

Digitized procedure to reduce the time for collecting productivity data in the structural hull and finishing stages in multifamily homes

Georgina Tarazona Gomero¹; Camila Huamán Crisostomo²; Karem Ulloa Román³

^{1,2,3} Department of Civil Engineering, Peruvian University of Science Applied, Lima, Peru
u201917659@upc.edu.pe, u202013540@upc.edu.pe, pccikull@upc.edu.pe

Abstract— Productivity is one of the most important challenges facing the construction industry, as its deficiency generates cost and time overruns in projects. Furthermore, the lack of adoption of new technologies and the scarce investment in digitalization cause problems in the collection of productivity data in the field, such as loss of information, interpretation errors, and lack of accurate data, making it difficult to identify areas for performance improvement. In this context, this article focuses on the digitalization of the labor productivity data collection process during the structural shell and finishing stages of multifamily housing projects, using the Raken digital tool. The methodology employed included: (A) bibliographic analysis and expert surveys regarding the problem, (B) diagnosis of the current situation of productivity data collection on site, (C) development of a procedure to reduce data collection time, and (D) implementation of the proposed procedure. Finally, the result was a 64.40% reduction in data collection time for the structural hull stage and a 60.56% reduction in the finishing stage, using HH time as a metric. It is concluded that, through the use of the digital tool, it is possible to reduce the time spent on data collection on site.

Keywords — digitalization, productive, empress median, monitored, entry data (key words)

Procedimiento digitalizado para reducir el tiempo de recolección de datos de productividad en las etapas de casco estructural y acabados en viviendas multifamiliares

Georgina Tarazona Gomero¹; Camila Huamán Crisostomo²; Karem Ulloa Román³

^{1,2,3} Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú

u201917659@upc.edu.pe, u202013540@upc.edu.pe, pccikull@upc.edu.pe

Resumen — La productividad es uno de los desafíos más importantes que enfrenta la industria de la construcción, ya que su deficiencia genera excesos de costos y tiempo en los proyectos. Además, la falta de adopción de nuevas tecnologías y la escasa inversión en digitalización ocasionan inconvenientes en la recolección de datos de productividad en campo, tales como la pérdida de información, errores de interpretación y ausencia de datos precisos, dificultando la identificación de áreas de mejora en el rendimiento. En ese contexto, el presente artículo se centra en la digitalización del proceso de recolección de datos de productividad de mano de obra en las etapas de casco estructural y acabados de proyectos de edificaciones de viviendas multifamiliares, mediante el uso de la herramienta digital Raken. La metodología empleada incluyó: (A) análisis bibliográfico y encuestas a expertos a cerca del problema, (B) diagnóstico de la situación actual de la recolección de datos de productividad en obra, (C) desarrollo de un procedimiento que reduzca el tiempo de recolección de datos, y (D) implementación del procedimiento propuesto. Finalmente, se obtiene como resultado una reducción del tiempo en la recolección de datos del 64.40 % para la etapa de casco estructural y del 60.56 % para la etapa de acabados, utilizando como métrica el tiempo en HH. Se concluye que, mediante el uso de la herramienta digital, es posible reducir el tiempo destinado a la recolección de datos en obra.

Palabras claves — digitalización, productividad, empresa mediana, ingreso de datos

I. INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción en Perú enfrenta desafíos críticos en el monitoreo de la productividad de la mano de obra, debido al uso de registros manuales que generan retrasos e inexactitudes que afectan la toma de decisiones. Estos métodos tradicionales limitan el control eficiente de los recursos y del desarrollo del proyecto. Estudios previos, indican que la recolección y transcripción manual de datos produce un flujo de información lento, incrementando los tiempos de respuesta. En cambio, un sistema digital optimiza la entrada y procesamiento de datos al eliminar tareas repetitivas y tiempos de transcripción, logrando una reducción de hasta el 30% en dichas labores. Asimismo, la digitalización disminuye la carga administrativa, devolviendo hasta 7.5 horas semanales por persona para actividades de mayor valor agregado como la planificación y el análisis [1]. El artículo evidencia que, las organizaciones que adoptan tecnologías digitales logran una mejora del 11.6% en la eficiencia de gestión y ahorros de entre 12 a 38 días en proyectos de gran escala, gracias a la

reducción de desplazamientos para recopilación de documentos [2].

Asimismo, se analizan los principales desafíos para implementar la digitalización en la construcción, identificando 14 barreras críticas a través de entrevistas y un análisis comparativo con métodos como DEMATEL, ISM y MICMAC. Entre las barreras destacan el alto costo de implementación, el largo periodo de retorno de inversión, la falta de capacitación del personal y la resistencia al cambio [3]. Este estudio evidencia que, aunque la digitalización podría optimizar significativamente la gestión de proyectos, la industria enfrenta obstáculos estructurales y culturales que limitan su adopción, especialmente en contextos como el peruano, donde las empresas aún dependen de sistemas tradicionales de monitoreo y registran una baja adaptabilidad a la digitalización.

La revisión de la literatura destaca el avance en la digitalización del monitoreo de la productividad en la construcción y las distintas tecnologías que han sido exploradas para abordar los desafíos de eficiencia y precisión en la recolección de datos en obra. Un estudio propone una plataforma para grandes proyectos que permite rastrear el progreso y detectar discrepancias en los modelos BIM sin interrumpir las operaciones, empleando tecnologías como fotogrametría virtual y procesamiento de imágenes [4]. Esta propuesta evidencia la necesidad de una digitalización precisa que evite dispositivos costosos, optimizando el seguimiento de los avances en construcción. Asimismo, exploran el uso de drones y técnicas inmersivas para automatizar la recopilación de datos en fábricas de construcción modular, integrando un sistema de aprendizaje profundo que detecta comportamientos de seguridad y tareas mediante audio, lo que contribuye a la identificación de tareas en tiempo real [5]. En la misma línea, proponen el uso de "Visión por Computadora" para automatizar la recopilación de datos y reducir errores comunes en la metodología manual, lo que permite un seguimiento preciso y una mayor eficiencia en el monitoreo de proyectos [6].

Por otra parte, la eficacia de tecnologías de monitoreo, destacando la visión basada (VB) como la más eficiente para supervisar factores de productividad en comparación con escaneo láser (LS), tecnologías basadas en etiquetas (TB), y técnicas de audio (AB), resaltando las ventajas de la visión por computadora para mejorar la precisión en la recolección de datos en campo [7]. Complementando este enfoque, abordan la falta de métodos específicos para medir la productividad en trabajos manuales en construcción,

proponiendo un monitoreo casi en tiempo real mediante sensores, que proporciona una evaluación precisa y facilita la toma de decisiones informada [8]. Por otro lado, el seguimiento automatizado en construcción, señalando las limitaciones de las etiquetas RFID en monitoreo en tiempo real para sitios amplios y proponiendo mejoras en sensores que supervisen tanto el comportamiento del trabajador como las condiciones del entorno [9].

En este sentido, para la presente investigación se propone un procedimiento para la aplicación de la tecnología Raken como solución innovadora para optimizar el monitoreo de la productividad en obra. Raken es una herramienta digital que permite a los trabajadores registrar su tiempo y avance en campo mediante tablets, generando un flujo continuo de datos en tiempo real. Esta propuesta responde a la necesidad de reducir el tiempo y los errores asociados al monitoreo tradicional, al permitir que los datos de horas-hombre y el avance de actividades sean recopilados y centralizados automáticamente, sin necesidad de transcripciones manuales.

A partir de la revisión de artículos en el estado del arte, se concluye que en la actualidad se emplean y se han desarrollado software de modelamiento, herramientas para la recolección y transcripción de información y servidores para el almacenamiento de datos. Sin embargo, en el sector de la construcción aún no se ha desarrollado a fondo en Perú, por lo que mediante la implementación de Raken, se espera mejorar significativamente la precisión en la recolección de datos de productividad, permitiendo al equipo de supervisión y gestión de obra tomar decisiones informadas y en tiempo real.

II. METODOLOGÍA

El uso de herramientas digitales en el monitoreo de la productividad de mano de obra puede ser implementada en diferentes tipos de proyectos, sin restricción. Sin embargo, de acuerdo con la delimitación de la investigación, se implementó el procedimiento en proyectos de edificación de viviendas multifamiliares. Ello en respuesta a la creciente demanda habitacional y a la necesidad de optimizar el uso del suelo en zonas urbanas. La muestra evaluada para la investigación es de 03 medianas empresas constructoras e inmobiliarias, de las cuales se extrajo información importante para el análisis de la situación actual del tiempo de recolección de datos de productividad en obra (Ver Tabla 1). Asimismo, 01 mediana empresa constructora fue seleccionada como escenario para la implementación del procedimiento mejorado.

TABLA I.
RESUMEN DE LOS PROYECTOS

Características	Proyectos Evaluados		
	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3
Tamaño de empresa	Mediana		
Años de experiencia	10	9	13
Tipo de proyecto	Vivienda Multifamiliar		

Además, en la Tabla II se muestra información acerca del equipo técnico entrevistado, compuesto por ingenieros residentes y de producción con más de 05 años de experiencia desempeñando el cargo. Los mismos que posteriormente fueron encuestados mediante formatos en línea acerca de su

participación en el monitoreo de productividad de mano de obra, el nivel de conocimiento de herramientas digitales para la gestión de la construcción y sobre las restricciones de implementación de nuevas tecnologías en el desarrollo de proyectos de viviendas multifamiliares.

TABLA II
RESUMEN DE LOS PROFESIONALES ENCUESTADOS

Proyecto de edificación de Viviendas Multifamiliares		
Código CIP	Cargo	Años de experiencia
148026	Ingeniero Residente	5 a 10
213640	Ingeniero de Producción	5 a 10
235372	Ingeniero Residente	5
222907	Ingeniero Residente	10 a 15
203251	Ingeniero Residente	5
175852	Ingeniero Residente	5 a 10
292739	Ingeniero Residente	Más de 15
185628	Ingeniero Residente	10 a 15
238614	Ingeniero Residente	5 a 10
202058	Ingeniero Residente	5 a 10

Se realizó un análisis bibliográfico de la problemática previamente abordada, donde se conoció las causas y consecuencias de este. Después, por medio de las encuestas en línea a profesionales del rubro se evidenció que existe un deficiente procedimiento de recolección de datos de productividad debido a los métodos manuales para el registro, verificación y análisis de datos. Luego, se elaboró 03 flujogramas para ilustrar el procedimiento que siguen los 03 proyectos seleccionados durante la recolección de datos de productividad de mano de obra, los mismos que más adelante fueron sintetizados en un flujograma base. A partir del flujograma base del monitoreo actual se identificó las actividades críticas que necesitan ser mejoradas para la reducción del tiempo de recolección de datos.

Adicionalmente, se analiza el procedimiento manual entre la información recopilada en los tres proyectos evaluados con el objetivo de comparar los resultados obtenidos según la implementación del procedimiento manual y digitalizado. En el desarrollo de la propuesta de implementación, se utiliza la herramienta digital Raken, software de gestión de la construcción que cuenta con un almacenamiento en la nube ilimitado, un sistema de seguimiento de la productividad de la mano de obra, la recopilación de datos en tiempo real, la programación de tareas, etcétera. Para llevar a cabo este estudio, se sigue la metodología de investigación presentada en la Fig. 1.

A partir de las entrevistas presenciales realizadas a 03 profesionales expertos en monitoreo de la productividad de mano de obra y el análisis bibliográfico de artículos científicos relacionado a la digitalización y monitoreo, se analizó la situación actual de la recolección de datos de productividad en campo según el método manual. A partir de ello, se identificó las principales restricciones para la implementación de una nueva tecnología y los problemas más importantes que provoca la recolección de datos de manera manual. Después, se evaluó el procedimiento de recolección de datos tradicional no digitalizado y se realizó un flujograma de actividades de acuerdo con la información recopilada de las entrevistas. Posteriormente, se desarrolló un procedimiento mejorado del proceso de recolección de datos, orientado a la mejora en el tiempo de recolección de datos de productividad en campo, omitiendo el uso de

documentos físicos para el desarrollo del proceso. Asimismo, una vez hecho el nuevo procedimiento, se elaboró un nuevo flujograma de actividades. Más adelante, se realiza la implementación del procedimiento mejorado usando la herramienta digital Raken en 01 mediana empresa constructora que se encuentre desarrollando la etapa de casco estructural y acabados en viviendas multifamiliares.

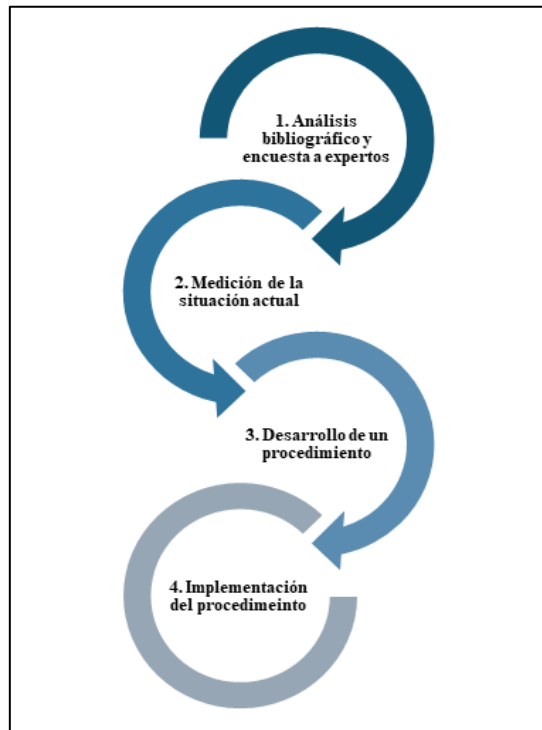


Fig. 1. Metodología basada en la investigación.

III. RESULTADOS

A. Registro y análisis de información

El primer paso consistió en realizar entrevistas a profesionales del sector que participan en proyectos de viviendas multifamiliares, con el objetivo de determinar las especialidades en las que el monitoreo de la productividad resulta más crucial. Los resultados de estas entrevistas mostraron que las etapas de casco estructural y acabados son particularmente relevantes para la implementación de herramientas digitales de monitoreo, debido a la alta intensidad de mano de obra y la frecuente necesidad de ajustes en obra. Los resultados se presentan en la Fig. 2.

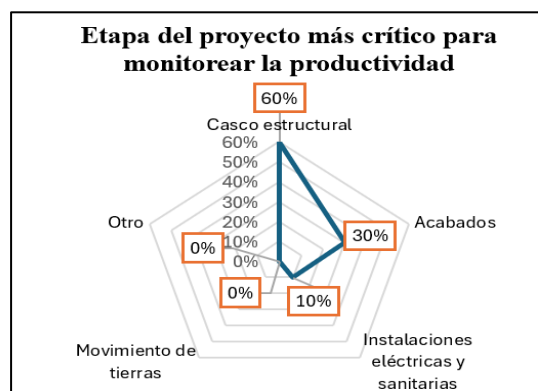


Fig. 2. Etapa del Proyecto más crítico para monitorear la productividad

Asimismo, se decidió seleccionar partidas específicas para analizar el monitoreo de productividad en cada una. En la etapa de casco estructural, se eligieron las partidas de armado de acero, encofrado y vaciado de concreto de muros, ya que son procesos fundamentales que demandan una coordinación rigurosa y una supervisión constante para evitar retrasos y asegurar la calidad. Para la etapa de acabados, se seleccionó la partida de tarrajeo de muros interiores, dada su importancia en el cumplimiento de los estándares de acabado y en la precisión del tiempo de ejecución.

El monitoreo de estas partidas se ve afectado por varios factores que dificultan un seguimiento efectivo, entre los que se destacan:

- Baja adaptabilidad del personal y alta resistencia al cambio hacia la digitalización: La resistencia del personal a adoptar nuevas tecnologías, combinada con la falta de trabajadores calificados, dificulta la transición hacia la digitalización. Esta situación, junto con el uso de métodos obsoletos, obstaculiza la eficiencia y la productividad en los procesos.
- Falta de infraestructura organizacional hacia la digitalización: Una estructura organizacional débil en términos de digitalización no solo afecta el desempeño operativo, sino que también limita la capacidad de la empresa para evolucionar y adaptarse a las demandas tecnológicas del mercado.

Como segundo paso, se tiene como finalidad el conocer los factores que conlleva el monitoreo manual de productividad. De las respuestas obtenidas en la encuesta realizada a los profesionales mencionados en el capítulo II, se obtuvo que un 24% considera que los retrasos en el proyecto, es uno de los principales inconvenientes asociados al monitoreo manual de la productividad. Además, un 20% señaló que este método conduce a información imprecisa sobre la productividad y errores en los cálculos como otros de los problemas más frecuentes, tal y como se muestra en la Fig. 3.

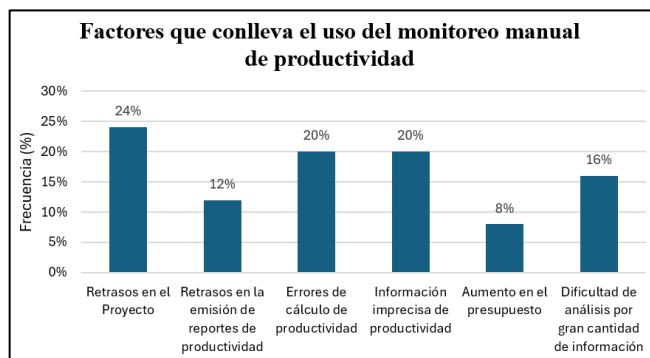


Fig. 3. Factores que conlleva el uso del monitoreo manual de productividad

B. Delimitación del proceso tradicional

A partir de entrevistas presenciales con los responsables de los tres proyectos evaluados, se obtuvo la información necesaria para analizar el flujograma del monitoreo actual de la productividad de mano de obra. Este análisis revela que el proceso tradicional inicia con el registro diario de horas-hombre y metrados en campo, por actividad, utilizando formatos físicos como hojas de control. Estas hojas son

completadas por supervisores de cuadrilla o un técnico designado y posteriormente son entregadas al personal encargado de consolidar la información. Una vez recopilados, los datos son revisados para verificar su integridad y luego transcriben manualmente a hojas de cálculo en Excel. En esta etapa suelen presentarse diversos errores: omisión de datos, ilegibilidad de registros escritos a mano, y transcripción incorrecta de cifras. La validación de los datos requiere una revisión minuciosa y correcciones frecuentes, lo que retrasa el análisis y la toma de decisiones. Finalmente, se generan informes de productividad semanales que son enviados al ingeniero residente para su evaluación. En la Fig. 4 se presenta el flujograma correspondiente al proceso tradicional.

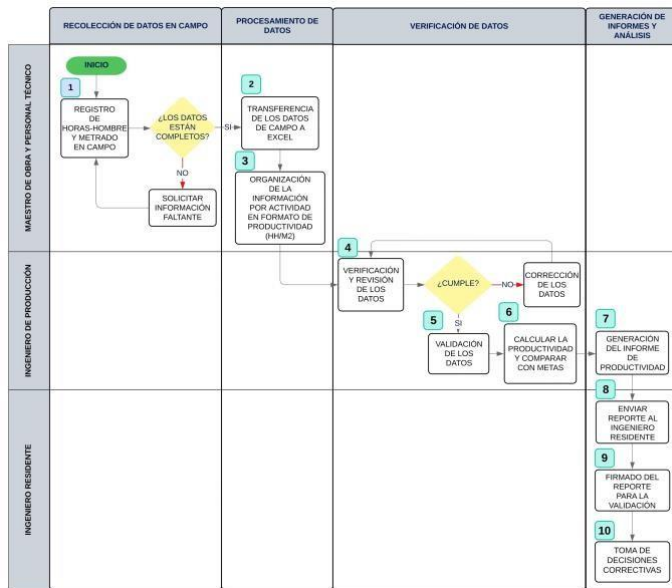


Fig. 4. Flujograma base del monitoreo actual de la productividad de la mano de obra.

Sobre esta base, se estimó el tiempo total que demanda la recolección de datos de productividad en campo, cuyos resultados se resumen en la Tabla III. Dicha tabla presenta los tiempos por especialidad, desglosados por partida y el promedio calculado tras una simulación de 05 días.

TABLA III.
TIEMPO DE REVISIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Etapa	Tiempo de recolección de datos de productividad en campo					
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Prom.
Casco Estructural						
Acero en muro	25 min	20 min	28 min	25 min	20 min	25 min
Encofrado de muros	15 min	20 min	20 min	15 min	18 min	20 min
Vaciado de muros	40 min	1 hora	45 min	48 min	50 min	45 min
Arquitectura						
Tarrajeo de muros interiores	40 min	35 min	38 min	32 min	35 min	38 min

C. Desarrollo del nuevo proceso

Con el objetivo de optimizar proceso anterior, se implementó la herramienta digital Raken, que permite automatizar el registro de horas- hombre y metrados

directamente desde campo. Esta solución sustituye las hojas de control físicas y las plantillas de Excel, reduciendo el tiempo necesario para recolectar, consolidar y validar la información. Además, minimiza los errores comunes asociados al proceso manual, como registros duplicados, pérdida de formatos físicos y cálculos incorrectos.

El nuevo flujo mantiene actividades clave como la recolección de datos en campo y la validación, pero ahora estas se ejecutan de forma digital, mediante una interfaz intuitiva que permite organizar la información por actividad, fecha, cuadrilla o personal. El informe al ingeniero residente se genera automáticamente desde la plataforma y puede ser validado y compartido en tiempo real, lo cual permite una toma de decisiones más rápida y precisa.

Con la digitalización, se eliminan pasos manuales como la transcripción a Excel y la validación visual de datos, los cuales representaban cuellos de botella críticos en el flujo de trabajo. Estas actividades son reemplazadas por la captura y el procesamiento automático de información con respaldo en la nube. Además, la generación automática de reportes optimiza el monitoreo diario, al reducir el tiempo de análisis y aumentar la confiabilidad de los datos registrados.

En conjunto, la transformación digital del proceso contribuye a una mejora sustancial en la eficiencia y precisión del monitoreo de productividad, tal como se muestra en el nuevo flujograma representado en la Fig. 5.

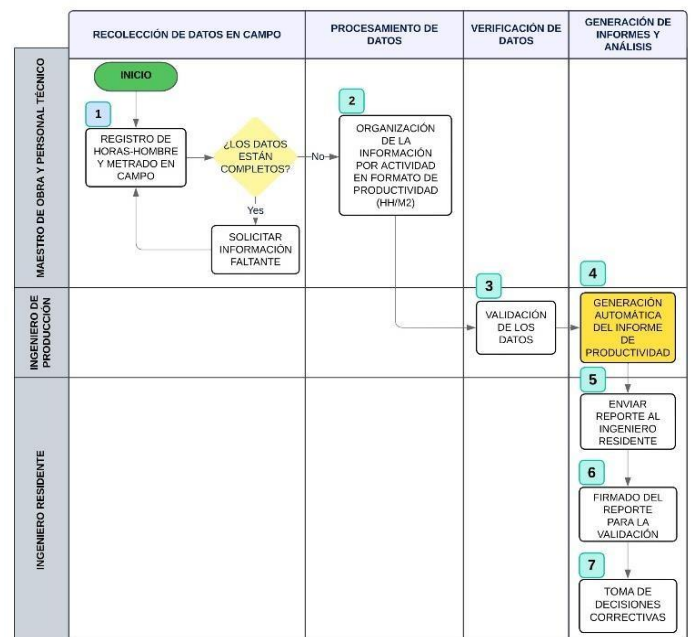


Fig. 5. Flujograma del nuevo proceso de monitoreo de la productividad.

D. Implementación de la propuesta

La propuesta se implementó en el Proyecto 3, ya que se encuentra actualmente en ejecución. Este proyecto multifamiliar, denominado 'ENTRENOS', cuenta con 14 pisos, una azotea y dos sótanos. De manera que, fue utilizado como caso de estudio para evaluar la viabilidad y los beneficios de aplicar el nuevo procedimiento de monitoreo de la productividad utilizando la herramienta digital Raken.

El contenido de capacitación fue diseñado para dos grupos: el equipo técnico (ingenieros residentes, de producción y de calidad) y el personal de mano de obra

(capataces, oficiales y peones). La capacitación cubrió el uso de la herramienta digital seleccionada, el registro de avances y metrados, la emisión de reportes de productividad y el manejo de herramientas complementarias. Se impartió en los primeros 15 minutos de la jornada laboral en obra, empleando material visual y tutoriales audiovisuales, y se concluyó con una prueba de validación de conocimientos, cuyos resultados confirmaron la efectividad de la capacitación. A continuación, se presenta la simulación realizada mediante el uso de Raken.

Paso 1: Agregar un Proyecto en Raken

El primer paso para el uso de Raken es crear un nuevo proyecto en la aplicación, para ello, se ingresa a la aplicación web y seleccionar la pestaña "Proyectos". Luego, se debe hacer clic en el botón "+ Nuevo proyecto" y completar el formulario con el nombre del proyecto y otros datos pertinentes tal y como se muestra en la Fig. 6. Finalmente, se debe hacer clic en "Guardar" para registrar el nuevo proyecto en la plataforma.

Fig. 6. Creación de un nuevo Proyecto en la plataforma digital Raken

Paso 2: Asignación y Revisión de Tareas por el Personal de Mano de Obra

Para el siguiente paso, es necesario una charla al inicio de obra para asignar y revisar las tareas diarias de cada miembro de la cuadrilla, incluyendo a los equipos responsables de actividades específicas como aceros, encofrado, vaciado y tarrajeo. De esta manera, se garantiza que cada trabajador tenga claridad sobre sus responsabilidades y metas diarias, optimizando el monitoreo y la productividad en tiempo real. De este modo, el personal técnico o el encargado de la cuadrilla obtiene un registro claro del personal presente ese día, organizado por actividad asignada.

Paso 3: Elaboración de Registros de Trabajo y Tarjeta de Horas de Trabajo

Una vez que el personal técnico o maestro de obra haya identificado a su equipo y las actividades asignadas, el siguiente paso es registrar un nuevo trabajo en la aplicación. Para ello, en las tablets, se selecciona el proyecto correspondiente en el que se está trabajando. En la Fig. 7 se muestra el ecosistema de la plataforma digital.



Fig. 7. Ecosistema de la plataforma digital Raken

Luego, se debe hacer clic en "Registros diarios" y seleccionar "Registros de trabajo", tal y como se muestra en la Fig. 8. A continuación, se hace clic en el botón naranja con el signo "+" para iniciar un nuevo registro, o se selecciona uno de los elementos previamente listados.

Fig. 8. Registro de trabajo de la plataforma digital Raken

En la opción de Registro de trabajo, se captura información general sobre la producción de un equipo o subcontratista, como la cantidad de trabajadores y las horas hombre realizadas por cada uno. Si se requiere información más específica, se pueden utilizar las Tarjetas de trabajo, que permiten asignar horas a cada trabajador y asociarlas a códigos de costo, facilitando el cálculo de la producción total, como se muestra en la Fig. 9.

Fig. 9. Tarjeta de Trabajo de la Plataforma digital Raken

Es importante ingresar todos los datos en los campos correspondientes. Además, se puede añadir fotos y

documentos haciendo clic en los íconos de archivos adjuntos, de color naranja, ubicados en la parte inferior. Finalmente, se debe hacer clic en "Guardar" en la esquina superior derecha, como se observa en la Fig. 10, para registrar la información y luego continuar creando otros registros de trabajo para agregarlos al informe.

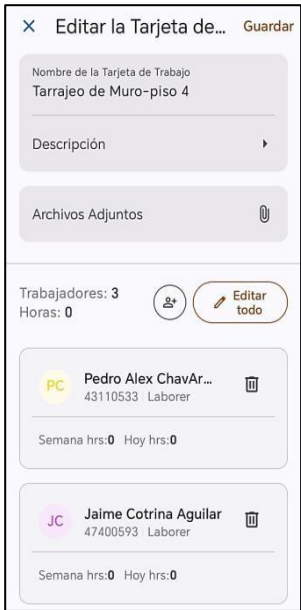


Fig. 10. Registro de HH por partida en las Tarjetas de Trabajo de la Plataforma digital Raken

Paso 4: Registro de Horas y Cantidad de Trabajo al Final de la Jornada

Al final de la jornada, cada trabajador registra sus horas trabajadas y la cantidad de trabajo realizada en su tarjeta de tiempo, especificando los avances logrados en la partida correspondiente, como se muestra en la Fig. 11. Este registro diario resulta clave para obtener datos precisos sobre el rendimiento de cada trabajador y garantizar un monitoreo detallado de la productividad.



Fig. 11. Ingreso de datos en la plataforma Raken

Paso 5: Ingreso de Datos y Medición de Tiempos en el Software Raken

Durante el proceso de ingreso de datos a la plataforma Raken, se mide el tiempo que cada trabajador toma para registrar la información. Esta medición permite evaluar la facilidad de uso del software y determinar la eficiencia del procedimiento de recolección de datos en condiciones de obra. Los datos ingresados incluyen tanto las horas de trabajo como el avance en las tareas asignadas.

Paso 6: Corroboración y Validación de Datos por el Líder de Cuadrilla

El líder de la cuadrilla lleva a cabo una revisión detallada de los datos ingresados en el software, verificando la información registrada por cada trabajador. Esta validación es esencial para asegurar la precisión de los datos antes de enviarlos al ingeniero de producción para su revisión. Además, el líder genera los reportes preliminares mediante el software, garantizando que la información esté completa y se ajuste a la planilla proporcionada.

Una vez finalizada la implementación y obtenido el diagnóstico actual del monitoreo de la productividad, se registró los tiempos aproximados correspondientes a la recolección de datos en campo. Estos resultados se presentan en la Tabla IV.

TABLA IV.
TIEMPO DE REVISIÓN TRAS LA IMPLEMENTACIÓN

Etapa	Tiempo de recolección de datos de productividad en campo					
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Prom.
Casco Estructural						
Acero en muro	15 min	13 min	15 min	15 min	10 min	15 min
Encofrado de muros	5 min	5 min	4 min	4 min	5 min	5 min
Vaciado de muros	15 min	10 min	12 min	10 min	12 min	12 min
Arquitectura						
Tarrajeo de muros interiores	10 min	8 min	10 min	12 min	10 min	10 min

IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Según los resultados presentados en el capítulo III, se realizó un análisis comparativo entre la situación actual de recolección de datos en campo y los resultados obtenidos al implementar el procedimiento propuesto. En este análisis, se encontró una reducción significativa en el tiempo dedicado a la recolección de datos, evidenciando los beneficios de la digitalización en este proceso.

En el monitoreo tradicional de la productividad en obra, el registro y procesamiento manual de datos demandan un tiempo considerable, especialmente en proyectos de construcción multifamiliar. La recolección y transferencia de información desde el campo hasta las hojas de cálculo puede llegar a consumir aproximadamente 7.5 horas laborales por semana, considerando los minutos requeridos por partida y multiplicándolos por seis días de trabajo. Este acumulado representa una carga significativa tanto en tiempo como en recursos. Además, este proceso no solo es lento, sino que también está altamente expuesto a errores humanos, derivados de la transcripción manual y la fatiga, lo que afecta la precisión y confiabilidad de los datos.

En este contexto, se propone la implementación de la herramienta digital Raken, para optimizar el proceso de recolección de datos en el caso de estudio. Con Raken, los datos se capturan directamente en campo mediante dispositivos móviles, lo que elimina la necesidad de transferencia manual. La digitalización permite registrar horas-hombre, avances por actividad y datos adicionales en tiempo real, con una interfaz intuitiva que facilita su uso incluso para personal no técnico. Asimismo, la herramienta mejora significativamente la precisión de los datos y permite

detectar inconsistencias de manera inmediata, gracias a su capacidad para organizar y procesar grandes cantidades de información. Además, los reportes generados automáticamente reducen el tiempo requerido para el análisis y la toma de decisiones, liberando al personal técnico para que se enfoque en tareas estratégicas de mayor valor agregado.

V. VALIDACIÓN

Posteriormente a la implementación del procedimiento propuesto y a la puesta en práctica en un caso de estudio (Proyecto 3), se obtuvo que, para la etapa de casco estructural, el tiempo de recolección de datos disminuyó en un 64.40% de las horas laborales, lo que representa una optimización importante en el uso de recursos y en la eficiencia operativa de esta fase. Esta reducción implica que los trabajadores dedicaron menos tiempo a tareas administrativas, como el registro manual, permitiendo enfocarse más en las actividades productivas de la obra. En la etapa de acabados, los resultados fueron incluso más notables, con una reducción del 60.56% en las horas laborales dedicadas a la recolección de datos durante un período de 5 días en el caso de estudio. En general, se obtuvo un ahorro de 63.26% de horas laborales por semana. Este ahorro de tiempo refleja cómo el nuevo procedimiento optimiza los procesos en una fase donde el registro detallado de avance es fundamental y, al mismo tiempo, reduce la posibilidad de errores en la recopilación de datos.

A continuación, se muestra en la Tabla V. la comparación del proceso tradicional y propuesto para el proceso evaluado.

TABLA V.
TIEMPO DE REVISIÓN TRAS LA IMPLEMENTACIÓN

Especialidad	Tiempo de recolección de datos de productividad en campo		Reducción (%)
	Actual	Propuesta	
Estructuras	7.50 horas laborales	2.67 horas laborales	64.40%
Arquitectura	3.17 horas laborales	1.25 horas laborales	60.56%
Total	10.67 horas laborales	3.92 horas laborales	63.26%

Para calcular estos resultados, se determinó el tiempo promedio por especialidad y se multiplicó por los días de trabajo, estimando así el tiempo total semanal de recolección de datos. Para una mejor visualización de la reducción de tiempo se realizó un gráfico de barras, tal como se muestra en la Fig. 12.

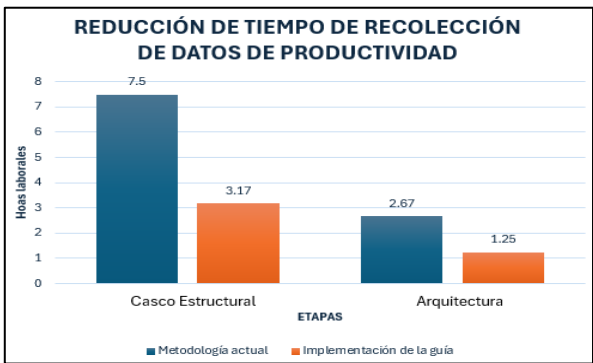


Fig. 12. Gráfico de barras de la reducción del tiempo de recolección de datos de productividad.

VI. CONCLUSIÓN

Este artículo tiene como objetivo proponer un nuevo procedimiento de recolección de datos de productividad de mano de obra, mediante la herramienta Raken. La presente investigación demuestra que el uso de esta herramienta digital reduce el tiempo destinado a esta labor en obra, disminuye los errores al registro manual, evita la pérdida de información y facilita el acceso a los datos en tiempo real gracias al almacenamiento en la nube.

El análisis evidenció que las etapas de casco estructural y acabados concentran actividades con mayor peso en los proyectos de viviendas multifamiliares, por lo que optimizar su monitoreo resulta clave. La implementación del procedimiento digital permitió una reducción del tiempo de recolección de datos de hasta un 64.40% y 60.65% respectivamente en dichas etapas, lo que representa una mejora sustancial en la eficiencia operativa del equipo de obra. Además, el registro sistemático de información - como fechas, tipo de trabajo y personal involucrado - contribuye a general una base de datos confiable y útil para la toma de decisiones en tiempo real.

Este enfoque no solo mejora la trazabilidad y precisión de la información, sino que también libera tiempo del personal técnico, permitiéndoles enfocarse en tareas de mayor valor agregado. No obstante, la implementación puede enfrentar resistencias iniciales por parte del personal poco familiarizado con herramientas digitales, lo que sugiere la necesidad de capacitaciones previas. Finalmente, el procedimiento propuesto es replicable y adaptable a otros tipos de obras, constituyendo un paso hacia la transformación digital en el sector construcción.

AGRADECIMIENTO

A la Dirección de Investigación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas por el apoyo brindado para realización de este trabajo de investigación a través del incentivo UPC-EXPOST-2025-1.

REFERENCIAS

[1] Ahmad, Z., MJ Thaheem y A. Maqsoom. 2018. “Modelado de información de construcción como transformador de riesgos: una perspectiva evolutiva sobre la incertidumbre del proyecto”. *Autom. Constr.* 92 (agosto): 103–119.

[2] Qais K. Jahanger, Joseph Louis, Catarina Pestana, David Trejo (2021). Potential positive impacts of digitalization of construction-phase information management for project owners. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 26, pg. 1-22

[3] Bajpai A. y Misra SC. (2022). Barreras para implementar la digitalización en la industria de la construcción en la India. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 39 (10), pp. 2438-2464

[4] Rahimian F., Sevedzadeh S., Oliver S., Rodriguez S. y Dawood N. (2020). Monitoreo bajo demanda de proyectos de construcción a través de una aplicación híbrida similar a un juego de BIM y aprendizaje automático. *Automation in Construction*, 110 (103012).

[5] Khandakar M. y Joseph L. (2020). Activity identification in modular construction using audio signals and machine learning. *Automation in Construction*. Vol. 119, 2020, 103361. ISSN 0926-5805.

[6] Sami Ur Rehman, M.; Shafiq MT. y Ullah F. (2022). Monitoreo automatizado del progreso de la construcción basado en visión por computadora: una revisión sistemática. *Building 12* (1037)

[7] Mhmoud A., Salah A., Ahmad B., Salaheen M., Hannan A. y Musarat M. (2023). Automated monitoring technologies and construction productivity enhancement: Building projects case. *Ain Shams Engineering Journal*. Vol. 14, pp. 5-11

- [8] Cavetti D.; Méda P.; Chichorro Goncalves, M. y Sousa, H. (2020). Worker 4.0: El futuro se las obras de construcción con sensores. *Buildings* 10 (169), pp. 2-10
- [9] Rao A.S., Radanovic M., Liu Y., Songbo Hu., Fang Y., Khoshelham K., Palaniswami M., Tuan N., (2022) Monitoreo en tiempo real de las obras de construcción: sensores, métodos y aplicaciones. *Automation in Construction*. Vol. 136, pp. 4-12