

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA
XXV CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

APLICACIÓN BIM EN OBRAS HIDRÁULICAS: APRENDIZAJE Y DESAFÍO

PAMELA MUÑOZ V.¹
FABIAN TAPIA.²

RESUMEN

Actualmente, se vive en una era digital donde la productividad apoyada por tecnologías de la información es el foco de las industrias, no siendo la excepción el rubro de la ingeniería y construcción. Dentro de este contexto, es que se origina la metodología “Building Information Modeling (BIM)”, la cual permite un desarrollo integral e interdisciplinario entre todos los actores y sectores que circulan en torno al proyecto, incluidas las diferentes etapas del proyecto que son diseño, construcción y operación. En Chile, las incursiones de diseño utilizando la metodología BIM han sido principalmente en proyectos de infraestructura y de plantas industriales y no así a obras civiles, donde se encuentra la clasificación de obras hidráulicas. Sin embargo, ya hay avances en el sector público-privado, donde ya se cuenta con el “Estándar BIM para Proyectos Públicos, 2019”.

En este trabajo se describirán experiencias sobre la utilización de la metodología BIM en obras hidráulicas, identificando cuáles han sido las ventajas y desventajas en el desarrollo y resultados de la integración en el modelo. Se mencionarán, por ejemplo, los requerimientos computacionales, el desarrollo de rutinas de modelación, la identificación de interferencias y replanteo de obras y aspectos claves en la coordinación.

BIM, es una metodología que en la fase de ingeniería aún diversas variantes, como son las plataformas de diseño, trabajo colaborativo e integrado, permitiendo la revisión de diseño mediante modelos digitales, y que culmina con la generación de planos y reportes de cantidades, que son extraídos desde el modelo 3D. De esta manera, BIM plantea el desafío de un cambio de paradigma en la ingeniería, por lo cual su utilización debe ser fundada y perseguir objetivos puntuales en cada uno de los proyectos donde se aplica, de modo de aprovechar todas las ventajas que ésta nos presenta.

¹ Jefe Ingeniería Hidráulica, ARCADIS Chile - email: pamela.munoz@arcadis.com

² Coordinador BIM, ARCADIS Chile - email: fabian.tapia@arcadis.com

1. INTRODUCCION

Históricamente los dibujos o planos han existido desde la antigüedad, en la época del renacimiento ya Leonardo Da Vinci ilustraba sofisticados modelos de ingeniería hidráulica, como por ejemplo sistemas de impulsión de aguas como el tornillo de Arquímedes o la sierra mecánica en base a energía hidráulica. En la revolución industrial, comienzan a aparecer planos con proyección en 2 o 3 dimensiones y a escala, los cuales se ejecutaban de manera manual. A esa fecha ya se comenzaba con intentos de uniformar los procesos de dibujo (French et al., 1911) para hacer los planos en un lenguaje gráfico común.

Posteriormente, a mediados del siglo XX comienzan a aparecer softwares computacionales, como herramientas de apoyo con múltiples funcionalidades para la proyección de planos de Ingeniería destacando las herramientas en CAD (computer-aided design). Hace 40 años en Chile los diseños de ingeniería carecían de herramientas tecnológicas de apoyo tanto para los cálculos como para la elaboración de planos, y de esta manera se comenzó el proceso de cambio del “formato manual de planos en papel al formato digital” ligado a la informática.

Los planos bidimensionales (2D) eran complejos de visualizar en cuanto a geometría y requerimientos. Posteriormente CAD evolucionó a modelos tridimensionales (3D) en un ambiente digital, ayudando a vistas más reales y a soluciones más aproximadas a las condiciones de terreno, lo que deriva en diseños óptimos y con menos errores.

En la actualidad, los proyectos tienen una vida que se gestiona desde el diseño conceptual hasta el desmantelamiento, por lo que en el rubro de la ingeniería y construcción es requerida una adecuada gestión de los proyectos durante todo el ciclo de vida, es decir desde su diseño, construcción, operación y mantenimiento. Como una forma de apoyar las decisiones de diseño, construcción y operación, surge la metodología de trabajo BIM (por sus siglas en inglés Building Information Modeling) que, en base a modelos digitales paramétricos, es una herramienta colaborativa que permite optimizar los procesos, la cual va mucho más allá de un modelo 3D (Eastman et al., 2012).

Esto implica un cambio de enfoque en los diseños de ingeniería y la proyección de los mismos, evolucionando hacia una acción coordinada con las distintas disciplinas, con una visión holística a través de modelos digitales. En Chile la utilización de BIM ha sido principalmente en proyectos de edificación y de plantas industriales y no así en obras civiles, donde se encuentra la clasificación de obras hidráulicas.

2. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

2.1 Definición de BIM

La definición de BIM según PlanBIM (2021) corresponde a un “Conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de forma colaborativa en un espacio virtual.”

De forma simplificada BIM puede ser considerada como una metodología de trabajo cuyo núcleo es un modelo 3D con información integrada, en otras palabras, un modelo 3D con información.

La información de un modelo BIM es tan importante como la parte gráfica, ya que no solo tiene antecedentes para que sean utilizados por otras especialidades o por otros equipos y en otros tiempos, sino que también expresan los resultados relacionados con el desarrollo de la ingeniería, construcción u otra etapa (como por ejemplo el costo de los elementos o el nombre del contrato de construcción). La integración de los sistemas informáticos en un ambiente común, denominado CDE (por sus siglas en inglés Common Data Environment) juega un rol fundamental para la correcta coordinación entre los diferentes equipos, el cual permite centralizar toda la información relacionada con cada uno de los elementos que componen el proyecto en sus distintas etapas.

Existen diferentes niveles de BIM, que representan el grado de madurez del proyecto y el grado de información que será desarrollada y compartida. Los niveles de BIM parte en el nivel 0 hasta el 4D, 5D o incluso el 6D como se indica a continuación.



Figura 1: Niveles de BIM (Arcadis, 2014)

- Nivel 0: Orientando a documentos
 - Información no inteligente
- Nivel 1: Orientando a objetos
 - Objetos 3D en ambiente virtual o 2D con grado de información.
- Nivel 2: Colaboración
 - Bases de datos y modelos de las áreas involucradas se combinan y fusionan en un modelo. “*Little BIM*” se da a nivel empresa.
- Nivel 3: Integración, Ciclo de vida
 - Intercambio entre miembros de la empresa y otras organizaciones. Entregables son archivos en base a objetos con información integrada.

- Nivel 4: Integración, Ciclo de vida
 - Incorporación de las etapas constructivas
- Nivel 5: Integración, Ciclo de vida
 - Incorporación de costos
- Nivel 6: Integración, Ciclo de vida
 - Aspectos de sustentabilidad

2.2 Estándar BIM para proyectos públicos en Chile (2020)

El año 2016 se creó Planbim, impulsado por Corfo el cual busca reducir los costos y plazos de los procesos de construcción de proyectos públicos. Por este motivo, Planbim instauró de la metodología BIM desde el año 2020 para los proyectos públicos, incluido aquellos proyectos asociados a la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas.

Actualmente, Planbim también tiene como meta la incorporación de BIM en proyectos privados al 2025, la cual se está desarrollando con reuniones ampliadas con los participantes de la industria privada por sector, donde se integran todas las visiones y se tratan de consensuar los requerimientos (por ejemplo los niveles de detalles de los modelos 3D o la cantidad de información que es requerida para cada fase y en cada sector).

Dentro de la búsqueda del Estado en la implementación de BIM de manera transversal y uniforme, se ha desarrollado el Estándar BIM para Proyectos Públicos con la finalidad de estandarizar la forma de trabajo colaborativo (Planbim, 2021). Este estándar está basado en normativas de distintos países como se muestra en la Figura 2, y que ya cuentan con BIM como mandato.

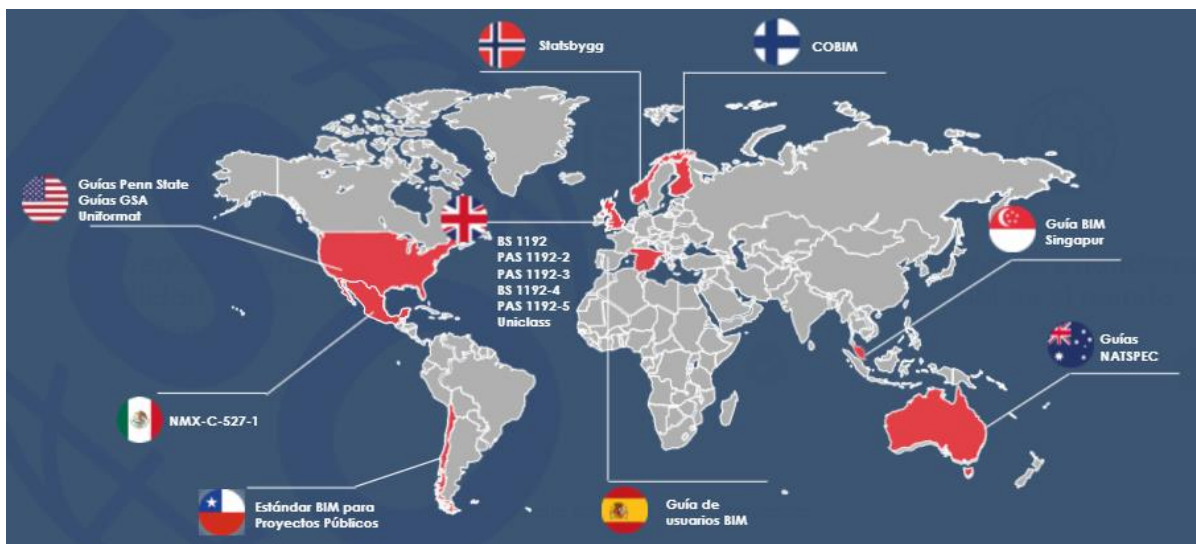


Figura 2: Estándares internacionales en BIM (Planbim, 2021)

3. EXPERIENCIAS EN INGENIERIA HIDRÁULICA EN BIM

3.1 Obras civiles hidráulicas

En Chile los principales avances en la implementación de BIM corresponden a proyectos de edificación, pero el desarrollo de proyectos con modelos 3D interdisciplinarios e integrados ya se ha efectuado desde hace décadas para proyectos complejos como lo son centrales térmicas, plantas petroleras, plantas de celulosa y farmacéutica, así como para proyectos mineros (Campos, 2018). Sin embargo, los proyectos en BIM se están expandiendo a aspectos de obras civiles, tanto en el rubro de proyectos públicos como privados.

El primer paso para el uso de BIM corresponde al input topográfico que puede ser una malla de puntos triangulados, curvas de nivel o modelos de elevación digital (DEM). Esta información se debe alojar en algún sitio conveniente donde pueda ser utilizado por todos, como por ejemplo el sistema de Autodesk, llamado BIM 360, el cual es un sistema de coordinación y almacenamiento de archivos que usa tecnología WEB, pero hay otras alternativas como ProjectWise y otras plataformas colaborativas, sobre todo las desarrolladas de forma interna en cada empresa de ingeniería en función de cumplir con los objetivos de sus clientes.

Teniendo de base la topografía, así como las especificaciones, la normativa aplicable y los antecedentes de requerimiento, se pueden realizar los diseños relacionados con obras hidráulicas de forma conjunta con las memorias de cálculo hidráulicas y los inputs de las otras especialidades.

El flujo de trabajo para el diseño con metodología BIM implican los siguientes puntos generales:

- Los diseños deben compartirse con las disciplinas y el Cliente.
- Se revisará el diseño de forma conjunta en reuniones de revisión de modelo.
- De forma paralela se emitirán la documentación que respalda el diseño.
- Se generan los trabajos asociados con las secuencias constructivas de los elementos.
- Al aprobar el diseño geométrico, se procede a la emisión de planos y reportes

Como las plataformas de diseño de movimientos de tierra y de estructuras hidráulicas son poco compatibles con los otros sistemas de diseño de las otras disciplinas, entendamos que en general se hacen diseños en Civil 3D, Deswik e Inroads; se debe tener la precaución de compartir los diseños en algún formato que sea más neutro como lo es un formato de Autocad nativo (dwg) o de Microstation (dgn) o de portabilidad dedicada como es el archivo desarrollado para compartir diseños IFC (Industry Foundation Classes).

La siguiente Figura resume la metodología de trabajo para realizar los flujos de revisión en la plataforma BIM 360, la generación de planos y reportes a través de los modelos coordinados son producto de esta secuencia.

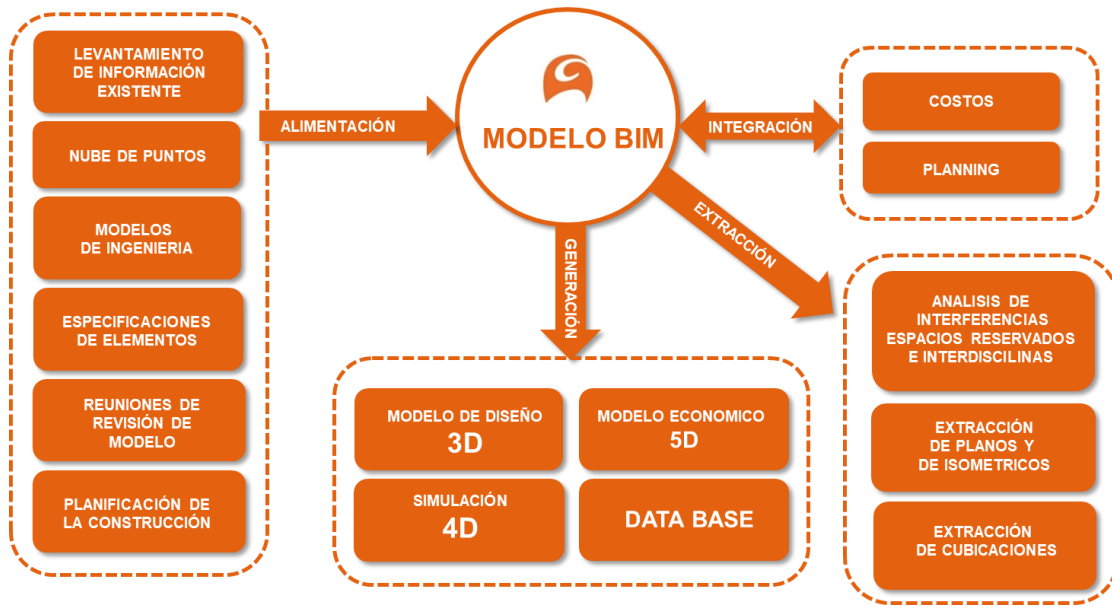


Figura 3: Trabajo colaborativo en BIM diseño de obras hidráulicas

De esta manera los componentes que conforman el modelo 3D BIM son integrados y con información, y que están en constante actualización y cambio, permitiendo que el modelo sea consistente y coordinado durante todo el proceso.

En relación con las obras hidráulicas, los principales proyectos corresponden a obras civiles tales como sistemas de impulsión, embalses, evacuadores de crecidas (Figura 4), sistemas de disipación, etc. donde participan adicionalmente las especialidades de mecánica, geotecnia y estructuras.

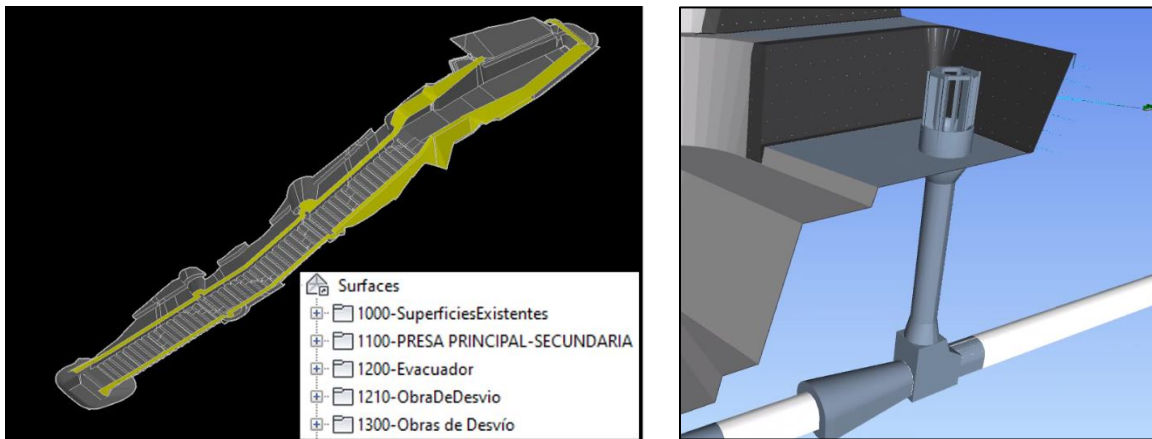


Figura 4: Ejemplo de evacuadores de crecidas en BIM (Arcadis, 2019)

En particular para los modelos 3D de estaciones de bombeo o en centrales hidroeléctricas donde se requiere instalación de equipos, es de gran utilidad la metodología BIM, ya que mediante la detección de interferencias se permite compatibilizar con los diseños de las otras disciplinas y elementos como equipos, circuitos eléctricos, válvulas, estructuras metálicas, etc. y en general la distribución de las instalaciones.

3.2 Estudios de hidráulica fluvial

El sistema de información geográfica (GIS) proporciona una gran cantidad de información sobre el entorno en el cual se va a ubicar la obra a diseñar mediante metodología BIM. En ellas se pueden incluir las áreas propensas a inundaciones e información precisa, tales como estudios de socavación o flujos detríticos, que puedan influir en la ubicación, orientación e incluso los materiales de construcción de una estructura hidráulica.

La información GIS funciona a escala más general, mientras que los datos BIM se aplican al diseño y la construcción de una forma o estructura específica. De esta manera, la acción combinada donde se está insertando una estructura es en el contexto de un panorama más amplio e inteligente como se ilustra en la Figura 5. Cabe agregar que, con este análisis también se puede incorporar aspectos ambientales a nivel de áreas reservadas con la infraestructura proyectada, entregando una dimensión BIM con la variable de sustentabilidad en forma gráfica con el mismo modelo del diseño, atributos y datos necesarios.

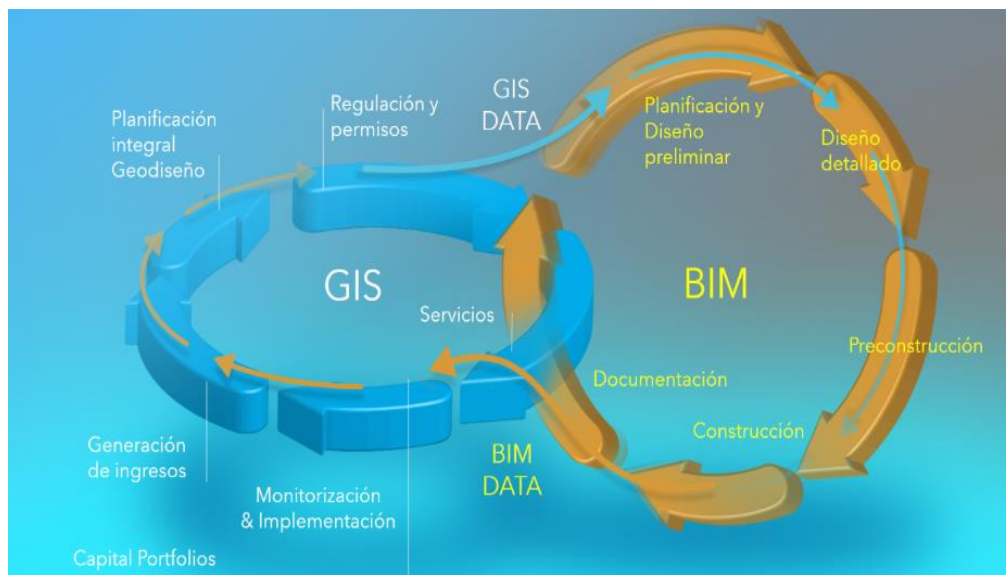


Figura 5: Integración de flujos de trabajo GIS y BIM (ESRI, 2021)

En cuanto a la regulación de permisos asociada a obras hidráulicas, de modificación de cauce o aspectos sanitarios, la normativa aplicable a la fecha solo exige los diseños de la manera convencional, es decir en planos en 2D, no siendo la metodología BIM aún un requisito.

4. COMENTARIOS: APRENDIZAJE Y DESAFÍOS

La implementación de BIM en obras hidráulicas en Chile es relativamente reciente, la principal experiencia radica en otro tipo de proyectos, por lo tanto, cobra importancia la experiencia que se puede desarrollar de forma temprana en el desarrollo de diseños hidráulicos. Para alcanzar este objetivo, son requeridas capacitaciones en el uso de herramientas y metodología BIM, así como ir familiarizándose con el estándar para proyectos públicos u otros del sector privado.

Para trabajar con la metodología BIM es necesario realizar una serie de cambios a la manera en que se ha trabajado, partiendo con nuevos cargos, nuevas formas de trabajo, conformación de grupos, entre otros. Esto debe ser considerado en los planes de ejecución y sistemas asociados (Trejo, 2018).

La siguiente Tabla indica las diferencias entre el concepto BIM y algunas interpretaciones incorrectas sobre su alcance.

Tabla 1: Definiciones del concepto y alcance en BIM

¿Qué es BIM?	BIM no es
Una metodología	Un software específico
Conjunto de procesos, metodologías, software, técnicas, creadas para apoyar las decisiones de diseño, construcción y operación	Modelo 3D único
Un proceso que puede durar toda la vida del proyecto	Solución de interferencias
	Un proceso posterior
	Forma de trabajar que encarece el proyecto

4.1 Necesidades computacionales

Con respecto a las necesidades computacionales, la metodología tiene varios diferentes actores, los cuales tienen a su vez diferentes requerimientos de máquina y procesamiento, por ejemplo:

- Los revisores solo deben visualizar los diseños
- Los diseñadores deben realizar alteraciones a la topografía mediante rutinas gráficas en las plataformas de diseño
- Los diseñadores de modelaciones fluidodinámicas para los cálculos hidráulicos asociados requieren un sistema complejo de renderización e iteración

Por lo tanto, cada actor tiene sus propios requerimientos, por lo que se debe tener claro cuáles serán los objetivos y usos que requieran los usuarios.

En cuanto a la operatividad e integración de los trabajos, hoy también están ligados a la conectividad de internet, ya que tanto el almacenamiento de los archivos como el uso de los mismos está evolucionando para el uso de servidores web o en la nube.

4.2 Desarrollo de las ingenierías y replanteo de obras

En la Figura 6 se muestra el desarrollo en BIM de un embalse con un evacuador de crecidas junto a sus obras de desvío, este es un claro ejemplo de colaboración, ya que se han desarrollado los requerimientos de diseño de las obras requeridas de la presa y estructuras de hormigón, las cuales han sido diseñadas de forma particular, por la disciplina de estructuras y geotecnia.

Gracias a la visualización gráfica de los diseños se desarrolla la visión de constructibilidad de las obras, desarrollando el concepto de “BIM 4D” y de forma paralela cuantificar los movimientos de tierra, partidas de hormigón, superficies intervenidas por etapas, etc. La simulación de construcción

permite un mejor desarrollo de los talleres de constructividad, así como un control del programa durante la ejecución de las obras.

Una vez finalizada la construcción del embalse comienza la operación y mantenimiento, toda la información asociada al control y mediciones (temperatura, flujos, caudales, presiones, etc.) puede ser vinculada al modelo BIM, lo que dependerá de los sistemas y desarrollos del dueño de las instalaciones; en un futuro se espera que los sistemas se encuentren enlazados, los de diseño, operación, mantenimiento, control, etc., así poder registrar al accionamiento de válvulas, compuertas, desagües, y planes de acción ante eventos de crecidas, inspecciones, almacenamiento de datos de monitoreo, etc.

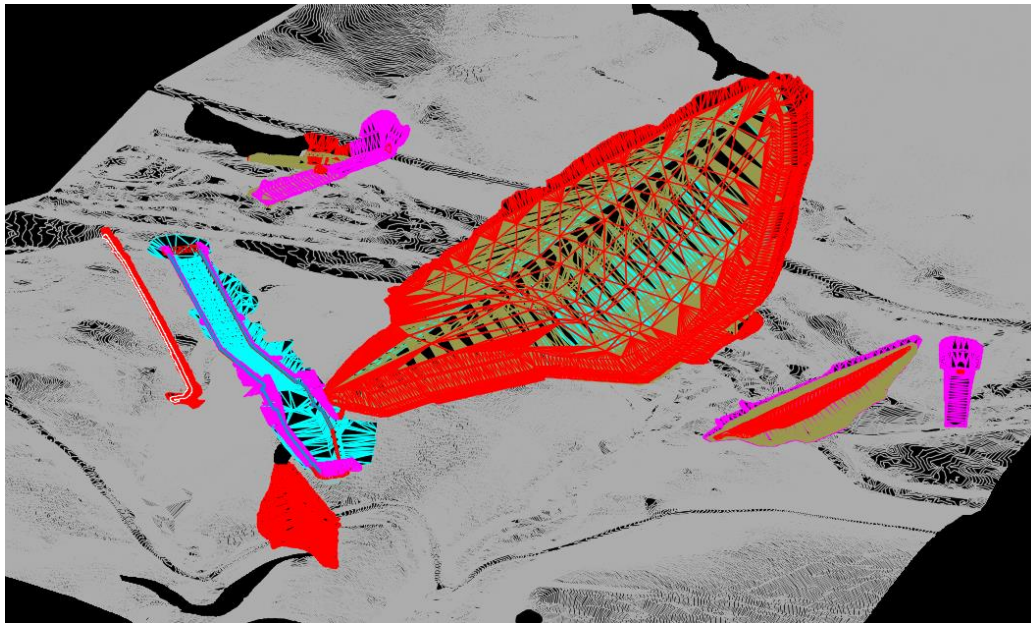


Figura 6: Ejemplo de un embalse y obras de desvío (Arcadis, 2019)

Cabe agregar que, la aplicación de BIM no significa una disminución del desarrollo de la ingeniería, por el contrario, implica una mayor dedicación debido a la mayor aplicación de atributos de los elementos gráficos e información. Sin embargo, el ahorro significativo se produce en la construcción y la materialización del proyecto.

4.3 Coordinación

La revisión de los diseños se realiza mediante reuniones de coordinación entre los distintos actores del proyecto, por consiguiente, la comunicación se hace más fluida con información trazable. En las etapas de ingeniería, es factible prever y solucionar los problemas de manera anticipada, así como evitar interferencias, gestionar materiales, secuenciar trabajos teniendo la participación de tanto los desarrolladores como del Cliente, dueño, especialistas de seguridad, etc., una visión integrada de todos los participantes reflejados en el diseño.

5. CONCLUSIONES

La aplicación de la metodología BIM en obras hidráulicas se encuentra en un proceso de transición, al igual que en la mayoría de las empresas e industrias, lo que implica un cambio de paradigma en la forma de diseñar, revisar y colaborar. Esto ya se encuentra instaurado a nivel internacional y también en el sector público en Chile, en particular en la Dirección de Obras Hidráulicas, en minería y otros rubros.

Para lograr su implementación se requiere mejorar las capacidades digitales a través de programas en la industria y en la academia. Se requiere una comprensión de la metodología de trabajo, en particular que las obras proyectadas a través de los modelos digitales y los planos en 2D y reportes de cantidades como producto final son extraídos desde modelo 3D.

La metodología BIM no es solo un modelo tridimensional, su poder de gestión se basa en la información que está inmersa, la cual no solo corresponde a un almacenamiento de datos si no que refleja el desarrollo de los procesos de ingeniería, de cálculo, de estimaciones y adicionalmente, permite gestionarla a lo largo de la vida útil del proyecto, de manera coordinada y multidisciplinaria. En este sentido, se recomienda la implementación de la metodología BIM desde una etapa temprana del proyecto, destacando el objetivo final y los sistemas que debiesen ser utilizados durante la vida útil.

En el caso de obras hidráulicas, es una herramienta útil para incorporar secuencias constructivas y además información GIS con los estudios de hidráulica fluvial, en particular las áreas de inundación. De esta manera GIS informa a BIM, y a su vez BIM potencia GIS.

AGRADECIMIENTOS

Un reconocimiento para los ingenieros y proyectistas de Arcadis que en base a su valiosa experiencia en la metodología BIM contribuyen al desarrollo de proyectos de vanguardia en Chile.

REFERENCIAS

Arcadis. 2014. Presentación interna de trabajo colaborativo en Arcadis Global.

Arcadis. 2019. Proyectos de Ingeniería Hidráulica (confidencial).

Campos, E. 2018. eBook | Revisión de proyectos en BIM.

Eastman, Chuck and others. 2012. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, 2nd Edition.

ESRI, The Science of Where. 2021. <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-pro/transportation/common-patterns-for-bim-and-gis-integration/>

French, Vierck, and Foster. 1911 A Manual of Engineering Drawing for Students and Draftsman, 14th Edition.

Planbim. 2021. Estándar BIM para Proyectos Públicos, Intercambio de Información entre Solicitante y Proveedores, versión 1.1. <https://planbim.cl/biblioteca/documentos-estandar/>

Trejo, N. 2018. Estudio de impacto del uso de la metodología BIM en la planificación y control de proyectos de ingeniería y construcción, memoria para optar al título de ingeniero civil, Universidad de Chile.

