

Procedure to improve the effectiveness of daily task communication in the finishing stage of multi-family housing through Lean-BIM integration

Huillcas Gómez, Rubí Génesis¹; Valencia Trujillo, Gianella Isabel²; Ulloa Román, Karem Asthrid³

^{1,3} Huillcas Gómez, Rubí Génesis and Ulloa Román, Karem Asthrid's Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u20201b792@upc.edu.pe, pccikull@upc.edu.pe

²Valencia Trujillo, Gianella Isabel's Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u20201b811@upc.edu.pe

Abstract– In recent years, the construction industry has adopted methodologies such as Lean Construction and Building Information Modelling (BIM). Various studies have explored the benefits of integrating these tools to optimize projects. Construction companies, responsible for executing projects that involve multiple stages, often delegate specialized tasks to subcontractors. However, the involvement of multiple subcontractors with varying levels of experience can complicate communication, leading to issues such as rework. Therefore, this study focuses on improving the effectiveness of daily task communication during the finishing stage of multifamily housing projects through a Lean-BIM integration model. The methodology used in this study includes: (A) recording and analyzing information through surveys and interviews, (B) identifying the conventional process, (C) developing a new process, and (D) implementing the proposed process in the third evaluated project. The results show that the proposed approach significantly enhances the communication of daily tasks, enabling more efficient interactions.

Keywords-- Communication, finishing, Lean construction, BIM.

Procedimiento para mejorar la efectividad de la comunicación de tareas diarias en la etapa de acabados en viviendas multifamiliares mediante la integración Lean-BIM

Huillcas Gómez, Rubí Génesis¹; Valencia Trujillo, Gianella Isabel²; Ulloa Román, Karem Asthrid³
^{1,3} Huillcas Gómez, Rubí Génesis and Ulloa Román, Karem Asthrid's Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u20201b792@upc.edu.pe, pccikull@upc.edu.pe

²Valencia Trujillo, Gianella Isabel's Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u20201b811@upc.edu.pe

Resumen— En años recientes, la industria de la construcción ha incorporado metodologías como Lean Construction y Building Information Modelling (BIM). Diversos estudios han explorado los beneficios de integrar estas herramientas para optimizar los proyectos. Las empresas constructoras, encargadas de llevar a cabo proyectos que comprenden múltiples etapas, a menudo delegan tareas especializadas a subcontratistas. No obstante, la intervención de varios subcontratistas con niveles de experiencia variados puede complicar la comunicación, ocasionando problemas como retrabajos. Por ello, el presente estudio se centra en mejorar la efectividad de la comunicación de las tareas diarias durante la etapa de acabados en viviendas multifamiliares mediante un modelo de integración Lean-BIM. La metodología seguida en este estudio incluye: (A) el registro y análisis de información mediante encuestas y entrevistas, (B) la determinación del proceso convencional, (C) el desarrollo de un nuevo proceso, y (D) la implementación de dicho proceso en el tercer proyecto evaluado. Los resultados muestran que la propuesta mejora la comunicación de las tareas diarias, facilitando una comunicación más eficiente.

Palabras clave— Comunicación, acabados, Lean construction, Bim.

I. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción enfrenta desafíos significativos en la gestión de la comunicación efectiva entre los diversos equipos y partes interesadas. La estructura de los proyectos de viviendas multifamiliares involucra múltiples actores, cada uno con roles y responsabilidades específicos. A medida que se suman subcontratistas con diferentes niveles de experiencia y conocimientos técnicos, la efectividad en la comunicación puede verse comprometida, lo que puede resultar en retrabajos que incrementan los costos del proyecto y extienden los plazos de entrega [1]. El retrabajo en proyectos de construcción genera aumentos significativos en tiempo y costos, llegando a representar entre el 0,5% y el 23% del costo total del proyecto y provocando retrasos de entre el 20% y el 32% en la duración estimada [2]. Algunos autores señalan que la efectividad del proyecto se puede alcanzar mediante la adecuada sincronización, lograda a través de una comunicación oportuna y efectiva entre las partes involucradas. Por el contrario, la falta de comunicación

obstaculiza la coordinación entre las partes interesadas, dificultando la consecución de los objetivos del proyecto [3].

Estudios previos examinan el rezago en la industria de la construcción, donde el enfoque tradicional genera retrasos en la comunicación y hasta un 30% de retrabajo en los proyectos. Proponen que Lean Construction (LC) y el modelado de información de construcción (BIM) pueden transformar la entrega de proyectos, resolviendo estos problemas. Mediante un proceso de red analítica (ANP), se identifica la producción como el clúster clave para integrar LC y BIM, seguido por la comunicación y visualización [4].

También, se propone que la digitalización del proceso de construcción, mediante la integración de BIM y el Last Planner System en un sistema de información como "BeaM!", mejora la comunicación. El sistema utiliza pizarrones digitales multitáctiles que permiten la interacción en tiempo real entre los actores del proyecto. A través de modelos BIM 3D, se visualiza el estado del proceso y se vinculan objetos BIM con las actividades de planificación, facilitando la comprensión del proyecto. Además, fomenta la colaboración al permitir la creación y organización conjunta de notas adhesivas digitales que representan procesos, operaciones, dependencias y restricciones [5].

Asimismo, algunos autores presentan una clasificación detallada de posibles soluciones para reducir los retrabajos en proyectos de construcción, basándose en un análisis exhaustivo de diversas medidas. En su análisis, destacan que las dos medidas más efectivas para disminuir los retrabajos son, en primer lugar, mejorar la comunicación, con un puntaje medio de 4.245, y en segundo lugar, la implementación del modelado de información de construcción (BIM), con una media de 4.215. Esto sugiere que una comunicación más fluida es esencial para mejorar la coordinación y la precisión en la ejecución de las tareas, lo que, a su vez, reduce la necesidad de retrabajo [3].

De igual manera, se ofrece una contribución significativa al analizar cómo las funcionalidades de BIM pueden integrarse con los principios Lean. En particular, se destaca el Last Planner System, que facilita una distribución efectiva del poder de decisión entre los miembros del equipo del proyecto,

garantizando que cumplan con las tareas asignadas dentro de un plazo semanal determinado. Este enfoque no solo mejora la coordinación del equipo, sino que también optimiza la comunicación entre los miembros, asegurando que la información relevante fluya de manera clara y oportuna [6].

En adición, se propone que la mejora de la comunicación en proyectos de construcción se logra mediante la adopción de una cultura de gestión de errores, basada en la teoría de la Calidad-II. Esta cultura fomenta una comunicación abierta y transparente, enfocándose en comprender las causas de los errores y mitigar sus efectos, en lugar de asignar culpas. Destaca el rol del coaching como facilitador del diálogo y la confianza entre los miembros del equipo. La experiencia de la alianza analizada demuestra que, junto con herramientas Lean, esta cultura reduce los retrabajos, mejora la seguridad y aumenta la eficiencia en los proyectos [7].

En este contexto, la propuesta del artículo se centra en la integración de las metodologías Lean y BIM para reducir los retrabajos derivados de la mala comunicación en la etapa de acabados en viviendas multifamiliares. La estrategia busca utilizar herramientas Lean y usos BIM para mejorar la comunicación entre los involucrados durante la ejecución de los acabados.

El aporte principal de la investigación radica en el desarrollo de un procedimiento innovador que combina ambas metodologías para abordar de manera efectiva las causas subyacentes del retrabajo, especialmente aquellas relacionadas con la deficiencia comunicacional. Esta propuesta ofrece una base sólida para futuras investigaciones que exploren la implementación de Lean-BIM en proyectos de construcción.

II. METODOLOGÍA

El procedimiento propuesto en este proyecto de investigación está diseñado para ser aplicado en obras multifamiliares, específicamente en la etapa de acabados, ya que esta área requiere una comunicación y coordinación óptimas debido a la cantidad de personas involucradas. Como parte de la investigación, se realizaron encuestas en Google Forms a tres grupos de interés: profesionales de producción, profesionales de calidad y coordinadores BIM. Como se evidencia en la Tabla I, los encuestados poseen experiencia en proyectos multifamiliares. A través de estas encuestas, se valida y delimita el problema, permitiendo que la investigación se enfoque en el retrabajo ocasionado por deficiencias en la coordinación y la comunicación.

TABLA I. RESUMEN DE LOS PROFESIONALES ENCUESTADOS

Encuestados	Grupos de interés		
	Profesionales de producción	Profesionales de calidad	Coordinadores BIM
Cantidad	10	5	10
Años de experiencia	3 – 5 años	3 – 5 años	3 – 5 años

La muestra seleccionada para esta investigación abarca las obras listadas en la Tabla II. Los datos obtenidos de los

proyectos 1, 2 y 3 se emplearon para el registro, análisis y determinación de la información clave para el estudio. Asimismo, se lleva a cabo una simulación en colaboración con la empresa 3.

TABLA II. RESUMEN DE LAS OBRAS DE ESTUDIO

Características	Obras evaluadas		
	Obra 1	Obra 2	Obra 3
Tipo de empresa	Mediana	Mediana	Mediana
Cantidad de trabajadores	51-200	201-500	51-200
Tipo de proyecto	Vivienda multifamiliar		

Para el desarrollo de la presente investigación, se llevan a cabo entrevistas por Google meet con los profesionales que laboran en las obras evaluadas, con el objetivo de comprender cómo se lleva a cabo la coordinación y la comunicación durante las actividades de acabados en las empresas. A través de estas entrevistas, se recopilan las actividades de coordinación y comunicación implementadas para prevenir retrabajos, así como los problemas actuales y las oportunidades de mejora. Una vez finalizado las entrevistas, se identifica la información que no se coordina ni se comunica adecuadamente, lo que genera retrabajos. Ante estos problemas se propone usos BIM de la Guía Nacional BIM Perú, principios y herramientas Lean. Posteriormente, se elaboran flujogramas que describen el proceso actual seguido en las obras evaluadas, así como el proceso propuesto para la coordinación y comunicación durante la ejecución de acabados. En el desarrollo del procedimiento planteado en esta investigación, se emplean herramientas Lean como Kanban y Andon, junto con la plataforma Trimble Connect, facilitando así una comunicación más efectiva entre los diferentes involucrados en las actividades diarias. Para llevar a cabo el presente estudio, se desarrolla la metodología de investigación, como se muestra en la Fig. 1.

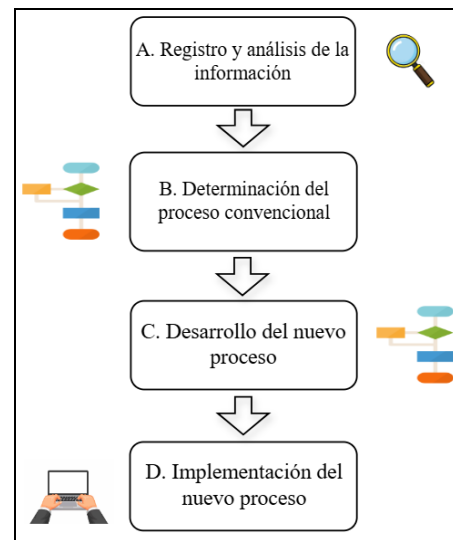


Fig. 1. Metodología de investigación.

Para el registro y análisis de la información, es fundamental identificar la causa de retrabajo más frecuente según la revisión de artículos, así como los acabados que presentan mayores incidencias de este problema. Esta información se recopila a través de encuestas realizadas a profesionales del sector. A continuación, se evalúa el proceso tradicional de coordinación y comunicación durante la ejecución de acabados en las tres obras analizadas. Con la información obtenida en las entrevistas a estos profesionales, se elabora un flujograma que describe el proceso actual. Luego, se desarrolla un nuevo proceso de coordinación y comunicación durante la ejecución de acabados, integrando herramientas como Kanban y Andon, junto con la plataforma Trimble Connect, para optimizar la comunicación y reducir los retrabajos generados por deficiencias en este aspecto. Finalmente, se realiza la implementación de la propuesta mediante una simulación del proceso de coordinación y comunicación, en colaboración con el profesional de producción de la tercera obra y el responsable de la subcontrata con el mayor porcentaje de retrabajo.

III. RESULTADOS

A. Registro y análisis de la información

Como primer paso, se realiza una encuesta a profesionales del sector para identificar las causas más frecuentes de retrabajo en las obras. Las causas mencionadas en la encuesta fueron luego analizadas con bibliografía especializada. Como se muestra en la Fig. 2, las principales causas identificadas fueron la falta de comunicación entre los miembros del equipo y la coordinación deficiente, con un 21% de incidencia en ambos casos. Dado que estos factores son fundamentales en la ejecución de las actividades de acabados, es crucial mejorar la efectividad en estos aspectos para reducir los retrabajos.

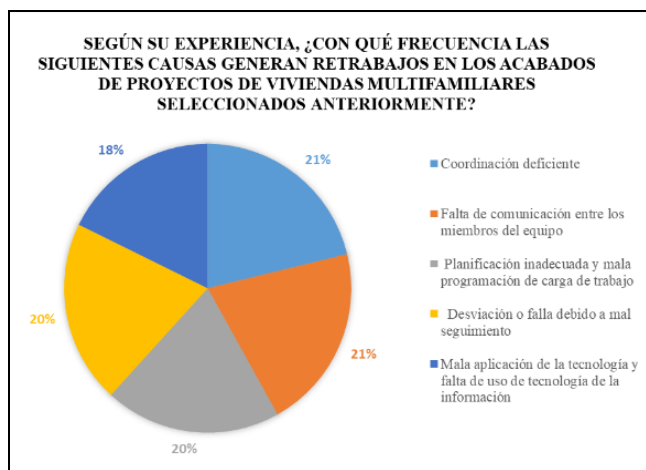


Fig. 2. Frecuencia de las causas de retrabajo en los acabados.

En la Fig. 2 se examinan la coordinación y la comunicación durante la ejecución de los acabados, ya que esta fase es la de mayor impacto. La propuesta se implementará

específicamente en la partida de tabiquería, que, según los encuestados, representa un 33.33% de incidencia. Además, los profesionales entrevistados destacan que uno de los principales efectos de una comunicación deficiente entre los equipos de trabajo y los subcontratistas es el retrabajo.

B. Determinación del proceso tradicional

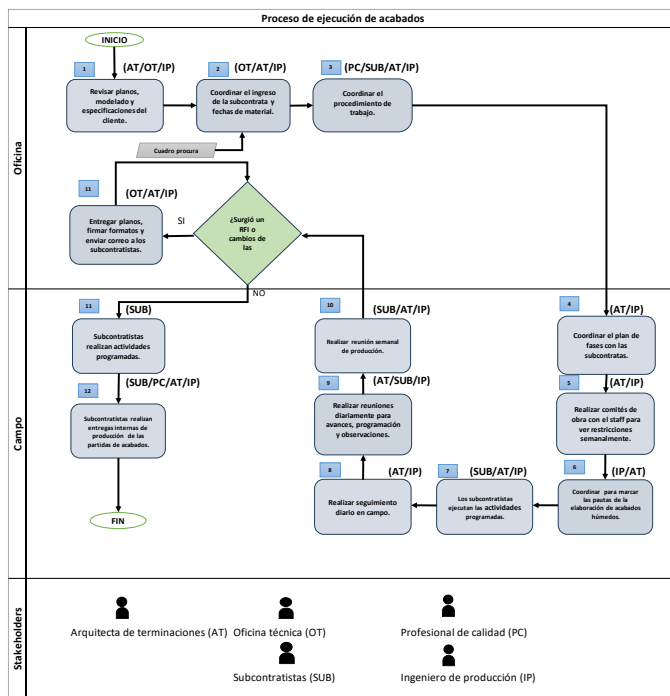
A partir de la recopilación de datos obtenida en entrevistas virtuales con los profesionales de producción de tres obras evaluadas, se documenta el proceso de coordinación y comunicación durante la ejecución de acabados. Los actores clave en este proceso incluyen al Arquitecto de Terminaciones (AT), Oficina Técnica (OT), el Profesional de Calidad (PC), los Subcontratistas (SUB) y el Ingeniero de Producción (IP). Aunque los nombres de los cargos pueden variar según la empresa, para el proceso estándar descrito en este artículo, el AT es el responsable de campo de la ejecución de acabados secos, y el IP lo es para los acabados húmedos.

El proceso es secuencial y se inicia con la comunicación entre el AT y el área de OT, que proporciona información fundamental como el cuadro de acabados. Esta información se almacena en un espacio compartido en OneDrive. El AT y el IP revisan planos y modelos en AutoCAD y Revit, coordinan la entrada de subcontratistas, y definen las fechas de entrega de materiales. Una vez adjudicadas las tareas y establecidas las fechas, el ingeniero de calidad y los subcontratistas acuerdan el procedimiento de ejecución, que se comparte a través de OneDrive con el AT y el IP.

Para iniciar la producción, se lleva a cabo una reunión inicial con subcontratistas y líderes de cuadrillas, en la cual se elabora el plan de fases mediante la metodología de pull planning. Además, se celebran comités de obra semanales con el personal técnico para analizar y resolver restricciones.

Durante la ejecución, la comunicación entre subcontratistas se mantiene constante a través de WhatsApp, correos electrónicos y Excel, con el seguimiento de los avances a cargo del AT y el IP. Al finalizar cada jornada, se realizan reuniones diarias para revisar el progreso, la programación y cualquier observación relevante. Además, en reuniones semanales se evalúa el progreso, se analizan restricciones y se revisan indicadores clave como el PPC (Porcentaje de Plan Cumplido) y el CNC (Causas de No Cumplimiento). Si surge algún requerimiento de información (RFI), la OT lo gestiona y, una vez resuelto, se notifica a los subcontratistas mediante correos. En caso de cambios, se entregan planos actualizados y se envían correos.

Finalmente, los subcontratistas continúan con las actividades programadas y realizan entregas parciales, tras las cuales se aplican los protocolos de calidad correspondientes. El diagrama de flujo que se muestra en la Fig. 3 describe el proceso tradicional.



El seguimiento diario en campo con la metodología Andon garantiza la correcta ejecución de las actividades programadas en Trimble Connect, Fig.6. El profesional de producción revisa semanalmente las tareas planificadas en el Entorno Común de Datos (CDE) y evalúa en campo el avance de las actividades, identificando y comunicando de inmediato cualquier inconveniente al responsable de la subcontrata de acabados. Las observaciones se registran en el CDE sobre los planos correspondientes, detallando la partida, el departamento, una breve descripción, los responsables y etiquetas para su organización. El subcontratista recibe una notificación, revisa la observación en el CDE y confirma su recepción mediante un comentario. Al final del día, el especialista revisa todas las observaciones filtradas por criterios como fecha, grupos o responsables, asegurando un análisis integral y la resolución efectiva de los problemas.

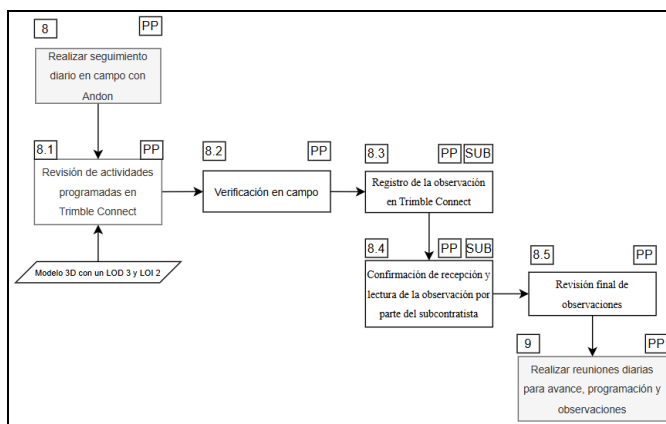


Fig. 6. Diagrama de flujo propuesto para el proceso seguido.

El paso 9 establece reuniones diarias para el seguimiento de avances, programación y observaciones utilizando Kanban, Fig. 7. Al inicio de la jornada, los subcontratistas acceden al Entorno Común de Datos (CDE) desde dispositivos móviles para consultar las tareas organizadas en estados ("Nuevo", "En curso", "Terminada") y asignadas con detalles como día, actividad, ubicación, responsable y fecha límite, información actualizada diariamente por el coordinador BIM. Al final del día, en una reunión, se revisan las tareas terminadas, se reprograman aquellas pendientes o con problemas, y se registra el estado final en el CDE para planificar el día siguiente. Se genera un reporte diario en Excel que documenta el avance, el estado de las tareas, fechas planificadas y reales, responsables y observaciones, facilitando el análisis del desempeño. Finalmente, el modelador BIM actualiza el modelo en Revit con los avances registrados, sincronizándolos en Trimble Connect para monitorear el progreso y coordinar actividades futuras, lo que se presenta en la reunión semanal de producción.

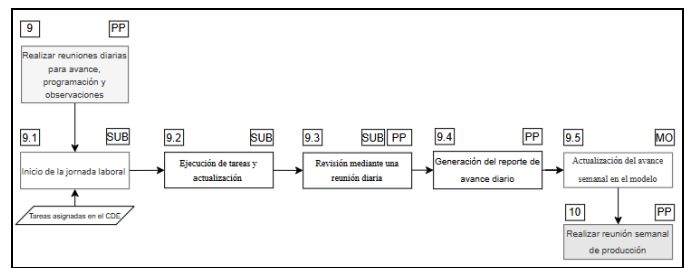


Fig. 7. Diagrama de flujo propuesto para el proceso de programación.

D. Implementación de la propuesta

La propuesta se lleva a cabo a través de una simulación aplicada a la obra 3, específicamente en la partida de tabiquería. Para ello, se contempla la participación del ingeniero de producción, así como del encargado de la subcontrata de acabados de tabiquería. La validación de la propuesta se realizará utilizando una escala Likert antes de su implementación, considerando los criterios presentados en la figura 14. A continuación, se describen los pasos realizados para la implementación.

Paso 1. Preparación del material para la simulación

Paso 1.1. Definir el problema seleccionado para la simulación

Uno de los casos de retrabajo documentados en el informe de no conformidades de la obra, atribuible a deficiencias en la comunicación y coordinación, se presentó en el departamento 1204. En este caso, se informó a la subcontrata que el ancho del muro no cumplía con las especificaciones del plano arquitectónico. No obstante, la observación no fue atendida ni corregida oportunamente, lo que derivó en retrabajos en la partida de pintura y generó retrasos en las actividades asignadas a la subcontrata.

Por este motivo, se seleccionó el piso 12 junto con las actividades de asentado de ladrillo correspondientes a la semana 11, según el plan semanal de la obra. Este caso se tomó como referencia para demostrar cómo el procedimiento propuesto en esta investigación puede prevenir este tipo de problemas, mejorando la gestión de la comunicación en las tareas diarias.

Paso 1.2. Modelado arquitectónico del acabado en Revit y configuración de avance

Para modelar la partida de tabiquería en Revit, se configuro el proyecto asegurándose de sea en base al nivel de LOIN necesario para la propuesta. Luego, en Revit se crearon los parámetros de avance de tareas: "proceso", "ejecutado" y "acumulado". Estos tres parámetros clave permitirán al profesional de producción y al subcontratista visualizar tanto el progreso semanal como el avance global del proyecto.

El siguiente paso consiste en agregar los filtros en las configuraciones de visibilidad para la vista 3D. Además, se asignan colores a cada filtro en la columna de patrones. Finalmente, se genera una copia de la vista 3D, nombrándola con el número correspondiente al avance semanal, y se incluye

una leyenda en la que se asignan los mismos colores definidos para los filtros.

Paso 1.3. Configuración inicial del CDE

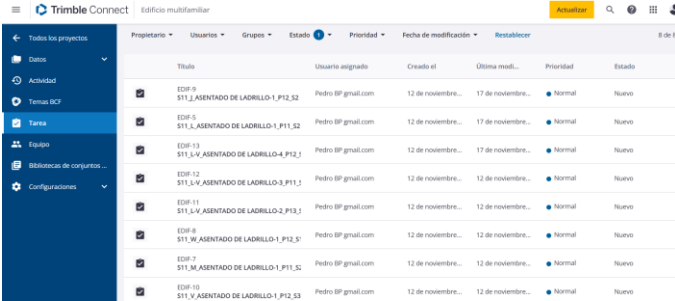
Antes de utilizar Trimble Connect en la simulación, fue necesario realizar las siguientes configuraciones: en los detalles del proyecto, se ingresó el nombre de la obra y se estableció la ubicación; para Latinoamérica, se recomienda seleccionar la opción de Norteamérica. Además, es importante configurar el nivel de acceso de los participantes. En este caso, el ingeniero de producción tendrá acceso a todas las carpetas, mientras que el subcontratista estará restringido únicamente a las actividades y observaciones que se le asignen.

Asimismo, se crearon las carpetas donde se almacenará la información correspondiente, según el CDE utilizada y las configuraciones establecidas para las carpetas dentro de un entorno común de datos. Se organizaron las carpetas en categorías como "trabajos publicados" y "trabajos en proceso". Además, se realizó la creación de las carpetas correspondientes a la arquitectura global dentro de la sección "Trabajos Publicados". Y dentro de la carpeta "Arquitectura Global", se encuentran las subcarpetas de "Modelado", "Planos", "Observaciones" y "Programación de Actividades".

Además, fue necesario la creación de las carpetas relacionadas con la arquitectura global dentro de la sección "Trabajos en Proceso". Dentro de la carpeta "Arquitectura Global", se incluyen las subcarpetas de "Modelado" y "Planos", estructuradas de forma que optimizan el acceso y la coordinación de los diversos elementos del proyecto.

Paso 1.4. Ingresar los parámetros para la coordinación de actividades

Se crearon las actividades correspondientes a la semana siguiente en la sección "Tareas". Para la simulación, estas se asociaron a la semana 11 del programa de obra, asignándose a cada actividad el estado "Nuevo". Las actividades incluídas correspondieron al tren de trabajo relacionado específicamente con la actividad de "Asentado de Ladrillo". Se aseguró que todas las actividades vinculadas a este proceso estuvieran correctamente programadas y reflejadas, dado que eran fundamentales para el avance del proyecto durante la mencionada semana de ejecución, como se muestra en la Fig. 8.



Propietario	Usuarios	Grupos	Estado	Prioridad	Fecha de modificación	Restablecer
EDF-9 S11_ASENTADO DE LADRILLO-1_P12_S2	Pedro BP@gmail.com		12 de noviembre...	17 de noviembre...	Normal	Nuevo
EDF-5 S11_ASENTADO DE LADRILLO-1_P11_S2	Pedro BP@gmail.com		12 de noviembre...	17 de noviembre...	Normal	Nuevo
EDF-13 S11_ASENTADO DE LADRILLO-4_P12_1	Pedro BP@gmail.com		12 de noviembre...	17 de noviembre...	Normal	Nuevo
EDF-12 S11_ASENTADO DE LADRILLO-3_P11_1	Pedro BP@gmail.com		12 de noviembre...	12 de noviembre...	Normal	Nuevo
EDF-11 S11_ASENTADO DE LADRILLO-2_P13_1	Pedro BP@gmail.com		12 de noviembre...	12 de noviembre...	Normal	Nuevo
EDF-8 S11_M_ASENTADO DE LADRILLO-1_P12_S1	Pedro BP@gmail.com		12 de noviembre...	12 de noviembre...	Normal	Nuevo
EDF-7 S11_M_ASENTADO DE LADRILLO-1_P11_S1	Pedro BP@gmail.com		12 de noviembre...	12 de noviembre...	Normal	Nuevo
EDF-10 S11_ASENTADO DE LADRILLO-1_P12_S3	Pedro BP@gmail.com		12 de noviembre...	12 de noviembre...	Normal	Nuevo

Fig. 8. Tareas asignadas

Paso 1.5. Vinculación del modelo de Revit a Trimble connect

En CDE ofreció un plugin, un complemento necesario para vincular el modelo de Revit a Trimble Connect. Asimismo, se hace mención que se descargó la versión 2021, la cual correspondía a la misma del software de Revit utilizado.

Paso 2. Simulación con el profesional de producción y encargado de subcontrata del sistema Andon

Paso 2.1. Asignar la observación en el modelo

En la sección "Vista", el profesional de producción asignó dicha observación al subcontratista correspondiente, detallando el problema detectado. Se especificó el nombre de la partida y el departamento, junto con una descripción del problema. La observación fue compartida con el subcontratista a partir del plano de la planta del piso 12, específicamente en el departamento 4, donde se detectó la incidencia, como se muestra en la Fig. 9.

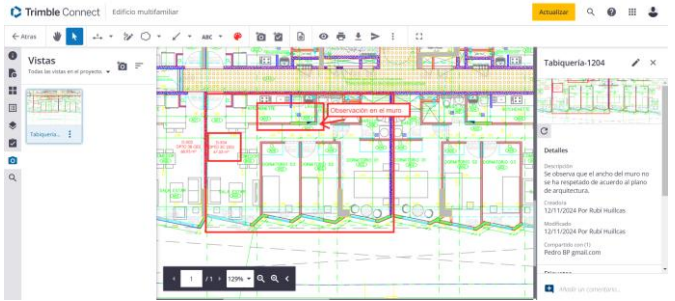


Fig. 9. Observación del profesional de producción

Paso 2.2. Visualización de la observación y respuesta

Después de recibir la notificación de la observación, el subcontratista responde a través de la caja de comentarios, ya sea para confirmar la observación o para realizar una consulta relacionada con la misma, como se ilustra en la Fig. 10.

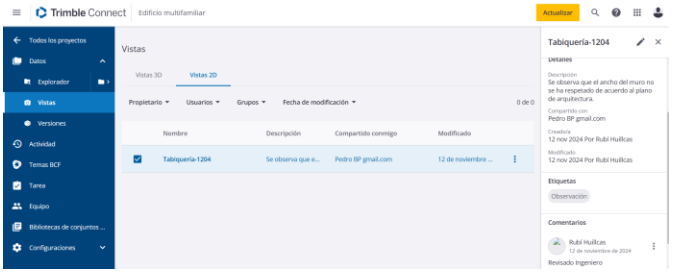


Fig. 10. Coordinación del subcontratista

Paso 3. Simulación con el profesional de producción y encargado de subcontrata del sistema kanban

Paso 3.1. Cambiar el estado de las actividades

El encargado de la subcontrata realizó una simulación para actualizar las tareas de asentado de ladrillo según el

avance de las actividades. Si alguna tarea quedaba pendiente, especificó el porcentaje de progreso alcanzado ese día para reflejar con precisión su estado. Posteriormente, el ingeniero de producción utilizó los filtros de estado de tarea para revisar la situación de cada actividad, identificando si se encontraba en estado "Nuevo", "En Proceso" o "Terminada". Esta organización detallada del avance permitió un seguimiento y control eficiente del trabajo, garantizando una adecuada gestión de las tareas diarias y proporcionando una visión clara del estado general de las actividades de la subcontrata, como se muestra en la Fig. 11.

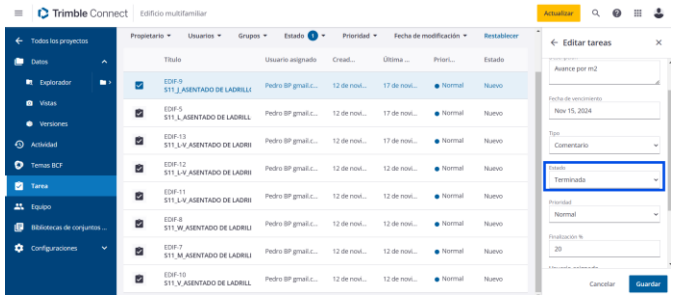


Fig. 11. Actualizando el estado de tareas

Paso 3.2. Generación del reporte de avance seminal

El ingeniero de producción fue responsable de generar el reporte de avance correspondiente a la semana 11, verificar el progreso de las actividades realizadas y confirmar que todo estuviera conforme. Una vez completada esta revisión, el ingeniero autorizó al modelador BIM para proceder con la actualización del avance en el modelo, asegurando que los datos reflejaran de manera precisa el estado actual del proyecto, como se muestra en la Fig. 12. Este proceso resultó crucial para mantener la integridad y precisión en el seguimiento de las tareas diarias dentro de la obra.

Label	Title	Description	Type	Priority	Status	Completion	Due date	Assignee	Created by	Created on
EDIF-10	S11_V_ASIENTO LADRILLO	Asiento por m2	Comment	NORMAL	IN PROGRESO	20%	11/10/2024	john.eto@gmail.com	Rubi Huilalas	Nov 12 2024 08:36
EDIF-9	S11_V_ASIENTO LADRILLO	Asiento por m2	Comment	NORMAL	NEW	0%	11/10/2024	john.eto@gmail.com	Rubi Huilalas	Nov 12 2024 08:33
EDIF-11	S11_V_ASIENTO LADRILLO	Asiento por m2	Comment	NORMAL	NEW	0%	11/10/2024	john.eto@gmail.com	Rubi Huilalas	Nov 12 2024 08:45
EDIF-12	S11_V_ASIENTO LADRILLO	Asiento por m2	Comment	NORMAL	NEW	0%	11/10/2024	john.eto@gmail.com	Rubi Huilalas	Nov 12 2024 08:46
EDIF-13	S11_V_ASIENTO LADRILLO	Asiento por m2	Comment	NORMAL	NEW	0%	11/10/2024	john.eto@gmail.com	Rubi Huilalas	Nov 12 2024 08:48
EDIF-14	S11_V_ASIENTO LADRILLO	Asiento por m2	Comment	NORMAL	NEW	0%	11/10/2024	john.eto@gmail.com	Rubi Huilalas	Nov 12 2024 08:54
EDIF-15	S11_V_ASIENTO LADRILLO	Asiento por m2	Comment	NORMAL	NEW	0%	11/10/2024	john.eto@gmail.com	Rubi Huilalas	Nov 12 2024 08:55

Fig. 12. Reporte de avance de la semana 11

Paso 3.3. Actualización del avance en el modelo

A partir del estado de avance registrado en el CDE, el modelador BIM actualizó el progreso de las actividades de asentado de ladrillo de la partida de tabiquería correspondiente a la semana 11. En la Fig. 13 se presenta de manera visual, a través de los parámetros de proceso, ejecutado y acumulado, el avance en 3D correspondiente a la semana 11 en el piso 12. Debido a la observación detectada en el departamento 1204, esta actividad permaneció en proceso, ya que la observación asignada quedó pendiente de resolución.

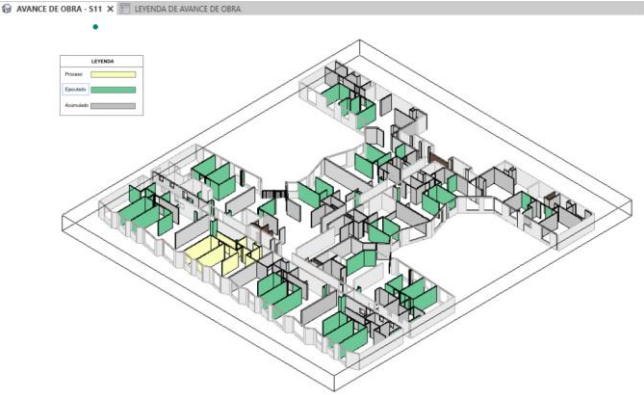


Fig. 13. Reporte de avance de la semana 11

IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

De acuerdo con el análisis de los procesos de coordinación y comunicación, se revela que las tres empresas realizan prácticas colaborativas, aunque con áreas de mejora. Las tres empresas emplean herramientas como el Last Planner System y realizan reuniones periódicas para mejorar la coordinación, pero se identificaron oportunidades para optimizar la comunicación y los procedimientos. La estandarización de procesos y la capacitación del personal podrían incrementar la eficiencia y la calidad en la ejecución de acabados. Además, se subraya la importancia de involucrar a todos los actores en la toma de decisiones y resolución de problemas para lograr una mayor colaboración y éxito en los proyectos.

En resumen, basado en la revisión de literatura, encuestas a profesionales de la construcción y el mapeo de procesos en tres empresas, se confirma que el retrabajo en la fase de acabados de viviendas multifamiliares sigue siendo un problema persistente. A pesar de la implementación de metodologías como el Last Planner System (LPS) y el uso de herramientas tecnológicas como Revit, persisten deficiencias en la coordinación, la comunicación y la programación diaria, además de problemas en el seguimiento de actividades. Estos hallazgos evidencian la necesidad de un enfoque más integral para abordar las causas del retrabajo y mejorar la eficiencia en la ejecución de proyectos de viviendas multifamiliares.

V. VALIDACIÓN

Tras la implementación de la propuesta para mejorar la coordinación y comunicación durante la ejecución de acabados, se evalúa los resultados obtenidos mediante el indicador de “grado de efectividad de la comunicación de tareas diarias”. Para determinar la situación inicial y final, se recopilaron datos a través de entrevistas realizadas por Google Meet al ingeniero de producción y al encargado de subcontrata. En la Tabla III se observa a los entrevistados para la simulación y medición de indicadores.

TABLA III. ENTREVISTADOS PARA LA VALIDACIÓN

	Cargo	Experiencia
Entrevistado 1	Encargado de subcontrata	3 años
Entrevistado 2	Ingeniero de producción	6 años

El indicador evalúa la efectividad, utilizando una escala de Likert del 1 al 5, donde 1 indica "muy inefectivo" y 5 "muy efectivo", como se puede observar en la Fig. 14.

MUY EFECTIVO	5
EFFECTIVO	4
NEUTRAL	3
INEFECTIVO	2
MUY INEFECTIVO	1

Fig. 14. Escala Likert

Los aspectos analizados incluyen flexibilidad, claridad e interactividad, seleccionados con base en su relación directa con la efectividad de la comunicación, según lo señalado en la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK, 2017). Para valorar el impacto de la interacción Lean-BIM en la reducción de retrabajos derivados de deficiencias en la coordinación y comunicación, se realizó un análisis comparativo entre el proceso tradicional y el proceso propuesto. Los datos se obtuvieron a partir del promedio de respuestas de dos participantes en la simulación (Fig. 15 y Fig. 16).

ASPECTOS EVALUADOS	PROCESO TRADICIONAL	
FLEXIBILIDAD (a)	¿Qué tan efectiva considera la flexibilidad de la comunicación en la coordinación de las tareas diarias?	3
CLARIDAD (b)	¿Qué tan efectiva considera la claridad de la comunicación de las tareas diarias?	3
INTERACTIVIDAD (c)	¿Qué tan efectiva considera la comunicación con información actualizada para la coordinación de las tareas diarias?	4
Contribución $\bar{x}$ (a,b,c)		4

Fig. 15. Cuadro del indicador "grado de efectividad de la comunicación de las tareas diarias" en su estado inicial

ASPECTOS EVALUADOS	PROCESO PROPUESTO	
FLEXIBILIDAD (a)	¿Qué tan efectiva considera la flexibilidad de la comunicación en la coordinación de las tareas diarias?	5
CLARIDAD (b)	¿Qué tan efectiva considera la claridad de la comunicación de las tareas diarias?	5
INTERACTIVIDAD (c)	¿Qué tan efectiva considera la comunicación con información actualizada para la coordinación de las tareas diarias?	5
Contribución $\bar{x}$ (a,b,c)		5

Fig. 16. Cuadro del indicador "grado de efectividad de la comunicación de las tareas diarias" en su estado final

En la Fig. 17 se observa que los entrevistados calificaron como "muy efectiva" la comunicación de las tareas diarias tras la implementación de la propuesta. Destacaron, además, una notable mejora en la flexibilidad de la comunicación, lo que facilita una coordinación más eficiente en la programación diaria. También señalaron un incremento en la claridad de la comunicación, que reduce los malentendidos y refuerza la confianza al promover una comprensión compartida entre los equipos. Finalmente, resaltaron la interactividad de la comunicación, gracias a un intercambio bidireccional y activo de información en tiempo real.

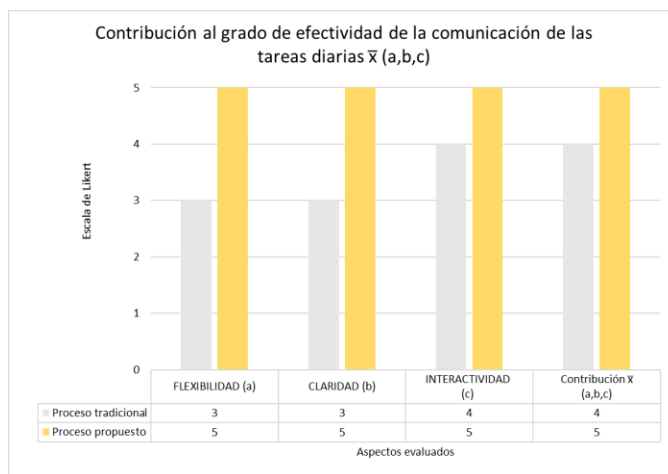


Fig. 17. Análisis comparativo del indicador "grado de efectividad de la comunicación de las tareas diarias"

V. CONCLUSIÓN

La propuesta se enfoca en optimizar la efectividad de la comunicación de las tareas diarias, con el objetivo de reducir los retrabajos derivados de una deficiente coordinación y comunicación durante la ejecución de acabados. En esta investigación, la implementación de principios Lean, como la "gestión visual" y el enfoque de "ir y mirar por uno mismo",

junto con los usos BIM, como la visualización 3D y la coordinación de información, permitió alcanzar mejoras significativas en el indicador evaluado. Se registró un incremento notable en la puntuación promedio, que pasó de 3 a 5, destacando avances significativos en los aspectos de flexibilidad y claridad. Estos resultados demuestran la eficacia del enfoque propuesto para mejorar la comunicación en la etapa de acabados.

Al contrastar los hallazgos de esta investigación con estudios previos, se evidencia un enfoque complementario e innovador. Mientras que otros autores analizan la comunicación en proyectos de construcción desde una perspectiva macro, enfocándose en las fallas de coordinación a lo largo de todo el ciclo del proyecto. En cambio, el presente estudio aborda la comunicación operativa diaria en la etapa de acabados, lo que permite una aplicación directa en el entorno de obra. Ambos coinciden en la necesidad de establecer protocolos estructurados y promover herramientas colaborativas; no obstante, este estudio propone una integración Lean-BIM específica que representa una contribución metodológica concreta y tecnológica. Además, aunque Gulden y Fatma emplean un enfoque estadístico basado en modelos SEM (Structural Equation Modeling), la presente investigación valida su propuesta mediante un estudio de empírico, lo que refuerza su aplicabilidad práctica en contextos reales [8].

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.

FINANCIAMIENTO

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas / UPC-EXPOST-2025-1

REFERENCIAS

- [1] R. Asadi, J. O. B. Rotimi, and S. Wilkinson, "Analyzing Underlying Factors of Rework in Generating Contractual Claims in Construction Projects," *J Constr Eng Manag*, vol. 149, no. 6, p. 04023036, Apr. 2023, doi: 10.1061/JCEMD4.COENG-12141.
- [2] S. Garg and S. Misra, "Causal model for rework in building construction for developing countries," *Journal of Building Engineering*, vol. 43, p. 103180, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.JOBE.2021.103180.
- [3] J. B. H. Yap and S. M. Tan, "Investigating Rework: Insights from the Malaysian Construction Industry," *ASM Science Journal*, vol. 14, pp. 1–9, 2021, doi: 10.32802/ASMSCJ.2020.636.
- [4] H. G. Bayhan, S. Demirkesen, C. Zhang, and A. Tezel, "A lean construction and BIM interaction model for the construction industry," *Production Planning and Control*, vol. 34, no. 15, pp. 1447–1474, Jan. 2023, doi: 10.1080/09537287.2021.2019342.
- [5] C. P. Schimanski, N. L. Pradhan, D. Chaltsev, G. Pasetti Monizza, and D. T. Matt, "Integrating BIM with Lean Construction approach: Functional requirements and production management software," *Autom Constr*, vol. 132, Dec. 2021, doi: 10.1016/J.AUTCON.2021.103969.

- [6] N. A. A. Ismail *et al.*, "Lean-BIM Collaborative Approach for Sustainable Construction Projects in Malaysia," *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, vol. 33, no. 1, pp. 356–366, Dec. 2023, doi: 10.37934/ARASET.33.1.356366.
- [7] P. E. D. Love, J. Matthews, L. A. Ika, P. Teo, W. Fang, and J. Morrison, "From Quality-I to Quality-II: cultivating an error culture to support lean thinking and rework mitigation in infrastructure projects," *Production Planning and Control*, vol. 34, no. 9, pp. 812–829, Jan. 2023, doi: 10.1080/09537287.2021.1964882.
- [8] G. G. Ayalp and F. Arslan, "Modeling Critical Rework Factors in the Construction Industry: Insights and Solutions," 2025, doi: 10.3390/buildings15040606.