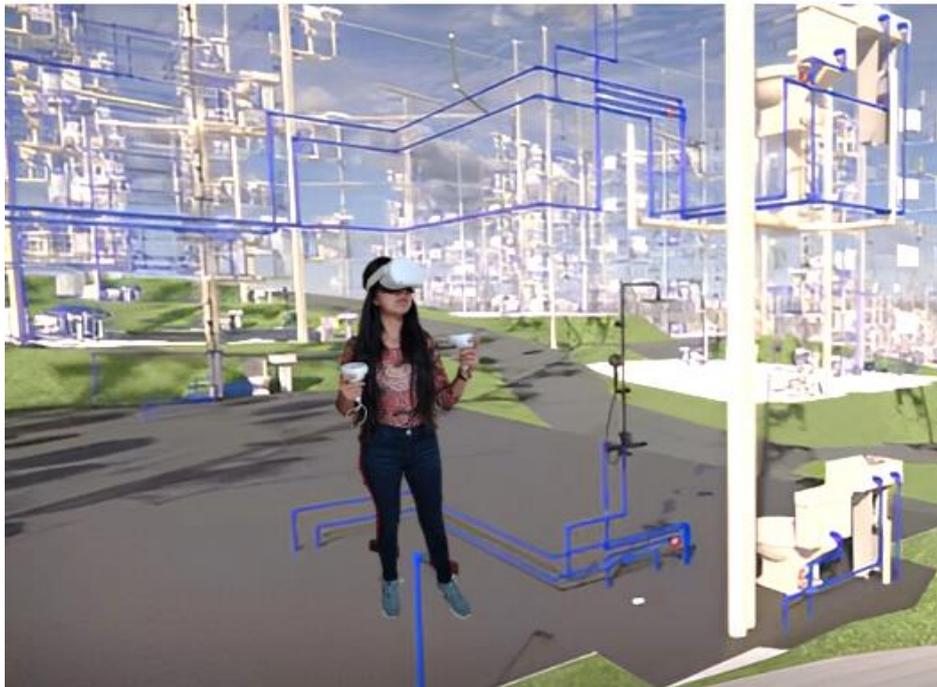


Figura 17 Experiencia Inmersiva RV

Elaborado por: Belén Galán.

Estas gafas permiten a los usuarios visualizar el proyecto en tamaño real, como si ya estuviera construido, de esta manera se presenta más sencillo el revisar diseños, colisiones o cambios que se requieran evitando el riesgo de que estos cambios se vuelvan costosos una vez que estén construidos.

2.2.5 Colaboración y Revisión

Antes de iniciar una sesión para las revisiones colaborativas, es importante verificar que el modelo BIM esté completamente actualizado y contenga toda la información que las diferentes disciplinas involucradas (estructural, hidrosanitario, y eléctrica) añadieron al proyecto; se debe revisar que todas las modificaciones y trabajos añadidos al modelo central esté correctamente ubicadas y alineadas entre sí para evitar conflictos entre los datos ingresados. Esto permite que el modelo completamente integrado sea una base sólida para su revisión.

Para visualizar y revisar el modelo de manera óptima y sencilla se utiliza el plugin de Revit, Enscape. Al iniciar el plugin, se abre una ventana con una representación tridimensional del modelo BIM replicando a detalle las características del proyecto; esto permite la experiencia inmersiva al proyecto en donde se pueden observar texturas, detalles y errores que puedan presentarse en el mismo.



Figura 18 Reunión tradicional de trabajo con planos 2D

Fuente: Vecteezy.

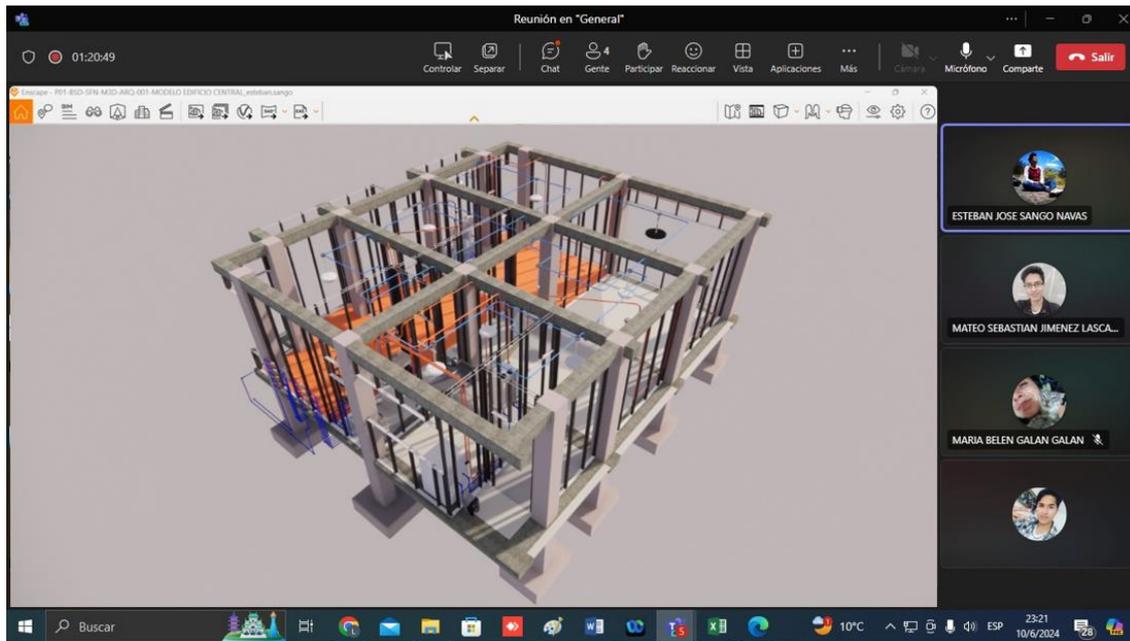


Figura 19 Reunión de trabajo con metodología BIM y RV.

Elaborado por: Belén Galán

Durante las sesiones de revisión virtual, los miembros del equipo pueden realizar recorridos virtuales por los diferentes entornos del modelo, esto significa que se puede visualizar las diferentes combinaciones de vistas que sea necesario. Todo eso se puede generar directamente en Revit en donde se genera vistas en 3D con los detalles que se requiera y éstas aparecen automáticamente en la pantalla de Enscape sin necesidad de exportar los modelos; de la misma manera sucede con las gafas de RV todo lo que se muestre en la pantalla de Enscape, se podrá visualizar en las gafas; además, mientras uno de los participantes realice el recorrido con realidad virtual, el resto del equipo puede ver en la pantalla de la computadora todo lo que se está visualizando en las gafas, de esta manera no se pierde la comunicación de todo el equipo aunque solo se puede conectar un par de gafas por computadora.



Figura 20 Visualización Realidad Virtual

Elaborado por: Belén Galán

En los recorridos virtuales por los diferentes escenarios del modelo, los participantes identifican errores o inconsistencias en el diseño, estos pueden ser omisiones en el diseño, conflicto entre los diseños de especialidades, problemas en los espacios e incluso la parte estética con la elección de materiales para acabados. Este tipo de problemas podrían resultar poco evidentes si fueran revisados en planos bidimensionales o visualización estática del modelo.

Enscape brinda una herramienta de comentarios en donde se puede ir registrando cada uno de los errores encontrados en tiempo real asegurando que cada especialista pueda tener su retroalimentación y posterior corrección de problemas.

Este software tiene la facilidad de almacenar cada uno de los errores encontrados por categorías (nuevo, en progreso, realizado y eliminado), lo que facilita la gestión y el seguimiento de cada uno de ellos

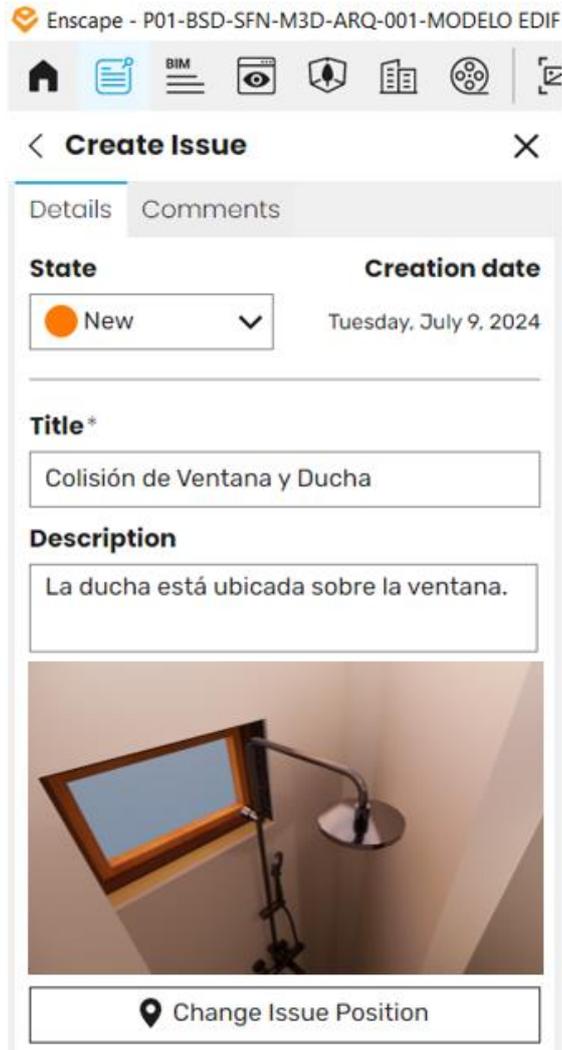


Figura 21 Registro de errores en Enscape

Elaborado por: Belén Galán

Esta herramienta de Enscape permite a los especialistas involucrados revisar cada error y solucionarlo de forma eficaz y eficiente. Además, en esta sección de registro de errores se encuentra una subopción de comentarios en donde cada especialista o integrante del equipo puede añadir detalles adicionales o sugerencias para resolver los problemas identificados. Esta función ayuda a mantener la comunicación continua y clara entre todos los miembros del equipo además, asegura que toda la información relevante quede registrada durante el proceso de revisión y corrección. Al llevar un registro actualizado de los cambios, Enscape mejora significativamente la colaboración y transparencia del trabajo, permitiendo que las modificaciones realizadas sean registradas adecuadamente y que

cada miembro sepa específicamente en que lugar del modelo se realiza, así se reducen confusiones y por tanto posibles errores en etapas posteriores de la construcción.

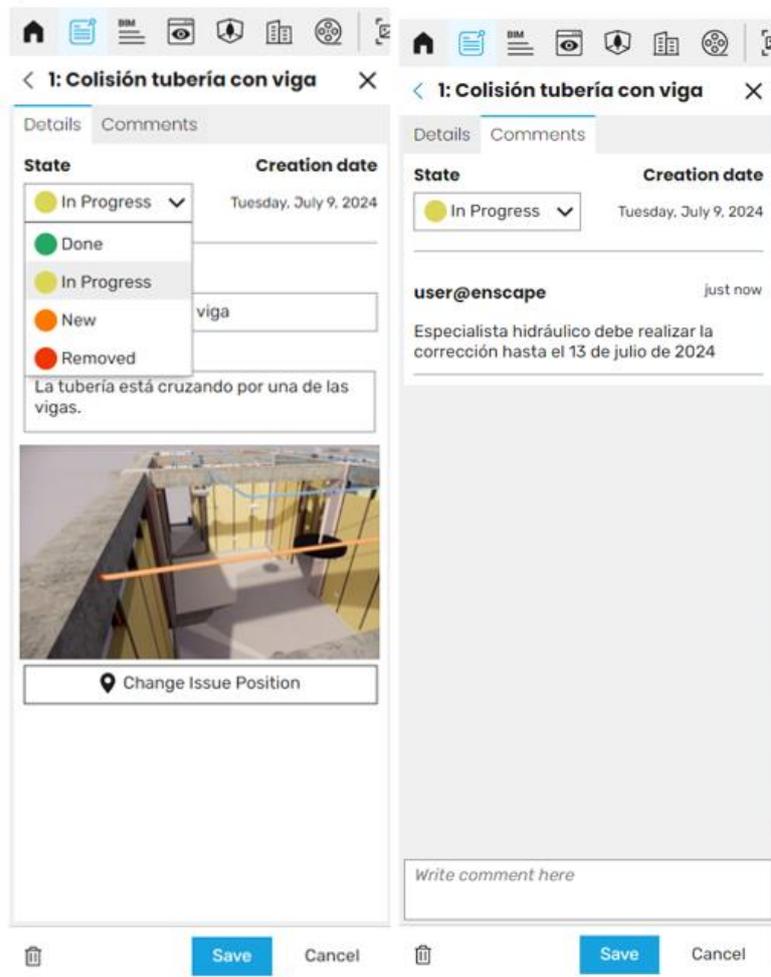


Figura 22 Registro de errores por categorías en Enscape

Elaborado por: Belén Galán

2.2.6 Promoción y Comercialización.

La colaboración de las gafas Meta Quest 2, Enscape y Revit permiten generar un ambiente de confianza, inmersivo, novedoso y personalizado para presentar el proyecto inmobiliario a inversores y clientes potenciales con un entorno realista como si estuvieran físicamente presentes. El uso de esta tecnología nos da paso a experiencias que unos planos, maquetas y fotografías de renderizados tradicionales no pueden ofrecer debido a que con la Realidad Virtual podemos brindar recorridos a través del proyecto explorando diferentes niveles, áreas, espacios y demás detalles que mantiene el modelo a escala real.

Durante estos recorridos los usuarios pueden interactuar con los diferentes espacios del modelo por ejemplo, cambiando la hora del día o el clima para sentir un ambiente más real y analizar como se sentirá estar en el edificio con cada variación de luz o estación. Además, al tener la facilidad de cambios en Revit, se puede ir variando los acabados finales y la decoración de los espacios acorde a lo que el cliente solicite, ajustando el diseño a sus preferencias y generando un deseo de no quedarse solo con la experiencia virtual si no volverlo algo real. La versatilidad de cambios en Revit permite personalizar las experiencias para los diferentes intereses del proyecto. Los inversores pueden enfocarse en los aspectos de carácter económico y estructural mientras que los clientes potenciales pueden enfocarse en revisar la comodidad que brinda los espacios modelados; además gracias a la facilidad de comunicación mediante internet, cualquier persona del mundo que tenga acceso a los modelos y a unas gafas de RV puede disfrutar de la experiencia inmersiva generando mayor alcance a la promoción del proyecto.



Figura 23 Recorrido virtual de un cliente.

Elaborado por: Belén Galán

Adicionalmente, Enscape permite la exportación de vistas 360 mediante códigos QR accesibles a todos los interesados. Estas vistas 360 se almacenan en la nube de Enscape y se puede acceder a ellos directamente desde su interfaz, esto facilita la visualización de los diferentes espacios del proyecto en dispositivos móviles como celulares o tablets. Esta herramienta resulta de gran ayuda al momento de presentar el proyecto a los clientes cuando no se dispone de las gafas de Realidad Virtual.



Figura 24 QR de vista 360 del proyecto.

Elaborado por: Belén Galán

Nota: puede escanear este QR para revisar la vista 360.

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Resultados

3.1.1 Reuniones interactivas y colaborativas

Para revisar los modelos, en lugar de realizar reuniones de trabajo con planos en 2D que a menudo suelen ser difíciles de interpretar y requieren una gran explicación por parte de los dibujantes, con la metodología BIM se llevan a cabo reuniones virtuales en donde se pueden visualizar los modelos en 3D a gran detalle sin necesidad de una explicación de por medio como se puede ver en la figura 19.

Por medio de reuniones virtuales, los participantes recorrieron los diferentes entornos de los modelos, lo que permitió visualizar de manera eficiente todas las combinaciones de vistas necesarias directamente desde Revit; estos recorridos incluyen la posibilidad de ver los modelos desde diferentes perspectivas o aspectos específicos como la estructura, instalaciones hidrosanitarias y eléctricas o acabados arquitectónicos. Además, gracias a la capacidad de visualización en tiempo real, se asegura que cada cambio o ajuste que se realice en los modelos sea visible inmediatamente para todos los miembros del equipo, lo que permite la optimización de las revisiones.

3.1.2 Visualización de errores

La implementación de la Realidad Virtual y la Metodología BIM en el proyecto inmobiliario “San Francisco del Norte permitieron identificar y corregir errores durante las diferentes fases del proyecto. Enscape permitió visualizar los modelos del proyecto en un espacio tridimensional y detallado lo que facilitó la detección de errores que pudieron ser omitidos en una revisión bidimensional. La herramienta de Enscape para escribir comentarios en los errores detectados permitió su registro ordenado y clasificado (nuevo, en progreso, realizado, eliminado) según la categoría de estos como se puede ver en la figura 22.

Este registro ordenado y a detalle permitió a cada especialista revisar y corregir los problemas de manera eficiente, además dio paso a que todos los participantes del equipo añadan detalles adicionales, comentarios o sugerencias para resolver los problemas identificados; esto a su vez aseguró la comunicación continua y clara entre todos los participantes creando un ambiente informativo en tiempo real sobre el estado de los modelos, sus errores, soluciones y avances.

3.1.3 Impacto de la Realidad Virtual en la Promoción y Difusión del Proyecto Inmobiliario

El impacto visual que ofrece esta tecnología de Realidad Virtual supera a gran escala los videos de renderizados que se utilizan comúnmente para promocionar un nuevo proyecto inmobiliario. Al visualizar el proyecto en tamaño real y completo, los clientes e inversores generan más confianza respecto a la calidad y la seguridad de los diseños. Un aspecto importante que se debe recordar en este punto es que el ser humano recuerda y habla con mayor facilidad de cosas que le parecen nuevas y novedosas. En ese contexto, es más probable que una persona que tuvo la experiencia inmersiva de San Francisco del Norte hable con todos sus conocidos de esta novedad y esto ayude a difundir el proyecto generando un incremento en el interés de inversión y de ventas. Por otro lado, utilizar tecnologías de Realidad Virtual en este proyecto inmobiliario demuestra que San Francisco se encuentra inmerso en el mundo tecnológico actual y esto puede llamar la atención de inversores modernos y visionarios

3.2 Conclusiones

El estudio y aplicación de las herramientas BIM para realidad aumentada demostraron ser una forma sistemática y eficiente de visualización a gran escala de los modelos de arquitectura e ingenierías en el proyecto inmobiliario San Francisco del Norte y de manera general para la industria de la construcción. Esta aplicación permite una comunicación fluida y brinda la posibilidad de nuevas formas de organización, promoción y venta de proyectos.

El empleo de Enscape como herramienta de visualización ha permitido al equipo de trabajo explorar los modelos del proyecto San Francisco de una manera más detallada e interactiva, facilitando el desarrollo de los modelos sin interferencias, además permite la creación de espacios inmersivos para las experiencias de los clientes potenciales e inversores.

El uso de las herramientas de realidad virtual facilitó la detección temprana de errores en los modelados (arquitectónico, estructural, hidrosanitario y eléctrico) gracias a la experiencia de visualización inmersiva y detallada; además facilita la interacción y comunicación entre los miembros del equipo; de esta manera se optimiza la modificación de los modelos y la toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida.

El trabajo colaborativo entre todas las especialidades involucradas en el proyecto ha sido fundamental para identificar y solventar todos los posibles errores u omisiones de los

modelos. La gestión de la información de la metodología BIM facilitó el trabajo colaborativo reduciendo los tiempos de diseño y los riesgos de tener costosos cambios asociados a errores futuros en la construcción real.

La utilización de herramientas BIM y realidad virtual mejoró la forma de trabajo del equipo. Gestionando las actividades correctamente y realizando un seguimiento a los modelos se evitó los conflictos entre las diferentes áreas del proyecto y minimizó los retrasos y costos adicionales por posibles errores no identificados a tiempo.

Utilizar Enscape y Realidad Virtual para generar espacios inmersivos para que los clientes o inversores conozcan a detalle el proyecto, mejora a gran escala el alcance de la promoción de este. Al ser una alternativa de promoción novedosa, diferencia el proyecto en el mercado y aumenta su atractivo y potencial de venta.

3.3 Recomendaciones

Se recomienda mantener una continua capacitación para el uso de herramientas y metodología BIM tanto para docentes como para estudiantes universitarios. Esto permitirá optimizar los tiempos de preparación, diseño y construcción en la industria. La Escuela Politécnica Nacional puede liderar una campaña de implementación de la metodología BIM colaborando con la industria constructiva y con el desarrollo de sus profesionales.

Se podría aplicar la Metodología BIM y las herramientas de Realidad Virtual en los proyectos de construcción del Ecuador para mejorar no solo la eficiencia y precisión en las etapas de diseño y modelado sino también la gestión de trabajo colaborativo y transparente.

Se recomienda replicar la metodología BIM y herramientas de Realidad Virtual no solo en construcciones inmobiliarias si no también en proyectos industriales de gran escala para mejorar la optimización de recursos y la eficiencia general de la industria constructiva en el Ecuador.

Las universidades y centros de investigación del Ecuador deberían apoyar a los estudiantes en proyectos que se enfoquen en usar modernas y eficientes tecnologías que permitan optimizar la forma de trabajo y aporten al desarrollo tecnológico del país. Las universidades deberían invertir en infraestructuras tecnológicas necesarias para poner en práctica la metodología BIM y la Realidad Aumentada, esto incluye computadoras con un hardware potente, licencias de softwares especiales y capacitaciones completas para que todos los estudiantes puedan ser partícipes de esta revolución en la construcción.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Andrades Bernuy, S. A., & Flores Velarde, A. A. (2020). Plan de ejecución BIM para la gestión de un proyecto de oficina en Lima Metropolitana (Tesis para optar el título profesional de Ingeniera Civil). Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Lima, Perú. Asesores: V. A. Zelaya Jara & J. M. Oblitas Santa María.
- [2] Barrera Mondragón, P. K., & Bernhard Rojas, J. S. (2020). Importancia de la metodología BIM en la gerencia de proyectos (Monografía para obtener el título de Ingenieros Civiles). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica, Ingeniería Civil. Tutor: I. H. Villota Posso.
- [3] Bimtool (20/07/2023) Las 7D (Dimensiones) del BIM. Recuperado de <https://www.bimtool.com/Article/15199783/Las-7D-Dimensiones-del-BIM#:~:text=La%20s%C3%A9ptima%20dimensi%C3%B3n%2C%20tambi%C3%A9n%20conocida,una%20vez%20finalizada%20su%20construcci%C3%B3n>.
- [4] Choclán Gámez, F., Soler Severino, M., & González Márquez, R. J. (s.f.). Introducción a la metodología BIM. Dpto. de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid, España.
- [5] Coloma Picó, E. (2008). Introducción a la tecnología BIM (Primera edición). Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica I, Secció Geometria Descriptiva, Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado de <http://www.practicaintegrada.com/storage/tecnologiabim/Introducción%20a%20la%20Tecnología%20BIM.pdf>
- [6] Comisión Interinstitucional BIM Costa Rica. (2024). Plan de Ejecución BIM: BEP, BIM Execution Plan (Versión 1).
- [7] Hadavi, A. & Alizadehsalehi, S. (2024). From BIM to metaverse for AEC industry. Automation in Construction, Volume 160. 105248. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105248>
- [8] International Organization for Standardization. (2018). ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building information modelling - Part 1: Concepts and principles. First edition
- [9] International Organization for Standardization. (2018). ISO 19650-2:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building information modelling - Part 2: Delivery phase of the assets. First Edition

- [10] Nicała, A. K., & Wodyński, W. (2016). Enhancing facility management through BIM 6D. *Procedia Engineering*, 164, 299-306. Creative Construction Conference 2016, CCC 2016, 25-28 de junio de 2016. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com>
- [11] Paguay Monteros, F. M., & Reyes Cruz, J. D. (2020). Interacciones entre BIM y Lean para la innovación de procesos de construcción en Ecuador (Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil mención Estructuras). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Director: H. J. Latorre Aizaga. Co-director: J. R. Vintimilla Jaramillo. Quito, Ecuador.
- [12] PcComponents (24 de octubre de 2023) ¿Qué es Steam Link? Juega a tus de PC con tu móvil, tablet y Smart TV. Recuperado de <https://www.pccomponentes.com/steam-link-que-es-jugar-streaming>
- [13] Pereira, D.; Oliveira, V.; Vilaça, JL; Carvalho, V.; Duque, D. (2023). Medición de la precisión de la computadora de mano Meta Quest 2 Controladores. *Actuadores* 2023,12, 257
- [14] Ramírez Rivera, J. (2022). Requisitos de información BIM (EIR) en la etapa de prefactibilidad de la fase de estudios y diseños en proyectos de infraestructura vial en Colombia. Universidad de los Andes. Recuperado de : <http://hdl.handle.net/1992/58085>
- [15] Ribones (2024) Qué es SteamVR y cómo utilizarlo. Recuperado de <https://vribones.com/que-es-steamvr/>
- [16] Steam (2024) Steam VR. Recuperado de <https://www.steamvr.com/es/>
- [17] Xataka (2020) MetaMeta Quest 2, análisis: una de las mejores (y asequibles) opciones para iniciarse en la realidad virtual. Recuperado de <https://www.xataka.com/analisis/metameta-quest-2-analisis-caracteristicas-precio-especificaciones>

5 ANEXOS

ANEXO I. EIR (Employer's Information Requirements).

ANEXO II. BEP (BIM Execution Plan).