

**Integración y coordinación de un proyecto de infraestructura existente de EPM con
metodología BIM en un periodo entre 2021-2027**

Edilma Elizabeth Roldan Cano

**Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Modelación y Coordinación
BIM de Edificaciones y Obras Civiles**

Director

Edwin León Moros

Mag. En Dirección y Gestión de Proyectos

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

Especialización en Modelación y Coordinación BIM de Edificaciones y Obras Civiles

2025

Dedicatoria

Esta monografía quiero dedicarla con todo mi amor a mi padre que está en el cielo, a mi hermosa madre que aún está en este plano terrenal y a mi esposo, quienes han sido ese apoyo y motivación para siempre superarme y a Dios, por ser ese dador máximo de oportunidades y bendiciones. El logro de esta meta va a ser por ustedes.

Agradecimientos

A mis docentes la especialización de la Universidad Santo Tomás, sede Bucaramanga, a mis compañeros Laura Mejía y Mateo Cardona, con quienes hice equipo durante esta etapa académica y además me apoyaron en uno de los momentos más difíciles de mi vida y a mi director y coordinador, el ingeniero Edwin León Moros por haber sido mi guía durante todo este proceso.

Contenido

Introducción	10
1. Implementación de la metodología BIM en un Proyecto de Infraestructura Hidroeléctrica Existente.....	12
1.1 Planteamiento del problema	12
1.2 Justificación	14
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo general	15
1.3.2 Objetivos específicos	15
2. Marco referencial	16
2.1 Marco teórico	16
2.1.1 Concepto de marco teórico	17
2.1.1.1 Elaboración del marco teórico.	18
2.1.1.1.1 Función del marco teórico.	18
2.2 Marco conceptual	19
2.3 Marco legal	21
3. Método	23
3.1 Participantes	23
3.2 Herramientas	23
3.3 Procedimientos	24
4. Resultados	25
4.1 Resultados del levantamiento y modelado	25
4.2 Coordinación interdisciplinaria	27
4.3 Gestión documental y colaboración en entorno común de datos (CDE)	28
4.4 Aportes técnicos al proyecto GUATRON	29
5. Discusión.....	30
6. Conclusiones	32
7. Acerca de las referencias (de su trabajo)	33
Referencias.....	34

Lista de tablas

Tabla 1.	<i>Componentes modelados por disciplina y nivel de desarrollo</i>	<i>26</i>
Tabla 2.	<i>Comparativo entre planificación tradicional y tradicional BIM.....</i>	<i>29</i>

Lista de figuras

Figura 1.	<i>Captura de nube de puntos de casa de máquinas de Troneras</i>	<i>25</i>
Figura 2.	<i>Captura de modelo desarrollado en Revit a partir de nube de puntos. Casa de máquinas Troneras</i>	<i>26</i>
Figura 3.	<i>Vista federada de un modelo con interferencias detectadas en Navisworks</i>	<i>27</i>
Figura 4.	<i>Organización documental del proyecto en Autodesk Construction Cloud.</i>	<i>28</i>
Figura 5.	<i>Ejemplo de flujo de información y control de versiones en CDE.....</i>	<i>28</i>

Resumen

En esta monografía se aborda un tema que representa varios retos técnicos y se analiza cómo en una infraestructura del tamaño de una hidroeléctrica existente, Empresas Públicas de Medellín, toma esta iniciativa con un proyecto piloto para implementar la metodología BIM entre los años 2021 y 2027, con el fin de mejorar la gestión de la información, la toma de decisiones y articulación entre los diferentes componentes y actores para este tipo de ejecución, destacando así, el uso de herramientas digitales y un entorno común de datos.

Palabras clave: Infraestructura, existente, hidroeléctrica, modernización, ACC

Abstract

This monograph explores the technical challenges of implementing BIM methodology in an existing hydroelectric infrastructure, using the Guadalupe Troneras Power Plant, operated by Empresas Públicas de Medellín, as a case study. Between 2021 and 2027, the organization is developing a pilot project focused on asset modernization and digitalization through the integration of BIM tools and a Common Data Environment (ACC). The aim is to optimize information management, improve decision-making, and strengthen coordination among stakeholders and project components. This experience highlights the potential of BIM to transform infrastructure management in Colombia's energy sector.

Keywords: Infrastructure, existing, hydroelectric, modernization, ACC

Glosario

BIM (Building Information Modeling): metodología que integra modelos tridimensionales, que permite gestionar digitalmente todos los elementos tanto constructivos, como su información durante todo el ciclo de vida de una edificación o una infraestructura.

ISO 1950: conjunto de normas internacionales que regulan la organización, digitalización y gestión de la información en proyectos BIM, con énfasis en eficiencia y colaboración.

ACC (Autodesk Construction Cloud): aplicativo digital conocido como entorno común de datos o CDE, aplicado en proyectos BIM que facilita la integración de los modelos, planos, documentos, fortaleciendo el trabajo colaborativo desde la nube.

CDE (Entorno Común de Datos): es la nube en donde se organiza, almacena y se comparte la información del proyecto BIM entre los diferentes actores y las diferentes disciplinas, garantizando trazabilidad y las versiones controladas.

Disciplinas: son aquellas actividades que se abordan desde los diferentes componentes, estos son, arquitectura, estructural, mecánica, eléctrico, control y civil desde sus otros enfoques.

Modelado 3D: representación gráfica tridimensional de los elementos físicos de un lugar o proyecto, utilizada como base para análisis, coordinación y planificación BIM.

Infraestructura existente: Conjunto de activos físicos ya construidos y en operación que requieren modernización, mantenimiento, y gestión digital para su conservación y mejora.

Modernización: actividades se aplican en una infraestructura existente para mejorar su desempeño, prolongar su vida útil e integrarla a procesos digitales como BIM.

Introducción

Desde la antigüedad, diferentes civilizaciones descubrieron cómo el agua podía ser fuente de generación de energía con el uso de ruedas hidráulicas o molinos de madera, a través de la potencia, movimiento y fuerza que estos elementos desarrollaban. Sin embargo, fue en la revolución industrial, cuando a finales del siglo XIX, James B. Frances desarrolló la turbina hidráulica Frances y Lester Pelton desarrolló la rueda Pelton, aumentando el auge del uso de energía hidráulica e impulsando la industria en ciudades como Nueva York, Boston, Londres.

Con el tiempo, se empezaron a construir centrales hidroeléctricas, consolidándose como pilares del sistema energético global, con grandes desarrollos en países como Estados Unidos, Canadá, Noruega, Brasil, China y Colombia sin excepción, en donde pondré como ejemplo, una de las empresas más importantes de este sector, Empresas Públicas de Medellín-EPM.

EPM, en sus inicios se llamó Empresa de Energía de Medellín, pero fue en 1955 cuando se consolidó como empresa de servicios públicos, cambiando su nombre a Empresas Públicas de Medellín.

Cuando nace esta empresa, su objetivo principal era suministrar energía eléctrica a la ciudad, especialmente para el tranvía. Dada esta necesidad, nace en 1921, la central hidroeléctrica Piedras Blancas, ubicada en la ladera oriental de Medellín, con una turbina Pelton y con el aprovechamiento de caída del agua para generar energía.

Posterior a la construcción de esta, EPM construyó la central hidroeléctrica Guadalupe I, ubicada en el municipio de Gómez Plata, la cual entró en operación en 1932, marcando otro hito en la ingeniería antioqueña. Guadalupe I, también aprovecho la fuerza del agua para generar energía, pero en este caso, tenía un objetivo más amplio, distribuir energía para Medellín y Antioquia.

Durante décadas, se construyeron este tipo de infraestructuras para operar de una manera robusta y con ciclos de vida muy extensos, teniendo a la fecha centrales que llevan construidas hace más de 40 o 50 años, presentando desafíos asociados a la obsolescencia tecnológica, en sus sistemas de control, planos hechos a mano y con una gran ausencia de documentación digital, componentes electromecánicos envejecidos e inconvenientes en la gestión de la información.

En Colombia a pesar de estas dificultades, las hidroeléctricas siguen siendo fundamentales en la matriz energética, por lo que se requiere modernizar este tipo de infraestructuras sin detener su operación, convirtiéndose en una necesidad crítica para EPM y, por ende, para las regiones.

Esto ha impulsado procesos de actualización tecnológica que incluyen la digitalización de planos y documentación técnica, implementación de sistemas de SCADA modernos, integración de nuevas metodologías para la gestión de activos existentes, la sustitución progresiva de equipos obsoletos sin afectar el suministro energético y la monitorización en tiempo real mediante instrumentación y modelos digitales.

Estas estrategias permiten que todas estas plantas de generación de energía operen con eficiencia, prolongando su vida útil y optimizando su rendimiento sin comprometer la continuidad del suministro eléctrico. (EPM, 2021)

1. Implementación de la metodología BIM en un Proyecto de Infraestructura

Hidroeléctrica Existente

1.1 Planteamiento del problema

La casa de máquinas de Guadalupe I (hoy convertida en museo¹), fue el inicio de la cadena de aprovechamiento hidroeléctrico, a través de la Central Guadalupe Troneras, conocida también como GUATRON y compuesta hoy por sus casas de máquinas Troneras, Guadalupe III, Guadalupe IV y sus captaciones, descargas de fondo, bocatomas y conducciones que se conectan desde la presa Miraflores.

Esta Central, tiene una amplia extensión, compartiendo su infraestructura emplazada en tres municipios de Antioquia como Gómez Plata (mencionado anteriormente), Carolina del Príncipe y Guadalupe. Como Central, ha enfrentado el desafío de mantener su eficiencia y seguridad operativa en un entorno cambiante, con tecnologías cada vez más exigentes y estándares de mantenimiento cada más rigurosos.

Una de las principales limitaciones en este tipo de activos, es la falta de documentación en tiempo real, dado de que, en la actualidad, gran parte de la información planimétrica está realizada a mano a través de dingrafo y almacenada en planotecas que no llevan un control documental y mucho menos un gestor documental. Los planos almacenados en estos sitios se encuentran desgastados, realizados en hojas de albanene o papel mantequilla, con escritura y dibujo borrosos, consecutivos planimétricos que no tienen continuidad y falta de información precisa y centralizada sobre los diferentes componentes constructivos, funcionalidad y operativos que esta central requiere.

¹ Construcción vieja en desuso que se considera museo.

Todo lo anterior, más ausencia de modelos digitales coordinados impide tener una visión unificada entre los equipos técnicos, retrasando los procesos de mantenimiento de la infraestructura de esta compleja cadena, aumentando la posibilidad de errores durante intervenciones o actualizaciones de sus sistemas. Por ende, se hace más crítica la necesidad de contar con un sistema de la información integral y colaborativa.

Por tanto, lo que es una necesidad, se convierte a la vez como una oportunidad y principio de mejora con la aplicación de la metodología BIM, para mejorar la gestión de la información, realizar modelos 3D y coordinar la información de la infraestructura existente y vieja, de manera estructurada, para actualizar y fortalecer los procesos técnicos asociados a su operación y mantenimiento.

Dado lo anterior, me permite plantear la siguiente pregunta:

¿Cómo puede la aplicación de procesos de gestión y coordinación BIM mejorar la estructuración, documentación y operación de la infraestructura existente de la Central hidroeléctrica Hidroeléctrica Guadalupe Troneras - GUATRON?

A partir de este momento, vamos a desarrollar un documento que le permitirá a usted como lector entender cómo a través de una estrategia colaborativa como la metodología BIM, que recopila, estructura y permite el desarrollo de modelos actualizados en tiempo real, nos puede dar lugar a evaluar y encontrar los diferentes retos que trae esta implementación en un proyecto existente como la central Hidroeléctrica Guadalupe Troneras – GUATRON, permitiéndonos llegar posiblemente a varias conclusiones que aportarán valor significativo en el análisis de esta monografía.

1.2 Justificación

Colombia, es un país que tiene una alta demanda energética debido al constante crecimiento de su población, lo que ha llevado a que empresas generadoras de energía enfrenten el reto de garantizar el suministro de energía de manera eficiente, sostenible y con calidad. Estas empresas, tienen infraestructuras que llevan más de 50 años de haberse construido, por lo que requieren procesos de modernización y mantenimiento avanzados para mantener una operación óptima con el fin de no afectar a la población por falta de este recurso y a su vez, no tener que enfrentar grandes multas por incumplimiento con el mercado energético colombiano.

Bajo este contexto, Empresas Públicas de Medellín-EPM, siendo una de las compañías más importantes del sector energético tanto a nivel nacional como internacional, ha emprendido estrategias para la implementación digital y mejora de los procesos en sus proyectos de generación. Por esto, para responder a esta necesidad, EPM y su Equipo BIM, teniendo en cuenta los lineamientos de BIM Colombia y el Plan BIM Chile, han impulsado desde 2017, usar la cadena GUATRON, como proyecto piloto en la implementación de esta metodología.

La aplicación de la metodología BIM, en una existente infraestructura como esta, representa una transformación frente a los métodos tradicionales al permitir la gestión integrada de la información, coordinación entre disciplinas, reducción de errores y trazabilidad a lo largo del ciclo de vida de este activo.

Finalmente, esta monografía busca evidenciar los beneficios reales al aplicar procesos de gestión y coordinación BIM en un proyecto hidroeléctrico existente, considerando su complejidad operativa y técnica.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar un análisis de la implementación BIM en los procesos de gestión y coordinación de la metodología en el proyecto de infraestructura existente, Central Hidroeléctrica Guadalupe Troneras, con el fin de evidenciar como ha sido su aplicación, optimización y gestión de la información técnica de este activo.

1.3.2 Objetivos específicos

- Definir una estrategia de recopilación, estructuración y modelado de la información utilizando herramientas BIM.
- Evaluar los beneficios y limitaciones del uso de BIM en la infraestructura de la Central Hidroeléctrica Guadalupe Troneras.

2. Marco referencial

2.1 Marco teórico

- **Building Information Modeling (BIM):** la metodología BIM constituye una herramienta clave para la gestión integral de proyectos, ya que permite crear y utilizar modelos digitales tridimensionales con información asociada que abarca todo el ciclo de vida del activo. A diferencia de los modelos 3D convencionales, el enfoque BIM incorpora datos funcionales, técnicos y operativos que pueden ser utilizados colaborativamente entre los actores del proyecto. Esta integración de información facilita la toma de decisiones y mejora la coordinación técnica en cada fase, desde la planificación hasta la operación y mantenimiento.
- **Gestión BIM en una infraestructura existente:** cuando se aplica BIM en edificaciones ya construidas, como en el caso de infraestructuras hidroeléctricas con décadas de antigüedad, se requiere adaptar la metodología a condiciones preexistentes. El proceso inicia con la recopilación de datos mediante revisión documental, levantamientos físicos y tecnologías como el escaneo láser 3D. Con estos insumos se genera un modelo digital del estado actual del activo, el cual sirve como base para estructurar la información, coordinar nuevas intervenciones y optimizar la planificación de mantenimiento. La gestión BIM en este contexto permite integrar lo existente con futuras mejoras técnicas de forma más eficiente.
- **Coordinación BIM:** la coordinación bajo entorno BIM consiste en integrar la información técnica generada por distintas disciplinas (arquitectura, estructura, redes, automatización, etc.) en un entorno común para revisar su compatibilidad. Esta labor implica detectar posibles conflictos o interferencias antes de la ejecución en obra, garantizando así una mayor eficiencia en el desarrollo del proyecto. Herramientas como Revit, Navisworks y Autodesk Construction Cloud

(ACC) permiten realizar estas tareas de forma visual y colaborativa, generando reportes de colisiones y mejorando la comunicación entre los equipos involucrados.

2.1.1 Concepto de marco teórico

EPM es una empresa pública propiedad del Municipio de Medellín, con amplia trayectoria en el sector energético colombiano y latinoamericano. Desde su fundación en 1955, ha liderado importantes proyectos hidroeléctricos como Hidroituango, Guatapé y la cadena Guadalupe Troneras (GUATRON). Desde 2017, EPM ha promovido la adopción progresiva de la metodología BIM en sus proyectos, mayormente infraestructura existente, como la cadena GUATRON, que cuenta con tres casas de máquinas principales: Troneras, Guadalupe III y Guadalupe IV.

Esta central, ha estado en operación desde su construcción en 1969 y está compuesta por una compleja red de captaciones, túneles, canales y sistemas de conducción que inician en su punto más alto desde la presa Miraflores. Su carácter estratégico para la generación energética del país exige procesos de mantenimiento y modernización avanzados, que pueden ser optimizados mediante la metodología BIM. Es por eso por lo que, a través de este marco teórico, se recopilan las ideas, definiciones y teorías que otras entidades ya han trabajado y que ayudan a conectar la teoría con la práctica. Es decir, no se trata de definir términos, sino de mostrar cómo esos conceptos se aplican realmente en un proyecto como la Central Hidroeléctrica Guadalupe Troneras - GUATRON.

2.1.1.1 Elaboración del marco teórico

Para esta monografía, se revisaron fuentes como la ISO 19650, el BIM Kit de Camacol, el Plan BIM Chile y las guías de implementación BIM de EPM, entre otros documentos técnicos y normativos actualizados. Estas referencias me permiten sustentar de forma rigurosa el enfoque que se dio en la gestión de la coordinación en la infraestructura existente que es objeto de estudio.

2.1.1.1.1 Función del marco teórico. El marco teórico desarrollado en esta monografía cumple un rol fundamental al proporcionar los fundamentos conceptuales y técnicos necesarios para comprender e interpretar la implementación de la metodología BIM en un proyecto de infraestructura hidroeléctrica existente, en el contexto específico de Empresas Públicas de Medellín (EPM) durante el periodo 2021–2027.

A través de este marco se contextualiza el uso del entorno BIM como estrategia para mejorar la gestión, articulación y digitalización de activos construidos hace varias décadas, delimitando el objeto de estudio “la infraestructura energética hidroeléctrica” y sustentando la formulación del problema. Asimismo, se integran elementos normativos y metodológicos que orientan la investigación, permitiendo enmarcar su alcance dentro de los desafíos propios de la modernización de este tipo de activos.

Este marco también facilita el análisis crítico de conceptos como interoperabilidad, ciclo de vida del activo, entorno común de datos (CDE) y coordinación interdisciplinaria, aspectos que resultan esenciales para entender los resultados obtenidos. Adicionalmente, incorpora referentes técnicos y regulatorios relevantes, como la norma ISO 19650, el Plan BIM Chile, el BIM KIT de Camacol y las Normas de Diseño de Infraestructura (NDI) en Colombia, lo cual permite contrastar la experiencia local con estándares internacionales.

En conjunto, este marco no solo fundamenta teóricamente la investigación, sino que también se convierte en un soporte clave para interpretar hallazgos, argumentar conclusiones y situar el caso de estudio dentro de un panorama más amplio de transformación digital en infraestructura pública.

2.2 Marco conceptual

A continuación, se presentan los conceptos fundamentales que sustentan el desarrollo de este análisis, enfocados en la metodología BIM y su aplicación en procesos de infraestructura hidroeléctrica existente:

- **Building Information Modeling (BIM):** metodología colaborativa que permite integrar la información de un proyecto en un entorno digital, centralizando datos geométricos, técnicos y operativos. A través de BIM se gestiona el ciclo de vida completo del activo, desde la fase de diseño hasta la operación y mantenimiento, promoviendo una toma de decisiones más eficiente (ISO 19650-1:2018 Eastman et al., 2021).
- **Infraestructura Existente:** hace referencia a construcciones físicas ya ejecutadas que están en operación o en proceso de adecuación. En este estudio, se aplica al caso de centrales hidroeléctricas como Guadalupe Troneras, diseñadas bajo metodologías tradicionales y que ahora se adaptan al entorno digital (Plan BIM Chile, 2021).
- **Modelo Digital:** representación tridimensional enriquecida con datos técnicos, funcionales y espaciales del activo físico. El modelo se actualiza progresivamente en cada fase del proyecto y sirve como base para análisis, coordinación y gestión.

- Nivel de Desarrollo (LOD): clasificación que indica el nivel de detalle, definición y confiabilidad de los elementos dentro del modelo BIM. Va desde LOD 100 (conceptual) hasta LOD 500 (documentación de operación) (BIM Forúm Colombia, 2019).
- Entorno Común de Datos (CDE): plataforma digital que permite la gestión, almacenamiento y control de los documentos y modelos generados durante el proyecto. Facilita la trazabilidad, colaboración y control de versiones entre los actores involucrados (BIM Forúm Colombia, 2018).
- Interoperabilidad: capacidad de los distintos software y plataformas para compartir e interpretar información sin pérdida de datos. Con la metodología BIM, se logra mediante el uso de la herramienta IFC.
- IFC (Industry Foundation Classes): es un esquema de datos abierto que permite describir la información de un activo construido, ya sea un edificio o una infraestructura (BuildingSMART Spain, s.f.)
- Navisworks: Navisworks es un software de revisión de modelos 3D para arquitectura, ingeniería y construcción. Compre una suscripción de Navisworks en la tienda oficial de Autodesk o a un distribuidor (Autodesk, Navisworks, s.f.).
- Revit: el software de BIM Revit ha sido concebido para el diseño arquitectónico, la ingeniería MEP, el diseño, el detallado y la ingeniería estructural y la construcción. Disponible de forma autónoma o como parte de AEC Collection (Autodesk, Revit, s.f.).
- Ciclo de vida del activo: describe las distintas etapas por las que pasa una infraestructura: concepción, diseño, construcción, operación, mantenimiento y eventual cierre o renovación. BIM integra información en cada fase para optimizar decisiones (Autodesk, ¿En qué consiste el proceso de BIM?, s.f.).

- Clash Detection (Detección de interferencias): proceso que permite identificar conflictos de diseño entre disciplinas antes de la ejecución en obra. Herramientas como Navisworks facilitan esta revisión previa, evitando sobrecostos y reprocesos (Autodesk, Funciones de Navisworks 2023, s.f.).
- Escaneo láser 3D: tecnología que permite capturar la geometría del entorno físico mediante nubes de puntos de alta precisión. Estos datos se utilizan para modelar el estado actual de una infraestructura existente (FARO, s.f.).

2.3 Marco legal

En el contexto colombiano, la implementación de la metodología BIM ha venido fortaleciéndose a través de políticas públicas, guías técnicas y marcos normativos que orientan su adopción progresiva en proyectos de infraestructura.

- Normativa BIM en Colombia: esta clasificación, promovida en el marco del Plan Nacional de BIM, busca unificar criterios de producción, control y entrega de información en los contratos estatales de infraestructura (Departamento Nacional de Planeación, 2020).
- Estándar ISO 19650: a nivel internacional, la norma ISO 19650 ha sido adoptada como referente por diversas organizaciones del sector público y privado. Esta serie normativa regula la organización y digitalización de la información en proyectos BIM mediante principios orientados a la colaboración, la gestión documental y el control de versiones. En el caso de Empresas Públicas de Medellín (EPM), esta norma ha sido tomada como base para estructurar sus lineamientos técnicos y procesos de información, en combinación con experiencias regionales como el Plan BIM Chile (ISO 19650-1:2018).

- BIM KIT de Camacol - BIM Fórum Colombia: desde 2017, EPM ha incorporado como referencia el BIM KIT desarrollado por el BIM Forum Colombia, el cual ofrece herramientas como guías metodológicas, plantillas de BEP, roles, perfiles y hojas de ruta para implementación de BIM. Este kit ha permitido estandarizar el lenguaje técnico y los flujos de trabajo dentro de los proyectos de infraestructura existentes, como en el caso de la Central Hidroeléctrica Guadalupe Troneras (GUATRON), integrando buenas prácticas locales con marcos internacionales como ISO 19650 y Plan BIM Chile (Cámara Colombiana de la Construcción, 2017).

3. Método

3.1 Participantes

El desarrollo de esta propuesta se apoyó en el equipo técnico BIM de Empresas Públicas de Medellín (EPM), así como en profesionales de las áreas de mantenimiento, ingeniería civil, eléctrica, mecánica e infraestructura hidráulica. Además, se contó con el acompañamiento académico del director de la monografía y el respaldo bibliográfico de normativas nacionales e internacionales como ISO 19650, el Plan BIM Chile y el BIM Kit de Camacol. La participación de especialistas en modelado, escaneo 3D y gestión documental permitió estructurar una propuesta integral adaptada a la realidad operativa de la Central GUATRON.

3.2 Herramientas

Para el levantamiento y modelado de la infraestructura existente, se utilizaron las siguientes herramientas tecnológicas:

- Escáner láser 3D: para capturar las condiciones actuales de las casas de máquinas y conducciones o estructuras hidráulicas.
- Software Autodesk ReCap: para procesar las nubes de puntos.
- Autodesk Revit: para la creación del modelo paramétrico tridimensional de arquitectura, estructuras y elementos electromecánicos.
- Autodesk Navisworks: para la coordinación entre disciplinas, detección de interferencias y revisión de modelos.
- Autodesk Construction Cloud (ACC): como entorno común de datos (CDE), para la gestión documental y colaboración en la nube.

- Plantilla BEP (Plan de Ejecución BIM): adaptada por EPM como guía para la implementación de la metodología BIM, basada en el BIM Kit de Camacol.
- Normas ISO 19650: para estructurar los flujos de trabajo y la jerarquía de la información técnica.

3.3 Procedimientos

La ejecución del proyecto se organizó en las siguientes etapas metodológicas:

- Diagnóstico documental: revisión de planos existentes, inspección física de las instalaciones y entrevistas semiestructuradas con personal técnico de EPM.
- Captura de información: registro de condiciones actuales mediante escaneo láser 3D, obteniendo nubes de puntos de alta precisión.
- Procesamiento y modelado: limpieza de la nube de puntos e interpretación mediante modelado BIM en Revit, abarcando estructuras, arquitectura y sistemas electromecánicos, con enfoque As-built.
- Coordinación y revisión: integración de modelos en Navisworks, sesiones técnicas para detección de interferencias y validación conjunta por parte del equipo.
- Gestión colaborativa: uso de Autodesk Construction Cloud como CDE para compartir archivos, controlar versiones y estructurar los entregables digitales.
- Documentación final: aplicación de la plantilla BEP adaptada, generación de planos técnicos, modelos IFC y codificación estructurada conforme a los lineamientos del Plan BIM Colombia (Departamento Nacional de Planeación, 2021)

4. Resultados

Como resultado del desarrollo de esta propuesta de análisis de implementación BIM en la Central Hidroeléctrica Guadalupe Troneras-GUATRON, se obtuvieron hallazgos concretos y significativos en cuatro frentes principales: modelado, coordinación, gestión documental y aporte técnico. A continuación, se describen los principales resultados derivados del análisis.

4.1 Resultados del levantamiento y modelado

El levantamiento de las condiciones físicas se realizó mediante escaneo láser 3D, lo que permitió capturar con alta precisión las dimensiones y características de las casas de máquinas y componentes técnicos (eléctricos, mecánicos, estructurales y de control). Esta nube de puntos fue procesada en Autodesk ReCap y posteriormente utilizada como base para el modelado BIM en Revit.

Figura 1. *Captura de nube de puntos de casa de máquinas de Troneras*



Tomado de (CDE Proyecto GUATRON-EPM, 2025).

El modelo desarrollado alcanzó un nivel de detalle aproximado LOD 350, representando fielmente la arquitectura, estructura y sistemas electromecánicos existentes. Este modelo sirve como base para consolidar el modelo as-built, el cual continúa actualizándose conforme avanza la ejecución del proyecto.

Figura 2. Captura de modelo desarrollado en Revit a partir de nube de puntos. Casa de máquinas Troneras



Tomado de (CDE Proyecto GUATRON-EPM, 2025).

Tabla 1. Componentes modelados por disciplina y nivel de desarrollo

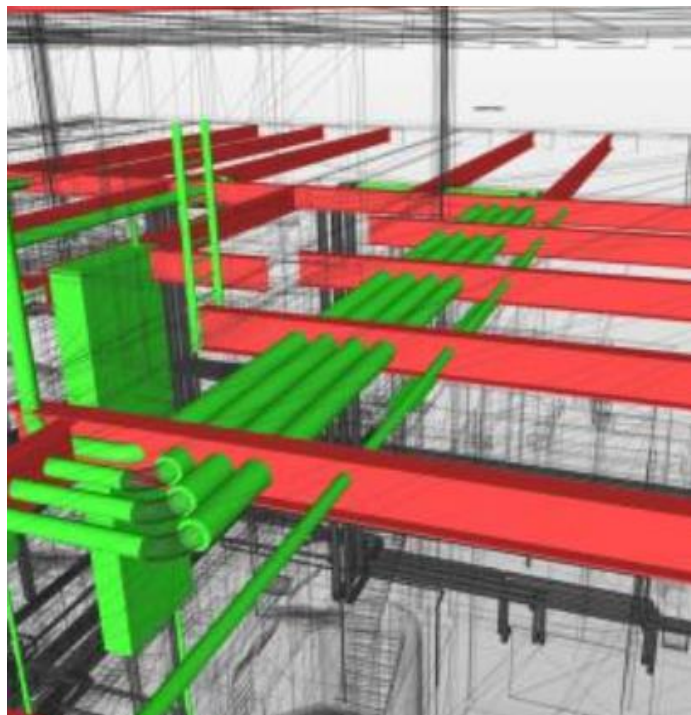
Disciplina	Área modelada	Elementos modelados	Nivel de detalle (LOD)
Arquitectura	Casas de máquinas, oficinas técnicas, accesos	Muros, puertas, cubiertas, ventanas y acabados	LOD350
Estructural	Muros de contención, cimentaciones, estructuras metálicas, conducciones	Vigas, columnas, placas, anclajes	LOD350
Eléctrico	Equipos eléctricos de media y baja tensión, barrajes generadores, equipos de patio y reguladores de tensión	Tableros, transformadores, servicios auxiliares	LOD300
Mecánica	Tuberías, válvulas, unidades hidráulicas, equipos de turbina	Válvulas de admisión, sistemas colectores de fugas de aceite, by-pass, sistemas contrachorro, sistemas de accionamiento	LOD300
Control, instrumentación y protecciones	Equipos de control	tableros, instrumentación, bandejas portacables, soportería	LOD300

Adaptado de: (Roldan, 2025).

4.2 Coordinación interdisciplinaria

La integración de los modelos individuales se realizó en Navisworks, generando un modelo federado. Este sirvió como soporte para sesiones de coordinación técnica, donde se identificaron interferencias entre disciplinas, principalmente entre elementos arquitectónicos, estructurales y eléctricos. Estas detecciones tempranas permitieron realizar ajustes antes de la ejecución, reduciendo reprocesos y riesgos en obra (Autodesk, 2023).

Figura 3. *Vista federada de un modelo con interferencias detectadas en Navisworks*



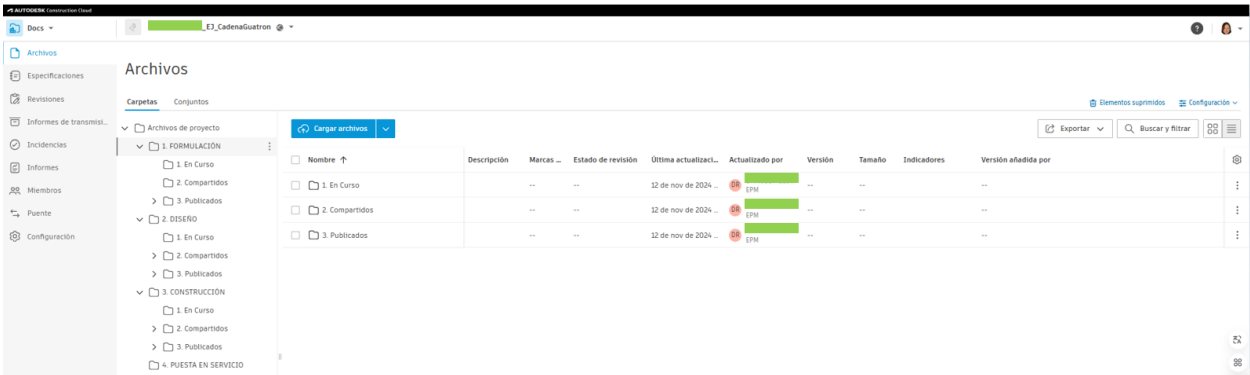
Tomado de (Autodesk university, 2014).

Durante las sesiones de coordinación participaron profesionales de ingeniería civil, eléctrica, mecánica y automatización, quienes validaron las colisiones y propusieron soluciones desde los modelos. Esta dinámica de trabajo facilitó una toma de decisiones técnica y anticipada.

4.3 Gestión documental y colaboración en entorno común de datos (CDE)

Toda la información generada fue gestionada en la plataforma Autodesk Construction Cloud (ACC), implementada como entorno común de datos (CDE) para el proyecto. Desde esta plataforma se llevó a cabo el control de versiones, trazabilidad de documentos y acceso remoto por parte de los equipos multidisciplinarios.

Figura 4. Organización documental del proyecto en Autodesk Construction Cloud.



Tomado de (CDE Proyecto GUATRON-EPM, 2025).

Adicionalmente, se implementaron flujos de aprobación y revisión digital, los cuales permitieron hacer seguimiento a los entregables por fase, disciplina, usuario y versión. Esta trazabilidad documental permitió cumplir con requisitos de control técnico y normativo.

Figura 5. Ejemplo de flujo de información y control de versiones en CDE

REVISIONES										
Estado	ID	Ronda actual	Nombre de la revisión	Flujo de trabajo	Iniciada por	Responsable	Vencim. próxima acción	Creado el	Finalizado el	Total de archivos
ABIERTA	2482	1	LT3.7 Lista de Items, Cantidades y Presupuesto Civil Bocatorma GIV-RD-Fase II	Flujo de entregable Civil Fase II			18 de jul. de 2025 16:28	11 de jul. de 2025 16:28	—	3
ABIERTA	2482	1	LT3.7 Lista de Items, Cantidades y Presupuesto Civil Bocatorma GIV-RD-Fase II	Flujo de entregable Civil Fase II			18 de jul. de 2025 16:28	11 de jul. de 2025 16:28	—	3
ABIERTA	2482	1	LT3.7 Lista de Items, Cantidades y Presupuesto Civil Bocatorma GIV-RD-Fase II	Flujo de entregable Civil Fase II			18 de jul. de 2025 16:28	11 de jul. de 2025 16:28	—	3
ABIERTA	2480	1	LT3.5 Lista de Items, Cantidades y Presupuesto Civil Bocatorma GIB-RD-Fase II	Flujo de entregable Civil Fase II			18 de jul. de 2025 16:23	11 de jul. de 2025 16:23	—	3
ABIERTA	2480	1	LT3.5 Lista de Items, Cantidades y Presupuesto Civil Bocatorma GIB-RD-Fase II	Flujo de entregable Civil Fase II			18 de jul. de 2025 16:23	11 de jul. de 2025 16:23	—	3
ABIERTA	2480	1	LT3.4 Lista de Items, Cantidades y Presupuesto Civil Bocatorma GIB-RD-Fase II	Flujo de entregable Civil Fase II			18 de jul. de 2025 16:05	11 de jul. de 2025 16:05	—	1
ABIERTA	2484	1	LT9.1 Lista de Items, Cantidades y Presupuesto Civil Bocatorma GIB-RD-Fase II	Flujo de entregable Civil Fase II			17 de jul. de 2025 19:15	10 de jul. de 2025 19:15	—	2
ABIERTA	2484	1	LT9.1 Lista de Items, Cantidades y Presupuesto Civil Bocatorma GIB-RD-Fase II	Flujo de entregable Civil Fase II			17 de jul. de 2025 19:15	10 de jul. de 2025 19:15	—	2
ABIERTA	2483	1	LT8.2 Lista de Items, Cantidades y Presupuesto Civil Bocatorma GIB-RD-Fase II	Flujo de entregable Civil Fase II			17 de jul. de 2025 19:00	10 de jul. de 2025 19:00	—	10
ABIERTA	2483	1	LT8.2 Lista de Items, Cantidades y Presupuesto Civil Bocatorma GIB-RD-Fase II	Flujo de entregable Civil Fase II			17 de jul. de 2025 19:00	10 de jul. de 2025 19:00	—	10
ABIERTA	2483	1	LT8.2 Lista de Items, Cantidades y Presupuesto Civil Bocatorma GIB-RD-Fase II	Flujo de entregable Civil Fase II			17 de jul. de 2025 19:00	10 de jul. de 2025 19:00	—	10
ABIERTA	2483	1	LT8.2 Lista de Items, Cantidades y Presupuesto Civil Bocatorma GIB-RD-Fase II	Flujo de entregable Civil Fase II			17 de jul. de 2025 19:00	10 de jul. de 2025 19:00	—	10
ABIERTA	2483	1	LT8.2 Lista de Items, Cantidades y Presupuesto Civil Bocatorma GIB-RD-Fase II	Flujo de entregable Civil Fase II			17 de jul. de 2025 19:00	10 de jul. de 2025 19:00	—	10
ABIERTA	2483	1	LT8.2 Lista de Items, Cantidades y Presupuesto Civil Bocatorma GIB-RD-Fase II	Flujo de entregable Civil Fase II			17 de jul. de 2025 19:00	10 de jul. de 2025 19:00	—	10
ABIERTA	2483	1	LT8.2 Lista de Items, Cantidades y Presupuesto Civil Bocatorma GIB-RD-Fase II	Flujo de entregable Civil Fase II			17 de jul. de 2025 19:00	10 de jul. de 2025 19:00	—	10

Tomado de (CDE Proyecto GUATRON-EPM, 2025)

4.4 Aportes técnicos al proyecto GUATRON

La implementación de la metodología BIM ha permitido consolidar modelos digitales confiables que aportan a la planificación técnica, el mantenimiento programado y la toma de decisiones operativas. Entre los beneficios observados, se destacan:

- Mayor precisión en los modelos gracias al escaneo 3D.
- Reducción de reprocesos mediante detección temprana de interferencias.
- Mejora en la gestión documental y en la trazabilidad de versiones.
- Uso de formatos IFC, que ha promovido la interoperabilidad entre plataformas y actores del proyecto, alineado con la norma ISO 19650 (International Organization for Standardization, 2018).

Tabla 2. *Comparativo entre planificación tradicional y tradicional BIM*

Puntos de comparación	Planificación tradicional	Planificación con BIM
Visualización del proyecto	Planos 2D limitados, hechos a mano, con desgaste y poco entendibles para todos los actores	Modelos 3D, con planos referenciados, con visualización integrada y precisa
Detección de interferencias	Tardía, generalmente durante la ejecución	Temprana, desde la fase de diseño con herramientas como Revit y Navisworks
Coordinación entre disciplinas	Fragmentada porque requiere de reuniones presenciales y muchas visitas en sitio	Centralizada, con revisión simultánea desde las diferentes disciplinas en el ACC
Actualización de información	Lenta, manual, muy propensa a errores	Automatizada y disponible en tiempo real
Toma de decisiones	Basada en experiencia y documentos impresos	Soportada en datos de modelos y análisis interdisciplinario
Gestión documental	Activos dispersos en diferentes plataformas y muy dependiente de la gestión de una persona encargada	Documentos centralizados con control de versiones en el ACC
Tiempo de respuesta entre cambios	Alta, con riesgos de reprocesos	Rápida, con trazabilidad y menor riesgos de reprocesos

Adaptado de: (Roldan, 2025)

5. Discusión

Los resultados obtenidos en esta monografía demuestran que la implementación de la metodología BIM en una infraestructura existente, como la Central Hidroeléctrica Guadalupe Troneras, genera impactos significativos en la gestión técnica, documental y operativa del proyecto. Considerando la antigüedad de esta central y la complejidad de sus componentes, la aplicación de un enfoque digital permitió abordar los procesos de modernización de manera más estructurada y eficiente.

La incorporación de normas internacionales como la ISO 19650 (International Organization for Standardization, 2018) y herramientas como el BIM Kit de Camacol (BIM Fórum Colombia, 2017) proporcionó una base metodológica sólida para la organización de la información técnica y el diseño de flujos de trabajo colaborativos adaptados al contexto colombiano. Este marco normativo permitió, además, estandarizar procesos y facilitar la interoperabilidad entre disciplinas mediante el uso de formatos abiertos como IFC.

Uno de los avances más relevantes fue la consolidación de un modelo As-built confiable, construido a partir del escaneo láser 3D y desarrollado con herramientas como Autodesk Revit, Navisworks y Construction Cloud (ACC). Este modelo facilitó la coordinación interdisciplinaria desde etapas tempranas, promoviendo una revisión técnica más precisa, mayor trazabilidad y una comunicación fluida entre los equipos.

No obstante, también se identificaron desafíos importantes, entre ellos la necesidad de adaptar la plantilla BEP a condiciones específicas del proyecto, lo cual demandó tiempo, validaciones internas y ajustes en su aplicación. Además, se evidenció cierta resistencia al cambio por parte de algunos actores involucrados, especialmente en lo relacionado con la transición hacia entornos colaborativos y la gestión digital de información.

En términos generales, la experiencia con GUATRON demuestra que el uso de BIM no está limitado a proyectos de nueva construcción, sino que puede ser altamente efectivo en procesos de modernización de infraestructura existente. Esta metodología permite mejorar la planificación, reducir errores, optimizar el mantenimiento y facilitar el control sobre el ciclo de vida del activo, lo cual es particularmente relevante para entidades públicas del sector energético. La experiencia obtenida en este proyecto podría servir como modelo de referencia para iniciativas similares en EPM o en otras organizaciones del país (Cámara Colombiana de la Construcción, 2017).

6. Conclusiones

- La metodología BIM permitió estructurar y coordinar de forma eficiente la información técnica del proyecto GUATRON, superando las limitaciones del enfoque tradicional y consolidando una base sólida para futuras implementaciones en EPM u otras entidades del sector energético nacional.
- El uso de modelos As-built desarrollados en Revit, junto con herramientas de coordinación como Navisworks, facilitó la detección temprana de interferencias y mejoró sustancialmente la toma de decisiones durante el desarrollo del proyecto.
- La implementación del entorno común de datos (CDE), a través de Autodesk Construction Cloud (ACC) permitió fortalecer el trabajo interdisciplinario, garantizando trazabilidad documental, control de versiones y colaboración entre los distintos equipos técnicos.
- El uso de marcos normativos como la ISO 19650 y el BIM Kit de Camacol fue clave para organizar los flujos de trabajo, estandarizar los procesos y adaptar las metodologías digitales a las particularidades del contexto colombiano.
- La experiencia demostró que la metodología BIM no solo es viable para proyectos nuevos, sino también altamente efectiva en procesos de modernización de infraestructura existente, generando aportes concretos en sostenibilidad, eficiencia operativa y calidad técnica.
- A pesar de los avances, persisten retos relacionados con la estandarización de prácticas, la interoperabilidad entre plataformas y la resistencia al cambio por parte de algunos profesionales frente a la adopción de nuevas tecnologías y procesos digitales.

7. Acerca de las referencias (de su trabajo)

El desarrollo de este trabajo se realizó bajo un contexto académico, en donde se realizó una investigación propia al interior de Empresas Públicas de Medellín-EPM y se consultaron fuentes como los BIM Kit de Camacol, el BIM Smart, Plan BIM Chile, la página de El Faro (plataforma de escaneo en 3D), la página web ISO, de la ISO 19650 y la página de Autodesk.

Referencias

- Autodesk. (s.f.). Recuperado el 2025, de <https://www.autodesk.com/es/solutions/bim/benefits-of-bim>
- Autodesk. (s.f.). Recuperado el 2025, de https://www.autodesk.com/mx/search?qt=revit&sn=es_MX&us_op=dotcom
- Autodesk. (s.f.). Recuperado el 2025, de https://www.autodesk.com/es/products/navisworks/features?us_oa=dotcom-us&us_si=d7208bb8-da5c-4579-bc59-d478e203843d&us_st=Detecci%C3%B3n%20de%20interferencias
- Autodesk. (s.f.). Autodesk. Recuperado el 2025, de <https://www.autodesk.com/es/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/ESP/What-is-Navisworks.html>
- Autodesk university. (2014). Introduction to Project Reviews Using Navisworks. *Introduction to Project Reviews Using Navisworks*. UK. Recuperado el 2025, de <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Introduction-Project-Reviews-Using-Navisworks-2014#handout>
- BIM Forúm Colombia. (2018). Guía de Gestión de Información BIM. (B. F. Colombia, Ed.) Obtenido de <https://camacol.co/sites/default/files/descargables/Gestion%20de%20la%20Informaci%C3%B3n%20BIM%20V2.pdf>
- BIM Forúm Colombia. (2019). GUÍAS PARA LA ADOPCIÓN BIM EN LAS ORGANIZACIONES. *Guía de modelado BIM*. (B. F. Colombia, Ed.) Bogotá. doi:<https://camacol.co/sites/default/files/descargables/2-%20Guia%20de%20Modelado%20BIM-co.pdf>
- BuildingSMART Spain. (s.f.). BuildingSMART Spain. Obtenido de <https://www.buildingsmart.es/bim/openbim/ifc/>
- Cámara Colombiana de la Construcción. (2017). BIM Fórum. Obtenido de <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum/bim-kit>
- CDE Proyecto GUATRON-EPM. (2025). CDE Proyecto GUATRON.

CDE Proyecto GUATRON-EPM. (2025). CDE Proyecto GUATRON.

Departamento Nacional de Planeación. (2020). *Estrategia de Adopción BIM en Colombia*.

Obtenido

de

<https://camacol.co/sites/default/files/LANZAMIENTO%20DE%20LA%20ESTRATEGIA%20DE%20ADOPCIÓN%20BIM%20EN%20COLOMBIA.pdf>

EPM, E. P. (2021). Guía de aplicación BIM en proyectos de infraestructura de generación.

Documento interno – Dirección de Proyectos Sostenimiento Generación. Medellín, Antioquia, Colombia.

FARO, A. (s.f.). Obtenido de <https://www.faro.com/es-MX/Products/Hardware/FARO-Blink>

ISO 19650-1:2018 Eastman et al. (2021). *ISO*. (Eastman et) Obtenido de ISO 19650-1:2018:

<https://www.iso.org/standard/68078.html>

ISO 19650-1:2018. (s.f.). *ISO*. Obtenido de ISO 19650-1:2018:

<https://www.iso.org/standard/68078.html>

Plan BIM Chile. (2021). *Estándar BIM para Proyectos Públicos*. Obtenido de BIM Forum Chile:

<https://bimforum.cl/download/estandar-bim-para-proyectos-publicos/>

Roldan. (2025).