




BIM procedure to optimize access to updated information in O&M of MEP assets in a Peruvian university

Asencio Pajuelo Percy Ivan¹; Herrera Polo Mariapaz Andrea²; Ulloa Román Karem Asthrid³
^{1,3}Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u20201a158@upc.edu.pe, pccikull@upc.edu.pe
²Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u20201e540@upc.edu.pe

Abstract– The operation and maintenance phase are the longest and most expensive stage in the project life cycle; however, there is limited evidence of the implementation of methods and technologies that optimize the workflow in this phase. A maintenance flow that does not facilitate access to information and collaboration can significantly affect maintenance expenses, causing delays and lost time. In Peru, the maintenance flow is characterized by being inefficient, due to the extensive investment in waiting time for information.

For this reason, in this paper, the procedure based on the BIM methodology is presented to reduce the time invested in accessing updated information for the operation and maintenance of MEP assets in a Peruvian university. The result was the step-by-step implementation procedure for BIM to the maintenance activities of a Peruvian university, where the time invested in accessing updated information from the university's conventional system was compared with that of the proposed system. This implementation resulted in a reduction in the time to access information on average of 99.65%. Finally, the implementation was validated by the judgement of experts in the BIM and Facility Management areas. Thus, it was concluded that the implemented procedure allows a considerable reduction in time in accessing information, which allows reducing delays and cost overruns.

Keywords-- time invested, operation and maintenance, MEP, universities, BIM.

Procedimiento BIM para optimizar el acceso a información actualizada en O&M de activos MEP en una universidad peruana

Asencio Pajuelo Percy Ivan¹; Herrera Polo Mariapaz Andrea²; Ulloa Román Karem Asthrid³

^{1,3}Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u20201a158@upc.edu.pe, pccikull@upc.edu.pe

²Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u20201e540@upc.edu.pe

Resumen — La fase de operación y mantenimiento es la etapa más larga y costosa en el ciclo de vida de un proyecto; sin embargo, se presenta una limitada evidencia de implementación de métodos y tecnologías que optimicen el flujo de trabajo en dicha fase. Un flujo de mantenimiento que no facilita el acceso a la información y colaboración puede afectar considerablemente a los gastos por mantenimiento, lo que ocasiona retrasos y tiempo perdido. En el Perú, el flujo de mantenimiento se caracteriza por ser ineficiente, debido a la amplia inversión de tiempo de espera a la información.

Por tal motivo, en el presente paper, se presenta el procedimiento basado en la metodología BIM para reducir el tiempo invertido en el acceso a la información actualizada para la operación y mantenimiento de activos MEP en una universidad peruana. El resultado fue el paso de del procedimiento de implementación BIM a las actividades de mantenimiento de una universidad peruana en donde se comparó el tiempo invertido en el acceso a la información actualizada del sistema convencional de la universidad con el de la propuesta planteada. Dicha implementación resultó en una reducción del tiempo de acceso a la información en promedio del 99.65%. Finalmente, se realizó la validación de la implementación por juicio de expertos en el área BIM y de Facility Management. De esa forma, se concluye que el procedimiento implementado permite una reducción considerable de tiempo en el acceso a la información, el cual permite reducir los retrasos y los sobrecostos.

Palabras clave-- tiempo invertido, operación y mantenimiento, MEP, universidades, y BIM

I. INTRODUCCIÓN

A. Realidad problemática

La fase de operación y mantenimiento representa el 80% de costos y recursos en el ciclo de vida de un proyecto, por lo cual resulta importante desarrollar sistemas de gestión que faciliten el acceso a la información e integración en esta fase [1]. Sin embargo, esta fase no solo incide en costos y recursos, sino también en tiempo. De acuerdo con la investigación realizada, se ha verificado que no se presenta una gestión adecuada del tiempo invertido en el acceso de la información actualizada en la gestión de operación y mantenimiento de activos MEP en universidades peruanas.

Frente a ello, las tecnologías de la información y comunicación (TIC) como el modelado de información de construcción (BIM) y el internet de las cosas, presentan potencial para prácticas predictivas sostenibles en las actividades de Facility Management [2]. Esto se evidencia en

una investigación que se realizó en el empleo de modelos BIM en operación y mantenimiento (O&M) con Facility Management (FM) y COBie en dos casos de estudio. El resultado del primer estudio muestra una reducción del tiempo e identificación más precisa de errores al emplear un modelo automatizado. En el segundo caso, se evaluó la eficiencia en el 59% de la recolección de data de los entregables con respecto a COBie [3]. También, en otro estudio, se presentó el empleo de la metodología BIM y el estándar COBie, el cual fue adaptado a instalaciones portuarias para el procesamiento de datos de mantenimiento. Como resultado, se desarrolla un esquema COBie para instalaciones portuarias que se integra con el modelo BIM, el cual permite la vinculación de la información, visualización y gestión del mantenimiento con los componentes físicos [4]. Asimismo, se ha implementado BIM e IoT en actividades de FM en la gestión de instalaciones universitarias y se brindaron recomendaciones para planificar la transformación digital en FM. Se enfatiza sobre los desafíos y beneficios en la implementación de soluciones basadas en BIM e IoT, así como recomendaciones para la planificación de nuevas tecnologías en FM [5]. Además, se ha planteado el uso de gemelo digitales para la industria de la construcción que une la visualización de datos de BIM con una plataforma en tiempo real basada en IoT para capturar datos. El resultado indica que se puede tomar decisiones rápidas y realizar acciones predictivas gracias a la plataforma eficiente y visualización proporcionadas por el sistema, que muestran las condiciones internas del edificio [6]. Otra investigación presentó un prototipo de sistema de mantenimiento de iluminación basado en BIM e IoT en el sector universitario para identificar sus impactos potenciales en los procesos de mantenimiento. El prototipo fue implementado en la Universidad Brasileña BR, y se logró reducir a 1/3 el tiempo necesario en reemplazar las lámparas [7]. Por último, se integró la metodología BIM con el formato de datos COBie para la administración de instalaciones de educación superior en EE. UU. y Corea del Sur. Se resultó que el 83.4% de 136 elementos de los requisitos de gestión de instalaciones es compatible con COBie entre ambos países. Así, reduciendo el tiempo del registro de la información del sistema tradicional [8].

En este contexto, la propuesta del artículo es el uso de la metodología BIM para reducir el tiempo invertido en el acceso a la información actualizada en la operación y mantenimiento

de activos MEP en universidades peruanas. Se demuestra que la metodología BIM puede mejorar las actividades de Facility Management al acelerar tareas y reducir pérdidas de tiempo [9], además de disminuir costos operativos, optimizar la toma de decisiones, agilizar la documentación, y fomentar la colaboración y flexibilidad laboral [10]. Así, la investigación aporta un procedimiento basado en BIM, sustentado en el análisis del estado del arte y validado mediante un caso de estudio, para solucionar esta problemática.

B. El problema

¿De qué manera se puede optimizar el acceso a información actualizada de activos MEP en la fase de operación y mantenimiento de las universidades peruanas?

C. Objetivo general

Diseñar un procedimiento para la implementación de la metodología BIM en la gestión de operación y mantenimiento de activos MEP en universidades peruanas

D. Objetivos específicos

- Diagnosticar la problemática actual del procedimiento de operación y mantenimiento en universidades peruanas.
- Elaborar un procedimiento, basado en la metodología BIM, para reducir el tiempo invertido en la operación y mantenimiento de activos MEP en universidades peruanas.
- Validar el procedimiento basado en la metodología BIM en la fase de operación y mantenimiento

II. HERRAMIENTAS Y MÉTODOS

Para la investigación presentada, se aplica la metodología BIM para mejorar el flujo de la gestión del tiempo invertido al acceso a la información en universidades peruanas.

La muestra se realizó a tres universidades peruanas de Lima Metropolitana como se indica en la Tabla I. Para cada universidad, se agendaron entrevistas presenciales como virtuales con los gestores responsables para el registro, análisis e identificación del procedimiento de mantenimiento respectivo. De las tres muestras evaluadas, se ha seleccionado la universidad 1 para la implementación de la propuesta.

TABLA I
RESUMEN DE LAS UNIVERSIDADES ESTUDIADAS

Institución	Encargado de mantenimiento	Profesión	Tiempo de experiencia en el mantenimiento en universidades
Universidad 1	Jesús Silva	Arquitecto	1-3 años
Universidad 2	Martha Medina	Técnico Informático	1-3 años
Universidad 3	Carlos Berrocal	Técnico Electricista Industrial	1-3 años

Para el desarrollo de la investigación, se realizaron encuestas a 3 grupos de interesados los cuales son: gestores de mantenimiento, técnicos de mantenimiento y modeladores BIM para la evidencia de la problemática, el cual es la propuesta de la reducción del tiempo invertido al acceso a la información. Se realizaron encuestas a 10 expertos por cada grupo de interesados mediante Google Forms. Para ello, se identificó que el personal encuestado presente estudios previos en su respectivo rubro y cuente con más de 1 año de experiencia en la gestión de mantenimiento de activos MEP en universidades peruanas. En la Tabla II, se muestra el resumen de los profesionales entrevistados.

Se recopila la información sobre los procedimientos de operación y mantenimiento en las tres universidades seleccionadas, lo que permite comprender con mayor precisión el funcionamiento de los activos MEP dentro de la infraestructura universitaria e identificar oportunidades de mejora. Con base en esta información, se elabora un flujograma que representa las etapas de planificación, ejecución y cierre de actividades, tanto en oficina como en campo, incluyendo a los actores involucrados.

TABLA II
RESUMEN DE LOS PROFESIONALES ENTREVISTADOS

Características	Listado de perfiles seleccionados		
	Gestores de mantenimiento	Técnicos de mantenimiento	Modeladores BIM
Cantidad de profesionales entrevistados	10	10	10
Rangos más incidentes del personal encuestado de acuerdo con su experiencia	1-3 años 10 a más años	1-3 años 3-6 años	1-3 años

Para optimizar el sistema de mantenimiento, se propone el uso de Revit para la gestión de información gráfica y el estándar COBie para los datos no gráficos. Al integrar ambos en la plataforma YouBIM, se logra una visualización integral y actualizada de los activos, reduciendo el tiempo de acceso a la información. La metodología empleada para esta implementación se muestra en la Fig. 1.

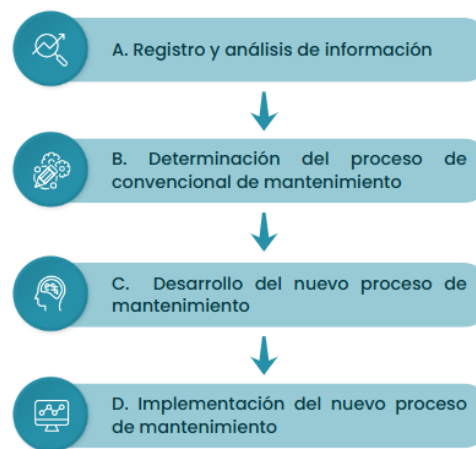


Fig.1. Metodología de investigación

En primer lugar, para el registro y análisis de información de las universidades, se realizaron entrevistas con el personal encargado de mantenimiento de las tres universidades para conocer la problemática en estudio como los activos MEP que presentan relevancia en sus planes de mantenimiento. Luego, se recopila el procedimiento del mantenimiento convencional de las universidades en estudio para la elaboración de flujogramas, y comparar las similitudes y diferencias que presentan entre ellas. Posteriormente, se propone la mejora del flujograma actual de la universidad a través de la implementación de la metodología BIM. Para ello, se implementa la solución en el inicio del procedimiento con la solicitud de los planos As-built para el modelado 3D en Revit. Después, se recopila la información no gráfica en el formato COBie. Al obtener estos dos resultados, se implementa el software YouBIM para el registro de información gráfica y no gráfica y se monitorea el mantenimiento mediante un registro de alarmas y actualización constante de los mantenimientos pendientes como realizados. Finalmente, se implementa el nuevo procedimiento en la universidad 1 mediante una simulación de una facultad de la universidad y se evalúa el indicador en estudio. De esta manera, al comparar el sistema de mantenimiento tradicional con la propuesta planteada, se logra reducir el tiempo al acceso a la información del activo MEP analizado con el empleo de la metodología BIM.

III. RESULTADOS

A. Registro y análisis de la información

Se realizaron entrevistas a gestores y técnicos de mantenimiento de las tres universidades estudiadas con el objetivo de conocer el flujo del procedimiento actual de trabajo de mantenimiento.

En primer lugar, los gestores y técnicos de mantenimiento enfrentan desafíos significativos como dificultades en la gestión y acceso a la información, problemas en el stock de materiales y falta de personal tal como indica la Fig. 2.

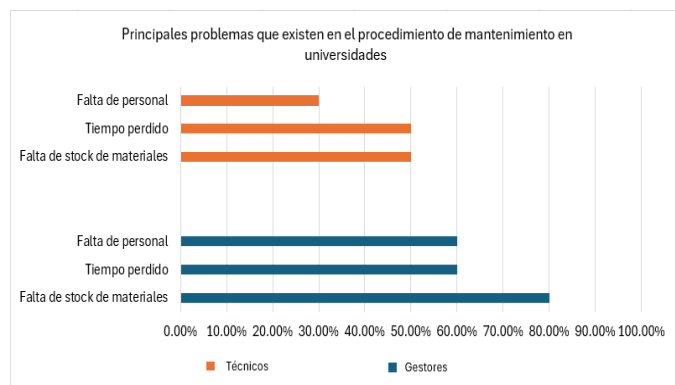


Fig. 2. Principales problemas presentados en O&M en universidades de acuerdo con los gestores y técnicos de mantenimiento

De acuerdo con los gestores de mantenimiento, la información de difícil acceso y dispersa entre áreas es una causa destacada que ocasionan altos costos en el presupuesto y tiempo perdido en el mantenimiento como se indica en la Fig. 3.

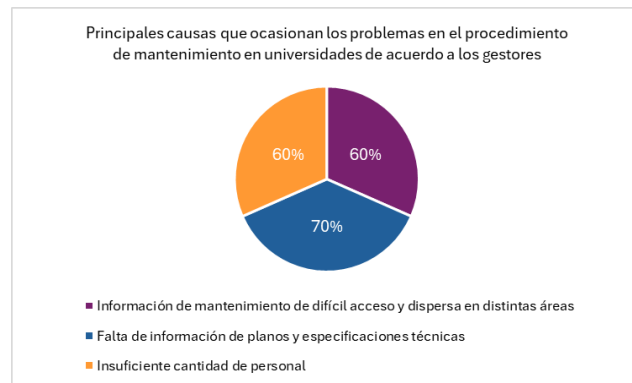


Fig. 3. Causas de la deficiente gestión en O&M en universidades de acuerdo con los gestores de mantenimiento

Asimismo, para los técnicos de mantenimiento, el cambio de personal frecuente es la causa más relevante como se muestra en la Fig. 4.

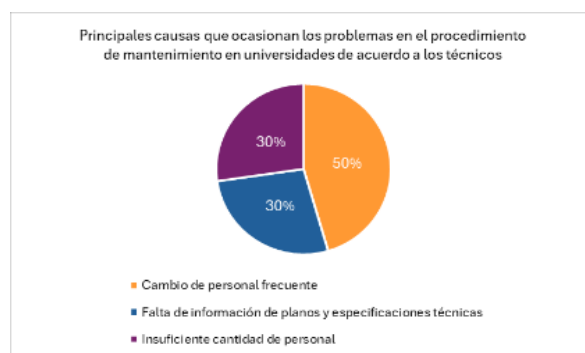


Fig. 4. Causas de la deficiente gestión en O&M en universidades de acuerdo con los técnicos de mantenimiento

Las herramientas tradicionales como Microsoft Excel son predominantes en el proceso de mantenimiento para los gestores de mantenimiento. En referencia a los técnicos de mantenimiento, se muestra una incidencia alta de empleo de los formatos físicos. Por último, los modeladores BIM emplean Revit como principal software en esta etapa. En la Fig. 5 se muestra un diagrama con los resultados.

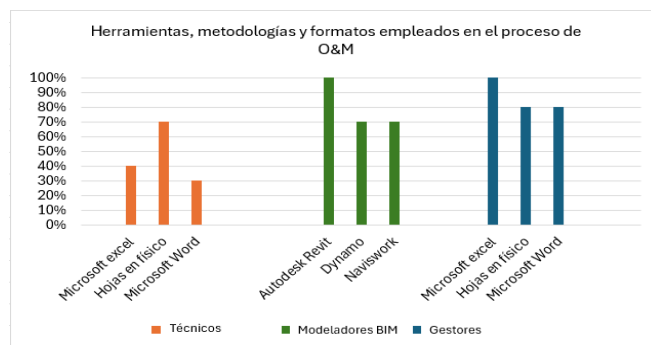


Fig. 5. Herramientas empleadas por los técnicos, modeladores y gestores de O&M en universidades

Los principales activos de acuerdo con las respuestas de técnicos y gestores coinciden que los tableros eléctricos son un activo que se realiza un mayor mantenimiento como se muestra en la Fig. 6.

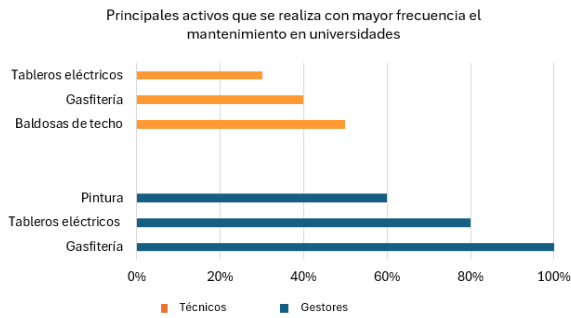


Fig. 6. Principales activos que se realiza mantenimiento

De acuerdo con la experiencia de los modeladores BIM, indicaron que la implementación de BIM en la fase de operación y mantenimiento (O&M) solo se emplea en un 10% como se muestra en la Fig. 7.

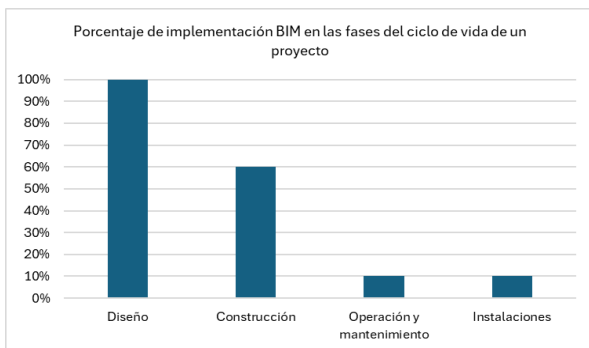


Fig. 7. Fase del ciclo de vida de un proyecto donde se implementó BIM

Asimismo, el 90% de los modeladores BIM indican que no se ha empleado softwares en esta fase como se visualiza en la Fig. 8.

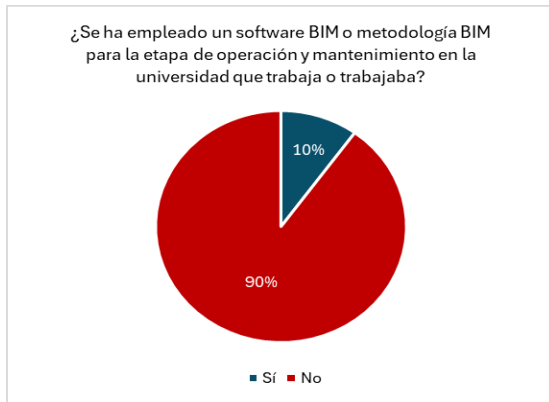


Fig. 8. Relevancia de implementar BIM en la fase de O&M

B. Delimitación del proceso tradicional

A partir de entrevistas a los gestores de mantenimiento, se recopiló el procedimiento de trabajo de cada universidad, enfocándose en el mantenimiento preventivo de la Universidad 1. Se identificaron los principales actores: Rectora (R), Secretaria (S), Dirección General de Administración (DIGA), Unidad Ejecutora de Inversiones (UEI), Jefe de Servicios Generales (JSG), Jefe de Servicios Generales Oficina Técnica (JSG-OT) y Técnicos (T).

Generales (JSG), Jefe de Servicios Generales de Oficina Técnica (JSG-OT), Ingenieros (I) y Técnicos (T).

El proceso inicia con la elaboración del Plan de Mantenimiento Anual por el JSG-OT y el JSG. Luego, la UEI evalúa la capacidad presupuestal, remitiendo el monto estimado a la DIGA para su revisión y posterior aprobación de la Rectora, con recepción y gestión de la Secretaria. Esta planificación ocurre entre septiembre y octubre del año anterior. Una vez aprobado el plan, el JSG-OT utiliza Hojas de Cálculo de Google para desglosar actividades, asignar responsables y programar tareas. Posteriormente, el JSG-OT y el JSG gestionan los presupuestos específicos de cada actividad ante la UEI y la DIGA. Aprobado el presupuesto, se realizan las compras o contratos necesarios, siguiendo el mismo flujo de comunicación. La unidad técnica verifica si posee la capacidad para ejecutar el mantenimiento. Si la respuesta es afirmativa, se asigna la tarea al técnico, supervisado por un ingeniero. Finalizada la actividad, el técnico informa su culminación, el ingeniero o el JSG-OT revisa el trabajo y se registra el gasto en el expediente. Si la unidad carece de capacidad técnica, se terceriza la actividad, siguiendo los mismos pasos de ejecución, supervisión y registro. El flujograma detallado de este proceso se muestra en la Fig. 9.

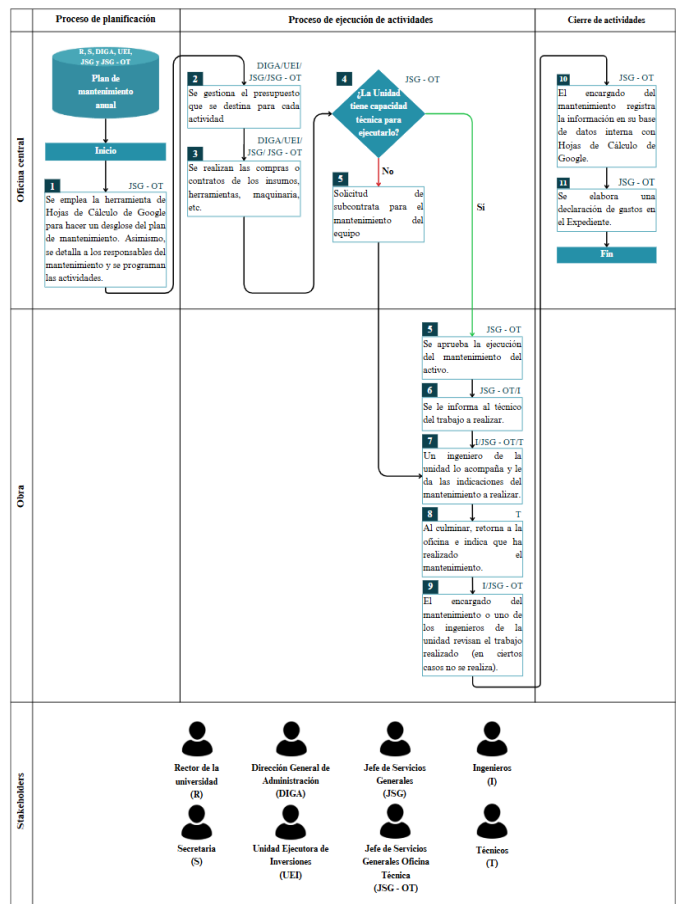


Fig. 9. Diagrama de flujo del procedimiento de mantenimiento actual en la universidad 1

Para el proceso de las universidades evaluadas, el procedimiento de la universidad 2 es muy similar de lo mencionado. A comparación de la universidad 3, se presenta variación en el personal a cargo y las herramientas que se emplean.

Acerca del tiempo al acceso invertido a la información, el activo MEP elegido es de tableros eléctricos, por lo que se ha comprobado la diferencia de tiempo para la obtención de esta información como se indica en la Fig. 10.

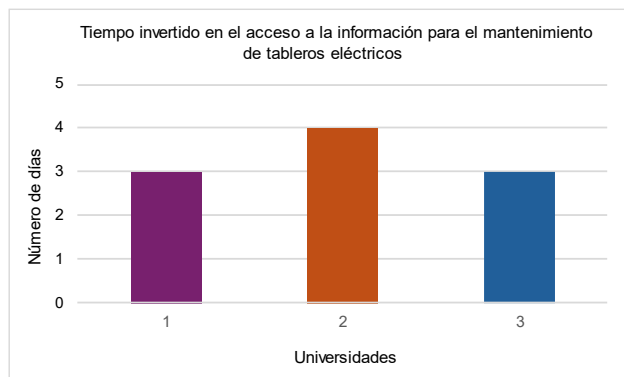


Fig. 10. Tiempo invertido en el acceso a la información para el mantenimiento de tableros eléctricos en 3 universidades peruanas

C. Desarrollo del nuevo proceso

Para la mejora del sistema de mantenimiento de la universidad 1, se propone el empleo de la metodología BIM. El primer paso es corroborar si la unidad cuenta con los planos As-built para elaborar el modelo digital. En caso no se cuente con los planos As-built, se debe realizar un levantamiento 3D con escáner láser, el cual genera una nube de puntos. El procedimiento para realizar el escaneo láser se encuentra en la Fig. 11.



Fig. 11. Flujoograma levantamiento 3D con escáner láser

Con los planos As-built o con la nube de puntos obtenido con el escáner láser, se completa la información necesaria para el segundo paso, el cual es la ejecución del Asset Information Modeling (AIM). Este paso comprende la adquisición de equipo tecnológico y humano para la ejecución del modelado, creación del Plan de Ejecución BIM (PEB), así como la coordinación en sesiones Integrated Concurrent Engineering (ICE) para el adecuado modelado, definición de parámetros de acuerdo con el estándar COBie, entre otros procesos que se detallan en el flujoograma de la Fig. 12.

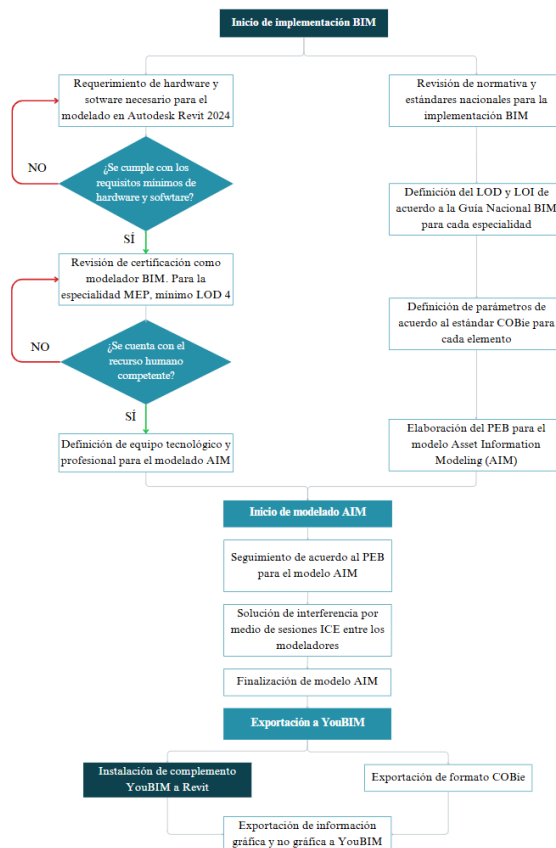


Fig. 12. Flujoograma de ejecución del Asset Information Modeling (AIM)

Después, con la información del Plan de Mantenimiento Anual de la universidad, se usan las hojas de cálculo de Google para hacer un desglose del plan de mantenimiento, en el cual se detallan a los responsables de mantenimiento y programación de las actividades. Luego, con el modelo AIM ejecutado y la información recopilada del Plan de Mantenimiento, se exporta la información gráfica y no gráfica a la plataforma YouBIM. Se generan alertas de mantenimiento en la plataforma como resultado de subir la programación de mantenimiento a los activos. Las alertas se verán reflejadas en la interfaz de la plataforma, así como en la aplicación móvil con la que cuenta el mismo. Después, se hacen las compras o contratos de los insumos y recursos necesarios para la ejecución del mantenimiento. Se evalúa si la unidad cuenta con la capacidad de ejecutar el mantenimiento, en caso no, el mantenimiento pasa a ser tercerizado por una empresa especializada y solo un ingeniero de la unidad revisaría el trabajo realizado. En caso se cuente con la capacidad para realizar el mantenimiento, se aprueba la ejecución del mantenimiento del activo. El técnico ejecuta la actividad, y una vez realizado el mantenimiento, un ingeniero de la unidad inspecciona el trabajo. Se registra el mantenimiento en la plataforma YouBIM, con lo que se crea un historial de mantenimiento para cada activo. En caso de ser necesario, se actualizan los planos desde el modelo AIM en Autodesk Revit y se vuelve a subir la información a la plataforma de mantenimiento para su actualización. En la Fig. 13, se indica el flujoograma de la implementación en el plan de mantenimiento actual de la universidad 1.

Segundo paso: Intercambio de información mediante COBie

Después, se realiza el intercambio de información mediante COBie. Para ello, se realizó una reunión con los técnicos de mantenimiento con el objetivo de conocer cuál es la información necesaria que emplean para el desarrollo de las actividades de mantenimiento. Con la información recopilada, se realizaron los preparativos para la exportación del estándar COBie. Para ello, se instalaron las herramientas de interoperabilidad en Autodesk Revit 2024, los cuales contienen entre sus funcionalidades la extensión COBie.

Por consiguiente, se realiza una configuración inicial del estándar COBie, y automáticamente se generaron las tablas como se indica en la Fig. 18.

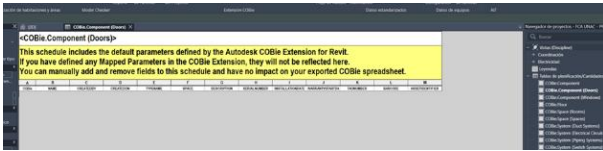


Fig. 18. Generación de tablas COBie

De esta manera, se crearon los COBie.Component, que asignaron a cada elemento del modelo. Además, se asignaron los parámetros COBie.Type a las propiedades de tipo. Así, se generaron las tablas y parámetros en el modelo. Luego, se asignó un sistema de clasificación a cada elemento. Posteriormente, se activó la base de datos de Uniclass 2015 y se asignó la clasificación de sistema, producto y elemento al tablero eléctrico, como se muestra en la Fig. 19.

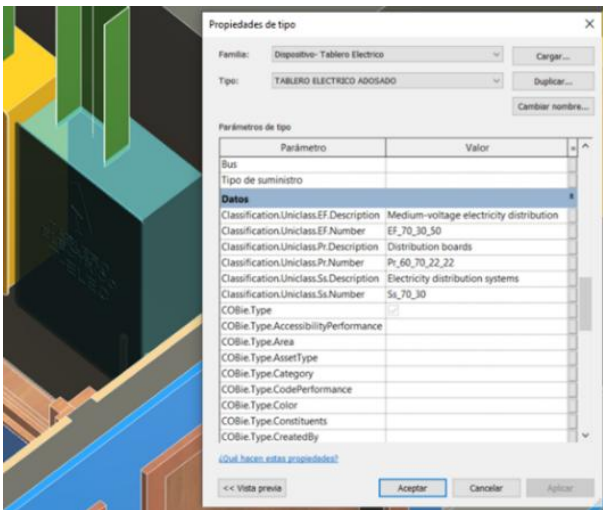


Fig. 19. Datos Uniclass generados automáticamente para tableros eléctricos

Luego, se asignaron contactos a los elementos y se configuró Component y Type. Luego, se actualizaron los parámetros y configuraciones al COBie.Component como se muestra en la Fig. 20.

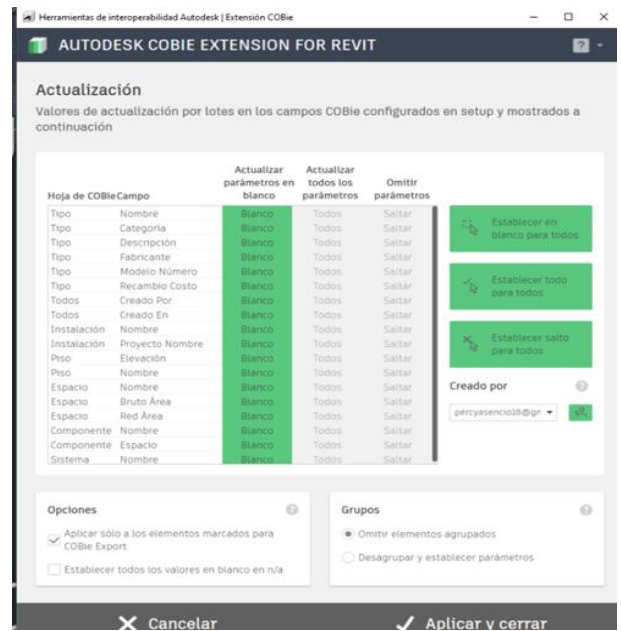


Fig. 20. Actualización de parámetros y configuraciones COBie

Se completó la información de los elementos de acuerdo con especificaciones técnicas, fechas de instalación, ubicación, entre otros. Finalmente, se exporta la información a una hoja de cálculo COBie como se muestra en la Fig. 21.

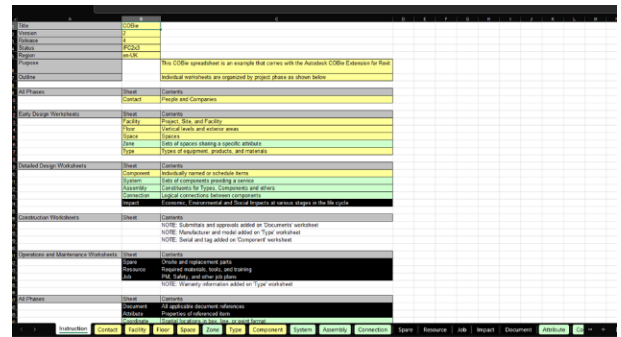


Fig. 21. Hoja de cálculo COBie

Tercer paso: Carga de información a plataforma de mantenimiento YouBIM

Se realizan configuraciones iniciales a la plataforma de mantenimiento YouBIM. Para ello se creó un sitio y un edificio en la plataforma como se evidencia en la Fig. 22 y Fig. 23.

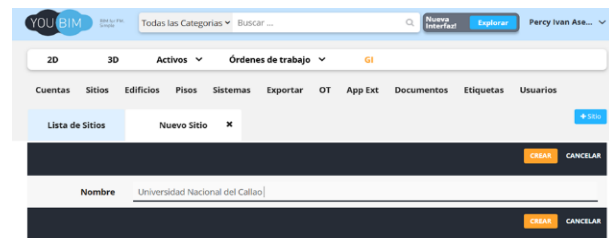


Fig. 22. Creación de sitio en YouBIM

IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

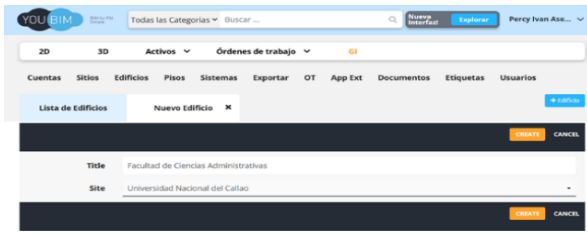


Fig. 23. Creación de edificio en YouBIM

Después, se carga la información gráfica y no gráfica del modelo a la plataforma YouBIM con tablas de planificación. Para asegurar una adecuada carga de información, se siguió el siguiente orden: nombre del activo, tipo, ambiente, nivel, sistema, particularidad, marca, fecha de instalación, costo y garantía como se presenta en la Fig. 24.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Nombre	Tipo	ET AMBIENTE	Nivel	SI SISTEMA	GT PARTICULARIDAD	Marca	Fecha de instalación	Costo	Garantía
TE001	TABLERO ELECTRIC	Cuanto electrico	Piso 1 +0.00	TABLERO ELECT		2443	1/11/2024	500.00	1 año
TEA001	TI BARRI BNC 10m	Cuanto electrico	Piso 1 +0.00	DISTRIBUCION		1384	1/11/2024	200.00	1 año
BE001	SPR 15 30 VIVA	Cuanto electrico	Piso 1 +0.00	DISTRIBUCION		1481	1/11/2024	200.00	1 año
TE002	TABLERO ELECTRIC	Cuanto electrico	Piso 1 +0.00	TABLERO ELECT		3059	1/11/2024	500.00	1 año
TE003	TABLERO ELECTRIC	Cuanto electrico	Piso 1 +0.00	TABLERO ELECT		3060	1/11/2024	500.00	1 año
PI001	PUESTA A TIERRA	Cuanto electrico	Piso 1 +0.00	POZO A TIERRA	Empotrado	3480	1/11/2024	500.00	1 año
PI002	PUESTA A TIERRA	Cuanto electrico	Piso 1 +0.00	POZO A TIERRA	Empotrado	3061	1/11/2024	500.00	1 año
PI003	PUESTA A TIERRA	Cuanto electrico	Piso 1 +0.00	POZO A TIERRA	Empotrado	3062	1/11/2024	500.00	1 año
PI004	PUESTA A TIERRA	Cuanto electrico	Piso 1 +0.00	POZO A TIERRA	Empotrado	3063	1/11/2024	500.00	1 año
PI005	PUESTA A TIERRA	Cuanto electrico	Piso 1 +0.00	POZO A TIERRA	Empotrado	3064	1/11/2024	500.00	1 año
PA001	Tabl de Adoniam	Cuanto electrico	Piso 1 +0.00	ADONIAM		3065	1/11/2024	200.00	1 año
CS001	Gabinete secundar	Cuanto electrico	Piso 1 +0.00	GABINETE	ADOSADO	2976	1/11/2024	200.00	1 año
BE001	Buzón Electrico	Cuanto electrico	Piso 1 +0.00	BUZONES		1384	1/11/2024	400.00	1 año
BE002	Buzón Electrico	Cuanto electrico	Piso 1 +0.00	BUZONES		3066	1/11/2024	400.00	1 año

Fig. 24. Tabla de planificación para equipos eléctricos

Luego, se carga la información mediante el complemento de YouBIM para Revit como se muestra en la Fig. 25.

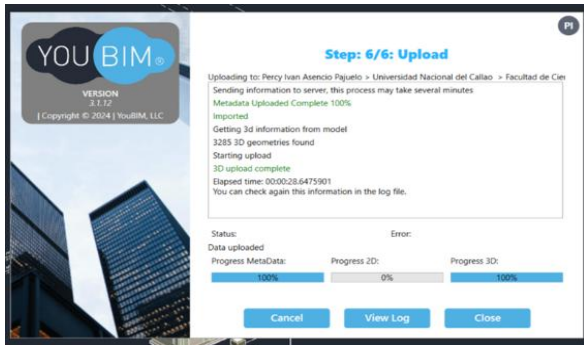


Fig. 25. Carga de información exitosa

De esta forma, se logra cargar la información gráfica y no gráfica y se tiene el modelo cargado en la plataforma de mantenimiento. Finalmente, se probaron las funcionalidades en la plataforma de mantenimiento para evaluar su rendimiento en la prueba piloto como se exhibe en la Fig. 26.



Fig. 26. Generación de orden de trabajo en plataforma YouBIM

Según la información inicial, en el caso de estudio, el tiempo invertido para acceder a la información era de 3 días. Este tiempo se midió en función del tiempo de respuesta de la Oficina de Servicios Generales al proporcionar la información solicitada sobre los tableros eléctricos, el cual había sido requerida por la Oficina de Patrimonio. Por otro lado, tras implementar la propuesta, el tiempo de acceso a la información para el mantenimiento se redujo a 15 minutos. Este tiempo correspondió a la solicitud de un técnico sobre la garantía de la llave térmica del tablero que estaba registrada en la plataforma de mantenimiento YouBIM. El proceso consistió en acceder a un computador portátil, ingresar a la plataforma de mantenimiento, buscar el tablero eléctrico por su nombre en el modelo 3D y localizar la información previamente cargada.

De este modo, se obtiene una reducción significativa del 99.65% en los indicadores de tiempo, debido a que el proceso disminuye de 72 horas a 15 minutos. La Fig. 27 presenta una comparación detallada de los datos.

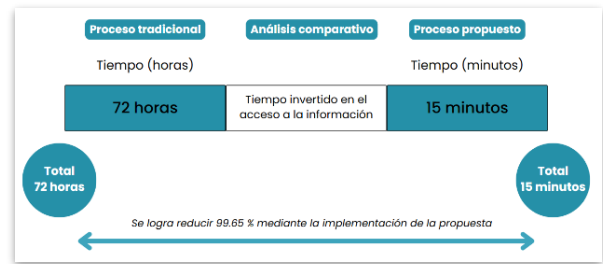


Fig. 27. Análisis comparativo de tiempo entre ambos procesos

V. VALIDACIÓN

La validación de la propuesta se realizó mediante juicio de expertos a diez especialistas con experiencia en implementación BIM en la fase de operación y mantenimiento y especialistas FM con experiencia en gestión de activos. Para ello, se realizó una encuesta en donde se detalla el procedimiento elaborado, así como los resultados obtenidos en el caso piloto. Se agregaron secciones para calificar el procedimiento propuesto en donde se emplea la Escala Likert que está distribuida de la siguiente manera: 5 = Totalmente de acuerdo, 4 = De acuerdo, 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 2 = En desacuerdo y 1 = Totalmente en desacuerdo. Las calificaciones más relevantes se muestran a continuación.

1. Reducción de tiempo invertido. La propuesta permite reducir significativamente el tiempo invertido en el acceso a información actualizada para el mantenimiento de activos MEP. En la Fig. 28, se muestra la calificación de los expertos.

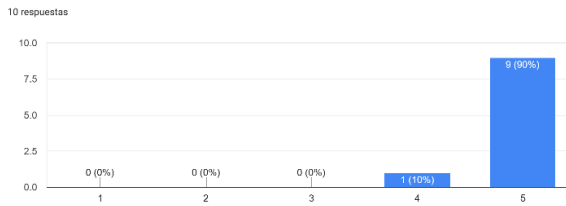


Fig. 28. Calificación de reducción de tiempo invertido

2. Eficiencia en la gestión de la información. La implementación de la metodología BIM mejora el flujo de trabajo en la operación y mantenimiento de activos MEP. En la Fig. 29, se muestra la calificación de los expertos.

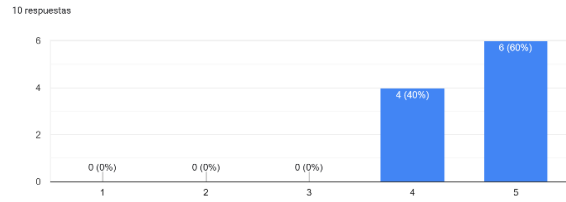


Fig. 29. Calificación de eficiencia en gestión de información

3. Validez técnica del procedimiento. El procedimiento propuesto para reducir el tiempo de acceso a la información actualizada para la operación y mantenimiento de activos MEP es validada. En la Fig. 30, se muestra la calificación de los expertos.

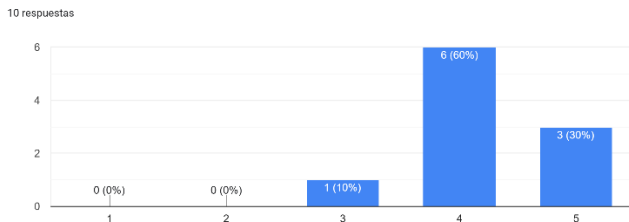


Fig. 30. Calificación de validez técnica

VI. CONCLUSIÓN

La propuesta consiste en un procedimiento para la implementación BIM en la fase de operación y mantenimiento de activos en una universidad peruana mediante las herramientas Autodesk Revit, el estándar COBie y la plataforma de mantenimiento YouBIM. Como resultado de la implementación del proyecto piloto, se logró optimizar el tiempo invertido en el acceso a la información en un 99.65%. En consecuencia, el promedio se redujo de 72 horas a 15 minutos.

Se realizó un análisis de la realidad problemática y las posibles soluciones planteadas a nivel mundial, los cuales se consideraron en la elaboración del procedimiento propuesto.

Además, el 90% de los expertos encuestados están totalmente de acuerdo en que la propuesta permite reducir significativamente el tiempo requerido para acceder a información actualizada para el mantenimiento, y el 100% coincide en la mejora del flujo de trabajo de O&M con su implementación.

Finalmente, se logra validar el procedimiento propuesto mediante la aprobación del 90% de los expertos encuestados, lo cual permite aplicar el procedimiento en proyectos reales.

AGRADECIMIENTO

A la Dirección de Investigación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas por el apoyo brindado para la realización de este trabajo de investigación a través del incentivo UPC-EXPOST-2025-1. Asimismo, al arquitecto Jesús Silva, ingenieros y personal del área de mantenimiento por su valioso apoyo durante el proceso de diagnóstico e implementación de la propuesta de solución.

REFERENCIAS

- [1] Campos Fialho, B., Codinhoto, R., & Minto Fabricio, M. (2024). Statistical critical reactive maintenance characterisation for digital twin implementation in universities. *Facilities*, 42 (3), 245-273. <https://doi.org/10.1108/F-03-2023-0029>
- [2] Pishdad-Bozorgi. (2017). Future Smart Facilities: State of the Art BIM Enabled Facility Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143 (9). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001376](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001376)
- [3] Leygonie, R., Motamedi, A., & Jordanova, I. (2022). Development of quality improvement procedures and tools for facility management BIM. *Developments in the Built Environment*, 11, 100075. <https://doi.org/10.1016/J.DIBE.2022.100075>
- [4] Shin, S., Moon, H., & Shin, J. (2022). BIM-Based Maintenance Data Processing Mechanism through COBie Standard Development for Port Facility. *Applied Sciences*, 12 (3), 1304. <https://doi.org/10.3390/APPI12031304>
- [5] Campos, B., Fabricio, M. M., & Codinhoto, R. (2023). Required Changes to Unlock Value Generation through Implementing BIM and IoT for Universities FM Services. *Buildings*, 13 (9), 2150. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS13092150>
- [6] Opoku, D., Perera, S., Osei-Kyei, R., Rashidi, M., Bamdad, K. & Famakinwa, T. (2024). Digital twin for indoor condition monitoring in living labs: University library case study. *Automation in Construction*, 157, 105188. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2023.105188>
- [7] Campos, B., Codinhoto, R., Fabricio, M. M., Estrella, J. C., Neves Ribeiro, C. M., Dos Santos Bueno, J. M., & Doimo Torrezan, J. P. (2022). Development of a BIM and IoT-Based Smart Lighting Maintenance System Prototype for Universities' FM Sector. *Buildings*, 12 (2), 99. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12020099>
- [8] Uhm, M. & Lee, G. (2021). Information Requirements for Managing Higher Education Facilities Using Building Information Modeling: Triangular Study of US and Korean Cases. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 35 (6). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000989](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000989)
- [9] Kang, T.-W. & Choi, H.-S. (2015). BIM perspective definition metadata for interworking facility management data. *Advanced Engineering Informatics*, 29 (4), 958-970. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2015.09.004>
- [10] Aziz, N., Nawawi, A. & Ariff, N. (2016). Building information modelling (BIM) in facilities management: Opportunities to be considered by facility managers. *Procedia - Social and Behavioural Sciences*, 234 (1), 353-362. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.10.252>