

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
SECCIÓN DE INGENIERÍA



ARTÍCULO CIENTÍFICO FINAL DE CURSO DE ESPECIALIZACIÓN:
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM PARA INGENIERÍA.

TEMA DEL ARTÍCULO:
COMPARACIÓN ENTRE LA METODOLOGÍA BIM Y EL MÉTODO TRADICIONAL, EN LAS REDES HIDRÁULICAS.

PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

CRISTIAN DUVÁN ARGUETA AVELAR	AA17038
EFRAÍN ALEJANDRO FLORES PORTOBANCO	FP17011
HAYDEE GISSELLE VILLALTA ROSA	VR18028

DOCENTE ASESOR:
ING. DAVID ARNOLDO CHÁVEZ SARAVIA.

NOVIEMBRE DE 2025
SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES



M.SC. JUAN ROSA QUINTANILLA

RECTOR

DRA. EVELYN BEATRIZ FARFÁN MATA

VICERRECTORA ACADÉMICA

M.SC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

SECRETARIO GENERAL

LIC. CARLOS AMILCAR SERRANO RIVERA

FISCAL GENERAL

LICDA. ANA RUTH AVELAR VALLADARES

DEFENSORA DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
AUTORIDADES



M.SC. CARLOS IVÁN HERNÁNDEZ FRANCO
DECANO

DRA. NORMA AZUCENA FLORES RETANA
VICEDECANA

LIC. CARLOS DE JESÚS SÁNCHEZ
SECRETARIO

ING. JOSÉ LUIS CASTRO CORDERO
DIRECTOR DE LA ESCUELA O JEFE DE DEPARTAMENTO

ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA
COORDINADORA DEL PROCESO DE GRADO DEL DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

INDICE

RESUMEN	5
PALABRAS CLAVE	5
ABSTRACT	6
KEYWORDS	6
INTRODUCCIÓN	7
METODOLOGÍA	8
CONTEXTO	8
¿QUÉ ES BIM?	8
Ventajas de BIM	8
Desventajas de BIM	8
DIFERENCIAS ENTRE BIM Y LA METODOLOGÍA ACTUAL	9
APLICACIONES DE BIM EN PROYECTOS	9
NORMATIVA ISO: 19650	10
REGLAMENTOS Y NORMATIVAS LOCALES DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA EN EL SALVADOR	10
REDES HIDRÁULICAS URBANAS	11
PROCESO ACTUAL DE UN PROYECTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO (PASO A PASO)	12
PROCESO COMPLETO DE UN PROYECTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO USANDO HERRAMIENTAS BIM (PASO A PASO)	15
RESULTADOS	19
DISCUSIÓN	20
CONCLUSIÓN	22
BIBLIOGRAFÍA	23

COMPARACIÓN ENTRE LA METODOLOGÍA BIM Y EL MÉTODO TRADICIONAL, EN LAS REDES HIDRÁULICAS.

RESUMEN

La investigación compara el método tradicional de diseño asistido por computadora (CAD 2D) con la metodología Building Information Modeling (BIM) en la planificación y gestión de redes hidráulicas urbanas.

En la introducción, se plantea la necesidad de modernizar los procesos técnicos ante las limitaciones del método convencional, caracterizado por la fragmentación de la información y la falta de coordinación entre disciplinas.

En los resultados, se evidencia que BIM permite integrar en un solo modelo tridimensional toda la información geométrica, hidráulica y constructiva del proyecto, optimizando la planificación, el control y la detección de interferencias.

Además, posibilita la automatización de presupuestos (5D), la programación de obra (4D) y la gestión del mantenimiento (6D y 7D), extendiendo su aplicación a lo largo de todo el ciclo de vida de la infraestructura.

La discusión destaca que BIM representa una herramienta colaborativa que

ayuda con las limitaciones del método tradicional, al mejorar la precisión, la eficiencia y la coordinación técnica. No obstante, su implementación requiere inversión en capacitación y recursos tecnológicos, así como la adaptación de los marcos institucionales para su adopción gradual en el país.

Finalmente, la conclusión reafirma que la metodología BIM constituye la alternativa más eficiente y sostenible para el diseño y gestión de redes hidráulicas urbanas, promoviendo una transformación digital en la ingeniería civil salvadoreña orientada hacia la eficiencia, sostenibilidad y modernización del sector

PALABRAS CLAVE

BIM, redes hidráulicas, Revit, modelado 3D, metodología constructiva.

COMPARISON BETWEEN THE BIM METHODOLOGY AND THE TRADITIONAL METHOD, IN HYDRAULIC NETWORKS.

ABSTRACT

This research compares the traditional Computer-Aided Design (CAD 2D) method with the Building Information Modeling (BIM) methodology in the planning and management of urban hydraulic networks.

In the introduction, the study highlights the need to modernize technical processes due to the limitations of the conventional method, characterized by fragmented information and lack of coordination between disciplines.

In the results, it is shown that BIM integrates all geometric, hydraulic, and construction data into a single three-dimensional model, optimizing planning, control, and clash detection.

It also enables automated budgeting (5D), scheduling (4D), and long-term maintenance management (6D and 7D), extending its application throughout the entire project life cycle.

The discussion highlights that BIM represents a collaborative tool that helps with the limitations of the traditional method, by improving accuracy, efficiency and technical

coordination. However, its successful implementation requires investment in training, technological resources, and the adaptation of institutional frameworks for gradual adoption in the country.

Finally, the conclusion confirms that the BIM methodology is the most efficient and sustainable alternative for the design and management of urban hydraulic networks, fostering a digital transformation in Salvadoran civil engineering aimed at efficiency, sustainability, and modernization of the sector.

KEYWORDS

BIM, hydraulic networks, Revit, 3D modelling, construction methodology.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el diseño y la gestión de redes hidráulicas urbanas enfrentan el desafío de adaptarse al crecimiento poblacional, a la expansión desordenada de las ciudades y a la necesidad de infraestructuras más eficientes y sostenibles.

Los métodos tradicionales basados en planos bidimensionales (CAD 2D) y documentación dispersa han demostrado limitaciones notables para representar con precisión los sistemas de abastecimiento de agua potable, alcantarillado sanitario y drenaje pluvial.

Estas limitaciones dificultan la coordinación, la detección temprana de interferencias y la optimización de recursos durante la ejecución de los proyectos, lo que repercute directamente en los costos, los plazos de construcción y la calidad del servicio hidráulico.

La metodología Building Information Modeling (BIM) surge como una alternativa innovadora que transforma la manera de planificar, diseñar, construir y gestionar infraestructuras hidráulicas.

BIM permite integrar en un único modelo tridimensional toda la información técnica, geométrica y administrativa de un

proyecto, favoreciendo la colaboración entre profesionales, la automatización de procesos y la gestión del ciclo de vida completo de la obra.

En El Salvador, la aplicación de BIM en proyectos de ingeniería civil representa un paso hacia la modernización del sector y la digitalización de los procesos constructivos.

Su adopción en redes de agua potable, alcantarillado sanitario y drenaje pluvial constituye una oportunidad para mejorar la eficiencia técnica, reducir errores de diseño y fortalecer la sostenibilidad de los sistemas urbanos.

No obstante, su implementación requiere inversión en tecnología, capacitación y la adecuación de los marcos normativos existentes.

La investigación tiene como objetivo comparar el uso de la metodología tradicional con la metodología BIM en la planificación y ejecución de sistemas hidráulicos, con el fin de analizar los métodos actualmente empleados, evaluar las diferencias entre ambos enfoques y destacar los beneficios que ofrece la adopción del enfoque BIM en el desarrollo de este tipo de proyectos.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada en la presente investigación es de enfoque cualitativo, donde se aplican procesos descriptivos e inductivos. El desarrollo de este se apoya en un análisis documental (manuales, normas salvadoreñas) que permite identificar los avances, limitaciones y perspectivas de la metodología BIM aplicada a las redes hidráulicas urbanas.

Se emplea como herramienta principal el software Autodesk Revit, el cual permite la elaboración de modelos tridimensionales de las redes hidráulicas, integrando parámetros técnicos de diseño, gestión de información y detección de interferencias.

El uso de Revit facilita el análisis comparativo entre los resultados obtenidos mediante el enfoque BIM y los obtenidos bajo el esquema tradicional de diseño asistido por computadora.

Finalmente, se efectúa una comparación entre el método actual y la metodología BIM, identificando problemas comunes en el diseño tradicional y destacando las ventajas de la aplicación de Revit para mejorar la planificación, coordinación y gestión de proyectos hidráulicos urbanos.

CONTEXTO

¿QUÉ ES BIM?

Building Information Modeling (BIM) es el uso de una representación digital compartida (modelo de información) de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación; y proporcionar una base confiable para la toma de decisiones (BIM FORUM EL SALVADOR, 2024).

A continuación, se examinan las principales ventajas que justifican su adopción en la ingeniería civil, así como las desventajas y barreras que deben abordarse para una implementación exitosa, especialmente en el contexto de las redes hidráulicas.

Ventajas de BIM

Entre las ventajas de BIM se tienen: mejor coordinación entre las partes interesadas, prevención de errores en la etapa de construcción, ahorro de tiempo, mejor control en el avance de las obras, presentación de modelos y planos con mayor información.

Desventajas de BIM

Requiere mayor inversión económica, complejidad en la comprensión de la información, requiere capacitación para las

partes interesadas, dependencia tecnológica (ARQUITECTURA, 2023).

Teniendo conocimiento de las definiciones, ventajas y desventajas es importante conocer las diferencias entre metodologías.

DIFERENCIAS ENTRE BIM Y LA METODOLOGÍA ACTUAL.

El enfoque principal de la metodología actual es crear dibujos y detalles en 2D y 3D, los cuales funcionan para recrear una representación visual de un proyecto.

Por otra parte, BIM permite integrar, en un modelo, toda la información útil en cada etapa del proceso de diseño como lo son estructuras, instalaciones, seguridad, mantenimiento, rendimiento energético, entre otros.

BIM por su coordinación y colaboración entre todas las partes que comprenden el proyecto permite la actualización instantánea mediante los modelos digitales que se realizan. Además, gracias a las simulaciones que la metodología permite se mejoran los tiempos de ejecución y rendimiento.

Teniendo en cuenta las diferencias entre BIM y CAD, se procede a conocer las aplicaciones que tendría BIM.

APLICACIONES DE BIM EN PROYECTOS

La metodología BIM ha revolucionado la forma de diseñar, planificar y ejecutar proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción.

Su uso permite centralizar la información del proyecto, mejorando la coordinación, la precisión y la toma de decisiones.

A continuación, se destacan algunas de las principales aplicaciones de BIM que contribuyen a optimizar la productividad y reducir errores durante el desarrollo de una obra.

Levantamiento de condiciones existentes, estimación de cantidades y costos, planificación de fases, coordinación 3D, diseño de especialidades, revisión del diseño, análisis estructural, evaluación de sustentabilidad, validación normativa, planificación de obra, entre otras (BIM FORUM EL SALVADOR, 2024).

Ya que se conoce las aplicaciones de la metodología es necesario tener el contexto legal por lo que se analizarán las normativas ISO.

NORMATIVA ISO: 19650

La ISO 19650 es una normativa internacional que marca las pautas necesarias para realizar la gestión de la información en un proyecto de construcción.

Esta normativa es la base para potenciar la transformación digital de la industria de la construcción a través del trabajo colaborativo entre los profesionales de los proyectos de construcción.

La ISO 19650¹ es un esquema base que nos va a guiar para realizar la gestión de procesos, indicándonos cómo se van a reunir las personas involucradas definiendo la información necesaria para llevar a cabo el proyecto según (Huayana, 2022).

Tomando en cuentas las normativas ISO, se debe considerar la aplicación de reglamentos locales.

REGLAMENTOS Y NORMATIVAS LOCALES DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA EN EL SALVADOR.

En El Salvador, la infraestructura hidráulica está regulada por un marco normativo integral que abarca desde la Ley

General de Recursos Hídricos² y su reglamento, bajo la Autoridad Salvadoreña del Agua (ASA).

La Autoridad Salvadoreña del Agua (ASA) tendrá dentro de sus facultades el funcionamiento de subsectores de acuerdo a un análisis sobre disponibilidad del agua; las medidas de protección de los ecosistemas; el tratamiento de aguas residuales; las autorizaciones y permisos para el uso u aprovechamiento del agua marinas a entidades públicas y privadas; y los derechos y obligaciones para el uso doméstico del agua, entre otros (DYN, 2021).

Paralelamente, la Ley de Riego y Avenamiento³ regula el control de inundaciones, riego, avenamiento y conservación de cuencas, asigna la prioridad del agua para consumo humano sobre otros usos y faculta al Ministerio de Agricultura y Ganadería para supervisar, sancionar y proteger los cauces, además de declarar agotadas cuencas cuando sea necesario.

Una vez definidas las bases legales que regulan el uso del agua y la infraestructura en el país, este análisis vuelve

¹ La normativa ISO 19650 se adoptó en partes en diciembre de 2018 y 2019 en El Salvador.

² La Ley General del Recurso Hídrico que entró en vigencia a partir del día 13 de julio de 2022.

³ La Ley de Riego y Avenamiento de El Salvador fue implementada en noviembre de 1970.

Avenamiento: evacuar o drenar el exceso de agua del suelo agrícola o de una zona determinada.

al objeto de estudio, detallando la composición, los tipos y los problemas actuales que enfrentan las redes hidráulicas en el contexto urbano.

REDES HIDRÁULICAS URBANAS

Las redes hidráulicas urbanas son aquellas infraestructuras diseñadas para gestionar el ciclo del agua dentro de un entorno urbano.

Su objetivo no es solo evacuar el agua de lluvia o residuales, sino hacerlo de forma controlada, eficiente y respetuosa con el medio ambiente, especialmente ante fenómenos extremos como lluvias torrenciales o sequías prolongadas. (Firmeza, 2025)

En ciudades en crecimiento, estos sistemas se vuelven aún más importantes. No solo ayudan a mantener la salud pública, sino que también impulsan el desarrollo económico, protegen el medio ambiente y hacen a las ciudades más resilientes ante el cambio climático.

Estas redes se dividen en tres tipos principales:

Red de agua potable: Lleva agua desde fuentes naturales o plantas de tratamiento hasta los hogares y negocios.

Red de alcantarillado sanitario: Recolecta aguas residuales y las transporta para su tratamiento.

Red de drenaje pluvial: Se encarga de evacuar el agua de lluvia para evitar inundaciones.

Aunque son sistemas distintos, trabajan juntos como una red interconectada que mantiene la ciudad funcionando.

Pero muchos de estos sistemas enfrentan graves problemas: tuberías viejas, muchas fugas de agua, conexiones ilegales, drenajes insuficientes y poco tratamiento de aguas residuales.

Todo esto afecta la salud, el ambiente y el desarrollo de las comunidades.

Hoy, la tecnología ofrece nuevas soluciones. El uso de sensores, sistemas de monitoreo en tiempo real y análisis de datos permite tomar decisiones más inteligentes y rápidas.

Las redes hidráulicas urbanas contribuyen al buen funcionamiento y sostenibilidad de las ciudades.

PROCESO ACTUAL DE UN PROYECTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO (PASO A PASO)⁴

1) Levantamiento de información y estudios preliminares

Antes de diseñar cualquier red se realiza un reconocimiento del área del proyecto para entender las condiciones técnicas.

Actividades principales:

Estudio topográfico del terreno (líneas de nivel, perfiles, cotas, puntos de conexión existentes), levantamiento de información de campo: ubicación de viviendas, calles, pozos, tanques, sistemas existentes, descargas.

Análisis del terreno:

Pendiente, tipo de suelo, nivel freático.

Herramientas más utilizadas:

Estación total / GPS: para mediciones topográficas.

AutoCAD Civil 3D: para digitalizar planos topográficos, generar curvas de nivel y perfiles,

Google Earth / QGIS: apoyo geográfico para ubicar el proyecto.

2) Diseño de la red de agua potable y alcantarillado

Con los datos de campo listos, se pasa a la fase de diseño hidráulico.

Diseño hidráulico

Se calcula el caudal de diseño con base en la población actual y futura.

Para agua potable: se calcula demanda diaria, consumo máximo horario, pérdidas, diámetro de tuberías y presiones.

Para aguas negras: se calcula caudal sanitario, pendiente mínima, diámetro, velocidad, caudal pico.

Herramientas usadas:

Microsoft Excel: Cálculos hidráulicos con fórmulas de Hazen-Williams (agua potable) y Manning (aguas negras).

Tablas de caudales, velocidades, presiones y pérdidas de carga.

Hcanales: Calcula características como área mojada, el perímetro mojado y el radio hidráulico.

⁴ El procedimiento tradicional se desarrolla siguiendo la secuencia establecida por instituciones especializadas como

ANDA y ASA, en conciliación con las directrices metodológicas que ambas han definido.

EPANET (opcional en algunos proyectos grandes), para simular presiones, nodos y flujo en la red de agua potable.

AutoCAD Civil 3D o AutoCAD clásico: dibujo de planos en planta de toda la red, perfiles longitudinales de tuberías, detalles constructivos (cámaras, pozos, cajas de válvulas, conexiones domiciliarias, entre otros).

3) Elaboración de planos constructivos

Una vez calculada la red, se plasman los resultados en planos técnicos.

Documentos que se elaboran:

Plano general de ubicación, planta de red de agua potable, planta de red de aguas negras, perfiles longitudinales, detalles constructivos y cuadro de datos hidráulicos y tablas de pozos.

Programa utilizado:

AutoCAD (versión 2D o Civil 3D): para todo el dibujo técnico.

A veces se usa ArcGIS⁵ o QGIS⁶ si se requiere entregar el proyecto georreferenciado.

4) Memoria de cálculo y documentación técnica

Junto a los planos, se prepara un documento que explica cómo fue diseñado el sistema, qué criterios técnicos se usaron y cómo se verificó que cumpla con las normas.

Contenido habitual de la memoria técnica:

Justificación del proyecto, metodología de diseño, tablas de demanda y caudal, cálculos hidráulicos detallados, resultados de diámetros, presiones y pendientes y conclusiones técnicas.

Programas utilizados:

Microsoft Word: para redactar la memoria.

Excel: para anexar tablas y cálculos.

5) Presupuesto de obra

Cuando el diseño técnico está aprobado, se elabora el presupuesto total del proyecto, detallando materiales, cantidades, mano de obra y costos.

Pasos:

Primero el desglose del proyecto por partidas (tuberías, excavación, relleno, válvulas, pozos). segundo sería el cálculo de cantidades de obra (volúmenes de

⁵ ArcGIS: Sistema que permite recopilar, organizar, analizar, compartir y distribuir información geográfica.

⁶ QGIS: Sistema de Información Geográfica, permite visualizar, editar, y publicar datos geoespaciales.

excavación, metros lineales de tubería, número de pozos), y tercer paso sería aplicación de precios unitarios.

Herramientas utilizadas:

Microsoft Excel: usado ampliamente para cuadros de presupuesto.

Presto: software especializado de presupuesto que permite importar mediciones desde Excel o CAD y generar análisis de precios unitarios (APU), presupuestos detallados y control de costos.

6) Programación de obra

Una vez que se conoce el presupuesto, se establece el plan de trabajo: cuánto tiempo tomará cada actividad y en qué orden se realizará.

Pasos principales:

Listado de actividades constructivas, asignación de duraciones, secuencia lógica (preliminares, instalación, pruebas, cierre), ruta crítica del proyecto.

Programas utilizados:

Microsoft Project: el más común para elaborar cronogramas de ejecución, diagramas de Gantt y controlar avances.

7) Presentación a ANDA y aprobación

Todos los documentos anteriores se reúnen en un solo expediente para su revisión y aprobación por parte de ANDA.

Contenido del expediente:

Planos en formato DWG y PDF, memoria de cálculo, presupuesto detallado, cronograma de ejecución, especificaciones técnicas, documentación legal (propiedad del terreno, permisos).

8) Ejecución y supervisión de obra

Con el proyecto aprobado y financiado, se procede a la construcción.

Durante esta etapa se siguen los planos y especificaciones técnicas. Se llevan bitácoras, informes de avance y se actualizan los cronogramas en Project para control de tiempos y costos (ANDA, 2014).



Mapa conceptual 1: Etapas de la metodología actual. (Elaboración propia)

PROCESO COMPLETO DE UN PROYECTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO USANDO HERRAMIENTAS BIM (PASO A PASO)⁷

1. Levantamiento de información y estudios preliminares (BIM + GIS)⁸

Objetivo: Recolectar y digitalizar toda la información base del terreno y en un entorno geoespacial y colaborativo.

Actividades principales:

Levantamiento topográfico con drones, estaciones totales o escáner láser 3D,

importación del terreno en un entorno 3D, integración de datos existentes (calles, servicios, redes actuales) desde bases GIS.

Programas utilizados:

Autodesk Civil 3D: para generar modelos topográficos 3D con curvas de nivel y superficies.

ReCap Pro: para procesar nubes de puntos de escaneo láser o drones.

ArcGIS: para integrar información geoespacial.

BIM 360 Docs o Autodesk Docs: para compartir y centralizar la información desde el inicio (Esri, 2024) (Autodesk, 2024).

⁷ La aplicación de la metodología BIM responde a las recomendaciones técnicas del entorno profesional local [BIM Forum El Salvador, 2024] y se alinea con

las guías de buenas prácticas internacionales establecidas en la Norma ISO 19650.

⁸ GIS: Sistema de Información Geográfica.

2. Diseño hidráulico y modelado de redes (BIM colaborativo)

Objetivo: Modelar la red de agua potable y alcantarillado de forma inteligente y colaborativa en 3D, vinculada a datos reales y análisis hidráulicos.

Actividades principales:

Creación del modelo digital del terreno, diseño tridimensional de tuberías, válvulas, pozos y acometidas, cálculo de caudales, presiones y pendientes en tiempo real, simulación del comportamiento de la red bajo diferentes escenarios.

Programas utilizados:

Civil 3D: para el diseño geométrico 3D de las redes (planta y perfil).

Autodesk Revit (MEP): para modelar instalaciones hidráulicas internas en edificaciones.

WaterGEMS / WaterCAD: para simulación avanzada de redes de agua potable.

StormCAD: para simulación y dimensionamiento de redes de alcantarillado sanitario y pluvial.

Dynamo: para automatizar cálculos repetitivos dentro de Revit o Civil 3D (BentleySystems, 2024).

3. Coordinación interdisciplinaria y detección de interferencias

Objetivo: Asegurar que el proyecto hidráulico no interfiera con otras especialidades (estructuras, electricidad.) y esté correctamente coordinado.

Actividades principales:

Integración del modelo hidráulico con modelos arquitectónicos y estructurales, revisión del proyecto por todas las disciplinas en tiempo real, detección automática de choques entre tuberías y otros sistemas.

Programas utilizados:

Navisworks Manage: para la coordinación de disciplinas y detección de interferencias.

Autodesk BIM Collaborate Pro: para revisión colaborativa y trabajo simultáneo en la nube (Autodesk, 2024).

4. Generación de documentación técnica automática

Objetivo: Crear todos los documentos necesarios para el expediente técnico directamente desde el modelo BIM.

Actividades principales:

Generación automática de planos (plantas, perfiles, detalles), cuadros de cantidades y listados de materiales

actualizados automáticamente, elaboración de memorias técnicas a partir de datos del modelo.

Programas utilizados:

Revit / Civil 3D: para exportar planos y secciones.

Dynamo / Excel Link: para extraer tablas de cantidades desde el modelo.

Autodesk Docs / BIM 360 Docs: para gestionar versiones y revisión de documentos.

5. Presupuesto automatizado (5D BIM)

Objetivo: Calcular costos automáticamente a partir de las cantidades extraídas del modelo 3D.

Actividades principales:

Extracción automática de cantidades, Vinculación de cada elemento del modelo con precios unitarios, Generación automática de presupuesto total con desglose por partidas.

Programas utilizados:

Presto BIM / Navisworks Quantification: para vincular modelo con presupuesto (BIM FORUM EL SALVADOR, 2024) (Autodesk, 2024).

Excel: para reportes detallados.

Revit: para extracción de medidas directamente desde el modelo (Mohamad Kassem, 2017).

6. Programación de obra (4D BIM)

Objetivo: Crear un cronograma vinculado al modelo 3D para visualizar la secuencia constructiva.

Actividades principales:

Creación de la ruta crítica, simulación constructiva en 4D (tiempo + modelo 3D), optimización del orden de instalación y logística de materiales.

Programas utilizados:

Navisworks Manage / Synchro 4D: para vincular el cronograma con el modelo 3D.

Microsoft Project: para la gestión detallada del cronograma (Kymmell, 2010).

7. Entrega y revisión digital del proyecto

Objetivo: Presentar el proyecto en formato digital, con toda la información técnica integrada y accesible.

Actividades principales:

Entrega del modelo BIM (formato .IFC o RVT), planos, memorias, presupuesto y cronograma vinculados al modelo, revisión

conjunta con la institución (ANDA) en entorno común de datos.

Programas utilizados:

Autodesk Docs / BIM 360: para la entrega digital.

Navisworks Freedom: para revisión gratuita por parte de entes reguladores (BuildingSmart, 2023).

Objetivo: Utilizar el modelo BIM para controlar la obra, registrar avances y planificar mantenimiento futuro.

Actividades principales:

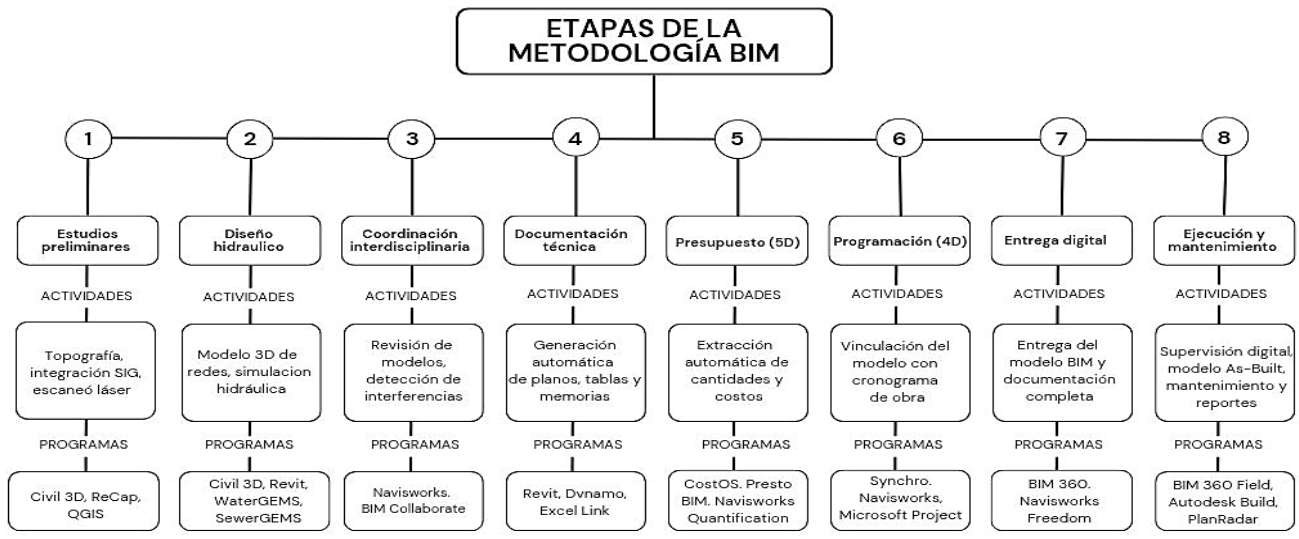
Supervisión digital del avance en obra, Actualización del modelo conforme a la ejecución (As-Built), Planificación de mantenimiento preventivo y correctivo.

Programas utilizados:

BIM 360 Field / Autodesk Build: para control de obra y reportes en campo.

PlanRadar / ArchiFM: para gestión de mantenimiento (Rebekka Volk, 2024).

8. Ejecución, control y mantenimiento del sistema (6D y 7D BIM)



Mapa conceptual 2: Etapas de la metodología BIM. (Elaboración propia)

RESULTADOS

La presente sección expone y analiza los hallazgos obtenidos de dos fuentes principales:

La revisión documental y el análisis comparativo de las metodologías de diseño.

Análisis teórico.

Posteriormente, se presenta un análisis detallado que contrasta los fundamentos y las limitaciones del Método Tradicional (CAD 2D) con las capacidades avanzadas de la Metodología BIM, validando la necesidad de una transición tecnológica.

Este análisis establece la base para la discusión final al identificar la superioridad técnica de BIM y la brecha de capacitación como la principal barrera para su implementación.

Resultados del análisis teórico

1. Análisis Teórico y Fundamentos Metodológicos:

El estudio teórico confirma que el diseño y gestión de redes hidráulicas urbanas se rigen predominantemente por un método tradicional que se apoya en el dibujo asistido por computadora (CAD) en 2D y la gestión de documentos en formato físico o digital independiente.

Este enfoque presenta limitaciones críticas que contribuyen a los problemas identificados en la investigación:

La información geométrica (planos) y la información técnica (cálculos, especificaciones) se encuentran en archivos separados, dificultando la coordinación y aumentando el riesgo de errores e inconsistencias.

La visualización bidimensional no permite una verificación sencilla de los conflictos entre redes (agua potable, alcantarillado, drenaje pluvial) o con otras infraestructuras, resultando en costosas reparaciones durante la ejecución.

El modelo 2D carece de la información necesaria para el control de presupuestos (5D), la planificación de obra (4D) y, fundamentalmente, para la operación y mantenimiento a largo plazo (6D y 7D).

2. Fundamentos de la Metodología BIM

La metodología BIM se presenta como un paradigma de trabajo colaborativo basado en la creación y gestión de un Modelo de Información digital tridimensional de una infraestructura.

En el contexto de redes hidráulicas, BIM permite:

Un único modelo centralizado que contiene la geometría de las tuberías, válvulas y estructuras, junto con los datos no gráficos esenciales (diámetros, materiales, caudales de diseño, fechas de instalación).

Ofrece modelos 3D detallados para la revisión espacial, y permite integrarse con software de cálculo hidráulico especializado (como EPANET) para realizar simulaciones de flujo y presión dentro del mismo entorno de diseño.

Facilita la detección temprana de conflictos entre las diferentes especialidades de ingeniería.

Cuadro comparativo: Método Tradicional (CAD 2D) vs BIM

Característica	Método Tradicional (CAD 2D)	Metodología BIM (Building Information Modeling)
Representación Base	Planos 2D (planta, perfil, secciones).	Modelado 3D inteligente y paramétrico.
Información	Descentralizada: Archivos separados (planos, memorias, presupuestos).	Centralizada e integrada: Información asociada directamente a los elementos del modelo.
Coordinación	Revisiones manuales para detectar interferencias. Alto riesgo de errores.	Detección automática de conflictos. Reduce errores y reparaciones.
Aplicación al Ciclo de Vida	Aplicable únicamente en el diseño y construcción. Mantenimiento limitado.	Cubre el ciclo de vida completo (Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento - 4D a 7D).
Interoperabilidad	Baja. Dificultad para interactuar con software hidráulico o especializado.	Alta. Permite la conexión con software especializado para simulaciones avanzadas.
Toma de Decisiones	Basada en la abstracción bidimensional y la información fragmentada.	Mejorada por la visualización 3D inmersiva y la información de rendimiento en tiempo real.

Cuadro 1: Comparativa entre metodologías (Elaboración propia).

DISCUSIÓN

El análisis comparativo entre la metodología tradicional y la metodología BIM evidencia un cambio significativo en la forma de diseñar, coordinar y gestionar las redes hidráulicas urbanas.

La metodología tradicional basada en planos 2D presenta limitaciones notables relacionadas con la fragmentación de la información, la dificultad para detectar

interferencias y la escasa integración entre diseño, presupuesto y planificación.

En el modelo tradicional, el diseño de las redes hidráulicas se realizaba de forma manual, utilizando cálculos empíricos y tablas de referencia, lo que limitaba la precisión y aumentaba el tiempo de ejecución.

Además, este modelo hace uso de software que actualmente se encuentra desfasado y no permite una integración lógica entre las diferentes áreas del proyecto, lo que repercute en mayores costos y retrasos para obtener un producto terminado

Estas deficiencias se traducen en retrasos constructivos, errores de diseño y mayores costos operativos.

Por el contrario, la metodología BIM introduce un enfoque integral y colaborativo que centraliza toda la información técnica en un modelo digital tridimensional.

Esta integración permite vincular la geometría con datos hidráulicos y constructivos, optimizando la coordinación entre disciplinas y reduciendo

significativamente los errores en las etapas de diseño y ejecución.

La capacidad de realizar simulaciones, detectar choques y automatizar presupuestos convierte a BIM en una herramienta de gestión predictiva y eficiente.

El análisis teórico también demuestra que BIM extiende su utilidad más allá de la fase de diseño, abarcando todo el ciclo de vida del proyecto (4D a 7D).

Esto permite planificar la ejecución mediante cronogramas vinculados al modelo (4D), calcular costos de forma automática (5D), y gestionar mantenimiento y operación a largo plazo (6D y 7D).

Dichas ventajas consolidan a BIM como una metodología moderna que responde a los desafíos de sostenibilidad, eficiencia y digitalización del sector hidráulico.

Sin embargo, la comparación revela que la implementación de BIM requiere una inversión inicial⁹ en capacitación y recursos tecnológicos. Su adopción efectiva depende de la preparación técnica del personal y de la actualización de los marcos institucionales y normativos.

⁹ Inversión inicial: referido a costos de adquisición de licencias y equipos tecnológicos (computadoras) para poder trabajar la metodología.

En el contexto salvadoreño, la transición hacia BIM debe concebirse como un proceso progresivo, acompañado de programas de formación y políticas de apoyo que faciliten la integración de esta metodología en los proyectos de infraestructura hidráulica urbana.

Los resultados del análisis confirman que la metodología BIM no solo supera las limitaciones del método tradicional, sino que redefine la gestión de proyectos hidráulicos mediante la integración de información, la optimización de recursos y la mejora continua en la toma de decisiones técnicas.

CONCLUSIÓN

La presente investigación demuestra que la metodología Building Information Modeling (BIM) representa una herramienta tecnológica esencial para la modernización de los sistemas de diseño y gestión de redes hidráulicas urbanas.

El uso de software desfasados dentro del modelo tradicional representa una limitante significativa en los procesos de diseño y gestión de redes hidráulicas. Estas herramientas, al no estar actualizadas ni integradas con tecnologías modernas, dificultan la coordinación entre las distintas

áreas de trabajo y reducen la eficiencia general del proyecto.

La falta de actualización tecnológica repercute directamente en mayores costos, incremento del tiempo de ejecución y menor calidad del producto final, evidenciando la necesidad de migrar hacia sistemas más modernos y colaborativos.

BIM, en contraste, integra toda la información técnica, geométrica y administrativa en un modelo tridimensional colaborativo que permite planificar, simular y gestionar cada etapa del proyecto de forma más eficiente.

Su capacidad para realizar detección de interferencias, simulaciones hidráulicas y control automatizado de costos y tiempos ofrece una visión integral que transforma la forma de concebir y ejecutar proyectos de infraestructura hidráulica.

Asimismo, la metodología BIM aporta ventajas significativas en la sostenibilidad y mantenimiento a largo plazo, al permitir el seguimiento del rendimiento de los sistemas y la planificación de acciones preventivas.

Su adopción promueve una gestión urbana más inteligente, transparente y alineada con los estándares internacionales de digitalización.

No obstante, la implementación exitosa de BIM requiere un proceso gradual que incluya la capacitación del personal técnico, la inversión en infraestructura digital y la actualización de las normativas institucionales.

En este sentido, la transición hacia BIM debe considerarse una estrategia de desarrollo a mediano plazo, destinada a fortalecer la eficiencia y sostenibilidad de los servicios hidráulicos en el contexto salvadoreño.

BIM no solo sustituye al método tradicional, sino que redefine el concepto de gestión de proyectos hidráulicos al integrar tecnología, precisión y colaboración en una misma plataforma digital, contribuyendo al avance hacia una infraestructura urbana moderna y sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

ANDA, A. N. (2014, Noviembre). *Normas Técnicas ANDA*. Obtenido de <https://url-shortener.me/7W5R>

ARQUITECTURA, M. (2023, ABRIL 14). *MDT Arquitectura*. Obtenido de <https://mdtarquitectura.com/ventajas-bim/>

Autodesk. (2024). *Autodesk*. Obtenido de <https://www.autodesk.com/products/revit/overview>

BentleySystems. (2024). *Bentley OpenFlows WaterGEMS Product Data Sheet*. Obtenido de https://static.carahsoft.com/concrete/files/5916/4495/2276/Bentley_OpenFlows_WaterGEMS_Product_Data_Sheet.pdf

BIM FORUM EL SALVADOR. (2024, Octubre 03). Obtenido de BIM FORUM EL SALVADOR: https://bimforumelsalvador.com/wp-content/uploads/2024/10/BIM-ESSENTIALS-Fundamentos-de-la-metodologia_-03102024.pdf

BuildingSmart. (2023, ABRIL). *Buildingsmart*. Obtenido de <https://www.buildingsmart.org/wp-content/uploads/2023/04/Strategic-Roadmap-April-2023-Issue.pdf>

DYN, R. (2021, Diciembre 22). *Conozca la nueva Autoridad Salvadoreña del Agua (ASA)*. Obtenido de <https://url-shortener.me/7W0J>

Esri. (2024). Obtenido de <https://www.esri.com/en-us/about/about-esri/overview>

Firmeza. (2025, Junio 27). *Las obras hidráulicas en proyectos urbanos*.
Obtenido de <https://url-shortener.me/7W13>

Huayana, K. P. (2022, Julio 12). *ISO 19650: Qué es, objetivos y ventajas de su uso*. Obtenido de <https://url-shortener.me/7VVJ>

Kymmell, W. (2010, AGOSTO 18). *Openlibrary*. Obtenido de https://openlibrary.org/books/OL18844292M/Building_information_modeling

Mohamad Kassem, B. S. (2017, Septiembre). *Macro BIM adoption: Comparative market analysis*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.04.005>

Rebekka Volk, J. E. (2024, MARZO). Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>