

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

ESCUELA DE POSGRADO

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN DE PROYECTOS

BIM



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

“PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN BASADO EN GEMELO DIGITAL PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL HOSPITAL II-1 YUNGAY”

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN GESTIÓN DE PROYECTOS BIM

Autor (es)

Puican Chirinos, Tatiana Yudith (<https://orcid.org/0009-0004-2611-306X>)

Ramos Ticona, Rogger Melayo (<https://orcid.org/0009-0000-2808-1322>)

Zevallos Aquino, Julio César (<https://orcid.org/0000-0002-3922-9983>)

Asesor (a):

Mg. / Dr. Durand Bazán, Enrique (<https://orcid.org/0000-0001-7073-2758>)

Línea de Investigación:

Sistemas y seguridad de la información, inteligencia artificial, desarrollo de procesos industriales, gestión de proyectos, riesgos y sostenibilidad ambiental

Trujillo – Perú

2026



GRUPO 12 - MODELO DE GESTION DE INFORMACIÓN - ANTIPLAGIO (2)

ID : f9416a9fd7709ff2051fdc2740cca0616d3d125b



18%

Textos sospechosos

Nombre del fichero : GRUPO 12 - MODELO DE GESTION DE INFORMACIÓN - ANTIPLAGIO (2).txt
Tamaño del archivo original : 8,82 MB
Número de palabras : 19.270
Número de caracteres : 127419

Depositante : Enrique Manuel Durand Bazan
Fecha de depósito : 11 de mayo de 2026
Tipo de carga : interface
fecha de fin de análisis : 11 de mayo de 2026

Resumen (sección 1/3)

Localización de los textos sospechosos en el documento :



Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :



Similitudes

3%

Sintáctica 1%

Semántica 2%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



Detección de IA

14%

Textos estilísticamente próximos a un texto generado por una IA.

Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.



No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :



Textos entre comillas

<1%

Pasajes entre comillas, a menudo indicativos de una cita.

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL ASESOR

Yo, Durand Bazán, Enrique., docente de la Escuela de Posgrado de la maestría en Gestión Proyectos BIM, de la Universidad Privada de Trujillo, asesor del trabajo de investigación titulado: **“Propuesta de modelo de gestión de información basado en gemelo digital para la operación y mantenimiento del Hospital II-1 Yungay.”**

De los autores Puican Chirinos Tatiana Yudith, Ramos Ticona Rogger Melayo y Zevallos Aquino Julio Cesar, verifico que la investigación tiene un 18% de similitud, tal como se evidencia en el reporte de originalidad del software antiplagio.

En mi honrada opinión y conocimiento del trabajo de investigación cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Privada de Trujillo.

En tal sentido doy conformidad del resultado emitido por el software antiplagio vigente, de acuerdo con los documentos normativos de la Universidad Privada de Trujillo.

Trujillo, 26 de junio de 2026.

Dr. Durand Bazán, Enrique
ORCID: 0000-0001-7073-2758

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y NO PLAGIO

Por el presente documento los alumnos:

1.- PUICAN CHIRINOS TATIANA YUDITH

2.- RAMOS TICONA ROGGER MELAYO

3.- ZEVALLOS AQUINO JULIO CÉSAR

Quienes han elaborado el

☐ TESIS

☒ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Titulado:

Propuesta de modelo de gestión de información basado en gemelo digital para la operación y mantenimiento del Hospital II-1 Yungay.

Declaramos que el presente trabajo ha sido íntegramente elaborado por nosotros y no existe plagio de ninguna naturaleza, en especial copia de otros trabajos de tesis o similares presentados por otros autores ante cualquier organización educativa.

Dejamos expresa constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo, por lo que no hemos asumido como nuestras las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos o de la Internet.

Asimismo, afirmamos que hemos leído el documento de investigación en su totalidad y somos plenamente conscientes de todo su contenido. Y asumimos la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento y somos consecuentes con este compromiso de fidelidad del trabajo de investigación que tiene connotaciones éticas, pero también de carácter legal.

En caso de incumplimiento de esta declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Privada de Trujillo.

Trujillo, **06 / 06 / 2026**



Tatiana Y. Puican Chirinos

DNI: __47500681__

ORCID: 0009-0004-2511-306X _

Julio C. Zevallos Aquino

DNI: __75951982__

ORCID: 0000-0002-3922-9983

Rogger M. Ramos Ticona

DNI: __75850060__

ORCID: 0009-0000-2808-1322

Dedicatoria

Puican Chirinos, Tatiana Yudith

Dedico este logro, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía y fortaleza. A mis padres y familia, por su apoyo incondicional, valores y ejemplo permanente. Este logro representa también su esfuerzo y confianza, pilares esenciales en mi formación y en el cumplimiento de esta meta académica.

Ramos Ticona, Rogger Melayo

Dedico este logro a Dios por darme fuerza, y a mis padres y hermanos por ser mi mayor apoyo y ejemplo. A mis amigos por su compañía y apoyo incondicional, y a mis docentes por compartir sus enseñanzas

Zevallos Aquino, Julio César

Dedico este logro a mi familia y a mi enamorada, quienes me brindaron su apoyo incondicional, sus valores y su ejemplo constante a lo largo de este camino. Esta meta alcanzada también refleja su esfuerzo, confianza y acompañamiento, los cuales han sido fundamentales en mi formación académica y personal.

Agradecimiento

Puican Chirinos, Tatiana Yudith

Agradezco a Dios por guiar cada etapa de este proceso; a mis padres y familiares por su apoyo constante; y a mis docentes, mentores y colegas por sus enseñanzas, orientación y confianza. Su acompañamiento ha sido fundamental para culminar este trabajo con compromiso, aprendizaje continuo y crecimiento profesional

Ramos Ticono, Rogger Melayo

Agradezco a Dios por la fortaleza brindada, y a mis padres y hermanos por su respaldo constante en mi formación. Asimismo, agradezco a mis amigos por su compañía y a mis docentes por la enseñanza compartida. Gracias a todos por su contribución en el logro de este objetivo profesional.

Zevallos Aquino, Julio César

Agradezco profundamente a mi familia y a mi enamorada por el apoyo constante que me brindaron durante este proceso de formación. También valoro la compañía de mis amigos y las enseñanzas compartidas por mis docentes, quienes aportaron de distintas maneras a mi crecimiento. A todos ellos, gracias por ser parte importante en la culminación de este objetivo profesional

ÍNDICE

Dedicatoria	6
Agradecimiento	5
ÍNDICE.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE TABLAS.....	12
Resumen	13
Abstract.....	14
I. INTRODUCCIÓN.....	17
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
2.1. Descripción del problema.....	19
2.2. Pregunta de investigación general	20
2.2.1. Pregunta general	20
2.2.2. Preguntas específicas.....	20
2.3. Objetivo general	21
2.4. Objetivos específicos.....	21
2.5. Justificación	21
2.6. Alcance	23
III. MARCO TEÓRICO	23
3.1 Antecedentes.....	23
3.2 Bases teóricas / Bases normativas	28
3.3 Definición de términos básicos	48
IV. DESARROLLO DE LA PROPUESTA O APLICACIÓN	50
4.1 Definición de criterios técnicos, funcionales e informacionales	51
4.1.1 Criterios técnicos	51
4.1.2 Criterios funcionales.....	51

4.1.3 Criterios informacionales	52
4.1.4 Software de gestión de activos con BIM	52
4.2 Estructuración del modelo de información del activo (AIM).....	54
4.2.1 Elaboración del PEB para operación y mantenimiento	54
4.2.2 Definición de los requisitos mínimos de información del sistema.....	55
4.2.3 Recolección y organización de la información técnica	55
4.2.4 Modelado tridimensional y estructura espacial del AIM.....	56
4.2.5 Clasificación y parametrización del AIM.....	56
4.2.6 Validación del AIM	57
4.3 Diseño del modelo de gestión de información para operación y mantenimiento	57
4.3.1 Integración del AIM en Dalux como entorno operativo.....	57
4.3.2 Criterios de uso del modelo	59
4.3.3 Procesos del modelo de gestión de información	59
4.3.3.1 Proceso de registro de información del activo.....	60
4.3.3.2 Proceso de control de documentos	64
4.3.3.3 Proceso de mantenimiento preventivo.....	67
4.3.3.4 Proceso de Mantenimiento correctivo	71
4.3.3.5 Proceso de gestión de cambios del activo	74
4.3.3.6 Proceso de control de calidad de la información.....	76
4.4 Ejemplo aplicativo del modelo de gestión.....	78
4.4.1 Proceso de registro de información del activo.....	78
4.4.2 Proceso de control de documentos	81
4.4.3 Proceso de mantenimiento preventivo.....	82
4.4.4 Proceso de mantenimiento correctivo.....	88
4.4.5 Proceso de gestión de cambios del activo	92
4.4.6 Proceso de control de calidad de la información	94

V. CONCLUSIONES.....	98
VI. RECOMENDACIONES	100
VII. REFERENCIAS.....	102
VIII. ANEXOS.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Evolución de conceptos. Fuente: BSI.PAS-55:2018	30
Figura N° 2: Relaciones entre términos clave. Fuente: BSI.PAS-55:2018	30
Figura N° 3: Diagrama de las ramas de la gestión de mantenimiento.....	31
Figura N° 4: Ciclo de vida de Activos.....	34
Figura N° 5: Diagrama de proceso de Registro de activos.....	60
Figura N° 6: Diagrama de proceso de Control de documentos	64
Figura N° 7: Diagrama de proceso de Mantenimiento preventivo.....	67
Figura N° 8: Diagrama de proceso de Mantenimiento correctivo.....	71
Figura N° 9: Diagrama de proceso de Gestión de cambios del activo	74
Figura N° 10: Diagrama de proceso de Control de calidad de la información.....	76
Figura N° 11: Sensor de Humo	78
Figura N° 12: Carpeta de datos	79
Figura N° 13: Anexos.....	79
Figura N° 14: Clasificación Uniclass del activo.....	80
Figura N° 15: Activo mantenible	80
Figura N° 16: Registro del activo	81
Figura N° 17: Clasificación del activo	81
Figura N° 18: Ubicación del activo	82
Figura N° 19: Ficha técnica del activo	82
Figura N° 20: Creación de orden de trabajo preventivo.....	83
Figura N° 21: Verificación de información del activo asociado a la orden de trabajo	83
Figura N° 22: Verificación de información complementaria de la orden de trabajo	84
Figura N° 23: Verificación de información de ficha técnica del activo asociado a la orden de trabajo	85
Figura N° 24: Verificación de elementos 3D asociados a la orden de trabajo	85
Figura N° 25: Información paramétrica COBie y Uniclass de los activos.....	86
Figura N° 26: Documentación asociada e historial de actividades en orden de trabajo.....	87
Figura N° 27: Creación de orden de trabajo de mantenimiento correctivo	88
Figura N° 28: Elementos 3D asociados al activo en la orden de trabajo	89
Figura N° 29: Información complementaria de la orden de trabajo correctiva	90
Figura N° 30: Historial de actividades ejecutadas en orden de trabajo en Dalux	91

Figura N° 31: Creación de la OT.....	92
Figura N° 32: Modificación del activo en Revit	93
Figura N° 33: Registro de trazabilidad.....	94
Figura N° 34: Creación de la programación.....	94
Figura N° 35: Creación de la OT recurrente	95
Figura N° 36: Activo físico	95
Figura N° 37: Revisión en modelo	96
Figura N° 38: Revisión del documento	96
Figura N° 39: Cierre de la revisión.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Integración digital como soporte sistémico. Fuente: (Kaur & Ahuja, 2023)...	36
Tabla N° 2: Diferencias entre BIM y Digital Twin. Fuente Propia.....	44

Resumen

La presente investigación desarrolla una propuesta de modelo de gestión de información basado en gemelo digital para la operación y mantenimiento del Hospital II-1 Yungay. El estudio surge frente a la fragmentación de la información técnica, la limitada trazabilidad de la información y de los registros de operación y mantenimiento, y la gestión predominantemente reactiva del mantenimiento en infraestructura hospitalaria pública, situación que afecta la continuidad operativa, incrementa costos y dificulta la toma de decisiones. En este contexto, se plantea un modelo de gemelo digital descriptivo, sustentado en la metodología BIM y en la estructuración de un Asset Information Model (AIM), sin implementación en tiempo real ni integración con sistemas SCADA o BMS.

La investigación es de tipo aplicada, de nivel descriptivo-propositivo y diseño no experimental. Se organiza en tres objetivos específicos: definir los criterios técnicos, funcionales e informacionales necesarios para estructurar el modelo de gestión de información; estructurar el modelo de información del activo integrando geometría 3D, documentación técnica, clasificación de activos y parámetros requeridos para su gestión; y diseñar el modelo de gestión de información para la operación y mantenimiento mediante flujos de trabajo, roles, criterios de uso y trazabilidad.

Como resultado, se definió una base estructurada de criterios técnicos, funcionales e informacionales que permitió organizar la información del hospital según dimensiones de identificación, ubicación, sistema, información técnica, mantenimiento y documentación. Asimismo, se estructuró un AIM como base informacional operativa para la fase de operación y mantenimiento, incorporando geometría 3D, documentación técnica, jerarquía espacial, clasificación Uniclass 2015 y parametrización mediante COBie, lo que permitió consolidar una fuente única de información del activo, interoperable, consultable y mantenible. Del mismo modo, se diseñó un modelo de gestión de información soportado en Dalux FM, seleccionado por su interfaz accesible, su lógica de uso alineada a los procesos definidos y su capacidad para integrar activos, documentación, órdenes de trabajo e historial de mantenimiento en un solo entorno. Finalmente, se incorporaron seis procesos que estructuran el funcionamiento del

modelo: registro de información del activo, control de documentos, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, gestión de cambios del activo y control de calidad de la información. En conjunto, la propuesta permite organizar, validar, actualizar y trazar la información necesaria para la operación y mantenimiento hospitalario, fortaleciendo la continuidad operativa y estableciendo una base metodológica para futuras etapas de mayor madurez digital en la gestión hospitalaria pública.

Palabras clave: gemelo digital, AIM, BIM, operación y mantenimiento, hospital II-1, gestión de información.

Abstract

This research develops a proposal for an information management model based on a digital twin for the operation and maintenance of Hospital II-1 Yungay. The study addresses the fragmentation of technical information, the limited traceability of information and operation and maintenance records, and the predominantly reactive maintenance management commonly found in public hospital infrastructure, a situation that affects operational continuity, increases costs, and hinders decision-making. In this context, a descriptive digital twin model is proposed, supported by BIM methodology and the structuring of an Asset Information Model (AIM), without real-time implementation or integration with SCADA or BMS systems.

The research is applied, descriptive-propositive, and non-experimental in design. It is organized around three specific objectives: defining the technical, functional, and informational criteria required to structure the information management model; structuring the Asset Information Model by integrating 3D geometry, technical documentation, asset classification, and the parameters required for its management; and designing the information management model for operation and maintenance through workflows, roles, use criteria, and traceability.

As a result, a structured set of technical, functional, and informational criteria was defined, allowing hospital information to be organized according to dimensions such as identification, location, system, technical information, maintenance, and documentation. In addition, an AIM was structured as an operational information base for the operation and maintenance phase, incorporating 3D geometry, technical documentation, spatial hierarchy, Uniclass 2015 classification, and COBie-based parameterization, thereby consolidating a single source of asset information that is interoperable, accessible, and maintainable. Likewise, an information management model supported by Dalux FM was designed, selected for its accessible interface, its workflow logic aligned with the defined processes, and its ability to integrate assets, documentation, work orders, and maintenance history within a single environment. Finally, six processes were incorporated to structure the operation of the model: asset information registration, document control, preventive maintenance, corrective

maintenance, asset change management, and information quality control. Overall, the proposal enables the organization, validation, updating, and traceability of the information required for hospital operation and maintenance, strengthens operational continuity, and establishes a methodological basis for future stages of higher digital maturity in public hospital management.

Keywords: digital twin, AIM, BIM, operation and maintenance, Hospital II-1, information management.

I. INTRODUCCIÓN

En la fase de operación y mantenimiento de la infraestructura hospitalaria es donde se evidencia la capacidad del activo para sostener la continuidad del servicio. En establecimientos como el Hospital II-1 Yungay, esta etapa depende del funcionamiento de sistemas críticos, cuya falla puede comprometer la atención. En este contexto, la calidad de la información técnica del activo resulta determinante, ya que permite mejorar la toma de decisiones, asegurar la trazabilidad de intervenciones y optimizar la gestión del mantenimiento a lo largo del ciclo de vida del activo. (Abideen et al., 2024)

Los hospitales públicos como el hospital de Yungay Nivel II-1, la problemática también se traduce a la dificultad constante para manejar la información que se necesita en la etapa de operación y mantenimiento, es decir los documentos suelen estar esparcidos y desorganizados, y a menudo no es fácil seguir la trazabilidad de una orden de trabajo. En consecuencia, ubicar la documentación de un servicio de mantenimiento toma más tiempo del necesario y se producen descoordinaciones entre intervenciones, o también aparecen registros duplicados, afectando la eficiencia operativa del área del mantenimiento del hospital.

Diversos estudios han señalado que la incorporación de modelos digitales en la gestión de activos permite mejorar la trazabilidad, la accesibilidad de la información y la coordinación entre procesos de mantenimiento y operación (Khajavi et al., 2019; Sacks et al., 2018). Asimismo, la integración de BIM con enfoques de gemelo digital ha sido identificada como una oportunidad para reorganizar la gestión del activo en la fase de funcionamiento, mediante estructuras de información que vinculan geometría, documentación técnica, historial y decisiones operativas (Zhao et al., 2022; Wijeratne et al., 2024).

En el Perú, esta necesidad se vuelve más evidente en los hospitales de segundo nivel de atención, como los de categoría II-1, porque la continuidad del servicio depende del funcionamiento de activos críticos. Cuando la información de esos activos no está ordenada ni vinculada a los procesos de mantenimiento, la gestión se vuelve más lenta y difícil de controlar. No basta con tener equipos disponibles; también se necesita saber

dónde están, qué información técnica los respalda, qué intervenciones han recibido y qué acciones deben programarse. Sin esa base, la operación tiende a resolverse de manera reactiva, con menor trazabilidad y con pocas condiciones para avanzar hacia una gestión digital más madura (Sacks et al., 2018)

A partir de esta problemática, la investigación propone un modelo de gestión de información basado en gemelo digital para la operación y mantenimiento del Hospital de Yungay Nivel II-1. Su alcance es descriptivo y conceptual: ordenar la información del activo, estructurar un Asset Information Model (AIM) y representarlo mediante la metodología BIM, utilizando Dalux FM como entorno de consulta, registro y trazabilidad. Por ello, el modelo se ubica en el nivel de gemelo digital descriptivo. Es decir, se orienta a integrar y mantener organizada la información necesaria para apoyar la gestión operativa del hospital, sin asumir control automático sobre el comportamiento del activo (Zhao et al., 2022; Vallée, 2023; ISO/IEC 30173:2023).

Así mismo, este trabajo de investigación presenta la idea de crear un sistema para gestionar la información, en específico en el hospital de Yungay Nivel II-1. Este sistema de gestión apunta en cómo se organiza, se valida, se utiliza y se mantiene la información de los activos en la etapa de Operación y Mantenimiento de dicho hospital.

Por último, el presente trabajo se divide en cuatro capítulos: el primer capítulo nos describe la introducción empezando por lo macro y concluyendo por lo micro. Por consiguiente, en el segundo capítulo se desarrolla el planteamiento del problema, el cual describe que se quiere resolver del problema, la pregunta que se quiere responder, los objetivos, la justificación y el alcance de este trabajo. En la tercera se desarrolla el marco teórico el cual describe los antecedentes de la investigación basados en artículos, bases teóricas y normativas que refuerzan el título y la definición de los términos que sustentan la propuesta. El último y cuarto capítulo desarrolla la propuesta metodológica, es decir se explica el procedimiento paso a paso para obtener el resultado del trabajo de investigación.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

Los establecimientos de salud de mediana complejidad como el nivel II-1 enfrentan desafíos crecientes para sostener la continuidad operativa de sus servicios. A escala internacional, diversos estudios coinciden en que la gestión de activos y mantenimiento en infraestructura hospitalaria dependen de la disponibilidad de información integrada, trazable y accesible, la cual resulta clave para la toma de decisiones oportunas (Elkefi & Asan, 2022; Zhao et al., 2022). Sin embargo, en muchos contextos públicos, la fase de operación y mantenimiento continúa desarrollándose sobre información fragmentada, distribuida entre archivos físicos, documentos aislados, registros no estandarizados y conocimiento no formalizado.

En el Perú, la situación en los hospitales públicos evidencia limitaciones en infraestructura, equipamiento y mantenimiento, a lo que se suma un uso aún incipiente de herramientas digitales para la gestión de la información. Informes del sector salud han identificado brechas en la capacidad operativa de los establecimientos públicos, especialmente en infraestructura, equipamiento y mantenimiento, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la gestión de la información como soporte para su funcionamiento. En este escenario, los hospitales de nivel II-1 cumplen un rol relevante, ya que brindan servicios que dependen del funcionamiento de sistemas críticos; sin embargo, no siempre disponen de entornos digitales que permitan gestionar sus activos y la información asociada de manera estructurada (Ministerio de Salud, 2022).

En el Hospital II-1 Yungay, este problema se manifiesta en tres dimensiones: la primera corresponde al ámbito operativo, donde la disponibilidad de los equipos y activos resulta necesaria para asegurar la continuidad del funcionamiento del hospital. La segunda se relaciona con la gestión documental, ya que la información técnica de los activos, como manuales y registros de intervención, suele encontrarse dispersa y no siempre vinculada al elemento que corresponde. La tercera dimensión es organizacional, debido a la ausencia de un modelo claro para la gestión de la

información en etapa de operación y mantenimiento, se genera confusión respecto a las diferentes responsabilidades, a la actualización de los datos y su trazabilidad. La combinación de estos factores conduce a una gestión principalmente reactiva. En la práctica, el mantenimiento termina ejecutándose con información incompleta, dispersa o poco confiable, lo que afecta directamente la capacidad de respuesta del hospital. Esto incrementa los tiempos de atención, reduce el control sobre la documentación vigente y dificulta reconstruir el historial de intervenciones realizadas sobre cada activo. También limita la posibilidad de identificar fallas recurrentes y proponer mejoras sostenidas en la gestión.

Por ello, la investigación parte de un problema práctico del Hospital de Yungay Nivel II-1: la información de los activos necesita estar ordenada y conectada con quienes la usan, con los documentos que la respaldan y con las actividades de mantenimiento que se realizan. Sacks et al. (2018) señalan que BIM no debe verse solo como un modelo digital, sino como una forma de organizar información útil para gestionar el activo durante su operación y mantenimiento. En este caso, antes de pensar en un gemelo digital automatizado con sensores, primero se necesita que el personal pueda encontrar, revisar y actualizar la información para atender la operación diaria. Por esa razón, se plantea un modelo de gestión de información basado en un gemelo digital descriptivo.

2.2. Pregunta de investigación general

2.2.1. Pregunta general

- ¿Cómo se estructura una propuesta de modelo de gestión de información basada en gemelo digital para la operación y mantenimiento del Hospital II-1 Yungay?

2.2.2. Preguntas específicas

- i. ¿Qué criterios técnicos, funcionales e informacionales deben considerarse para la estructuración de un modelo de gestión de

información orientado a la operación y mantenimiento del Hospital II-1 Yungay?

- ii. ¿Cómo estructurar el modelo de información del activo (AIM), integrando la geometría 3D, documentación técnica, la clasificación de activos y parámetros requeridos para su gestión?
- iii. ¿Cómo plantear el diseño del modelo de gestión de información para la operación y mantenimiento del Hospital II-1 Yungay a partir de la definición de flujos de trabajo, roles, criterios de uso y trazabilidad?

2.3. Objetivo general

- Desarrollar una propuesta de modelo de gestión de información basado en un enfoque de gemelo digital orientado a la operación y mantenimiento del Hospital de Yungay Nivel II-1.

2.4. Objetivos específicos

- i. Definir los criterios técnicos, funcionales e informacionales que sustentan la estructuración de un modelo de gestión de información para la operación y mantenimiento del Hospital de Yungay Nivel II-1.
- ii. Estructurar el modelo de información del activo (AIM), integrando la geometría 3D, la documentación técnica, la clasificación de activos y los parámetros requeridos para la gestión del Hospital de Yungay Nivel II-1.
- iii. Diseñar el modelo de gestión de información para la operación y mantenimiento del Hospital de Yungay Nivel II-1, a partir de flujos de trabajo, roles, criterios de uso y trazabilidad.

2.5. Justificación

Esta investigación se sostiene teóricamente en una necesidad concreta del Hospital de Yungay Nivel II-1: usar la información de sus activos durante la operación y mantenimiento; y, no dejarla solo como documentación guardada al cierre del proyecto constructivo. Para que esa información realmente sirva, debe estar clara,

actualizada y ser fácil de seguir en el tiempo, como plantea la ISO 19650-3 para la fase operativa de los activos. Esta misma orientación se recoge en el Plan BIM Perú y en la Guía Nacional BIM, donde se busca que la gestión digital acompañe al activo durante todo su ciclo de vida, y no solo durante el diseño o la construcción (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2020; Ministerio de Economía y Finanzas [MEF], 2021, 2023).

Desde el punto de vista práctico, permite ordenar la información del activo mediante criterios, datos, documentos, procesos y roles definidos. Esto resulta importante porque, en esquemas tradicionales, la información suele depender de archivos dispersos, registros no uniformes o conocimiento informal del personal. Frente a ello, el modelo plantea un entorno donde cada activo pueda ser identificado, ubicado, documentado, consultado y gestionado con trazabilidad. Esta forma de organizar la información se relaciona con lo señalado por la literatura sobre el aporte de BIM y de los entornos digitales en la gestión del mantenimiento y el facility management, especialmente cuando se busca mejorar el acceso a la información y el seguimiento de los activos durante su vida útil (Sacks et al., 2018; Wijeratne et al., 2024).

La justificación social radica en que una gestión más organizada de la información de los activos hospitalarios puede contribuir a una atención más continua, oportuna y segura para la población usuaria del Hospital de Yungay Nivel II-1. Cuando la información técnica se encuentra disponible, actualizada y vinculada al activo correspondiente, el hospital mejora su capacidad de respuesta ante fallas, reduce tiempos de atención y sostiene de manera más eficiente el funcionamiento de sus servicios. Este aspecto adquiere mayor relevancia en establecimientos donde los sistemas de soporte inciden directamente en la seguridad y continuidad de la atención, en el caso de Yungay, este impacto se vincula con la atención de una población de 22 654 habitantes en el distrito y 55 888 en la provincia, de acuerdo con información estadística oficial del INEI (2025).

2.6. Alcance

La presente investigación es de tipo aplicada, con enfoque descriptivo-propositivo y diseño no experimental, y busca proponer una forma de ordenar y usar la información de los activos del Hospital de Yungay Nivel II-1 durante su operación y mantenimiento, mediante un gemelo digital descriptivo que permita consultar, actualizar y hacer seguimiento a esa información en un entorno digital.

En cuanto al alcance, la investigación define los criterios de la propuesta, organiza la información del activo mediante el Asset Information Model (AIM) y plantea procesos, roles y formas de uso para manejarla con mayor claridad. Su aplicación se muestra mediante flujos de trabajo en Dalux FM, tomando como caso el Hospital de Yungay Nivel II-1.

Para representar la propuesta de Gemelo Digital Descriptivo, se emplea Dalux FM, ya que permite trabajar con modelos BIM y, al mismo tiempo, gestionar activos, documentación, órdenes de trabajo e historial de mantenimiento en un mismo entorno. Además, su selección responde a que resulta compatible con los procesos de gestión definidos durante la operación y mantenimiento del hospital de Yungay Nivel II-1.

Respecto a las limitaciones, esta investigación no aplica el modelo directamente en el hospital, no lo lleva a un gemelo digital automatizado con sensores ni mide el desempeño operativo con indicadores; su alcance se centra en dejar una base metodológica para ordenar la información del activo, de modo que más adelante pueda validarse, implementarse o ampliarse hacia soluciones más avanzadas.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

Antecedentes internacionales

En el ámbito internacional, Matarrita Chaves y Gómez Gómez (2020), en su artículo “Building Information Modeling (BIM) en la gestión de mantenimiento hospitalario” publicado en el Anuario de Administración y Tecnología para el Diseño de la Universidad Autónoma Metropolitana, analizaron el potencial del modelado de información de la construcción (BIM) como herramienta para optimizar los procesos de operación y mantenimiento (O&M) en infraestructura hospitalaria, tomando como referencia la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS). Las autoras muestran que el mantenimiento hospitalario todavía suele manejarse de forma tradicional, aunque BIM puede ayudar a reunir información técnica, operativa y espacial de los activos en un mismo entorno. Esto facilita programar intervenciones y usar mejor los recursos, más aún cuando el estudio advierte una brecha entre el presupuesto destinado al mantenimiento en la CCSS y lo recomendado por la OPS. Para esta investigación, el antecedente sirve para sustentar que la digitalización del mantenimiento no depende solo de una herramienta, sino de ordenar la información y preparar a la institución para usarla adecuadamente. En ese sentido, sirve como referencia para sustentar el modelo de gestión de información propuesto y compararlo con los resultados del estudio.

Zhao, Feng, Chen y García de Soto (2022), en el artículo “Developing a conceptual framework for the application of digital twin technologies to revamp building operation and maintenance processes”, analizan cómo esta tecnología puede apoyar la operación y mantenimiento de edificaciones, comparando prácticas tradicionales de facility management con cuatro casos aplicados: un hospital, campus universitarios y un almacén inteligente. El estudio muestra que su uso mejora la planificación y el control del mantenimiento al permitir el seguimiento de activos, apoyar la toma de decisiones y abrir posibilidades hacia el mantenimiento predictivo; sin embargo, también advierte que su adopción requiere integración de datos, estándares comunes y una adecuada articulación entre sistemas. A partir de ello, los autores proponen un marco conceptual para su aplicación en O&M, reportando en el caso hospitalario una mejora del 10 % en la satisfacción del personal de gestión y una reducción anual del 1 % en el consumo de energía, asociadas al uso de sensores, analítica y flujos de mantenimiento basados en gemelo digital. Para la presente investigación, el antecedente ayuda a orientar el caso del

Hospital de Yungay Nivel II-1, porque muestra que el uso del gemelo digital no debe empezar por la tecnología más avanzada, sino por ordenar los datos, definir quién los gestiona y aclarar cómo se usan durante la operación. Por eso, el gemelo digital descriptivo se plantea como una primera etapa antes de avanzar hacia monitoreo en tiempo real o predicción.

Luego, Elkefi y Asan (2022), en su artículo científico titulado “Digital Twins for Managing Health Care Systems: Rapid Literature Review”, publicado en el Journal of Medical Internet Research, realizaron una revisión rápida de literatura con el objetivo de analizar las aplicaciones de los gemelos digitales (Digital Twins) en la gestión de sistemas de salud. Su propósito fue identificar cómo esta tecnología contribuye a optimizar la operación hospitalaria mediante la simulación, monitoreo y análisis en tiempo real de los procesos clínicos, logísticos y administrativos. A partir de los estudios revisados, los autores señalan que los gemelos digitales pueden apoyar la gestión de recursos, la respuesta ante situaciones críticas y la toma de decisiones en hospitales. Aunque su uso en salud todavía es limitado, el estudio muestra que esta tecnología puede servir para juntar información y usarla mejor durante la operación y mantenimiento. Para esta investigación, el antecedente ayuda a sustentar que, en el Hospital de Yungay Nivel II-1, el primer paso no debe ser un sistema avanzado con monitoreo o automatización, sino un gemelo digital descriptivo que permita ordenar la información del activo y dejar una base más clara para su gestión.

Antecedentes nacionales

En el ámbito nacional, (Lee Jhordy Perez Rivera, 2022) en su tesis titulada “Gestión de mantenimiento en un hospital nivel II-2 empleando herramientas BIM e imágenes de inmersión total”, tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema de gestión de mantenimiento mediante la integración de herramientas BIM, TIC e imágenes 360° para mejorar la eficiencia del mantenimiento hospitalario. La propuesta desarrolla un Sistema de Mantenimiento Combinado sustentado en los enfoques RCM y TPM. Su aplicación permitió adaptar el modelo a las condiciones del establecimiento evaluado, incorporando el levantamiento de información

mediante imágenes de inmersión total, la generación de modelos BIM dinámicos, el uso de Trello como plataforma de comunicación interna y la definición de indicadores de gestión. Los resultados muestran mejoras importantes en el proceso de mantenimiento. Entre ellas, se reporta un incremento del 65 % en las órdenes planificadas, una reducción del 75 % en los requerimientos atrasados y un aumento del 36 % en los requerimientos atendidos de manera efectiva, al comparar los periodos de enero–febrero de 2019 y 2020. Este antecedente resulta relevante para la presente investigación, ya que evidencia el impacto de la digitalización en la gestión hospitalaria y demuestra que la incorporación de herramientas BIM y TIC contribuye a mejorar los procesos de mantenimiento. En ese sentido, sustenta la pertinencia de avanzar hacia enfoques más integrados, como los gemelos digitales, durante la fase de operación y mantenimiento (O&M).

Vallée (2023) en su artículo “Digital twin for healthcare systems”, analiza cómo ha avanzado el uso de gemelos digitales en sistemas de salud y señala que esta tecnología puede ayudar a juntar datos, simular escenarios y revisar información para mejorar la operación clínica, el flujo de pacientes y el uso de recursos hospitalarios; además, muestra casos donde permite aprovechar mejor el equipamiento médico, priorizar intervenciones y planificar situaciones críticas, aunque advierte que su aplicación no depende solo de tener tecnología, sino también de contar con datos confiables, sistemas que se conecten entre sí y reglas claras para usar la información. Este antecedente aporta una base actual sobre los beneficios y límites de los gemelos digitales en hospitales y, aplicado al caso del Hospital de Yungay Nivel II-1, refuerza una idea clave: antes de pensar en simulaciones, predicciones o automatización, primero se necesita ordenar e integrar la información del activo. Por ende, este antecedente sustenta el Marco Teórico, especialmente en el apartado relacionado a la conceptualización y adopción de gemelos digitales en hospitales, además de justificar la investigación al demostrar que existe una tendencia tecnológica global que aún no ha sido desarrollada en el contexto peruano

Ayala (2023), en su investigación titulada “Análisis del uso de la metodología BIM propuesta en el Plan Nacional de Competitividad y Productividad (2019-2030) para

prevenir y controlar retrasos durante la etapa de construcción de proyectos de infraestructura hospitalaria contratados por el Estado. Caso de estudio: Proyecto Hospital de Apoyo de Sullana II-2, Piura”. El estudio revisa problemas comunes en la construcción de hospitales públicos, como la falta de coordinación entre especialidades, los retrasos y los sobrecostos, y plantea que el uso de procesos digitales puede ayudar a mejorar los plazos, la coordinación entre disciplinas y el seguimiento de la información durante la ejecución. Este antecedente es útil porque muestra que BIM ya se viene aplicando en hospitales públicos del Perú, pero principalmente en diseño y construcción, dejando pendiente su uso en la etapa de operación y mantenimiento; por eso, para el caso del Hospital de Yungay Nivel II-1, refuerza la necesidad de proponer un modelo basado en gemelo digital descriptivo que no se limite a representar el activo, sino que ayude a ordenar la información que será usada durante su vida operativa.

Vadillo Motta (2023), en su trabajo “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos médicos del área de esterilización de un hospital público de Lima”, tuvo como objetivo diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos médicos en un área crítica del hospital. Mediante la programación sistemática de intervenciones, el registro de órdenes de trabajo y la aplicación de indicadores de confiabilidad, se logró aumentar la disponibilidad de equipos de 82 % a 96 %, evidenciando la efectividad de la gestión técnica basada en mantenimiento planificado. Este antecedente se utiliza en la investigación porque refuerza el enfoque en la gestión hospitalaria orientada a la continuidad de los servicios críticos, destacando la relevancia de contar con sistemas de mantenimiento estructurados y medibles. Asimismo, permite ampliar la perspectiva del modelo propuesto al incluir no solo la infraestructura, sino también el equipamiento biomédico dentro del alcance del gemelo digital hospitalario. Esta investigación es pertinente ya que permite sustentar nuestro marco teórico y conceptual.

3.2 Bases teóricas / Bases normativas

Bases teóricas

Gestión de la operación y mantenimiento en infraestructuras

La operación y el mantenimiento corresponden a la fase del ciclo de vida en la que la edificación entra en funcionamiento y debe sostener su desempeño en el tiempo. Esta etapa se desarrolla posteriormente a las fases de inicio, planificación, ejecución y puesta en marcha, y se orienta a garantizar la continuidad operativa, la funcionalidad y las condiciones de servicio del edificio. (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2014)

El mantenimiento comprende todas las acciones que se ejecutan de forma periódica para prevenir, evitar o neutralizar daños y el deterioro de las condiciones físicas, con el fin de garantizar su periodo de vida útil de las infraestructuras y prolongar la misma (Ministerio de Educación del Perú, 2024).

La norma EN 13306:2017 ayuda a precisar esta idea al señalar que el mantenimiento busca conservar un activo o devolverlo a una condición adecuada de funcionamiento. Para esta investigación, esa definición es útil porque permite entender que mantener no es solo reparar algo cuando falla; también implica tener información ordenada, responsables claros y seguimiento durante el uso del activo (British Standards Institution, 2017).

Gestión operativa del mantenimiento

De acuerdo con Coello Baños & Gallegos Cuenca, (2015), la gestión operativa del mantenimiento puede organizarse a partir de componentes que permiten controlar las actividades, los recursos y la información asociada a cada intervención. Entre estos componentes se encuentran las órdenes de trabajo, la gestión de activos, el control de inventarios y la seguridad de la información.

En la gestión operativa del mantenimiento, las órdenes de trabajo, los activos, los inventarios y la seguridad funcionan como partes de un mismo proceso. Las órdenes

permiten saber qué se atendió y cómo quedó; la gestión de activos ayuda a ubicar los equipos y conocer sus datos principales; el inventario permite verificar si existen materiales o herramientas disponibles; y la seguridad protege la información usada en la operación. En un hospital, esto no es menor, porque una orden incompleta, un equipo sin datos actualizados o un insumo faltante puede demorar la atención de una falla.

Impacto del soporte digital en la fase de operación y mantenimiento

De acuerdo con Coello Baños y Gallegos Cuenca (2015), un sistema GMAO ayuda a ordenar las actividades de mantenimiento mediante una base de datos donde se registran órdenes de trabajo, recursos usados, tiempos de atención, historial de intervenciones y datos técnicos del activo. Aunque este tipo de sistema se usa más en entornos industriales, también resulta útil en hospitales, donde atender una falla con información dispersa puede retrasar la respuesta. Por eso, en esta investigación el soporte digital no se plantea como monitoreo en tiempo real, sino como una forma de reunir y consultar la información técnica, documental y operativa del hospital en un solo entorno, para que el mantenimiento pueda gestionarse con mayor orden y seguimiento.

Gestión de activos a lo largo del ciclo de vida

Según la ISO 55000 La Gestión de Activos (GA) concibe al activo como fuente de valor durante todo su ciclo de vida (planificar–adquirir–operar–mantener–disponer). Asimismo, orientan políticas, objetivos y planes basados en valor, costo y riesgo, usando mejora continua y toma de decisiones basada en evidencia. En hospitales, la gestión de activos orienta la identificación y el control de aquellos sistemas y equipos cuya condición, desempeño y soporte informacional resultan determinantes para la continuidad del servicio, la seguridad del paciente y el cumplimiento normativo (equipos de gases medicinales, HVAC en áreas críticas, esterilización, calderas, grupos electrógenos, sistemas PCI, etc)

Evolución hasta la gestión de activos



Figura N° 1: Evolución de conceptos. Fuente: BSI.PAS-55:2018

Fundamentos de Gestión de Activos

La organización implanta un sistema de gestión de activos para encauzar, coordinar y controlar las actividades asociadas a dicha gestión. Este sistema puede mejorar el control del riesgo y asegurar que los objetivos de gestión de activos se alcancen de forma consistente. No obstante, no todas las actividades de gestión de activos son susceptibles de formalización dentro del sistema. Por ejemplo, factores con influencia significativa en el logro de objetivos como el liderazgo, la cultura organizacional, la motivación y el comportamiento pueden ser gestionados por la organización mediante arreglos que operan fuera del sistema de gestión de activos. La Figura 1 muestra las relaciones entre los términos clave de la gestión de activos.

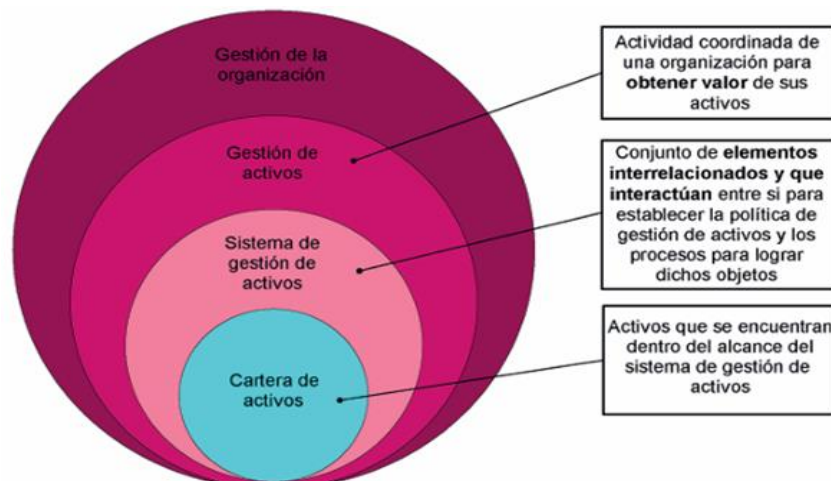


Figura N° 2: Relaciones entre términos clave. Fuente: BSI.PAS-55:2018

historial de intervenciones, los costos y los recursos disponibles. En hospitales, esto pesa más porque una decisión tomada con datos incompletos puede generar demoras, gastos innecesarios o afectar servicios sensibles. Por eso, contar con información actualizada permite priorizar mejor el mantenimiento y actuar con mayor criterio técnico (Vanier, 2001).

Cuando estas decisiones se sustentan en información confiable, por ejemplo, inventarios completos, datos sobre estado y criticidad, historial de intervenciones y costos del ciclo de vida, la gestión del activo puede mejorar de manera significativa. Se considera que este punto es clave en edificaciones hospitalarias, porque decidir sin información ordenada puede llevar a intervenciones tardías, gastos innecesarios o pérdida de continuidad en servicios críticos. Por el contrario, contar con una base de información actualizada permite priorizar mejor las acciones de mantenimiento, reducir gastos de reparación y renovación, y ajustar la gestión con mayor criterio técnico.

Otros desarrollos basados en tecnología 3D se han reportado, como el de Hung Ming, Chuan Chein, & Yu Hsiang (2013). (véase Figura 3), un trabajo que integra tecnologías de visualización, bases de datos, confiabilidad y optimización de las operaciones de gestión del mantenimiento. Su prototipo incorpora:

- Integración / integridad de datos, al consolidar la información de gestión y mantenimiento.
- Interacción intuitiva, que permite a los gestores de instalaciones ejecutar la FM de forma natural.
- Dinámica en tiempo real, para observar el estado actual de la instalación mediante monitoreo continuo.
- Reutilizabilidad, al posibilitar el uso repetido a partir de modelos constructivos de la instalación.
- Analítica de datos, que proporciona información predictiva basada en los datos acumulados de FMM para apoyar la toma de decisiones.

Inventario de activos

En una edificación, y más aún en un hospital, se necesita tener claro dónde están los equipos mantenibles, qué función cumplen y qué información se tiene sobre ellos. Por eso, el inventario de activos funciona como una base de orden para la operación diaria, ya que permite registrar datos como ubicación, estado, criticidad, vida útil, garantía, fabricante, modelo y documentos asociados. Esta información ayuda a programar mantenimientos, revisar antecedentes y tomar mejores decisiones sobre cada activo. La ISO 55000, señala que la gestión de activos busca obtener valor a partir de los activos durante su ciclo de vida, considerando su desempeño, riesgo y costo; por ello, contar con un inventario claro es un primer paso para gestionar mejor la operación y mantenimiento del hospital (International Organization for Standardization [ISO], 2014).

Ciclo de vida de los activos

En la gestión de activos, el enfoque de ciclo de vida constituye un principio fundamental y recurrente en diversas definiciones. The Asset Management Council of Australia ha desarrollado la siguiente definición sobre la gestión de activos: “la conceptualiza como la administración integral del ciclo de vida de los activos físicos orientada al cumplimiento de los objetivos organizacionales.” (Montiveros Toribio, 2018)

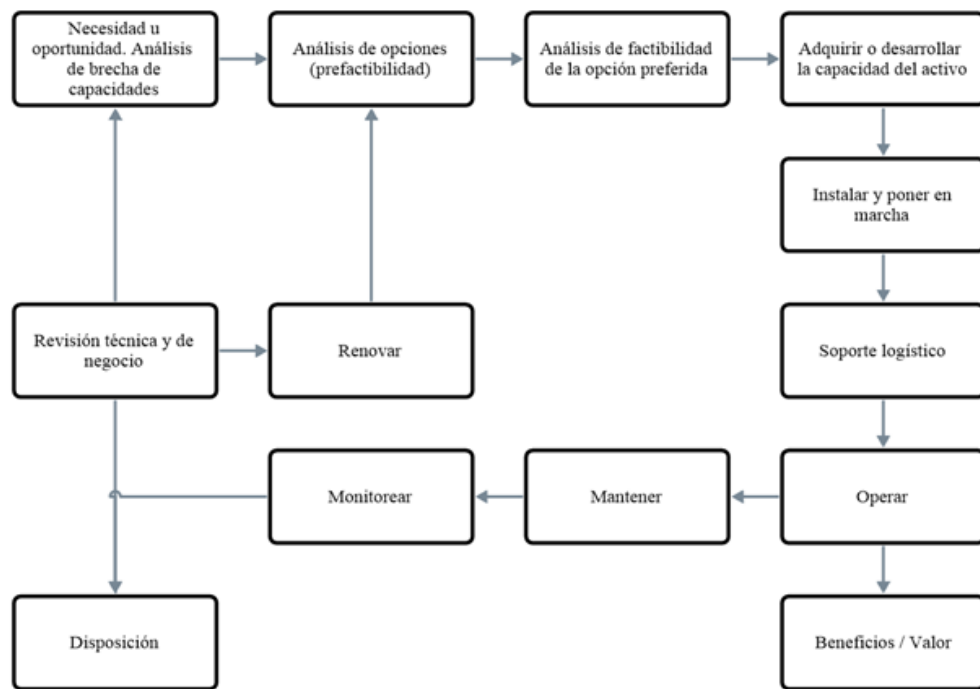


Figura N° 4: Ciclo de vida de Activos. Fuente: Montiveros Toribio, 2018

La PAS 55 define la gestión de activos como el conjunto de acciones sistemáticas y prácticas coordinadas mediante las cuales una organización administra de forma óptima y sostenible sus activos y los sistemas que los gestionan, su desempeño, los riesgos y los costos a lo largo de todo su ciclo de vida, con el propósito de alcanzar sus objetivos y plan estratégico. (PAS 55-1 2008).

Las definiciones precedentes evidencian que el enfoque de ciclo de vida del activo es el eje sobre el cual debe articularse su gestión, a fin de maximizar la satisfacción de la organización y de los propietarios.

Facility Management (FM) en entorno hospitalario

Segun la ISO 41000 y ISO 41001 estructura la provisión y control de servicios de soporte: O&M, limpieza, energía, espacios, sostenibilidad. En hospitales se enfatiza la disponibilidad de ambientes críticos, la bioseguridad y la trazabilidad de mantenimientos. El enfoque FM introduce procesos y roles (propietario del servicio, niveles de servicio, catálogos de servicios) que son la base organizacional donde se inserta el Gemelo Digital)

BIM para la fase de operación

De acuerdo con la ISO 19650, la gestión de la información en entornos BIM establece los principios para la creación, intercambio y gobierno de la información a lo largo del ciclo de vida del activo (ISO, 2020). En la fase de operación y mantenimiento (O&M), la información As-built y la entrega de información del activo, definida mediante requerimientos como el EIR, el BEP y el uso de entornos comunes de datos (CDE), se materializan a través de estándares como IFC (ISO 16739-1) y COBie, los cuales permiten estructurar datos asociados a inventarios, ubicaciones, sistemas, mantenimiento y documentación técnica.

En el caso del Hospital de Yungay Nivel II-1, al culminar la fase de construcción, el modelo 3D estructurado como AIM ya cuenta con información útil para ubicar cada activo dentro de la edificación y relacionarlo con los datos necesarios para su gestión. Así, durante la operación y mantenimiento, un equipo no queda registrado de forma aislada, sino asociado a un bloque, piso o ambiente específico, lo que facilita encontrarlo en el modelo y revisar sus planos, fichas técnicas, documentos de soporte o registros de mantenimiento. Esta idea se relaciona con la ISO 19650-3, que plantea que la información del activo debe mantenerse útil durante la fase operativa, no solo como parte de una entrega final del proyecto (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2020). Por eso, en esta investigación BIM se entiende como una base para conectar el modelo, la ubicación y la información necesaria para gestionar mejor la operación y mantenimiento del hospital.

Integración digital como soporte sistémico: BIM + Digital twin

La integración de metodologías y tecnologías digitales como BIM y Gemelos Digitales permite visualizar y gestionar el hospital como un sistema:

Elemento del Sistema	Contribución de BIM-DT
Infraestructura	Modelo digital y documentación técnica actualizada
Información técnica	Vinculación entre modelo, atributos y documentación
Procesos O&M	Registro, consulta, actualización y trazabilidad

Toma de decisiones	Acceso estructurado a información confiable
--------------------	---

Tabla N° 1: Integración digital como soporte sistémico. Fuente: (Kaur & Ahuja, 2023).

A diferencia de una gestión basada en documentos sueltos y registros aislados, la integración digital permite reunir la información técnica y operativa en una sola estructura, lo que facilita su consulta, actualización y seguimiento. En esta investigación, ese aporte no se entiende desde el monitoreo en tiempo real, sino desde la posibilidad de relacionar el modelo, la documentación y los registros de operación y mantenimiento dentro de un mismo entorno de trabajo.

El hospital puede entenderse como un sistema donde cada área, equipo o subsistema depende de información clara para funcionar bien. Por eso, no basta con tener datos guardados; estos deben poder encontrarse, actualizarse y relacionarse con los procesos de operación y mantenimiento. Si una falla no se atiende a tiempo o la información está incompleta, el problema puede afectar otros servicios del hospital. En ese sentido, el gemelo digital descriptivo se plantea como una primera forma de ordenar la información, juntar registros e indicadores y mejorar la trazabilidad, para que las decisiones no dependan solo de documentos sueltos o de la memoria del personal (Kaur & Ahuja, 2023).

Niveles de gemelo digital

El gemelo digital no tiene un solo nivel de desarrollo. Puede ir desde una representación que solo reúne información del activo hasta sistemas más avanzados que analizan datos, se actualizan continuamente y apoyan la toma de decisiones. La ISO/IEC 30173:2023 lo define como una representación digital de una entidad de interés, y autores como Kritzinger et al. (2018) lo clasifican según el grado de conexión entre el activo físico y su modelo digital: el Digital Model no intercambia datos de forma automática, el Digital Shadow recibe información desde el activo físico y el Digital Twin plantea una relación más integrada entre ambos. También se habla de niveles descriptivos, diagnósticos, predictivos y prescriptivos, según lo que el modelo sea capaz de hacer. Para el Hospital II-1 Yungay, lo más razonable es partir de un gemelo digital descriptivo, porque antes de pensar en sensores, automatización o predicción, primero se necesita ordenar la información de los

activos, su documentación y sus registros de operación y mantenimiento. Así, la propuesta empieza desde un nivel más alcanzable y deja abierta la posibilidad de avanzar luego hacia soluciones más complejas.

Gestión de operación y mantenimiento (o&m)

La operación y el mantenimiento forman parte de una etapa clave en el ciclo de vida de los activos, particularmente en edificaciones hospitalarias, donde la continuidad del servicio depende del funcionamiento adecuado de distintos sistemas. En este contexto, la gestión de activos se orienta a equilibrar costo, riesgo y desempeño, con el fin de asegurar que los activos cumplan su función y mantengan su valor a lo largo del tiempo (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2014)

Desde esta perspectiva, la O&M reúne las actividades necesarias para operar, conservar y, cuando corresponde, restituir la funcionalidad de la infraestructura y sus sistemas. Estas acciones incluyen la gestión técnica de instalaciones, el monitoreo de su desempeño, la ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos, así como la planificación de reemplazos o mejoras de equipos. (Khajavi et al., 2019)

En términos generales, la operación y el mantenimiento buscan asegurar el desempeño del activo en condiciones de operación, prolongar su vida útil y controlar los costos y riesgos asociados a su funcionamiento. Asimismo, se orientan a reducir la ocurrencia de fallas que puedan afectar la continuidad del servicio y a mantener condiciones adecuadas de seguridad tanto para los usuarios como para el personal. En el ámbito hospitalario, estos objetivos adquieren mayor relevancia, ya que el funcionamiento de los servicios depende directamente de la disponibilidad y confiabilidad de los sistemas que soportan la atención.

Tipos de mantenimiento

En el Perú, la gestión del mantenimiento en infraestructura pública —incluyendo hospitales— se encuentra regulada por normas técnicas y lineamientos sectoriales que establecen la clasificación de las actividades de conservación de activos. De acuerdo con la normativa nacional, a gestión del mantenimiento en infraestructura

pública considera tres enfoques principales: mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021)

El mantenimiento correctivo se ejecuta después de que el activo ha fallado o dejado de prestar un servicio adecuado. Su finalidad es restablecer la funcionalidad del equipo o infraestructura (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021). En hospitales públicos, el mantenimiento deficiente sigue generando costos muy altos y riesgos operativos. Por ejemplo, el MINSA ha identificado 57 hospitales paralizados durante varios meses, lo que evidencia problemas estructurales que pueden afectar la continuidad de servicios. (Minsa Identifica 57 Infraestructuras de Hospitales Paralizadas Entre 7 a 29 Meses | PERU | GESTIÓN, n.d.).

Por su parte, el mantenimiento preventivo comprende actividades programadas orientadas a evitar fallas futuras mediante inspecciones, ajustes y reemplazos basados en tiempo o ciclos de uso ((MINSA, 2022)). En el sector salud peruano se exige su aplicación en sistemas esenciales, como climatización y equipamiento biomédico, aunque su cumplimiento varía según la capacidad técnica disponible.

Finalmente, el mantenimiento predictivo se apoya en datos e indicadores de condición obtenidos mediante sensores y sistemas de monitoreo, lo que permite anticipar fallas y programar intervenciones con mayor oportunidad (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021). En hospitales peruanos, su aplicación todavía es limitada; por ello, antes de pensar en esquemas predictivos avanzados, resulta necesario fortalecer la información base de los activos y su trazabilidad. En ese camino, tecnologías como BIM y los gemelos digitales pueden servir como soporte para ordenar la información, mejorar el seguimiento de los activos y preparar una gestión más moderna y progresiva.

Gestión de activos

La ISO 19650-3:2020 señala que el valor de un activo en operación no depende solo de cómo funciona físicamente, sino también de la calidad y trazabilidad de la información que se tiene sobre él (ISO, 2020). Por eso, los datos generados durante el diseño y la construcción, reunidos en el Project Information Model (PIM), no

deberían quedar como archivos cerrados al terminar la obra, sino pasar al Asset Information Model (AIM) para seguir usándose en la operación, el mantenimiento y futuras intervenciones. Esta idea también se relaciona con el Plan BIM Perú y su Hoja de Ruta, que buscan llevar BIM hacia la fase de uso de la infraestructura pública, para que la información ayude a conservar el valor del activo durante todo su ciclo de vida (UK BIM Framework, 2019; Ministerio de Economía y Finanzas, 2021). En un hospital, esto es todavía más importante, porque la información no debería estar solo archivada, sino disponible para revisar intervenciones, programar mantenimientos y controlar el estado de los equipos e instalaciones.

Transformación digital en la gestión de infraestructura

La transformación digital en infraestructura no se trata simplemente de usar plataformas o herramientas nuevas. El cambio real está en que la información del activo pueda ordenarse y usarse durante su vida útil, sobre todo cuando el hospital ya está funcionando. En ese sentido, el UK BIM Framework señala que la información debe mantenerse útil y disponible a lo largo del ciclo de vida del activo, no solo durante el diseño o la construcción (UK BIM Framework, 2019).

Digitalización

La digitalización consiste en pasar la información que antes se manejaba en físico o de forma manual a formatos digitales que puedan guardarse, revisarse y actualizarse con mayor facilidad (UK BIM Framework, 2019); sin embargo, en operación y mantenimiento no basta con tener archivos digitales, porque la información realmente sirve cuando se puede encontrar rápido y está vinculada al activo correcto, como una ficha técnica asociada al equipo, al ambiente donde se ubica y a su historial de mantenimiento.

Interoperabilidad

La interoperabilidad ayuda a que esa información no quede separada en diferentes herramientas. En un hospital, los datos pueden venir del modelo BIM, de documentos técnicos o de una plataforma de gestión; lo importante es que puedan leerse juntos y mantener su sentido. Si eso no ocurre, la información puede estar

digitalizada, pero seguir funcionando como archivos aislados que no ayudan mucho en la gestión diaria.

Madurez digital

La madurez digital hace referencia al nivel de desarrollo tecnológico y de gestión de información que posee una organización para implementar herramientas digitales con valor estratégico ((UK BIM Framework, 2019)). Se evalúa en función de capacidades tecnológicas, procesos estandarizados y competencias del personal.

Relación con el contexto peruano

El Plan BIM Perú impulsa la transformación digital del sector público, estableciendo la adopción progresiva de BIM y la gestión digital del activo como parte de la visión país. A su vez, la Guía Nacional BIM del Perú proporciona lineamientos para garantizar el intercambio de información estructurada y la colaboración entre actores mediante estándares comunes. (Ministerio de Economía y Finanzas)

Estas iniciativas nacionales buscan superar los problemas históricos de la gestión de infraestructura en el país:

- documentación dispersa y desactualizada
- procesos reactivos de mantenimiento
- falta de trazabilidad en intervenciones y costos

La madurez digital de las entidades públicas peruanas se encuentra en desarrollo, lo cual justifica la aplicación de pilotos como el propuesto en esta investigación para acelerar la adopción de tecnologías emergentes en O&M.

Building Information Modeling (BIM)

El Building Information Modeling (BIM) se entiende como una forma de gestionar la información de un activo a lo largo de su ciclo de vida mediante el uso de modelos digitales. Más que un modelo tridimensional, BIM implica un proceso que permite crear, organizar y utilizar información asociada a los elementos físicos y

funcionales de una edificación (Sacks et al., 2018). En ese sentido, BIM ayuda a que la información del proyecto no se pierda entre etapas y pueda seguir usándose durante la operación. Esto es importante en hospitales, porque un dato mal ubicado, incompleto o desactualizado puede afectar la coordinación del mantenimiento y la continuidad del servicio. Su utilidad está en relacionar cada elemento del modelo con datos como ubicación, especificaciones, documentos técnicos y registros de intervención; de lo contrario, el modelo puede verse completo gráficamente, pero servir poco para la gestión diaria del activo.

De acuerdo con la Guía Nacional BIM, la metodología BIM desarrolla la información del proyecto a través de distintas dimensiones, las cuales incorporan progresivamente datos asociados al ciclo de vida del activo y a la gestión del proyecto (Ministerio de Economía y Finanzas [MEF], 2023). Estas dimensiones permiten ampliar el uso del modelo más allá del diseño, incorporando aspectos vinculados con planificación, costos, sostenibilidad y operación.

Las dimensiones BIM ayudan a que el modelo no sea solo una imagen en 3D, sino que tenga información útil según lo que se necesite en cada etapa. Por ejemplo, la 3D permite ver el edificio y coordinar especialidades como arquitectura, estructuras e instalaciones. La 4D agrega el tiempo, por lo que sirve para revisar la secuencia de obra o el avance de construcción. La 5D incorpora costos, como metrados, presupuestos o cambios económicos. La 6D se relaciona con sostenibilidad, por ejemplo, consumo de energía, agua o materiales. Finalmente, la 7D reúne información para la operación y mantenimiento, como datos de equipos, fichas técnicas, manuales, garantías e historial de intervenciones. En el Hospital de Yungay Nivel II-1, esta última dimensión es la más cercana al uso diario, porque ayuda a consultar información del activo y dar seguimiento a su mantenimiento durante la etapa de funcionamiento (Ministerio de Economía y Finanzas [MEF], 2023).

Componentes del Gemelo Digital

- **Modelo físico:** en esta investigación, el modelo físico es el hospital real sobre el que se construye el gemelo digital. Para el Hospital II-1 Yungay, esto incluye sus áreas críticas, sistemas mecánicos y equipos médicos que necesitan seguimiento durante la operación y mantenimiento. La idea no es ver el hospital solo como un edificio, sino identificar qué activos deben controlarse, dónde están ubicados y qué información necesita cada uno para funcionar bien. Esto se relaciona con la ISO/IEC 30173:2023, que entiende el gemelo digital como una representación digital de una entidad de interés; en este caso, esa entidad es el hospital físico y los activos que permiten su funcionamiento.
- **Modelo virtual:** representación digital. Representación digital que incluye no solo el modelo BIM y sus datos enriquecidos, sino también sistemas analíticos conectados (por ejemplo, simulaciones y modelos de comportamiento). Este modelo vive en tiempo real gracias a sensores y datos de IoT, lo que permite simular escenarios futuros, evaluar riesgos y hacer análisis predictivos para optimizar el desempeño del activo. (según su definición de gemelo digital; (Iliuță et al., 2024).

Gemelo digital

El Gemelo Digital (Digital Twin) es una representación virtual dinámica de un activo físico que interactúa bidireccionalmente mediante el intercambio continuo de datos en tiempo real. Según (Zhao et al., 2022), un gemelo digital integra sensores, modelos digitales y analítica avanzada para monitorear, predecir y optimizar el desempeño del activo durante todo su ciclo de vida. Según la literatura especializada, el gemelo digital se concibe como un “modelo vivo” del activo físico: una réplica virtual que se actualiza de forma continua con datos reales y que integra modelos digitales y analítica avanzada para monitorizar, predecir y optimizar el desempeño del activo a lo largo de su ciclo de vida. Este enfoque convierte al gemelo en una herramienta operativa para la toma de decisiones basada en datos, desde detección temprana de fallas hasta simulación de escenarios y optimización

de mantenimiento, al mantener sincronizados los estados físico y virtual. (Fuller et al., 2020).

Niveles del Gemelo Digital y enfoque adoptado.

La literatura reconoce distintos niveles de madurez de los gemelos digitales, que van desde modelos digitales principalmente informativos hasta sistemas conectados y autónomos. Algunas clasificaciones distinguen entre Digital Model, Digital Shadow y Digital Twin; otras, por analogía con la analítica de datos, diferencian gemelos digitales descriptivos, diagnósticos, predictivos y prescriptivos. (ISO/IEC 30173:2023 - Digital Twin — Concepts and Terminology, n.d.)

- Un gemelo digital descriptivo se centra en integrar y estructurar la información disponible para describir el estado actual y pasado del activo.
- Los niveles más avanzados, como el diagnóstico, el predictivo y el prescriptivo, agregan capacidades para interpretar las causas de una falla, anticipar comportamientos futuros y, en algunos casos, orientar o ejecutar acciones de manera automatizada.

En esta investigación, el gemelo digital se aborda de forma deliberada en su nivel descriptivo. Esto significa que se trabaja como un modelo digital orientado a integrar y organizar la información relevante de los activos del hospital, de manera que pueda servir de apoyo a la gestión del mantenimiento preventivo y correctivo.

Diferencias entre BIM y Digital twin

Diferencias entre BIM y Digital Twin		
Elemento	BIM	Gemelo Digital
Fase principal	Diseño y construcción	Operación y mantenimiento
Finalidad	Coordinación y documentación	Mejora del desempeño del activo

Visión	Representación de la edificación	Seguimiento, análisis y soporte a la gestión
--------	-------------------------------------	---

Tabla N° 2: Diferencias entre BIM y Digital Twin. Fuente Propia.

BIM y el gemelo digital se complementan: BIM ordena la información del activo desde el diseño y la construcción, mientras que el gemelo digital la usa durante la operación del hospital para ubicar activos, revisar antecedentes, registrar intervenciones y apoyar decisiones de mantenimiento, tal como señalan Zhao et al. (2022) al destacar su valor en la gestión operativa del activo.

Integración BIM – Gemelo digital en operación y mantenimiento hospitalario

La integración entre BIM y gemelo digital en la fase de operación y mantenimiento hospitalaria puede entenderse como una continuidad en la gestión de la información asociada a los activos dentro del sistema hospitalario. En esta relación, BIM funciona como la base estructurada de información geométrica, técnica y documental del activo, mientras que el gemelo digital, en su nivel descriptivo, organiza y articula esa información para su uso durante la fase de funcionamiento (Sacks et al., 2018; ISO, 2020). En esta investigación, esa integración se orienta específicamente a que la información de los activos pueda mantenerse válida, accesible y funcional como soporte para la operación y mantenimiento

Desde esta perspectiva, el modelo BIM as-built constituye el punto de partida para estructurar el modelo de información del activo (AIM), incorporando ubicación, especificaciones, documentación técnica, historial y relaciones funcionales. En consecuencia, la transición desde BIM hacia un gemelo digital no implica necesariamente una conexión en tiempo real, sino que puede expresarse como la consolidación de un entorno digital capaz de representar, mantener y gestionar información útil para la operación y mantenimiento (ISO, 2020; UK BIM Framework, 2021).

En el contexto hospitalario, esta integración cobra importancia porque permite tener la información que se encuentra dispersa y vincularla con el espacio y la función que cumple dentro del establecimiento de trabajo. En esa relación, BIM aporta la

base geométrica y la organización del modelo, mientras que el gemelo digital descriptivo aporta una estructura orientada a ordenar la información para su consulta, seguimiento y uso durante la operación (Zhao et al., 2022; Wijeratne et al., 2024).

En esta investigación, la integración BIM–gemelo digital no se plantea como una solución conectada a sensores o a plataformas de supervisión en tiempo real, sino como una articulación entre modelo BIM, documentación técnica, registros operativos y procesos de gestión dentro de un sistema digital de apoyo a la operación y mantenimiento hospitalario, coherente con un nivel descriptivo de gemelo digital (Khajavi et al., 2019; Zhao et al., 2022).

Bases normativas

Normas internacionales

- ISO 55000 (2014): Te indica aquellos principios, de tal manera que se puedan gestionar activos de forma correcta y ordenada, teniendo un equilibrio en costos y riesgos, en hospitales ayuda a planificar el mantenimiento, tener el control del de la data de las infraestructuras y de esta manera se toman mejores decisiones.
- ISO 55001 (2014): Se establecen aquellos requisitos para realizar la implementación de la gestión de activos en una organización. El aporte es que ayuda a tomar decisiones en el mantenimiento, utilizando una información ordenada, fiables y alineada con los objetivos.
- ISO 19650-3 (2020): Se tienen criterios para tener una mejor gestión en la información de activos que se han construido en la etapa de operación, asimismo su aplicación nos permite tener una información ordenada como también actualizada, el cual es importante para la operación del hospital.

- ISO/IEC 30173 (2023): Establece los conceptos para tener la comprensión sobre un gemelo digital, y la relación con un activo físico, en la investigación su importancia es debido a nos da una base clara para tener un entendimiento del gemelo digital, capaz de organizar una información útil para la gestión, asimismo en este estudio se busca desarrollar un trabajo a nivel descriptivo, con la idea de ordenar los datos y que estos sean más accesibles para la operación y mantenimiento del hospital.
- ISO 41001 (2018): Se plantea una manera entendible para realizar la gestión del Facility Management, intentando que la gestión de la infraestructura, sea más eficiente y tenga un mejor funcionamiento, en el caso de hospitales, es importante porque nos ayuda a tener una organización buena y controlar los ambientes de manera diaria lo cual es sostenible para los usuarios.
- ISO 7101 (2023): Se establece aquellos lineamientos para realizar una mejor gestión en centros de salud, esta norma es adecuada debido a que se resalta la importancia de trabajar con aquellos procesos ordenados, seguros y con la mira de una mejora continua. En hospitales se hace una relación porque se requiere una información confiable, con la información brindada se toman decisiones.

Normas nacionales

- Plan BIM Perú (MEF, 2021): Se da los lineamientos para tener una incorporación progresiva de BIM en proyectos públicos, la norma no se limita en diseño y construcción, sino también en operación y mantenimiento, es por eso por lo que se busca que las entidades públicas, trabajen con información trazable e interoperable.
- Directiva General del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones (D.S. N.º 284-2019-EF): nos indica que aquellas inversiones públicas no solo deben enfocarse en la ejecución, también deben enfocarse en un funcionamiento adecuado, por tal motivo esta norma nos

ayuda a contar con información ordenada, que nos permita realizar un seguimiento en el uso y conservación del activo en la operación y mantenimiento.

- R.M. N° 1021-2022-MINSA este manual de mantenimiento en infraestructura y equipamiento para hospitales, nos da las direcciones para organizar y tener una buena ejecución de actividades en mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo. La importancia en la presente investigación es debido a que nos ayuda a conservar los equipos, reduciendo fallas, evitando interrupciones para que todos los equipos puedan tener un funcionamiento adecuado en la atención al usuario.
- NTS N.° 110-MINSA/DGIEM-V.01: Establece aquellos requerimientos a nivel técnico y funcional para que la infraestructura y equipamiento pueda cumplir en la atención. Para esta investigación tiene la relevancia para poder comprender cuales son las condiciones mínimas que debe tener en la operación del hospital, sobre todo en el funcionamiento de los ambientes, la seguridad, el estado y continuidad de equipos y servicios, de esta manera sirve como una orientación en la etapa de la gestión del mantenimiento en hospitales.
- Decreto Supremo N.° 108-2021-EF: Actualiza las disposiciones para incorporar progresivamente BIM en la gestión de las inversiones públicas. Su importancia radica en que fortalece el respaldo institucional para el uso de esta metodología en el sector público y permite entender que la gestión digital de la información no debe quedarse solo en el diseño o la construcción. También debe proyectarse hacia la etapa de operación y mantenimiento, donde la información organizada del activo resulta necesaria para conservar la infraestructura, hacer seguimiento a su desempeño y tomar mejores decisiones durante su vida útil.

3.3 Definición de términos básicos

Modelo de gestión de información

Es una manera ordenada de trabajo, tal que la información del activo tenga procesos definidos, asimismo podemos crear, actualizar y compartir los datos de tal manera que sean controladas durante todo el ciclo de vida del activo. Tomando en cuenta la ISO19650, gestionar la información es que esta información esté disponible para quien los requiera o necesite, sin compartir toda la información del proyecto de acuerdo al nivel jerárquico de esta forma tener mayor seguridad con la información compartida, asegurando la trazabilidad y seguridad (International Organization for Standardization [ISO], 2018; UK BIM Framework, 2021).

Operación y mantenimiento

La operación y el mantenimiento son aquellas actividades para que el activo funcione durante el uso del usuario, según la ISO 19650-3 en esta etapa requerimos, procesos de gestión en el cual tengamos información actualizada y útil para tener un mejor seguimiento del activo a lo largo del tiempo (ISO, 2020; UK BIM Framework, 2021).

Gestión de activos

La gestión de activos puede entenderse como la actividad coordinada mediante la cual una organización busca obtener valor a partir de sus activos. Ese valor no es fijo, sino que depende de los objetivos de la propia organización y de las expectativas de sus partes interesadas. La gestión de activos equilibra costos, riesgos, oportunidades y desempeño de los activos a lo largo de su ciclo de vida. (International Organization for Standardization, 2014).

Building Information Modelling (BIM)

BIM puede entenderse como un enfoque para gestionar la información del entorno construido, apoyado en modelos digitales y en criterios comunes para intercambiar, registrar, organizar y versionar datos durante todo el ciclo de vida de un activo. Más que un modelo 3D independiente, BIM funciona como un marco de trabajo que permite producir y administrar información de manera ordenada y coherente, desde

el diseño hasta la operación y el cierre del ciclo de vida del activo (International Organization for Standardization, 2018).

Asset Information Model (AIM)

El AIM es el modelo de información del activo utilizado en la fase de operación. Se trata de un repositorio estructurado que concentra la información necesaria para apoyar la gestión, el uso, el mantenimiento y la toma de decisiones sobre un activo o sobre un conjunto de activos. Su importancia no está solo en almacenar datos, sino en mantener información organizada y útil para la operación. Por ello, debe actualizarse de forma continua para seguir reflejando el estado y la condición real del activo (UK BIM Framework, 2023; UK BIM Framework, 2021).

Gemelo digital descriptivo

Para esta investigación, el gemelo digital descriptivo se entiende como una representación digital del activo que integra y organiza información relevante sobre su estado, contexto, documentación e historial, sin asumir necesariamente control automático ni conexión bidireccional en tiempo real con el activo físico. Esta definición se apoya en la terminología general de la ISO/IEC 30173 para digital twin y en la lógica de la ISO 19650-3, que exige mantener el AIM de forma que siga reflejando el estado y la condición del activo durante su vida operativa (ISO/IEC, 2023; UK BIM Framework, 2021)

Facility Management (FM)

Facility Management es la función organizacional que coordina servicios, espacios, infraestructura y recursos de soporte para que la organización usuaria pueda cumplir eficazmente sus objetivos. La norma ISO 41001 lo presenta como un sistema de gestión aplicable a cualquier organización que necesite entregar servicios de soporte de manera eficiente, consistente y sostenible, mientras que ISO 41011 aporta el vocabulario común para ese campo (ISO, 2018b; ISO, 2024c).

Interoperabilidad

En el entorno construido, la interoperabilidad se refiere a la capacidad que tienen diferentes sistemas, plataformas y equipos de trabajo para compartir y utilizar

información sin que esta pierda claridad, significado o utilidad. Desde el enfoque openBIM y la estandarización BIM, este concepto resulta importante porque permite que la información pueda trasladarse de una herramienta a otra bajo criterios comunes. Esto facilita la continuidad del trabajo, mejora la colaboración entre los distintos actores del proyecto y evita depender de una sola plataforma tecnológica, dando mayor flexibilidad a la gestión de la información del activo (buildingSMART International ISO).

Trazabilidad

La trazabilidad puede entenderse, en esta investigación, como la capacidad de seguir la evolución de la información a través del tiempo: qué información se generó, cuándo se actualizó, bajo qué reglas se validó y cómo se relaciona con el estado del activo. En la gestión de información para O&M, la trazabilidad depende de que el AIM se mantenga activo, que los intercambios de información respondan a requisitos definidos y que la estructura del sistema permita verificar cambios, revisiones y usos posteriores (UK BIM Framework, 2021; UK BIM Framework, 2021b).

Dalux FM

Dalux FM es una plataforma digital orientada a facility management y mantenimiento, basada en BIM y accesible desde web y dispositivos móviles. De acuerdo con su documentación oficial, permite gestionar edificios, activos, documentos, órdenes de trabajo, mantenimiento planificado y tickets en un solo entorno, lo que la convierte en una herramienta adecuada para operar un modelo de gestión de información con soporte visual y trazabilidad operativa (Dalux, s. f.; Dalux, s. f.-b).

IV. DESARROLLO DE LA PROPUESTA O APLICACIÓN

El desarrollo de la propuesta se orienta a la formulación de un modelo de gestión de información para la operación y mantenimiento del Hospital II-1 Yungay, basado en un enfoque de gemelo digital descriptivo. La propuesta se estructura a partir de criterios de

información, de la organización del AIM y del diseño de procesos, roles, criterios de uso y trazabilidad, con el fin de disponer de una base ordenada para la gestión de la información requerida en la fase de operación y mantenimiento.

4.1 Definición de criterios técnicos, funcionales e informacionales

La primera parte del desarrollo de la propuesta tiene como finalidad establecer el marco general del modelo de gestión de información para la operación y mantenimiento del Hospital II-1 Yungay. Definiendo los criterios técnicos, funcionales e informacionales que servirán de base para el modelo.

4.1.1 Criterios técnicos

Son aquellas condiciones que se debe cumplir en un modelo para que esta sea utilizada de forma adecuada en un Hospital. Estos criterios nos dan la posibilidad de relacionar datos geométricos y documentales, la capacidad de la interoperabilidad y actualización.

El modelo nos ayudar a ordenar la información para que sea fácilmente consultable. Es por eso la necesidad de organizar el modelo en espacios y sistemas, porque de esta manera la información se ubicará de manera practica y rápida y esta será utilizada cuando se requiera, asimismo el modelo BIM debe servir como una base geométrica mientras que el AIM debe funcionar como estructura de organización del activo así teniendo la parametrización, clasificación y compatibilidad de datos.

4.1.2 Criterios funcionales

Los criterios informacionales permiten definir qué información debe incorporarse al sistema y cómo debe organizarse. Para ello, se propone una estructura basada en la identificación del activo, ubicación, sistema, información técnica, mantenimiento y documentación asociada.

En ese sentido, el modelo debe permitir registrar, controlar, consultar, actualizar y validar la información vinculada a la operación y el mantenimiento del hospital. Estas funciones se traducen en procesos que buscan asegurar que la información se mantenga disponible, vigente y con trazabilidad, de modo que pueda utilizarse de forma efectiva en la gestión del mantenimiento y en la continuidad del funcionamiento del establecimiento.

4.1.3 Criterios informacionales

Se define como aquella información que debe ser parte del sistema y su estructuración, es por eso que debe estar basado en dimensiones como la ubicación, sistema e identificación en la operación y mantenimiento.

De este modo, el modelo se configura como un entorno general de gestión de información del hospital, en el que la información se organiza mediante dimensiones de identificación, ubicación, sistema, información técnica, mantenimiento y documentación. Esta estructura permite que la información pueda ser incorporada, relacionada, consultada y actualizada de manera consistente dentro de la fase de operación y mantenimiento.

4.1.4 Software de gestión de activos con BIM

Como parte del desarrollo de la propuesta, se realizó una comparación referencial entre Dalux FM, Autodesk Tandem y YouBIM, considerando los criterios de interfaz, procedimiento de uso o implementación y comentarios de usuarios. El propósito de esta comparación fue identificar cuál de estas plataformas se ajusta mejor al enfoque del presente trabajo, orientado a un modelo de gestión de información para la operación y mantenimiento hospitalario con nivel de gemelo digital descriptivo.

En la interfaz, Dalux FM nos ofrece un sistema Web y móvil, su diseño ayuda con la consulta de la información que se utiliza, Autodesk Tandem presenta más conectividad con el concepto de gemelo digital a conectar datos mediante su sistema, y YouBIM está orientado al facility management enfocado en el historial de equipos, modelos y el registro de mantenimiento en los equipos operativos.

Respecto al procedimiento de uso o implementación, Dalux FM muestra una lógica de adopción más directa para los fines del presente estudio, ya que integra en un solo entorno la gestión de activos, documentos, órdenes de trabajo, mantenimiento planificado e historial, lo cual coincide con los procesos definidos en la propuesta. Además, su documentación oficial destaca que las órdenes de trabajo preventivas y de emergencia pueden gestionarse en campo mediante dispositivos móviles con apoyo de información BIM y CAD. En Autodesk Tandem, el procedimiento de uso se orienta a crear una instalación, incorporar modelos y preparar los activos para una gestión digital más amplia, incluyendo incluso flujos de integración con sensores e IoT en desarrollos de mayor madurez. En cambio, YouBIM plantea una implementación basada en cargar el modelo BIM, configurar flujos de mantenimiento y centralizar la información de operación, destacando que no requiere una configuración compleja y que puede integrarse con datasets estructurados para FM.

En cuanto a los comentarios de los usuarios que hicieron uso de las aplicaciones mencionadas, Dalux es valorado por su organización clara y una interfaz intuitiva, en cambio Autodesk Tandem tiene una tendencia de más dificultad, con mayor inicio de preparación para generar un gemelo digital completo y por ultimo YouBIM es más limitado en cuanto a gemelos digitales pero más sencilla para el facility management.

A partir de esta comparación, se concluye que Dalux FM fue la plataforma más conveniente para el desarrollo de la propuesta, debido a que presenta una interfaz más accesible para la gestión diaria, una lógica de uso alineada con

los procesos de registro, control documental, mantenimiento e historial definidos en la investigación, y una orientación operativa más cercana al nivel descriptivo del gemelo digital adoptado en el estudio. Si bien Autodesk Tandem ofrece mayores posibilidades para escenarios de integración avanzada y YouBIM muestra una propuesta compatible con BIM for FM, Dalux FM responde de mejor manera al objetivo del trabajo, al permitir ejemplificar de forma más clara y práctica la consulta, actualización y trazabilidad de la información del activo dentro de la operación y mantenimiento hospitalario.

4.2 Estructuración del modelo de información del activo (AIM)

En esta segunda parte se estructura la información del activo(AIM), según el marco que se está trabajando se requiere una estructura práctica, aplicable y capaz de integrar geometría necesarios para tener una mejor gestión de información en la etapa de la operación y mantenimiento.

En esta etapa el activo es una categoría de información, de esta manera el AIM cumple la función de convertir la información en una estructura concreto, sencilla de consultar y permitiendo que esta se pueda mantener a lo largo del tiempo.

4.2.1 Elaboración del PEB para operación y mantenimiento

El punto de partida para la estructuración del AIM es la elaboración del Plan de Ejecución BIM para operación y mantenimiento. El PEB cumple la función de documento rector del sistema, ya que establece las reglas bajo las cuales la información será producida, organizada, actualizada, validada y controlada.

En el PEB se define el alcance del activo en la operación y mantenimiento. De esta manera permitiéndonos tener una precisión en información de entrada y salida en esta etapa del proyecto, de esta manera se indica la estructura que se tendrá en la gestión de información, vinculando espacios y sistemas del

hospital, así mismo se indican las responsabilidades señalando quien lo registra, revisa, actualiza y verifica en la parte de conformidad tomando criterios de calidad orientados al AIM.

4.2.2 Definición de los requisitos mínimos de información del sistema

Como requisitos mínimos de información para estructura el AIM, no se presentan como un documento autónomo sino como una parte útil que se complementa con el resto de información en el marco general de la operación y mantenimiento.

Esta propuesta nos ayuda a organizar la información en 6 dimensiones, identificación, ubicación, sistema, información, técnica, mantenimiento y documentación, de esta manera la ubicación nos indica la parte espacial del activo, el sistema nos indica la red funcional al cual pertenece, la información técnica nos ayuda a reunir datos necesarios para verificar las características de funcionamiento, la dimensión de mantenimiento incorpora el estado del activo, finalmente la dimensión de datos nos indica los archivos, registro y evidencias asociados.

Al definir los requisitos mínimos el AIM no se limita con el lado geométrico, sino que llegue a funcionar como una información útil de esta manera tenemos una organización homogénea en la etapa de la operación y mantenimiento del hospital.

4.2.3 Recolección y organización de la información técnica

Al definirse el marco y los requisitos mínimos de información, se empieza con la recolección y organización de los datos que alimentaran el AIM, este proceso ayuda a reunir, ordenar, y revisar la información según lo establecido en el PEB.

Todo lo que se registra debe tener la información necesaria para que este sea identificada y ubicada los cuales deben ser relacionado con el sistema y el respaldo de documentación, de esta manera los datos se manejan de forma integrada con una sola estructura y no de manera aislada.

Es por eso que en esta etapa de aplica un criterio para completar los datos, es decir un registro no se debería realizar en el AIM sino cumple con las condiciones que se han definido en el PEB. En el momento que se identifican vacíos, el registro queda pendiente hasta completar la información que se requiere, de esta manera aseguramos la calidad de información en el AIM.

4.2.4 Modelado tridimensional y estructura espacial del AIM

En el AIM se organiza tomando en cuenta la jerarquía por hospital, bloque, nivel y ambiente. De esta manera tenemos información estructurada y no abstracta ya que se vinculan directamente. Además facilita la navegación en el sistema y nos ayuda a manejar todo con claridad en temas de ubicación, sistema y registro operativo.

El modelado se desarrolla con criterio de utilidad operativa. De este modo, la geometría y la información se complementan para formar una base útil para la operación y mantenimiento.

4.2.5 Clasificación y parametrización del AIM

Al tener organizada la información, el siguiente paso es realizar una clasificación paramétrica dentro del AIM. En esta actividad se puede verificar que el modelo llegue a funcionar una manera estructurada, ordenada, interoperable y fácil de gestionar ya que todo lo que se registra es bajo una misma lógica.

Al clasificar hablamos de una estructura normalizada el cual nos permite a ordenar la información según categorías, funciones, sistema o productos. Al

realiza la parametrización este incorpora aquellos atributos para gestionar los datos. De esta manera el AIM no se limita en la geometría, sino que también incorpora propiedades, para la actualización y trazabilidad de la información.

4.2.6 Validación del AIM

El último paso de esta parte consiste en validar el AIM resultante. Esta validación tiene por finalidad comprobar que la estructura construida cumple con los requisitos del sistema y que la información incorporada puede considerarse apta para su uso dentro del modelo de gestión.

La validación se hace teniendo presente la estructura, los atributos, la documentación que se asocia y las conexiones de cada registro. Además se ve que la información llegue a estar completa que este mismo sea coherente, trazable y actualizable, al tener vacíos o errores identificados, el registro se debe corregir que sea validado.

Este proceso de validación asegura que el AIM, no sea solo una estructura, sino que a la vez también funcione como una base para gestionar la información. Tal que esta etapa con un AIM validado, esté listo para utilizarse en la operación y mantenimiento.

4.3 Diseño del modelo de gestión de información para operación y mantenimiento

4.3.1 Integración del AIM en Dalux como entorno operativo

El primer paso del diseño consiste en incorporar el AIM a un entorno operativo donde la información pueda consultarse, registrarse, actualizarse y mantenerse trazable. Para ello, la propuesta adopta Dalux FM como plataforma principal del sistema. En el documento actual ya se reconoce que

Dalux permite gestionar activos, mantenimiento planificado, órdenes de trabajo, tickets, documentación e historial, además de funcionar como un entorno integrado para la consulta y operación de la información.

Bajo este enfoque, Dalux no se entiende como un simple repositorio de información, sino como el entorno donde se desarrollan los procesos del modelo. En esta plataforma se articulan la consulta del AIM, el acceso a la documentación, el registro de las actividades de mantenimiento y la conservación de la trazabilidad.

De esta manera Dalux, no es un simple repositorio de información, Dalux como una plataforma donde se articula el AIM de esta manera tenemos acceso a la documentación, el registro de actividades y trazabilidad. Estructura organizativa del modelo

Este funcionamiento del modelo se mide en 2 niveles operativos, el especialista y los técnicos de mantenimiento. Hacer esta diferencia, responde a la necesidad para asegurar que la información de entrada sea ingresado de manera oportuna, así sirva en la operación y mantenimiento.

El especialista de mantenimiento es quien conduce el proceso de información en la plataforma Dalux. La función que tiene es asegurar que la información ingresada sea validada.

Es por eso que se hace el uso de la plataforma para tener un control y seguimiento. De esta manera se revisa dando conformidad a los registros y se supervisa las incidencias, para controlar y verificar la trazabilidad. Además se realiza la clasificación por criticidad en la coherencia del modelo. Para ello, utiliza la plataforma como un entorno de control y seguimiento.

En la parte del equipo técnico, realizan la parte de campo, su labor se centra en plasmar las actividades indicadas por el especialista, como cumplir con las ordenes de trabajo, verificar las condiciones del activo, levantar las

incidencias y registrar la evidencia para la trazabilidad en la operación y mantenimiento del hospital.

De esta manera, los técnicos conectan lo que sucede en campo que es la operación diaria, aunque no tengan validación a su cargo ni tampoco la administración digital.

Con esta distribución de funciones, el modelo tiene un control técnico en la ejecución. El especialista se encarga de asegurar la calidad de información en dentro del Dalux, en cambio los técnicos realizan el trabajo de campo y registran lo suscitado en el evento.

4.3.2 Criterios de uso del modelo

El diseño del modelo necesita ser definido mediante los criterios mínimos de uso. Estos criterios nos ayudan a que la información no se pierda la calidad de información a pasar el tiempo.

Todo registro debe tener un identificador, asimismo la documentación debe ser manejada por versionamiento, como también cada registro o incidencia debe ser verificable, y finalmente esta información debe ser validada.

Estos criterios permiten que el sistema funcione como un entorno controlado y organizado, y no únicamente como una plataforma para almacenar información.

4.3.3 Procesos del modelo de gestión de información

Como parte del diseño del modelo de gestión de información, se han definido 6 procesos principales. Estos procesos muestran la forma en que la información vinculada a la operación y el mantenimiento se registra, controla, utiliza, actualiza y verifica dentro del sistema. De esta manera el fin que tiene

es asegurar que la información sea válida, consistente y trazable para que este pueda servir como apoyo en la gestión del hospital.

Si vemos todos los procesos, el especialista de mantenimiento gestiona la información en la plataforma Dalux, mientras que el equipo de técnicos de mantenimiento realiza la ejecución en campo y atienden la ordenes de trabajo generados por el especialista de mantenimiento. Esta diferencia de funciones se puede observar en el los diagramas de proceso para evitar confusiones en las tareas de control y las actividades de campo.

4.3.3.1 Proceso de registro de información del activo

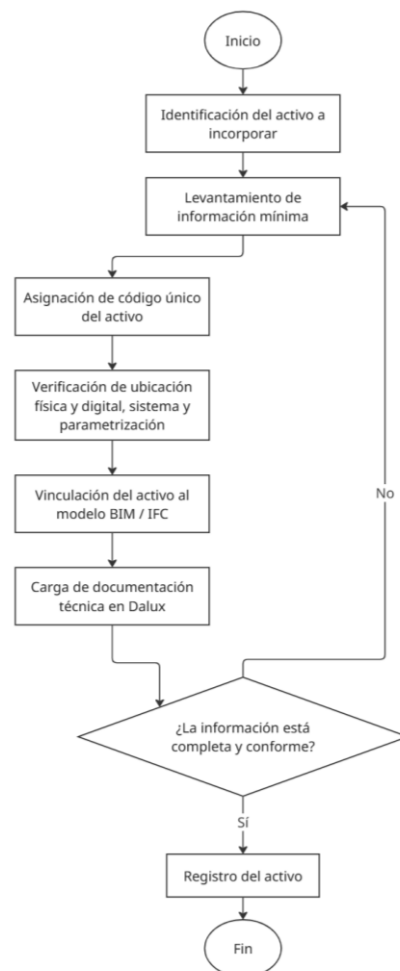


Figura N° 5: Diagrama de proceso de Registro de activos. Fuente: Propia

El proceso de registro de información del activo tiene como finalidad incorporar al sistema la información nueva de un activo de manera ordenada, completa y utilizable para la operación y mantenimiento. No se trata únicamente de crear un registro dentro de la plataforma, sino de asegurar que el activo quede integrado con identidad propia, ubicación definida, relación con su sistema, representación digital y documentación técnica suficiente para su gestión posterior. En este flujo, el Especialista de mantenimiento asume la responsabilidad integral del proceso y utiliza Dalux FM como entorno de gestión, control y validación. Su responsabilidad es asegurar que la información ingrese de manera oportuna, que cumpla con los criterios definidos por el modelo y que el activo quede debidamente integrado al sistema. El proceso inicia con la identificación del activo a incorporar y culmina cuando, luego de una verificación final, se confirma que la información está completa y conforme, permitiendo el registro definitivo del activo.

Identificación del activo a incorporar

El flujo comienza cuando el Especialista de mantenimiento determina que un activo debe ser incorporado al sistema. Esta identificación consiste en reconocer que el activo requiere formar parte del entorno digital de gestión para que su información pueda ser consultada, utilizada y actualizada dentro de la operación y mantenimiento. En esta etapa se define claramente cuál es el activo que ingresará al modelo y se establece el punto de partida del proceso.

Levantamiento de información mínima

Al identificarse el activo, el especialista de mantenimiento junta la información necesaria. En este paso se hace una recopilación de información de especificaciones técnicas, manuales de mantenimiento, protocolos, información 3D, información a nivel de LOIN, para que este sea asociado en la plataforma con el nombre correspondiente y así sea gestionado durante la etapa de operación y

mantenimiento de esta manera no solo se centra el levantamiento de información mínima en el levantamiento de información sino en la consolidación datos para unirlos en una única plataforma.

Asignación de código único del activo

Al tener la información del levantamiento de información y estas ya reunidas, se le tiene que asignar un código único al activo, la codificación se realiza de tal manera que este pueda ser identificado individualmente dentro del Dalux y empezar a verificar la gestión así como la trazabilidad. A partir que el activo fue codificado, nos facilita la búsqueda dentro del sistema y este aportar orden en la estructura generación de la operación y mantenimiento.

Verificación de ubicación física y digital, sistema y parametrización

Después que este haya pasado por los pasos anteriores mencionados se realiza una verificación para tener claro que el activo corresponda con la información vinculada, Para ello, se revisa su localización física, su correspondencia con la ubicación definida en el sistema, el sistema al que pertenece y la parametrización requerida para la gestión. Al realizar la revisión, el especialista de mantenimiento se asegura que el activo sea vinculado a la operación física.

Vinculación del activo al modelo BIM / IFC

Una vez verificada la ubicación y la parametrización, se vincula el activo al modelo BIM y, después, al formato IFC. Este paso comprende la incorporación del modelo 3D del activo dentro del modelo en Revit, según la especialidad a la que pertenece. Luego, el modelo se exporta en formato IFC para su importación en Dalux FM. De esa manera el activo deja de manejarse solo como un registro documental y pasa a formar parte del entorno digital como un elemento visible, consultable y navegable.

Carga de documentación técnica en Dalux

Al tener el activo vinculado al modelo y preparado para su inserción en la plataforma, se realiza la carga de la documentación en Dalux FM. el especialista de mantenimiento incorpora la información. Esta información incluye especificaciones técnicas, manuales del fabricante, manuales de mantenimiento y protocolos.

Verificación final de conformidad

Al ser cargada los documentos, se realiza la revisión final del proceso. El especialista de mantenimiento verifica si la información es correcta. Por eso que revisa que el activo esté bien identificado, que la información se encuentre completa, que el código único haya sido asignado correctamente, que exista coherencia entre la ubicación física y la ubicación digital. En caso se detecte que existen vacíos el proceso retorna para que este sea corregida en caso cumpla el activo se considerará como confirme para la integración final.

Registro del activo

Cuando la información pasa por un control final, se procede al registro del activo. Este paso realiza su incorporación al sistema y confirmamos que ya cuenta con una estructura de información suficiente para ser gestionado dentro del modelo.

Este flujo ayuda a que un activo, no se limite solo en carga de datos, sino que también pueda responder al proceso de integración a nivel técnico y documental para cumplir con la inserción digital. El especialista de mantenimiento asegura que la información sea útil para mantener un soporte para la operación y manteamiento del hospital.

4.3.3.2 Proceso de control de documentos

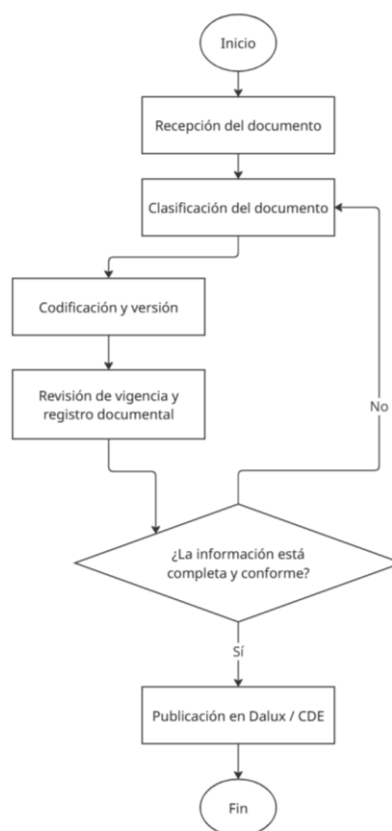


Figura N° 6: Diagrama de proceso de Control de documentos. Fuente: Propia

El proceso de control de documentos tiene como finalidad asegurar que la documentación asociada al activo ingrese al sistema de manera ordenada, vigente y trazable, de modo que pueda servir como soporte real para su operación y mantenimiento. Su función no se limita a almacenar archivos dentro de una plataforma, sino a garantizar que cada documento sea identificado, clasificado, controlado y asociado correctamente al activo correspondiente. En este flujo, el Especialista de mantenimiento es el responsable de conducir el proceso completo mediante Dalux, asegurando que la documentación sea incorporada oportunamente, que mantenga control de versión y que quede disponible para su consulta dentro del entorno de gestión.

Recepción del documento

El proceso inicia con la recepción del documento asociado al activo. En esta etapa, el especialista de mantenimiento recibe o identifica la documentación que debe incorporarse al sistema como respaldo para la operación y el mantenimiento. Esta información puede provenir del fabricante, de registros de mantenimiento o de alguna fuente formal vinculada al activo. Este primer paso es importante porque permite reconocer que el documento forma parte de la base técnica necesaria para su gestión y que, antes de ser incorporado al sistema, debe pasar por una revisión previa.

Clasificación del documento

Una vez recibido el documento, se realiza su clasificación. En esta etapa, el especialista de mantenimiento identifica qué tipo de documento se incorporará al sistema y cuál será su utilidad dentro de la gestión del activo. Puede tratarse de una ficha técnica, manual de mantenimiento, especificación, procedimiento, protocolo u otro documento necesario para la operación y el mantenimiento. Esta clasificación permite mantener la información documental ordenada, aplicar un criterio común y facilitar que luego el documento se vincule correctamente con el activo correspondiente y con el uso que tendrá dentro de Dalux.

Codificación y versión

Después de clasificar el documento, se le asigna un código y una versión. El código permite reconocerlo de manera única dentro del sistema, mientras que la versión ayuda a controlar sus cambios y actualizaciones con el tiempo. Este paso es importante porque evita duplicidades, confusiones entre documentos parecidos o el uso de archivos desactualizados. Así, el documento deja de ser un archivo aislado y pasa a formar parte de una estructura ordenada, controlada y fácil de seguir.

Revisión de vigencia y registro documental

Una vez clasificado, codificado y versionado, el documento pasa por una revisión de vigencia y se registra dentro del sistema documental. En esta etapa, el especialista de mantenimiento verifica que el archivo corresponda a una versión válida y que aún sea útil para el activo al que está asociado. Esta revisión permite confirmar que el documento no haya sido reemplazado por una versión más reciente y que su contenido sea coherente con la información registrada en Dalux. Al mismo tiempo, se deja constancia de su incorporación, indicando qué documento fue cargado, con qué versión y en qué fecha. De esta manera, se mantiene un mejor control de la documentación y se facilita su seguimiento cuando sea necesario revisarla o actualizarla.

Verificación de completitud y conformidad

Luego se verifica que el documento esté completo y conforme para su uso dentro del sistema. En esta etapa, el especialista de mantenimiento revisa que la documentación no tenga información faltante, que el archivo sea legible, que el tipo de documento haya sido identificado correctamente, que cuente con código y versión, y que realmente corresponda al activo o proceso al que será vinculado. Si durante la revisión se detectan vacíos, errores o inconsistencias, el flujo retorna a la clasificación del documento para realizar las correcciones necesarias. Este control es importante porque evita que se publiquen documentos incompletos, desactualizados o sin la validez técnica requerida dentro de Dalux.

Publicación en Dalux / CDE

Cuando el documento ya fue revisado y cumple con los requisitos establecidos, se procede a su publicación en Dalux/CDE. En esta etapa, el archivo se carga formalmente en el entorno digital y se vincula con el activo correspondiente. De esta manera, el documento no queda como un archivo aislado dentro de un repositorio general, sino asociado al elemento al que brinda soporte, lo que facilita su

consulta desde el contexto donde será utilizado. Esta publicación cierra el proceso, ya que confirma que la documentación pasó por la revisión correspondiente y quedó disponible para su uso dentro del sistema de gestión de información.

En este flujo, el valor principal del proceso está en asegurar que la documentación no solo exista, sino que sea confiable, accesible y útil para la gestión del activo. Por ello, la intervención del Especialista de mantenimiento es determinante, ya que es quien garantiza que el ingreso, revisión, validación y publicación del documento se realicen de manera oportuna y con criterio técnico

4.3.3.3 Proceso de mantenimiento preventivo

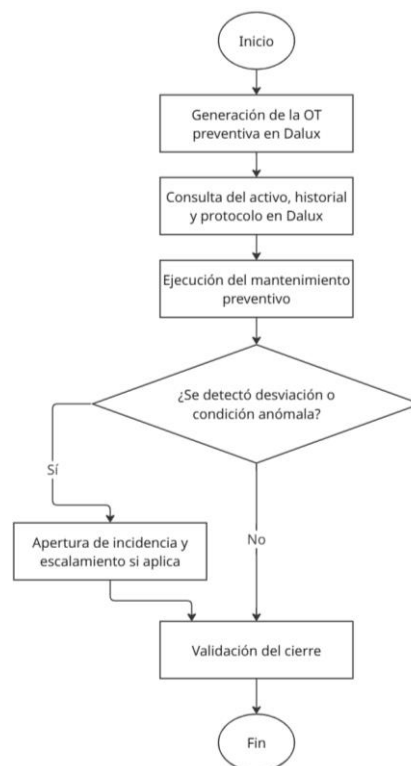


Figura N° 7: Diagrama de proceso de Mantenimiento preventivo. Fuente: Propia

El proceso de mantenimiento preventivo tiene como finalidad asegurar que las intervenciones programadas se ejecuten de manera

ordenada, trazable y sustentada en la información disponible del sistema. Su función no se limita a cumplir una actividad planificada, sino a garantizar que el mantenimiento se apoye en la consulta previa del activo, en la revisión de sus antecedentes y en el registro de los resultados obtenidos, de modo que la información generada quede disponible para el seguimiento posterior. En este flujo, el Especialista de mantenimiento es quien genera la orden de trabajo en Dalux, controla su asignación y da seguimiento al proceso, mientras que los Técnicos de mantenimiento son responsables de revisar la orden, consultar la información asociada, ejecutar la intervención en campo y cerrar la actividad con el registro correspondiente.

Generación de la orden de trabajo preventiva en Dalux

El proceso inicia con la creación de la orden de trabajo preventiva en Dalux. En esta fase, el especialista de mantenimiento programa la actividad según la necesidad identificada en el activo y registra la orden dentro de la plataforma. De esta manera, la intervención queda formalizada, se asigna al equipo técnico correspondiente y se genera un registro desde el inicio. La orden de trabajo permite organizar, controlar y visualizar el mantenimiento preventivo dentro del sistema, facilitando el seguimiento de su avance de forma clara y ordenada.

Consulta del activo, historial y protocolo en Dalux

Una vez generada la orden, los técnicos de mantenimiento ingresan a Dalux para revisar la información necesaria antes de realizar la intervención. En esta etapa consultan el activo, sus antecedentes, los protocolos asociados y el detalle de la orden asignada. Esta revisión previa es importante porque permite que el trabajo se realice con información clara y no solo con base en la experiencia del técnico. Al revisar el historial, pueden reconocer intervenciones anteriores, fallas repetidas o recomendaciones registradas; y al consultar los protocolos, verifican el procedimiento que deben seguir. De esta

manera, el trabajo en campo se desarrolla con mayor orden, mejor criterio y menor improvisación.

Ejecución del mantenimiento preventivo

Luego de revisar la orden y la información disponible en Dalux, los técnicos de mantenimiento realizan el trabajo preventivo en campo. En esta etapa se interviene el activo de acuerdo con lo indicado en la orden de trabajo y en la documentación asociada. La actividad puede incluir inspecciones, revisiones, limpieza, ajustes, pruebas de funcionamiento u otras acciones preventivas previstas para el equipo o sistema. Lo importante es que el mantenimiento no se ejecuta de forma aislada, sino respaldado por información previa, manteniendo coherencia entre lo registrado en la plataforma y lo realizado en la realidad.

Verificación de desviación o condición anómala

Una vez concluida la intervención preventiva, se verifica si durante el mantenimiento se presentó alguna desviación o condición anómala. Este paso permite confirmar si la actividad finalizó con normalidad o si, a pesar de haberse ejecutado, se identificaron problemas que requieren una atención posterior. En esta revisión, los técnicos de mantenimiento evalúan si la falla persiste, si aparece una condición no prevista o si el mantenimiento preventivo no fue suficiente para dejar el activo en condiciones adecuadas.

Apertura de incidencia y escalamiento si aplica

Si durante esa verificación se detecta una desviación o una condición anómala, el caso se reporta al Especialista de mantenimiento. A partir de esa comunicación, el Especialista revisa la situación y define cómo debe continuarse, ya sea mediante una atención complementaria, una revisión adicional o la apertura formal de una incidencia cuando corresponda. Este paso evita que una anomalía identificada durante el mantenimiento preventivo quede sin registro o sin tratamiento.

Además, permite mantener control técnico sobre situaciones que superan el alcance normal de la intervención preventiva.

Validación del cierre

Luego de ejecutar el trabajo y atender cualquier posible desviación, se realiza la validación del cierre. Si no se identifican anomalías, o si las acciones necesarias ya fueron definidas por el especialista de mantenimiento, el técnico procede a finalizar la orden de trabajo. En esta etapa se consolida el cierre del proceso dentro de Dalux, verificando que la actividad haya sido atendida, que la información generada quede registrada y que el mantenimiento preventivo pueda darse por concluido. Esta validación no consiste solo en marcar la orden como terminada, sino en confirmar que el proceso cumplió su propósito y que la información asociada queda disponible como evidencia del trabajo realizado.

Publicación de la información del trabajo realizado

Cuando la orden de trabajo ha sido concluida y validada, se publica la información correspondiente al trabajo realizado. Esto implica que los resultados del mantenimiento preventivo, junto con los registros y observaciones generados durante la intervención, quedan incorporados al sistema como parte del historial del activo. Este paso final es esencial, porque asegura que la actividad no solo haya sido ejecutada, sino también documentada y trazada dentro de Dalux. Con ello, el proceso concluye dejando información útil para futuras consultas, para la planificación de nuevos mantenimientos y para la continuidad de la gestión del activo.

En conjunto, este flujo permite que el mantenimiento preventivo no se entienda como una actividad aislada, sino como parte de un proceso ordenado. En este proceso, la orden de trabajo, la revisión previa, la ejecución, la verificación y el cierre quedan conectados dentro del modelo de gestión de información.

4.3.3.4 Proceso de Mantenimiento correctivo

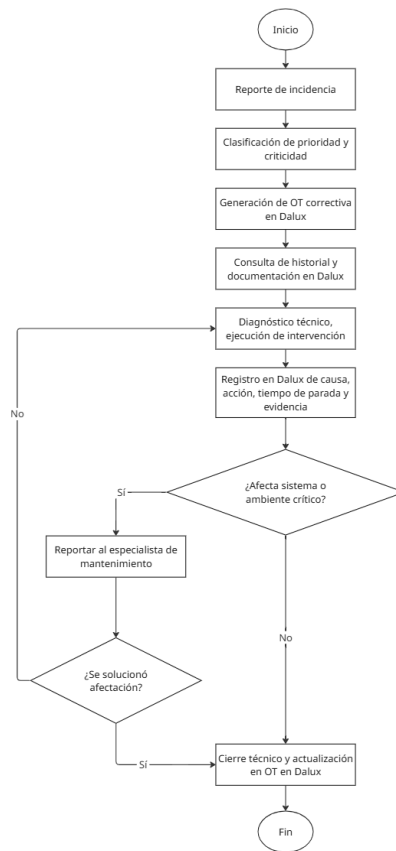


Figura N° 8: Diagrama de proceso de Mantenimiento correctivo. Fuente: Propia

El proceso de mantenimiento correctivo tiene como finalidad atender una incidencia reportada sobre un activo y asegurar que su tratamiento quede gestionado, documentado y trazable dentro del sistema. A diferencia del mantenimiento preventivo, este flujo se activa frente a un problema ya manifestado y exige una respuesta técnica que no solo resuelva la afectación, sino que deje evidencia clara de la causa, de la intervención realizada y del estado final del activo. En este proceso, el Especialista de mantenimiento conduce la gestión inicial y el control del flujo en Dalux, mientras que el Técnico de mantenimiento desarrolla el análisis en campo, ejecuta la intervención y registra la información asociada a la orden de trabajo.

Reporte de incidencia

El proceso inicia con la recepción del reporte de incidencias. En esta parte, el Especialista de mantenimiento recibe la notificación del problema detectado y procede a registrar en el sistema. De tal manera, se registra formalmente y queda documentada en Dalux, lo cual permite dejar constancia que existe una afectación que requiere atención desde el primer momento.

Clasificación de prioridad y criticidad

Luego de haber recibido el reporte, el Especialista de mantenimiento inicia con la evaluación de la incidencia para determinar la prioridad y nivel de criticidad. Para ello, toma en cuenta el impacto del problema, la urgencia de atención y el posible impacto sobre la operación del hospital. Esto permite establecer prioridades de atención.

Generación de orden de trabajo correctiva en Dalux

Luego de clasificar la incidencia, el especialista de mantenimiento genera la orden de trabajo en Dalux. Con este paso, la intervención queda registrada formalmente, se asignan los responsables de su atención y el caso pasa a formar parte del seguimiento dentro de la plataforma.

Consulta de historial y documentación en Dalux

Con la orden ya emitida, el técnico de mantenimiento ingresa a Dalux para revisar el historial del activo y la documentación asociada. En esta etapa consulta intervenciones anteriores, registros previos, información técnica y cualquier referencia que ayude a entender mejor la condición reportada. Esta revisión previa es importante porque permite que el diagnóstico y la intervención no se realicen a ciegas, sino con apoyo de la información histórica disponible en el sistema.

Diagnóstico técnico y ejecución de intervención

Después de revisar la información disponible, el Técnico de mantenimiento realiza el análisis técnico de la incidencia y procede a ejecutar la intervención correctiva. En esta etapa identifica la condición real del problema, determina la causa aparente o directa y desarrolla las acciones necesarias para corregir la afectación. La ejecución puede implicar ajuste, reparación, reemplazo o cualquier otra acción correctiva que corresponda al caso. Lo importante aquí es que la intervención se desarrolla sobre la base del diagnóstico y dentro del marco de la orden de trabajo emitida.

Registro en Dalux de causa, acción, tiempo de parada y evidencia

Una vez realizada la intervención, el Técnico de mantenimiento registra en Dalux toda la información derivada del trabajo ejecutado. Este paso considera el registro de la causa identificada, el trabajo correctivo aplicado, el tiempo de parada y las evidencias correspondientes. Este paso es crucial debido a que se mantiene registro de toda la información útil para el sistema y permite dejar trazabilidad real para consultas futuras.

Verificación de afectación sobre sistema o ambiente crítico

Posteriormente al registro del trabajo realizado, se revisa si el trabajo realizado restablece a su estado de funcionamiento normal o si continúa con el problema. Ya que esta condición permite definir si, por su relevancia, requiere soporte adicional del Especialista de mantenimiento. De no haber problema alguno, el flujo puede continuar directamente hacia el cierre de la orden en Dalux.

Cierre de la orden en Dalux

Cuando la intervención ha sido realizada, se procede al cierre de la orden de trabajo en Dalux. En esta etapa, el Técnico finaliza la orden y registra la información del trabajo realizado.

En conjunto, este flujo permite que el mantenimiento correctivo no quede solo como una respuesta ante una falla, sino como un proceso que deja registro del problema, de la intervención realizada y del resultado obtenido dentro del modelo de gestión de información.

4.3.3.5 Proceso de gestión de cambios del activo

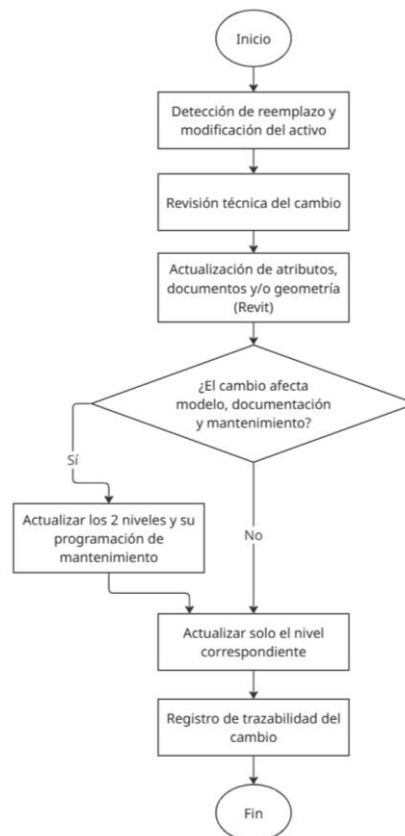


Figura N° 9: Diagrama de proceso de Gestión de cambios del activo. Fuente: Propia

El proceso de gestión de cambios del activo tiene como finalidad asegurar que cualquier modificación relevante del activo quede reflejada de manera coherente dentro del sistema de gestión de información. Su función es mantener alineados el estado real del activo, su representación en el modelo, la documentación asociada y la información necesaria para su operación y mantenimiento. En este flujo, el Especialista de mantenimiento asume la responsabilidad principal del proceso, ya que es quien detecta o recibe la notificación

del cambio, evalúa su alcance técnico, actualiza la información correspondiente y asegura que el cambio quede debidamente trazado dentro del sistema.

Identificación de cambio de información del activo

Esta parte inicia cuando se registra un cambio en la información del activo. Aquí, el Especialista de mantenimiento identifica que la información del activo ha cambiado, por lo que, establece realizar una actualización.

Revisión técnica del cambio

Después de detectar el cambio, se procede a realizar la revisión de la información técnica, esto por parte del especialista. Esta etapa consiste en establecer qué cambio ocurrió, el efecto sobre la información actual y las implicancias respectivas en el sistema. De tal forma que, se asegure que el cambio está siendo realizado de manera estructurada y completa.

Actualización de atributos, documentos y/o geometría en Revit

Después de validar la información técnica, el especialista realiza la actualización dentro del modelo en Revit. Aquí se modifican atributos, se realizan correcciones, reemplazan documentos, o de ser necesario, se actualiza la geometría en el modelo. También, se busca que la representación digital del activo será coherente con la nueva información.

Verificación del alcance del cambio

Luego, se hace la verificación de si el cambio afectó a la documentación e información del mantenimiento. Aquí, el especialista de mantenimiento se encarga de validar si se requiere realizar una actualización completa o de manera puntual.

Actualización integral cuando el cambio afecta modelo, documentación y mantenimiento

Si se valida que el cambio afecta al modelo, la documentación y mantenimiento, el especialista de mantenimiento debe ejecutar los procesos necesarios para que la modificación se realice en todos los niveles correspondientes. Esto implica aplicar el proceso de registro de información del activo, el control de documentación e información del plan de mantenimiento. Y al finalizar, se procede a importar la información a Dalux, quedando así actualizado con la información más reciente.

Registro de trazabilidad del cambio

Luego de realizar la actualización, el Especialista de mantenimiento registra la trazabilidad del cambio. En esta etapa se deja constancia de la modificación realizada, del nivel del sistema que fue afectado, de la actualización efectuada y de la forma en que quedó reflejada en el entorno digital.

4.3.3.6 Proceso de control de calidad de la información

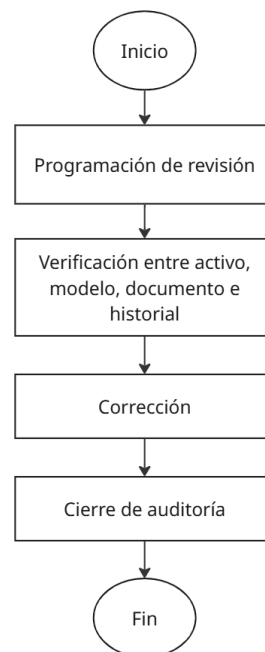


Figura N° 10: Diagrama de proceso de Control de calidad de la información.

Fuente: Propia

El proceso de control de calidad de la información tiene como finalidad asegurar que la información gestionada en el sistema se mantenga completa, coherente, vigente y utilizable para la operación y mantenimiento. Su función es revisar de manera sistemática la correspondencia entre el activo, su representación en el modelo, la documentación asociada y el historial de intervenciones, de modo que el sistema conserve confiabilidad a lo largo del tiempo. En este flujo, el Especialista de mantenimiento es el responsable directo de programar la revisión, ejecutar la verificación, definir las correcciones necesarias y cerrar formalmente la auditoría dentro de Dalux.

Programación de revisión

En esta etapa le corresponde al especialista de mantenimiento definir la información que será auditada, los periodos de control y los criterios de control para asegurar la calidad. De tal manera que se tenga un sistema de verificación de la calidad de la información y así asegurar la confiabilidad del modelo de gestión de información.

Verificación entre activo, modelo, documento e historial

Después, para asegurar que haya coherencia dentro del sistema, el especialista realiza una verificación cruzada con toda la información técnica asociada a los activos. De tal forma que se eviten vacíos, duplicados o desactualizaciones que podrían afectar la confiabilidad de la información.

Corrección

En caso de detectar falencias, vacíos o información desactualizada, se procede a corregir. Este proceso es realizado por el especialista de mantenimiento de manera minuciosa, para así restablecer la confiabilidad del sistema, y realiza la intervención actualizando los atributos, documentación, modelo, documentación asociada y el historial según verificaciones en campo.

Cierre de auditoría

Después de haber realizado las actualizaciones y correcciones respectivas, se culmina el proceso de auditoría, verificando que los ajustes realizados fueron suficientes y la información es de valor dentro del modelo de gestión de información.

4.4 Ejemplo aplicativo del modelo de gestión

4.4.1 Proceso de registro de información del activo

Se inicia identificando el activo que será integrado al modelo de gestión de información, validando las especificaciones, fichas técnicas, entre otra documentación asociada. De tal forma que se mantenga trazabilidad completa y la información entre la documentación física y los datos del modelo correspondan.



Figura N° 11: Sensor de Humo. Fuente: Propia

Nota: El detector de humo como dispositivo de iniciación detecta la presencia de humo en el aire del ambiente y emite una señal eléctrica al panel de control de incendios a través del lazo SLC avisando del peligro de incendio.

Posteriormente se realiza el levantamiento de información de acuerdo el manual de mantenimiento TIC indicado en la Figura N° 12:

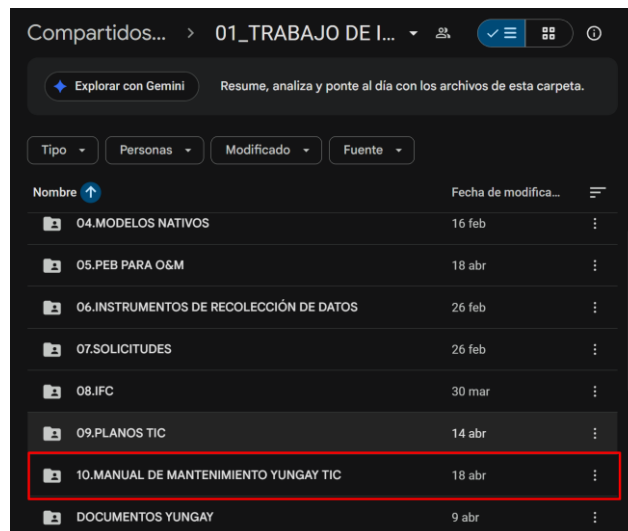


Figura N° 12: Carpeta de datos. Fuente: Propia

Posteriormente se ubican los documentos necesarios para su implementación contando con 6 anexos y un manual de mantenimiento:

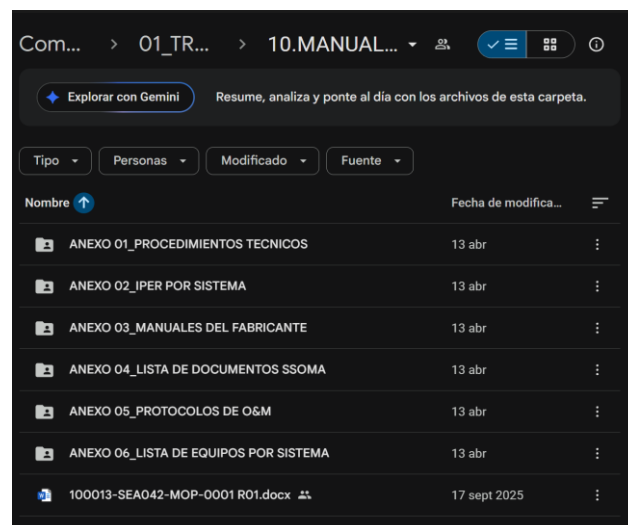


Figura N° 13: Anexos. Fuente: Propia

Identificamos el activo segun su clasificacion uniclass

Se realiza un registro de activo

Yungay	Ancash	EDIFICIO HO...	Calle Arias Grazzani	21-01 40 90 10 Perim...	Sensor de humo	Serie FSP-95...	NOTIFIER	5
--------	--------	----------------	----------------------	-------------------------	----------------	-----------------	----------	---

Figura N° 16: Registro del activo. Fuente: Propia

4.4.2 Proceso de control de documentos

Inicialmente se realiza un proceso de recepción de documentos, los mismos indicados en la Figura N° 12, los cuales son clasificados para su uso de la siguiente manera: el anexo 1 nos servirá para la realización del mantenimiento, el anexo 3 para realizar mantenimientos preventivos y correctivos, el anexo 5 para realizar el mantenimiento cumpliendo con los protocolos los cuales fueron integrados en la plataforma Dalux según su codificación como se indica en la Figura N° 17 y se hará la publicación en dalux de la siguiente manera:

Activo

+ Crear orden de trabajo

Histórico de órdenes de trabajo 0

Próximas órdenes de trabajo 2

Más

Sensor de humo

Datos principales

Clasificación

[Pr_75_75_76] Sensors, Detectors And Monitors

Disciplinas

Detección y Alarma contra incendios

Descripción

Imágenes

+

18. Abr 2026, 16:48

Descargar

Emplazamiento

Edificio

EDIFICIO HOSPITAL DE APOYO YUNGAY II-1
Calle Arias Grazzani
Ancash (Yungay)

Figura N° 17: Clasificación del activo. Fuente: Propia

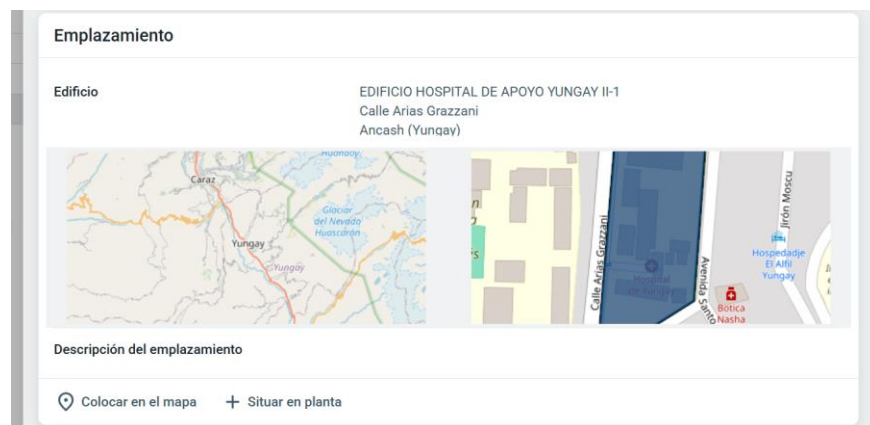


Figura N° 18: Ubicación del activo. Fuente: Propia

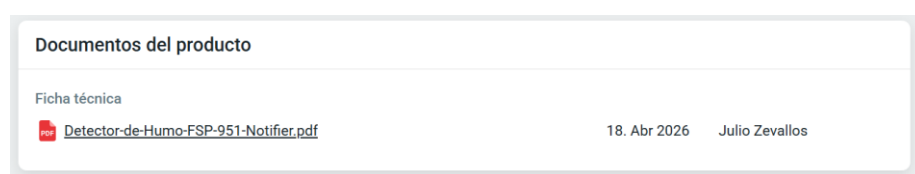


Figura N° 19: Ficha técnica del activo. Fuente: Propia

4.4.3 Proceso de mantenimiento preventivo

El proceso de mantenimiento preventivo permite evidenciar cómo el modelo de gestión de información se operacionaliza dentro de Dalux a través de la programación, consulta, ejecución y cierre de una orden de trabajo preventiva. En este caso, la plataforma funciona como entorno operativo para programar la actividad, consultar la información del activo, verificar su soporte técnico y documentar la intervención realizada, manteniendo coherencia con el flujo definido en el modelo de gestión de información. Este ejemplo demuestra que el mantenimiento preventivo no se limita a la ejecución física de una actividad programada, sino que se apoya en una estructura de información que ordena la consulta previa, el acceso a la documentación y la trazabilidad del trabajo ejecutado.

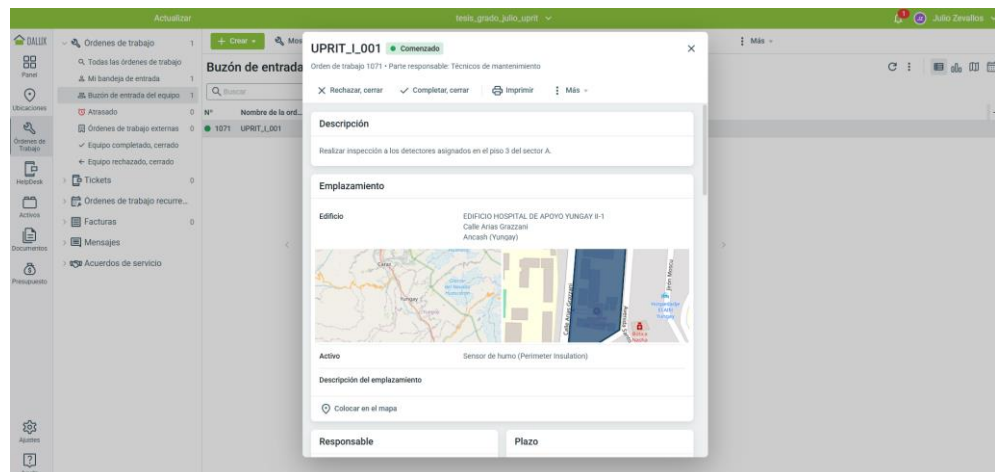


Figura N° 20: Creación de la orden de trabajo preventivo. Fuente: Propia

En la Figura N° 20 se aprecia el inicio del proceso en Dalux. En esta etapa el especialista inicia con la creación de la orden, asigna a los técnicos responsables y asocia la orden al activo correspondiente.

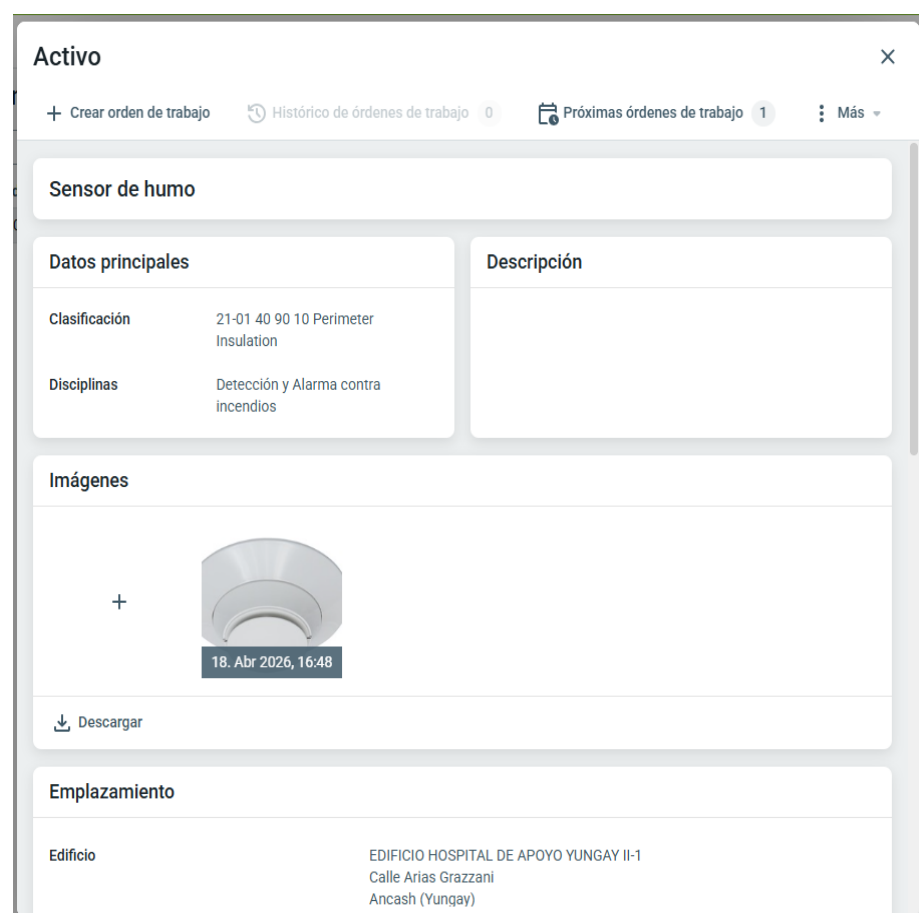


Figura N° 21: Verificación de información del activo asociado a la orden de trabajo.

Fuente: Propia

Luego, en la Figura N° 21, se aprecia la asignación y verificación de información del activo asociado a la orden de trabajo. De esta manera, la información sobre la clasificación, sistema, descripción y las imágenes suman al reconocimiento más claro de la intervención a realizar en la orden.

UPRIT_I_001 ● Comenzado

Orden de trabajo 1071 • Parte responsable: Técnicos de mantenimiento

✕ Rechazar, cerrar ✓ Completar, cerrar 🖨 Imprimir ⋮ Más ▾

Activo Sensor de humo (Perimeter Insulation)

Descripción del emplazamiento

📍 Colocar en el mapa

Responsable

Equipo Técnicos de mantenimiento

Responsable Roger Melayo Ramos
Ticona

Acuerdo de servi...

Proveedor

Plazo

Evento de todo el... Sí

Fecha de inicio 18. Abr 2026

Plazo 25. Abr 2026

Varios

Prioridad Medio

Tipo de orden de ... Preventivo

Reglamentario Sí

Garantía Sí

Tiempo

Tiempo total (int... 1 hora

Tiempo total (ext... 0 horas

+ Registrar el tiempo

Figura N° 22: Verificación de información complementaria de la orden de trabajo. Fuente: Propia

Después, en la Figura N° 22, se muestra el resto de los parámetros asociados a la orden de trabajo, tales como, los responsables, el plazo, el tiempo estimado de intervención y la priorización asignada.



Figura N° 23: Verificación de información de ficha técnica del activo asociado a la orden de trabajo. Fuente: Propia

Luego, en la Figura N° 23, se aprecia el documento de ficha técnica asociado al activo, con cual se puede verificar mayor especificación sobre el activo a intervenir. Asegurando un cuidado del aparato según las indicaciones del fabricante por parte del personal responsable de la intervención.

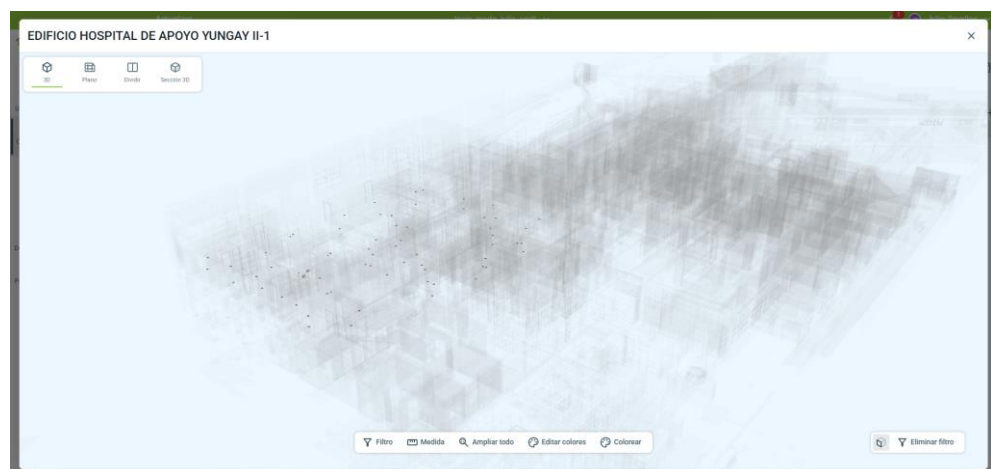


Figura N° 24: Verificación de elementos 3D asociados a la orden de trabajo. Fuente: Propia

En la Figura N° 24, se logra visualizar los elementos asociados a la intervención de la orden de trabajo preventivo. Permitiendo identificar ubicación espacial, reconocimiento visual, el cual facilita la identificación del alcance.

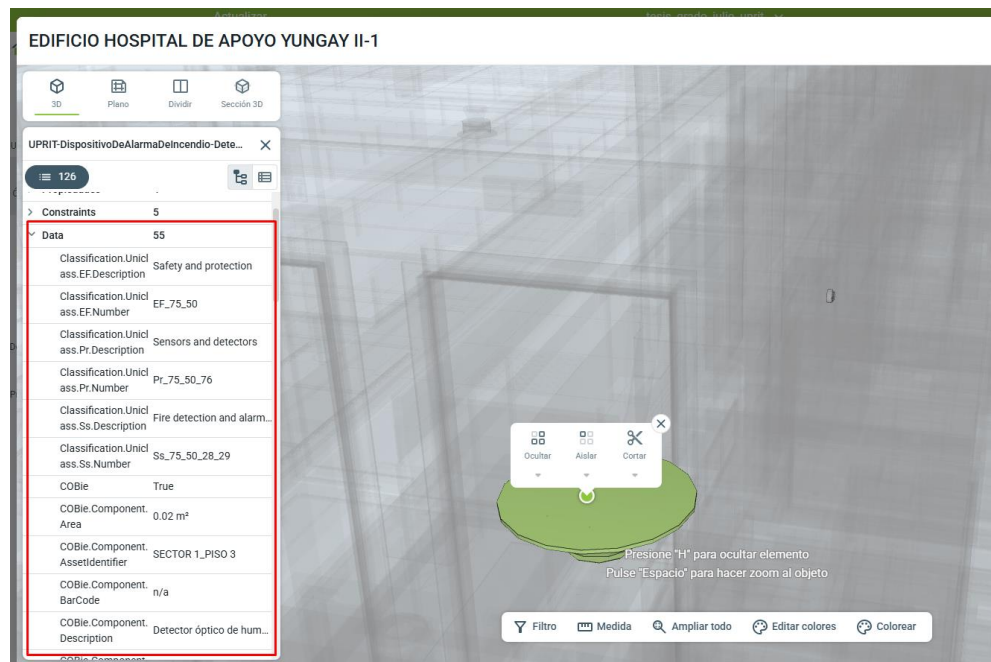


Figura N° 25: Información paramétrica COBie y Uniclass de los activos. Fuente: Propia

La Figura N° 25 muestra la información paramétrica estructurada del activo. Esta captura resulta especialmente relevante porque evidencia que el mantenimiento preventivo no se apoya solo en información visual o documental, sino también en atributos organizados bajo criterios de clasificación e interoperabilidad. La presencia de información paramétrica vinculada al activo confirma que el sistema propuesto permite gestionar datos con estructura técnica y semántica, reforzando la consistencia del AIM y su utilidad en la fase de operación y mantenimiento.

UPRIT_I_001

Comenzado

X

Orden de trabajo 1071 • Parte responsable: Técnicos de mantenimiento

Rechazar, cerrar

Completar, cerrar

Imprimir

Más

Manual de mantenimiento

100013-SEA042-MOP-0001 R01.docx

18. Abr 2026

Julio Zevallos

Añadir/eliminar documentos

Historia

Modificado por Julio Zevallos

19. Abr 2026, 20:03

Garantía

No → Sí

Plazo

2026-04-20 → 2026-04-25

Reglamentario

No → Sí

Tipo de orden de ...

Mitigación → Preventivo

Modificado por Julio Zevallos

19. Abr 2026, 20:02

Descripción

Realizar inspección a los detectores asignados en el piso 3 del sector A.

Modificado por Rogger Melayo Ramos Ticona

18. Abr 2026, 17:21

Costes previstos

4,000.00 kr.

Modificado por Rogger Melayo Ramos Ticona

18. Abr 2026, 17:14

Documento añadi...

Clasificacion_DaluxFM_Uniclass_Pr.xlsx

Comenzado por Rogger Melayo Ramos Ticona

18. Abr 2026, 17:12

Estado

Nuevo → Comenzado

Figura N° 26: Documentación asociada e historial de actividades en orden de trabajo.

Fuente: Propia

La Figura N° 26 representa la etapa final del proceso aplicativo, ya que evidencia el acceso a la documentación vinculada y al historial de actividades registradas sobre el activo. Esta imagen permite mostrar que el mantenimiento preventivo culmina con un registro trazable dentro de Dalux, donde la intervención ejecutada puede consultarse junto con sus antecedentes documentales y operativos. De esta manera, la orden de trabajo no se cierra como una acción aislada, sino como parte del historial del activo y de la memoria técnica del sistema.

En conjunto, el proceso de mantenimiento preventivo propuesto asegura que la información en la generación de la orden esté disponible, esté completa,

estructurada y clara para el equipo responsable de realizar la intervención, según el tiempo establecido, el cual también es posible identificar en el modelo de gestión. Con ello, el mantenimiento empieza a ser un proceso consolidado con información estructurada, verificable y con información útil.

4.4.4 Proceso de mantenimiento correctivo

Este proceso permite reconocer cómo con Dalux podemos gestionar una incidencia reportada de manera estructura, trazable y documentada. Asegurando que los trabajos de intervención sean eficientes a la hora de consultar la información asociada, asegurando coherencia hasta su cierre con el flujo del modelo de gestión establecido.

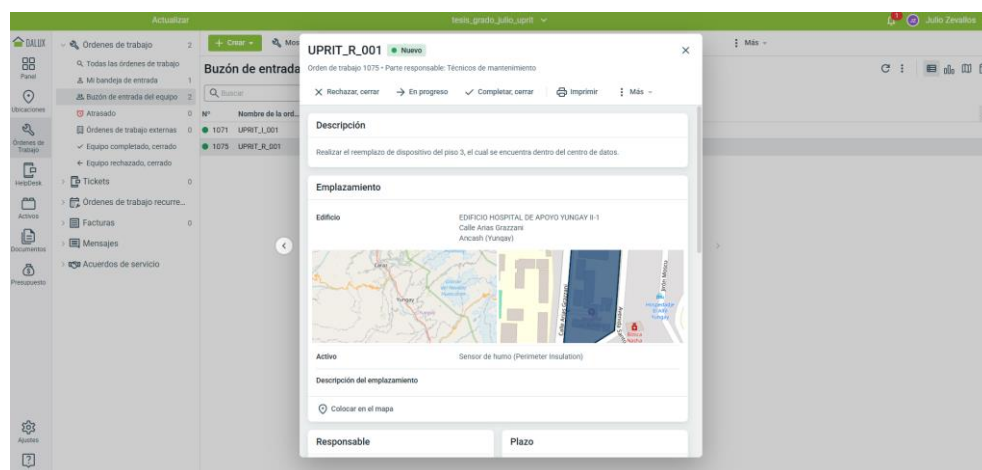


Figura N° 27: Creación de orden de trabajo de mantenimiento correctivo. Fuente: Propia

La Figura N° 27 muestra el inicio del proceso dentro de Dalux. En esta etapa, el Especialista de mantenimiento genera la orden correctiva a partir de la incidencia reportada y asigna su atención al Técnico de mantenimiento correspondiente. Esta acción permite formalizar la intervención dentro del sistema, dejar constancia del problema detectado y habilitar el seguimiento del caso desde su apertura. La orden correctiva se convierte así en el medio mediante el cual el mantenimiento deja de ser una respuesta informal a una falla y pasa a gestionarse como un caso trazable dentro del entorno digital.

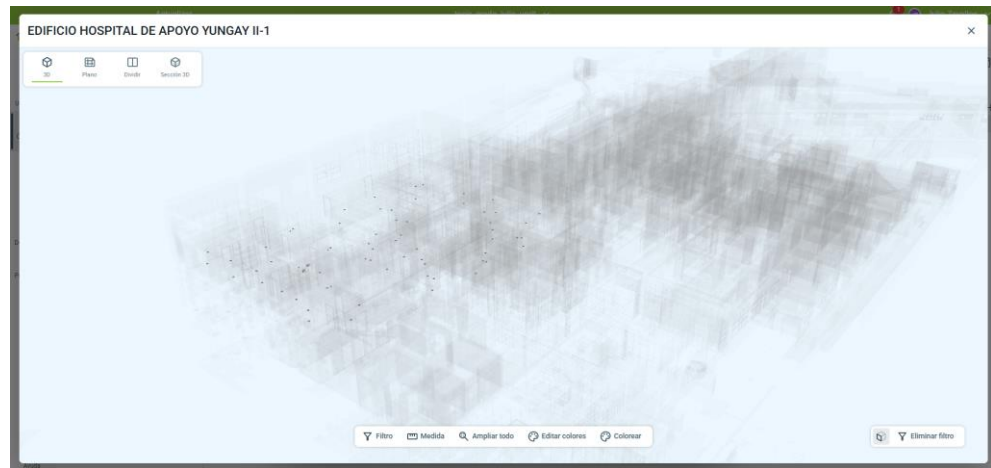


Figura N° 28: Elementos 3D asociados al activo en la orden de trabajo. Fuente: Propia

En la Figura N° 28 se aprecia a los elementos 3D asociados a la orden de trabajo, permitiendo reconocer visualmente la ubicación espacial. Facilitando el reconocimiento del alcance por parte de los responsables.

UPRIT_R_001

Nuevo

✕

Orden de trabajo 1075 • Parte responsable: Técnicos de mantenimiento

✕ Rechazar, cerrar

→ En progreso

✓ Completar, cerrar

Imprimir

Más

Activo

Sensor de humo (Perimeter Insulation)

Descripción del emplazamiento

Colocar en el mapa

Responsable

Equipo

Técnicos de mantenimiento

Responsable

Tatiana Puican Chirinos

Acuerdo de servi...

Proveedor

Plazo

Evento de todo el...

Sí

Fecha de inicio

22. Abr 2026

Plazo

22. Abr 2026

Varios

Prioridad

Alto

Tipo de orden de ...

Reemplazo

Reglamentario

Sí

Garantía

Sí

Tiempo

Tiempo total (int...

0 horas

Tiempo total (ext...

0 horas

Registrar el tiempo

Figura N° 29: Información complementaria de la orden de trabajo correctiva. Fuente: Propia

Después, en la Figura N° 29, se identifica el resto de los parámetros asociados a la orden de trabajo, tales como responsables, plazo, tiempo estimado de intervención, priorización, entre otros que suman al reconocimiento de la orden.

UPRIT_R_001

Comenzado

×

Orden de trabajo 1075 • Parte responsable: Técnicos de mantenimiento

Rechazar, cerrar

✓ Completar, cerrar

Imprimir

Más

Costes esperados

0,00 kr.

Importe de la factura

0.00 kr.

Precio esperado

0.00 kr.

Economía cerrada

ⓘ

No

Historia

→ Comenzado por Julio Zevallos

19. Abr 2026, 20:12

Documento añadi... PROTOCOLO DE INSTALACIÓN DE SENSOR DE HUMO.xlsx

Estado Nuevo → Comenzado

Responsable Tatiana Puican Chirinos → Julio Zevallos

Nota interna Se realizó el reemplazo del dispositivo.

📅 Creado por Julio Zevallos

19. Abr 2026, 20:08

Descripción Realizar el reemplazo de dispositivo del piso 3, el cual se encuentra dentro del centro de datos.

Estado Nuevo

Nombre UPRIT_R_001

Figura N° 30: Historial de actividades ejecutadas en orden de trabajo en Dalux. Fuente: Propia

La Figura N° 30 representa la etapa de trazabilidad del mantenimiento correctivo, mostrando que la atención de la falla queda registrada como parte del historial del activo. Esta imagen es importante porque evidencia que la orden correctiva no concluye únicamente con la ejecución del trabajo, sino con la incorporación de la intervención realizada al historial de actividades del sistema. De este modo, la causa, la acción ejecutada y la secuencia de atención pueden ser consultadas posteriormente, fortaleciendo el aprendizaje operativo y el seguimiento del desempeño del activo.

En conjunto, el proceso de mantenimiento establecido para el mantenimiento correctivo en el modelo de gestión de información, asegura que la

información asociada esté consistente, se identifique con facilidad el alcance, se mantenga trazabilidad y se tenga acceso rápido a la documentación técnica.

4.4.5 Proceso de gestión de cambios del activo

La gestión de cambios del activo y de los datos se articula mediante una Orden de Trabajo (OT) específica de revisión de calidad. El flujo de trabajo técnico integra un proceso de detección y reemplazo de datos entre Dalux y Revit, fundamentado en una validación cruzada que correlaciona de forma unívoca el activo, su instancia en el modelo BIM, la documentación técnica y el historial de mantenimiento. Tras la actualización paramétrica en el modelo, el flujo concluye con una auditoría técnica que certifica la coherencia y trazabilidad de la información, validando el cumplimiento de los estándares de calidad antes del cierre operativo de la orden



Figura N° 31: Creación de la OT. Fuente: Propia

Se genera una Orden de Trabajo (OT) dirigida al técnico responsable para ejecutar el proceso de detección y reemplazo de información mediante la interoperabilidad entre Dalux y Revit. El procedimiento establece que se debe de realizar una validación cruzada que correlacione el activo físico con su instancia en el modelo, la documentación técnica y el historial operativo. Una

vez detectadas y subsanadas las inconsistencias en el modelo paramétrico, el flujo concluye con una auditoría técnica que garantiza la integridad y trazabilidad de los datos.

Luego, se realiza la actualización de geometría y datos del activo en Revit para sincronizar las dimensiones físicas con la información técnica del modelo, garantizando que el Gemelo Digital refleje con precisión el estado real para su operación y mantenimiento. Este proceso asegura la integridad de los parámetros y la estandarización de la data, facilitando una gestión de activos eficiente y coordinada

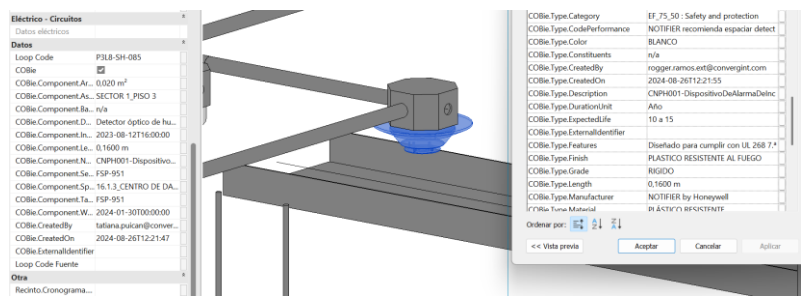


Figura N° 32: Modificación del activo en Revit. Fuente: Propia

Se registra la trazabilidad del activo vinculando cada cambio geométrico y técnico a un historial de auditoría, permitiendo un seguimiento riguroso de las modificaciones y responsables dentro del modelo. Esto garantiza la transparencia de la información y la coherencia del Gemelo Digital durante todo su ciclo de vida



4.4.6 Proceso de control de calidad de la información

Se ha establecido un modelo de gobernanza de datos basado en un ciclo de revisión cuatrimestral, diseñado para garantizar la integridad y veracidad de la información de manera sistemática. Mediante esta programación de tres intervenciones anuales, se busca identificar inconsistencias, depurar registros duplicados y asegurar que los activos de información cumplan con los estándares de calidad exigidos, permitiendo una transición fluida entre periodos operativos y optimizando la toma de decisiones basada en evidencia confiable

Repetición X

Intervalo: Intervalo fijo

Cada: 4 Mes(es)

! Cuando se completa una orden de trabajo con este intervalo, se mueven los siguientes

Evitar: Fines de semana

Generación de orden de trabajo: ☒ Una orden de trabajo con todas las ubicaciones ☐ Orden de trabajo por ubicaciones

Siguiete orden de trabajo generada: 23. Abr 2026 X

Fecha final: ☐ Sin fecha final ☐ Después incidencia(s) ☒ El 23. Abr 2026 X

Como texto: Cada 4 meses, hasta e incluyendo 23. Abril 2026, Excluyendo fines de semana

Cancelar OK

Figura N° 34: Creación de la programacion. Fuente: Propia

Se ha configurado una orden de trabajo recurrente para la auditoría de calidad de la información, cuya ejecución está programada con una periodicidad cuatrimestral. Este procedimiento automatizado garantiza la evaluación sistemática de los activos de datos cada cuatro meses, asegurando que las tareas de validación, limpieza y sincronización se realicen de forma preventiva. Esta frecuencia permite mitigar la degradación de la información y mantener la continuidad operativa sin saturar los flujos de trabajo administrativos

Programación de revisión de calidad de información Nuevo X

Orden de trabajo 1080 • Parte responsable: Especialista de mantenimiento

✕ Rechazar, cerrar
→ En progreso
✓ Completar, cerrar
🖨 Imprimir
⋮ Más

Descripción

Se programa la revisión, ejecutar la verificación, definir las correcciones necesarias y cerrar formalmente

Emplazamiento

Edificio EDIFICIO HOSPITAL DE APOYO YUNGAY II-1
Calle Arias Grazzani
Ancash (Yungay)



Descripción del emplazamiento

📍 Colocar en el mapa
+ Situar en planta
+ Activo

Figura N° 35: Creación de la OT recurrente. Fuente: Propia

Se ha establecido una orden de trabajo recurrente con una periodicidad cuatrimestral, destinada a la auditoría integral de la calidad de la información. Este proceso garantiza una validación cruzada sistemática entre el activo físico, su representación en el modelo digital, la documentación técnica asociada y el registro de su historial operativo. Mediante esta programación de tres intervenciones anuales, se asegura la coherencia y trazabilidad de los datos, mitigando cualquier desajuste informativo y optimizando la confiabilidad de la base de datos para la gestión del ciclo de vida del activo



Figura N° 36: Activo físico. Fuente: Propia



Figura N° 37: Revision en modelo. Fuente: Propia



FSP-951 Series Addressable Photoelectric Smoke Detectors

The NOTIFIER® FSP-951 Series intelligent plug-in smoke detectors are designed for both performance and aesthetics, and are direct replacements for the FSP-851 Series. A new modern, sleek, contemporary design and enhanced optical sensing chamber is engineered to sense smoke produced by a wide range of combustion sources in accordance with more stringent code standards.

A5 The FSP-951 Series detector sensitivity can be programmed in the control panel software. Sensitivity is continuously monitored and reported to the panel. Point ID capability allows each detector's address to be set with rotary, decimal address switches, providing exact detector location for selective maintenance when chamber contamination reaches an unacceptable level. Dual electronic thermistors add 135°F (57°C) fixed temperature thermal sensing on the FSP-951T. The FSP-951R is a remote test capable detector for use with DNR Series duct detector housings. FSP-951 series detectors are available for both FlashScan® and CLIP applications as designated.

Features

SLC LOOP:

- Two-wire SLC loop connection
- Unit uses base for wiring
- Compatible with FlashScan® and CLIP protocol systems
- Stable communication technique with noise immunity

ADDRESSING:

- Addressable by device
- Rotary, decimal addressing (Refer to the NOTIFIER panel manuals for device capacity.)

ARCHITECTURE:

- Sleek, low-profile, stylish design



- Separate base allows interchange of photoelectric, ionization and thermal sensors

OPTIONS:

- Optional relay, isolator, and sounder bases

Installation

FSP-951 Series plug-in intelligent smoke detectors use a detachable base to simplify installation, service and maintenance. Installation instructions are shipped with each detector.

Mount detector base (all base types) on an electrical backbox which is at least 1.5" (3.81 cm) deep. For a chart of compatible junction boxes, see DN-60054.

Figura N° 38: Revision del documentno. Fuente: Propia

Se ha formalizado una orden de trabajo recurrente programada con una periodicidad cuatrimestral, cuyo núcleo operativo consiste en realizar una validación cruzada exhaustiva entre el activo físico, su modelo digital, la documentación técnica y el historial de intervenciones. Este ciclo de revisión sistemática culmina con una auditoría final de calidad, la cual certifica la integridad y coherencia de la información procesada. Este procedimiento garantiza que la base de datos se mantenga como una 'fuente única de verdad' confiable, permitiendo una trazabilidad total y optimizando la toma de decisiones en la gestión del ciclo de vida del activo

Historia

→

Comenzado por Rogger Melayo Ramos Ticona

22. Abr 2026, 20:04

Estado

Nuevo → Comenzado

Nota interna

Se ha realizado la verificación correspondiente

Figura N° 39: Cierre de la revision. Fuente: Propia

V. CONCLUSIONES

- En relación con el objetivo general, se concluye que fue posible desarrollar una propuesta de modelo de gestión de información basado en gemelo digital descriptivo para la operación y mantenimiento del Hospital II-1 Yungay, sustentada en la metodología BIM y en la estructuración de un Asset Information Model (AIM). La propuesta responde al problema de fragmentación documental, limitada trazabilidad y gestión reactiva del mantenimiento, al plantear un entorno organizado para registrar, consultar, actualizar y controlar la información del activo durante su fase operativa.
- Se logró la definición de criterios técnicos, funcionales e informacionales permitió establecer una base estructurada para el modelo de gestión de información. Estos criterios hicieron posible delimitar cómo debía organizarse la información, para qué debía servir dentro de la operación y mantenimiento, y qué dimensiones mínimas debía contener el sistema, asegurando que la información del hospital sea gestionada de manera coherente, útil y vinculada a necesidades operativas reales. También se logró evaluar las plataformas disponibles para la gestión de activos.
- Se logró estructurar el modelo de información del activo (AIM) como una base de información útil para la etapa de operación y mantenimiento del hospital. Este resultado no se limitó a integrar la geometría 3D con la documentación técnica, sino que también permitió ordenar la información del activo con criterios espaciales, funcionales y documentales. Para ello, fue importante definir requisitos mínimos de información agrupados en seis dimensiones: identificación, ubicación, sistema, información técnica, mantenimiento y documentación. Esta organización permitió que cada registro incorporado al modelo cuente con datos básicos suficientes para ser consultado, actualizado y utilizado durante la gestión operativa. Asimismo, el AIM se estructuró a partir de una jerarquía espacial compuesta por hospital, bloque, nivel y ambiente, lo que facilitó la ubicación de los activos dentro del entorno digital. A esta estructura se integró la clasificación Uniclass 2015, empleada para ordenar de forma homogénea los complejos, espacios, funciones, sistemas y productos. De igual manera, se utilizó COBie como esquema de parametrización

para organizar los conjuntos de categorías de parámetros como Type, Component, System, Document y Attribute, diferenciando la información general del tipo de activo y los datos específicos del componente instalado. También se consideró la validación cruzada entre el modelo BIM, las tablas COBie, la clasificación Uniclass y los documentos asociados. Esta revisión permitió verificar aspectos como completitud, consistencia, trazabilidad y actualización de la información. En ese sentido, el AIM quedó consolidado como una base única de información del activo, interoperable, consultable y mantenible, con utilidad directa para mejorar la trazabilidad, la coherencia de los datos y la gestión operativa del hospital.

- Se incorporaron seis procesos principales para dar soporte al modelo de gestión de información en la etapa de operación y mantenimiento: registro de información del activo, control de documentos, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, gestión de cambios del activo y control de calidad de la información. Y, a partir de estos procesos, la propuesta dejó de ser solo un planteamiento conceptual y se convirtió en un esquema operativo más concreto., ya que para cada proceso se definieron los datos de entrada, los responsables, las actividades a desarrollar, los puntos de control y los entregables esperados.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la propuesta desarrollada para el Hospital II-1 Yungay pueda continuar con una fase piloto de implementación controlada, empezando por los activos críticos y por aquellos procesos que tienen mayor impacto en la operación y mantenimiento del hospital. Esto permitiría comprobar, en un escenario real, si el modelo responde adecuadamente a las necesidades de gestión, si la información mantiene trazabilidad y si los flujos definidos para el registro de activos, mantenimiento y control documental resultan prácticos y útiles para el personal responsable.
- Antes de elevar el modelo de gestión hacia a una implementación institucional, es importante que la entidad establezca un marco de gobernanza de la información para la etapa de operación y mantenimiento. Esto se debe definir con claridad y responsabilidad a quiénes serán los responsables, cómo se aprobará la información, bajo qué criterios serán actualizados, qué criterios se usarán para validarla y cómo se controlará la calidad del AIM.
- Para la implementación de un gemelo digital a nivel descriptivo es importante verificar que el modelo BIM existente esté completo, parametrizado y alineado a las necesidades de operación y mantenimiento. También es importante validar previamente la documentación técnica de los activos, para evitar cargar información incompleta, duplicada o desactualizada a Dalux FM. Por otra parte, definir los roles antes de iniciar: es decir quien registra, quien revisa y quien valida o actualiza la información. Asimismo, los procesos de mantenimiento preventivo, correctivo, gestión de cambios y control documental deben quedar claros en el PEB de O&M para evitar observaciones durante la implementación. Finalmente, se recomienda iniciar con una fase piloto en activos críticos, porque permite ajustar el flujo, capacitar al personal y corregir brechas antes de escalar a todo el hospital.
- Se recomienda establecer un AIM estandarizado, que considere criterios mínimos para la identificación, sistema, ubicación, información de mantenimiento, entre otros que alimenten a este documento. Así se asegura que no habrá vacíos de información y el modelo de gestión de información contendrá información para ser usada de manera efectiva en la operación y mantenimiento.

- Para una etapa más desarrollada del modelo, se sugiere establecer un esquema de intercambio de información, que esté enfocado a COBie. De tal forma que permita organizar la información de los activos, enfocándose en los espacios, niveles, tipos de activos, entre otros que lo componen. Así se asegura la transferencia adecuada de información hacia la operación y mantenimiento.
- También recomendamos que, para la implementación de Dalux, se realicen estándares alineados a las políticas y procedimiento de la entidad. De tal forma que se pueda estandarizar los procesos de registro de activos, control de documentación, programación de mantenimientos, gestión de los cambios y validación de la información.
- Finalmente, para alcances más elevados de la investigación, se recomienda desarrollar niveles más altos de madurez digital, de tal forma que se contemple el uso de sensores, IoT, integración con BMS, de tal forma que se pueda realizar monitoreo en tiempo real.

VII. REFERENCIAS.

- Ayala Consuelo, Y. L., Perez Pinillos, E., Segura Molina, R., & Uehara Yagi, J. D. (2024). Análisis del uso de la metodología BIM propuesta en el Plan Nacional de Competitividad y Productividad (2019-2030) para prevenir y controlar retrasos durante la etapa de construcción de proyectos de infraestructura hospitalaria contratados por el Estado. Caso de estudio: Proyecto Hospital de Apoyo de Sullana II-2, Piura [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].
- British Standards Institution. (2017). BS EN 13306:2017. Maintenance—Maintenance terminology.
- buildingSMART International. (s. f.). openBIM.
- Coello Baños, G. D., & Gallegos Cuenca, J. P. (2015). Desarrollo de un software para la gestión de mantenimiento de maquinaria pesada para la Prefectura del Azuay [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana].
- Dalux. (s. f.-a). Dalux FM.
- Dalux. (s. f.-b). Dalux FM introduction.
- Elkefi, S., & Asan, O. (2022). Digital twins for managing health care systems: Rapid literature review. *Journal of Medical Internet Research*, 24(8), e37641. doi:10.2196/37641
- Fuller, A., Fan, Z., Day, C., & Barlow, C. (2020). Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research. *IEEE Access*, 8, 108952–108971. doi:10.1109/ACCESS.2020.2998358
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2025). Áncash: Compendio estadístico 2025.
- International Organization for Standardization. (2014a). ISO 55000:2014. Asset management—Overview, principles and terminology.
- International Organization for Standardization. (2014b). ISO 55001:2014. Asset management—Management systems—Requirements.
- International Organization for Standardization. (2018a). ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM)—Information management using building information modelling—Part 1: Concepts and principles.

- International Organization for Standardization. (2018b). ISO 41001:2018. Facility management—Management systems—Requirements with guidance for use.
- International Organization for Standardization. (2020). ISO 19650-3:2020. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM)—Information management using building information modelling—Part 3: Operational phase of the assets.
- International Organization for Standardization. (2024). ISO 41011:2024. Facility management—Vocabulary.
- International Organization for Standardization, & International Electrotechnical Commission. (2023). ISO/IEC 30173:2023. Digital twin—Concepts and terminology.
- Khajavi, S. H., Motlagh, N. H., Jaribion, A., Werner, L. C., & Holmström, J. (2019). Digital twin: Vision, benefits, boundaries, and creation for buildings. *IEEE Access*, 7, 147406–147419. doi:10.1109/ACCESS.2019.2946515
- Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J., & Sihn, W. (2018). Digital twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1016–1022. doi:10.1016/j.ifacol.2018.08.474
- Matarrita-Chaves, R. M., & Gómez-Gómez, G. M. (2020). Building Information Modeling (BIM) en la gestión de mantenimiento hospitalario. *Anuario de Administración y Tecnología para el Diseño*, 141–147.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021a). Decreto Supremo N.º 108-2021-EF. Modifican el Decreto Supremo N.º 289-2019-EF y aprueban disposiciones para la incorporación progresiva de BIM en la inversión pública.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021b). Plan de implementación y hoja de ruta del Plan BIM Perú.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2023). Guía Nacional BIM.
- Ministerio de Salud. (2014). Resolución Ministerial N.º 660-2014-MINSA. Aprueban la Norma Técnica de Salud N.º 110-MINSA/DGIEM-V.01 “Infraestructura y Equipamiento de los Establecimientos de Salud del Segundo Nivel de Atención”.
- Ministerio de Salud. (2024). Resolución Ministerial N.º 869-2024-MINSA. Modifican la NTS N.º 110-MINSA/DGIEM-V.01.

- Montiveros Toribio, J. M. (2018). Facility management de edificaciones universitarias con el uso de tecnología BIM [Trabajo de investigación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].
- Pérez Rivera, L. J. (2022). Gestión de mantenimiento en un hospital nivel II-2 empleando herramientas BIM e imágenes de inmersión total [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers (3.^a ed.). Wiley.
- UK BIM Framework. (2019). Guidance Part 2: Processes for project delivery.
- UK BIM Framework. (2021a). Guidance Part 3: Operational phase of the asset life cycle.
- UK BIM Framework. (2021b). Guidance Part D: Developing information requirements.
- UK BIM Framework. (2023). Guidance supporting the operational phase of the asset life cycle.
- Vallée, A. (2023). Digital twin for healthcare systems. *Frontiers in Digital Health*, 5, 1253050. doi:10.3389/fdgth.2023.1253050
- Vanier, D. J. (2001). Why industry needs asset management tools. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 15(1), 35–43. doi:10.1061/(ASCE)0887-3801(2001)15:1(35)
- Wijeratne, P. U., Gunarathna, C., Yang, R. J., Wu, P., Hampson, K., & Shemery, A. (2024). BIM enabler for facilities management: A review of 33 cases. *International Journal of Construction Management*, 24(3), 251–260. doi:10.1080/15623599.2023.2222962
- Zhao, J., Feng, H., Chen, Q., & García de Soto, B. (2022). Developing a conceptual framework for the application of digital twin technologies to revamp building operation and maintenance processes. *Journal of Building Engineering*, 49, 104028. doi:10.1016/j.jobbe.2022.104028

VIII. ANEXOS

PLAN DE EJECUCIÓN BIM