



# Implantación de gemelos digitales avanzados para la gestión de aguas residuales en el Consorci Besòs Tordera

En el presente artículo se explica el proceso que se ha seguido para obtener un gemelo digital avanzado para la gestión de aguas residuales en el Consorci Besòs Tordera, así como su implantación en la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) de Caldes de Montbui, situada en la provincia de Barcelona. El gemelo digital consiste en obtener una plataforma colaborativa que incluye una representación en 3D del activo, así como un *hub* de información actualizada y precisa que permite la gestión remota del activo. La plataforma de gemelo digital utilizada es EcoDomus y se han integrado hasta cinco bases de datos: BIM (Building Information Modeling), gestión del mantenimiento vía GMAO, SCADA, GIS y gestión del ciclo del agua (GICAO). Se analizan los factores de éxito y los hitos alcanzados en este proyecto pionero en España.

### Palabras clave

EDAR, gemelo digital avanzado, gestión del agua, BIM, *software*, GIS.

### IMPLEMENTATION OF ADVANCED DIGITAL TWINS FOR MANAGEMENT AT WASTEWATER TREATMENT PLANT AT CONSORCI BESÒS TORDERA

*This article will describe the process that has been followed to obtain an advanced Digital Twin for wastewater management at the Consorci Besòs Tordera as well as its implementation at the Caldes de Montbui waste water treatment plant (WWTP), near Barcelona (Spain). The digital twin is a collaborative platform that includes a 3D representation of the asset as well as a hub for updated and accurate information that allows remote management of the WWTP. EcoDomus is the digital twin platform used and up to five databases have been integrated: BIM (Building Information Management), maintenance management database of a CMMS - Computerized Maintenance Management Software, SCADA, GIS and database of an integral water cycle management software (GICAO). Also, we will analyze the success factors and the milestones achieved in this pioneering project in Spain.*

### Keywords

WWTP, advanced digital twins, water management, BIM, *software*, GIS.

### Conrad Casadellà

arquitecto y consultor BIM en MSI Digital Builders

### Alex Eserverri Mas

ingeniero de Caminos y director comercial en MSI Digital Builders



## 1. INTRODUCCIÓN

El Consorci Besòs Tordera (CBT) es una entidad pública constituída en 1988 e integrada, actualmente, por 64 municipios de la provincia de Barcelona y 4 entes públicos (Diputació de Barcelona, Àrea Metropolitana de Barcelona, el Consell Comarcal del Vallès Oriental y el Consorci per a la Gestió dels Residus del Vallès Oriental).

Sus líneas de actuación son el saneamiento en baja (alcantarillados municipales), el saneamiento en alta (control de vertidos, colectores, bombeos y estaciones depuradoras de aguas residuales), la mejora del medio fluvial, la promoción y educación ambiental y el apoyo a los entes consorciados. Da servicio a una población equivalente de 500.000 habitantes. Para llevar a cabo el saneamiento en alta, el CBT gestiona 27 estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), más de 300 km de colectores y 52 estaciones de bombeo.

En 2021, el CBT adjudicó el contrato de servicios para la dirección técnica del proyecto BIM de la EDAR Caldes de Montbui a la empresa SomEnginy. Este proyecto tiene como objetivos detectar las problemáticas actuales y evaluar los beneficios de la implantación BIM en una EDAR, así como implementar soluciones tecnológicas avanzadas que permitan la optimización de la gestión de la EDAR. En este artículo se desgana el proceso que se ha seguido para obtener un gemelo digital plenamente operativo en la planta de Caldes de Montbui.

## 2. FASES DEL PROCESO DE IMPLANTACIÓN DEL GEMELO DIGITAL

El proceso ha constado de 4 grandes fases:

» El CBT ha optado por un gemelo digital que permite la gestión inteligente y optimización de las operaciones y el mantenimiento de los activos (existentes y por construir), principalmente EDAR y EBAR, mediante la implantación de una plataforma colaborativa

- Fase 1: Consultoría previa y solución adoptada.
- Fase 2: Selección de la herramienta de gemelo digital.
- Fase 3: Creación y establecimiento de estándares.
- Fase 4: Implantación del gemelo digital y proyecto piloto.

### 2.1. FASE 1: CONSULTORÍA PREVIA Y SOLUCIÓN ADOPTADA

#### 2.1.1. Consultoría previa

En la primera fase de estudio y consultoría previa se analizó la forma de organización y de trabajo del CBT, flujos de trabajo establecidos, protocolos, organización, equipos y estructura, recursos, etc.

Durante esta fase de análisis se detectó que toda la información de las instalaciones está recogida en diferentes documentos y *software* de gestión no comunicados entre ellos, por lo que es muy difícil acceder a la información en su totalidad.

La problemática de esta información y documentación era:

- Los planos eran generalmente del proyecto constructivo, no del *as-built*. No se podía garantizar la coincidencia rigurosa entre la realidad y la documentación. En la mayoría de los casos, solo se disponía de la información en papel. No se actualizaban cuando se realizaban cambios en la instalación.
- La documentación no se actualizaba de forma sistemática a me-

didada que se realizaban cambios en la instalación. Las especificaciones técnicas, manuales, etc. solo se actualizaba en el GMAO, pero no en la documentación de ingeniería cuando se hacía una modificación de equipo.

- Los datos de explotación y mantenimiento estaban recogidos en un *software* de almacenamiento de datos donde no todos los usuarios tenían acceso.
- Los datos SCADA estaban disponibles en bases de datos de las que era difícil extraer información.

#### 2.1.2. Solución adoptada: gemelo digital

En este punto, y aunque en un inicio la idea era implantar BIM, SomEnginy propuso al CBT la implantación de un gemelo digital para la gestión de aguas residuales, utilizando la EDAR de Caldes de Montbui como proyecto piloto, para después implementar el gemelo digital al resto de las instalaciones.

Pero ¿qué tipo de gemelo digital necesitaba el CBT? El gemelo digital tiene que permitir la gestión inteligente y optimización de las operaciones y el mantenimiento de los activos (existentes y por construir) del CBT (EDAR y estaciones de bombeo de aguas residuales -EBAR- principalmente) mediante la implantación de una plataforma colaborativa (es decir, que utiliza toda la organización y también las distintas compañías explotadoras de los activos) que

incluye una representación en 3D del activo, así como un *hub* de información actualizada y precisa que permite la gestión remota del activo. Desde el gemelo digital se debe de poder acceder a toda la información disponible sin necesidad de entrar en programas específicos. Es decir, se aumenta la fiabilidad de la información y la eficiencia en la consulta.

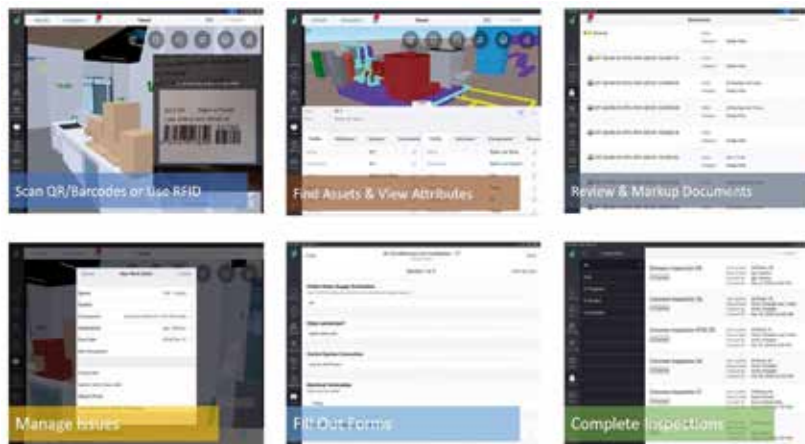
El gemelo digital genera una base de datos que proviene de los distintos sistemas de gestión que queden integrados en la plataforma y permite la visualización de éstos en un entorno amigable en tiempo real para su posterior análisis. En el caso del CBT, se determinó que en una primera fase el gemelo digital integre los siguientes programas y bases de datos: BIM, GMAO, GIS, SCADA y GICAO (*software* de gestión del ciclo del agua, que dispone de una parte para la gestión económica de los activos). El gemelo digital implantado tiene que permitir optimizar el negocio y reducir costes operativos, así como utilizar los datos y modelos para realizar simulaciones de distintos escenarios futuros y preparar respuestas a estos.

Existen dos elementos principales en el diseño de un gemelo digital:

- Seleccionar la tecnología que se necesita para integrar el activo físico dentro de su gemelo digital para permitir el flujo de datos en tiempo real desde los dispositivos de IOT y la integración con operaciones e información transaccional de otros sistemas de gestión.
- Identificar el tipo de información requerida a lo largo del ciclo de vida del activo, dónde se almacena esta información y cómo se accede y se utiliza. Es importante que la información esté estructurada de manera reutilizable que

**FIGURA 1.** Plataforma EcoDomus y algunas de sus distintas funcionalidades.

Fuente: EcoDomus.



pueda intercambiarla rápida y eficazmente entre sistemas. Una plataforma de IOT basada en identidad puede administrar la identidad de cada elemento involucrado en el gemelo digital y proporcionar servicios de mensajería para automatizar las comunicaciones seguras entre estas personas, sistemas y activos.

## 2.2. FASE 2: SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE GEMELO DIGITAL

### 2.2.1. Proceso de selección

En un primer momento se determina realizar un estudio de soluciones ya adoptadas en mercados internacionales. Principalmente por dos razones: una, que el mercado nacional no ha adoptado todavía el gemelo digital como solución; y dos, que en el mercado internacional existen ejemplos de gemelos digitales de alta complejidad y, además, existen ejemplos de gemelos digitales plenamente operativos en plantas de tratamiento de agua.

Para la selección del *software* se estudian más de 30 compañías existentes a nivel mundial desarrolladoras de gemelos digitales. De este primer estudio se concreta un grupo

de 6 compañías de las cuales se hizo un estudio más profundo a partir de un análisis multicriterio en forma de matriz. Esta matriz no solo analiza aspectos específicos del programa, sino también aspectos de la empresa fabricante e implantadora.

Se procedió a organizar unas presentaciones finales al CBT por parte de las empresas de *software* y de las compañías implantadoras de las soluciones mejor valoradas. En esta presentación final, las personas del CBT involucradas en el proceso analizaron toda la información generada y se procedió a seleccionar la herramienta y la empresa que implementará el gemelo digital.

Después de todo este proceso y análisis, se determina que el programa a desplegar en el CBT como gemelo digital es EcoDomus, *software* de la empresa Siemens, que distribuye e implementa MSI Digital Builders.

### 2.2.2. Plataforma EcoDomus

EcoDomus es una plataforma *middleware* y *common data environment* (CDE) que permite crear gemelos digitales de activos, donde todos los participantes pueden trabajar de forma colaborativa y contribuir al desempeño exitoso del proyec-



to (Figura 1). A continuación, se adjuntan alguna de las principales prestaciones de EcoDomus que se han implementado en el proyecto:

- Visor 3D/2D. EcoDomus Viewer es un avanzado visor BIM/CAD en línea. Admite múltiples opciones de calidad de renderizado, la fusión de modelos paramétricos 3D (producidos a partir de BIM) con nubes de puntos y archivos CityGML dentro de la misma escena.
- *Common data environment*. Actúa como CDE específica para operaciones y mantenimiento.
- Gestión de datos. Los usuarios pueden editar los datos del activo en un entorno *on line* seguro y realizarlo de forma colaborativa. EcoDomus proporciona una forma única de extraer y editar datos BIM tanto si el origen es un ifc, un archivo nativo de Revit o de Bentley (AECOSim), y permite editar los datos del activo desde tabletas y *smartphones*. Con Revit, EcoDomus se comunica de forma bidireccional.
- Sistema de roles. EcoDomus permite configurar un sistema de roles y definir quién es el responsable de un dato, quien puede

introducir y modificar un dato o quién puede visualizarlo

- EcoDomus Mobile (*tablet*, iPad, *smartphone*) permite ver en 3D el activo mientras se está en el sitio y admite códigos de barras QR/códigos de barras.
- Gestión de incidencias y órdenes y trabajo. Los usuarios con dispositivo móvil pueden crear órdenes de trabajo, completar formularios electrónicos, acceder a documentos y realizar inspecciones.
- Gestión de documentos. EcoDomus permite administrar distintos tipos de archivos (CAD / BIM, PDF, JPG, etc.) en un entorno de datos común (CDE). Funciona como gestor documental.
- Integración con otros sistemas de gestión. EcoDomus está estructurado en base al estándar COBie. Este estándar transforma la base de datos de Revit en una base de datos relacional, y genera el intercambio de información entre el *middleware* y los modelos BIM a través del formato Open BIM, COBie. EcoDomus intercambia la información con los *softwares* de gestión a través de *webservices*, por lo que se hace un intercambio masivo de datos automatizado.

### 2.3. FASE 3. CREACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE ESTÁNDARES

Una vez seleccionada la herramienta de gemelo digital, y junto a la empresa implantadora de la plataforma, se define una estandarización de la información de las distintas bases de datos. Esta estandarización es general para todos los programas y es básica para que los programas se integren con el gemelo digital de forma impecable sin pérdidas de información ni errores, tanto de comunicación como de gestión de datos.

Cada programa que forma parte del gemelo digital requiere un grado de estandarización distinto dependiendo de la cantidad de información que contiene y de los años que lleva en funcionamiento. Esta estandarización va de más general (jerarquía de la información) a más específica (nomenclatura parámetros equipos).

#### 2.3.1. Jerarquía de la información

Actualmente, el CBT tiene un sistema de jerarquía de equipos (árbol de localización) según: Sistema, Subsistema, Línea de Tratamiento, Proceso, Subproceso y Elemento. En este proyecto se ha trabajado para incorporar esta misma jerarquía en todos los programas de esta integración. Este sistema de clasificación de elementos se estructura en formato COBie (*construction operations building information exchange*) y se reproduce en todos los programas que se integran en este proyecto (y también los programas que se integrarán en fases posteriores).

#### 2.3.2. GuBIMClass

Otro sistema incorporado dentro de los estándares generales fue la clasificación GuBIMClass (Figura 2). El

FIGURA 2. Clasificación GuBIMClass. Fuente: SomEmginy.

90	10	20	90.10.20	Valvúles	
90	10	20	10	90.10.20.10	Valvúles comporta
				90.10.20.10	Manual
				90.10.20.10	Automática
90	10	20	20	90.10.20.20	Valvúles retencio
				90.10.20.20	De bola
				90.10.20.20	De Clapeta
				90.10.20.20	De mitges clapetes
90	10	20	30	90.10.20.30	Valvúles papallona
				90.10.20.30	Manual
				90.10.20.30	Automática
90	10	20	40	90.10.20.40	Valvúles bola
				90.10.20.40	Manual
				90.10.20.40	automática
90	10	20	50	90.10.20.50	Valvúles maniguet elastic

sistema proporciona una clasificación de los elementos de acuerdo con su función principal y dirigido principalmente a ser usado en entornos BIM.

Se han definido códigos adicionales en la clasificación de GuBIMClass sección 90, ya que la clasificación original no incorpora el proceso de tratamiento de agua. También se han añadido tipologías de los equipos dentro de las secciones del GuBIMClass que permiten definir a los equipos hasta un nivel superior de detalle.

### 2.3.3. TAG equipos

Para que la información de los equipos sea leída correctamente por todos los programas es importante poder identificar correctamente a los equipos. La mayoría de los programas tienen codificaciones internas (como por ejemplo GUID) que ayudan a tal fin. Se ha desarrollado un sistema de identificación TAG que identifica de forma única a cada equipo canalización, tubería, etc. Estos TAGS se generan a partir de unas codificaciones de ubicación, nomenclatura, etc., los cuales generan un TAG único e irrepetible para cada equipo.

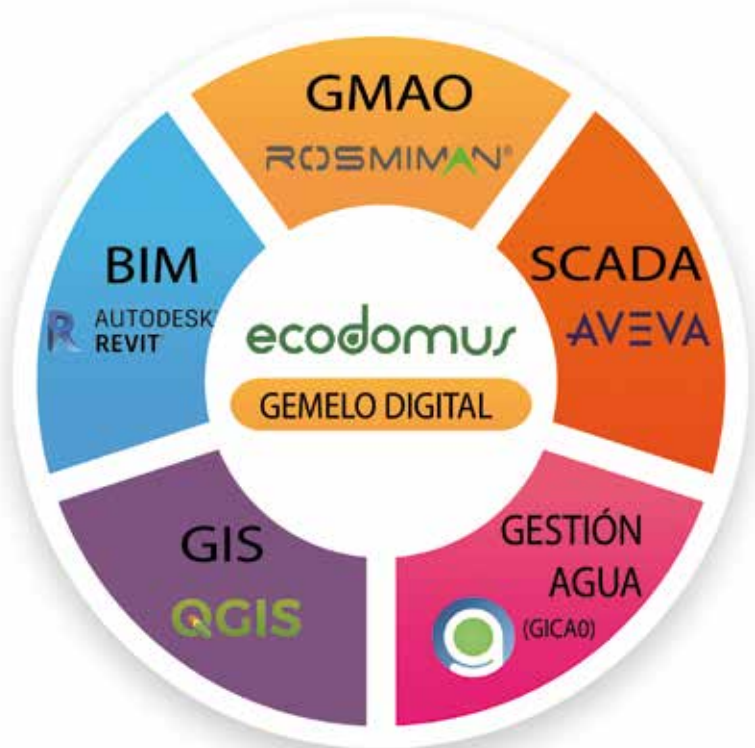
Un TAG es la información básica de cada equipo que hace posible la localización de la información referente a los equipos dentro de las distintas bases de datos.

### 2.3.4. Parámetros equipos

Al igual que se ha estandarizado los códigos de los equipos, se ha realizado lo mismo con los parámetros, siguiendo la siguiente metodología:

- Identificación de los parámetros existentes.
- Estandarización de la nomenclatura.

FIGURA 3. Alcance del gemelo digital. Fuente: MSI Digital Builders.



- Eliminación del parámetro tipo.
- Actualización parámetros dentro del sistema GMAO de CBT.
- Revit como herramienta de modelado para levantar y gestionar todos los modelos BIM de todas las instalaciones, tanto EDAR como EBAR.
- QGIS como sistema de información geográfica (GIS) para comunicarse con PostGres para todos los datos GIS de los tramos en alta y en baja incluyendo pozos, colectores, cloacas, rebo-saderos, etc.

### 2.4. FASE 4: IMPLANTACIÓN DEL GEMELO DIGITAL

En esta fase se explica cómo ha sido el proceso de implantación del *software* EcoDomus (Figura 3).

El CBT tiene implantado:

- Rosmiman como *software* de gestión del mantenimiento (GMAO).
- GICA0 como *software* de gestión de la operación de las EDAR y ciclo integral del agua
- Aveva Wonderware como sistema SCADA.

El gemelo digital EcoDomus actúa como *middleware* y se comunica con todos ellos. Desde este gemelo digital se accede a cualquier información que requiera el CBT para operar y mantener sus activos. Sin que sea limitativa, en la primera fase de diseño del gemelo digital, la información a la que se puede acceder desde EcoDomus es la siguiente:

- Planos de la instalación (extraídos directamente del modelo 3D).



**FIGURA 4.** Ejemplo de *user stories* para el proyecto de gemelo digital del CBT.  
Fuente: MSI Digital Builders.

1. Acceso fuera de cobertura	
Algunas EDAR no tienen acceso a Internet. El almacenamiento y la sincronización de datos debería ser posible para que la aplicación pueda funcionar sin interrupciones cuando no sea posible el acceso a Internet.	
a. Fecha en el Caché	
Interacción usuario	Antes de acudir a la EDAR que no tiene cobertura, el usuario puede descargarse los datos necesarios en el dispositivo para que pueda acceder a toda la información necesaria para realizar el trabajo una vez desplazado a campo.
Prioridad	Alta
Criterio de aceptación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Datos de zonas específicas se guardan en el dispositivo.</li> <li>Usuario no puede descargar información nueva hasta que no haya sincronizado datos del dispositivo.</li> </ul>
b. Sincronización de datos almacenados	
Interacción usuario	Un usuario online puede sincronizar los datos de solicitudes de órdenes de trabajo y levantamientos de campo para que los datos existan dentro de Rosmiman y no se pierdan.
Prioridad	Alta
Criterio de aceptación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avisos se suben a Rosmiman</li> <li>Videos se suben a un servidor central</li> <li>Fotos se suben a un servidor central</li> </ul>

- P&ID de la instalación.
- Información de los equipos (manual, especificaciones técnicas, etc.) obtenida desde Rosmiman si la instalación está en operación.
- Información de los equipos obtenida desde el modelo para O&M de Revit en el caso de obra nueva y en el caso que la instalación no está operativa aún.
- Información del mantenimiento de las instalaciones obtenidas directamente desde Rosmiman.
- Registro histórico de los datos de mantenimiento obtenidos desde Rosmiman.
- Información de la operación de la planta (datos obtenidos directamente de la base de datos de Aveva).
- Registro histórico de los datos de operación de la planta obtenidos directamente del servidor Historian de Aveva.

- Información del módulo de Reposiciones y mejoras de GICA0.
- Información de pozos y colectores desde GIS.

Para acabar de definir los alcances de las integraciones, se realizaron una serie de reuniones con los diferentes equipos de trabajo y futuros usuarios del gemelo digital en las que se propusieron diversas funcionalidades que se creyó que podrían ser de gran utilidad de cara al uso del gemelo digital.

A partir de estas funcionalidades se crearon los *user stories*. Es decir, escenarios definidos que determinan cómo tiene que reaccionar el programa, qué información tiene que mostrar, la interacción con el usuario y cuál es el criterio de aceptación (**Figura 4**).

Estas funcionalidades y escenarios de uso no solo determinan cómo funciona el gemelo digital, sino que

determina qué elementos y, específicamente, qué información de estos elementos es la que debe integrarse en el gemelo digital.

Para mapear los programas que forman parte del gemelo digital, se utiliza la Asset Matrix Information (AMI), matriz que incluye la siguiente información:

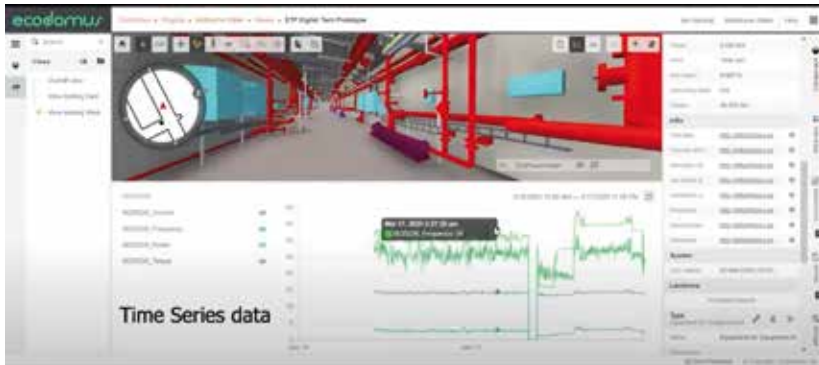
- Matriz de desarrollo BIM optimizada para operaciones y mantenimiento.
- Parámetros para operaciones y mantenimiento.
- Ubicación y estructura de la información.
- Mapeo (o ubicación) de la información en el formato COBie.
- Responsabilidad de la información (qué agente es responsable de generar o recoger la información).
- Mapeo de información entre los distintos *software*.

Una vez definida la AMI, MSI Digital Builders ha procedido a realizar las integraciones necesarias definidas anteriormente mediante metodología SCRUM. En función del *software*, la comunicación entre EcoDomus es bidireccional o unidireccional.

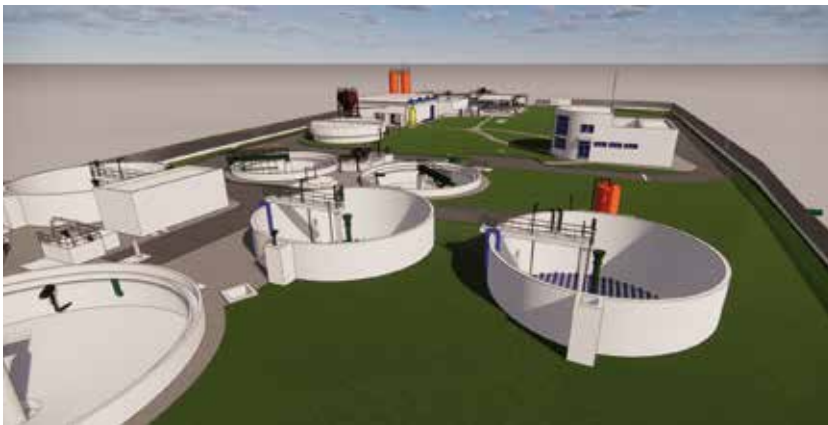
Para la conexión con el SCADA, se ha utilizado API-OPC o similar. Se ha procedido a realizar un testeo para comprobar que los datos del SCADA se visualizan correctamente en EcoDomus). También se ha procedido a integrar los datos históricos, como muestra la **Figura 5**.

» Implantar BIM de forma exitosa no es sencillo. Se modifican procesos, se incorporan nuevas herramientas tecnológicas y se trabaja en equipo. El CBT, partiendo casi desde 0, ha conseguido implantar un gemelo digital operativo en poco más de 2 años

**FIGURA 5.** Esta captura de pantalla muestra la integración con OSISOFT PI Server realizada utilizando API REST EcoDomus de Melbourne Water Treatment. Una solución parecida se ha realizado en el proyecto del CBT. Fuente: EcoDomus.



**FIGURA 6.** Modelo BIM de la EDAR Caldes de Montbui. Fuente: CBT.



**FIGURA 7.** Vista del gemelo digital de la EDAR Caldes de Montbui. Fuente: CBT.



Finalmente, una vez terminadas las pruebas en laboratorio conforme las integraciones funcionan correctamente, se procede a poner en práctica el gemelo digital la EDAR de Caldes de Montbui, donde a día de hoy es plenamente operativo (**Figuras 6 y 7**).

### 3. RESULTADOS

Como resultados de esta implementación se pueden mencionar los factores de éxito e hitos alcanzados en el proyecto, destacando los siguientes:

- Focalizar BIM en la fase de explotación y entender que el CBT

no necesita BIM, sino un gemelo digital para optimizar la explotación de sus activos.

- Apuesta decidida por parte de la alta dirección del CBT en el proyecto.
- Creación de un equipo de implantación con miembros claves de CBT (dirección, IT, departamento BIM, departamento ingeniería, mantenimiento a través de la empresa CCB), SomEnginy (consultora) y equipo de implantación del gemelo digital (MSI Digital Builders), motivados, completamente alineados y trabajando por un objetivo común.
- El equipo de implantación mantuvo líneas abiertas de comunicación con los usuarios finales del gemelo digital para definir sus funcionalidades y recibir *feedback* constantemente.
- Seleccionar herramientas de gemelo digital comerciales ya presentes en el mercado y con experiencia previa, así como un equipo de implantación con experiencia previa.
- Implantar BIM de forma exitosa no es sencillo. Se modifican procesos, se incorporan nuevas herramientas tecnológicas y se trabaja en equipo. El CBT, partiendo casi desde 0, ha conseguido implantar un gemelo digital operativo en poco más de 2 años.
- Conseguir que toda la información de los diferentes programas siga unos estándares comunes que hacen que en el gemelo digital todos los programas implicados puedan conectarse fácilmente.
- Selección de la tecnología que se necesita para integrar el activo físico dentro de su gemelo digital para permitir el flujo de datos



en tiempo real desde los dispositivos de IOT y la integración con operaciones e información transaccional de otros sistemas de gestión.

- El modelo puede utilizarse para aislar y explorar capas específicas, o un proceso a partir de un diagrama, o un elemento dentro de un P&ID, o vista de equipo individual y vista de controles del equipo. Los datos pueden ser históricos, como en tiempo real (por ejemplo: velocidades de bombas, posiciones de válvulas, niveles de agua, presiones, flujos, etc.).
- Obtención de un gemelo digital escalable plenamente operativo que integra 5 fuentes de información (BIM, GMAO, GICAO, GIS y SCADA) que da respuesta a las necesidades prioritarias del CBT.
- Este éxito sin precedentes da seguridad al CBT para continuar evolucionando el gemelo digital en los próximos años para aumentar funcionalidades y dar respuesta a más necesidades relacionadas con las operaciones de sus activos.

#### 4. CONCLUSIÓN: PRÓXIMOS PASOS

Implementado con éxito el gemelo digital, los siguientes pasos a realizar en la implantación de este sistema en el CBT consisten en:

- Digitalizar todos los activos de CBT en los próximos años, de tal forma que todas las estaciones depuradoras y las estaciones de bombeo dispongan de su gemelo digital, así como incorporar la red de colectores en alta y el sistema de alcantarillado al gemelo digital.
- Utilizar el gemelo digital como herramienta de formación del operador. El gemelo digital será una herramienta que permitirá operar de forma virtual la instalación en condiciones que rara vez se observan de forma segura en la realidad.
- Utilizar el gemelo digital para probar distintas opciones de control en un entorno virtual. Esto permite realizar un análisis rápido de muchas alternativas sin riesgo de daños al equipo, desbordamientos o mala calidad del agua tratada.

- Utilizar el gemelo digital para realizar modelizaciones de escenarios de la red de colectores en alta y sistema de alcantarillado que permitan su optimización y planificación de actuaciones de mejora hacia su comportamiento tanto en tiempo seco como en episodios de lluvias intensas, minimizando los efectos de inundaciones o DSU (descargas contaminantes de los sistemas de saneamiento a medio).
- Utilizar el gemelo digital para realizar análisis detallados para casos extremos, incluyendo fallos.
- Incorporar y utilizar herramientas de análisis dentro del gemelo digital. La adición de herramientas de análisis de datos a un gemelo digital puede aumentar aún más su valor para la gestión de las instalaciones.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

SomEnginy y MSI Digital Builders agradecen al Consorci Besòs Torredra la oportunidad dada para poder colaborar en este proyecto tan innovador, así como su apoyo y colaboración en la redacción del presente artículo. 