# Feasibility of photogrammetric scanner and ICE Meetings integration to improve communication and integration of stakeholders in multifamily housing projects

Viabilidad de integración de escáner fotogramétrico y Reuniones ICE para mejorar la comunicación e integración de los stakeholders en proyectos de viviendas multifamiliares

Luis Enrique Jiménez Rodríguez, Bachiller en Ingeniería Civil<sup>1</sup>, Diego Gonzalo Rosado Gonzales, Bachiller en Ingeniería Civil<sup>2</sup>, and Jorge Ronald De La Torre Salazar, Magister en Ingeniería Civil<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, *u201513357@upc.edu.pe*<sup>2</sup>Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, *u201618563@upc.edu.pe*<sup>3</sup>Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, *pccijdel@upc.edu.pe* 

Resumen- La productividad en el sector AEC (Architecture, Engineering, and Construction) ha mantenido récords de mejora muy bajos en comparación con otras industrias. Uno de los principales motivos para este lento crecimiento en productividad ha sido la ralentizada adopción de metodologías y tecnologías disponibles para una mejor comunicación e integración de los stakeholders. Respecto a la actividad de monitoreo, el método tradicional basado en redacciones, el cual involucra una inspección visual e interpretación humana, ha demostrado ser lenta e imprecisa comparada con alternativas actuales soportadas por tecnología. El uso de este método implica una reducción en la habilidad de los gestores para monitorear la performance real del proyecto. Por ello, a fin de conseguir una representación fiel del estado de avance de obra, el presente artículo propone la integración de la tecnología escáner láser fotogramétrico integrado a las sesiones ICE (Integrated Concurrent Engineering), componente de la metodología VDC (Virtual Design and Construction), a fin de conseguir un control de avance de obra, más preciso, ágil, eficiente e integrado. Inicialmente, el artículo presenta un resumen de la revisión literaria realizada sobre el escáner láser y las reuniones ICE. A partir de ello, su viabilidad y sinergias fueron analizadas. Luego, las metodologías para el levantamiento utilizando la herramienta de escáner fotogramétrico, la implementación de reuniones ICE y el uso de la plataforma virtual colaborativa MIRO fueron propuestas. Estas fueron evaluadas mediante la herramienta juicio de expertos y la retroalimentación sobre la propuesta fue documentada. Finalmente, se exponen los beneficios cualitativos de la implementación de esta sinergia, respecto a la mejora en la calidad de información,

Digital Object Identifier (DOI):

http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.62 **ISBN:** 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

integración de stakeholders y mejor toma de decisiones.

Palabras clave-- escáner fotogramétrico; reuniones ICE; comunicación efectiva; gestión colaborativa; integración de stakeholders

Abstract- Productivity in the AEC (Architecture, Engineering, and Construction) sector has maintained very low improvement records compared to other industries. One of the main reasons for this slow growth in productivity has been the slow adoption of available methodologies and technologies for better communication and integration of stakeholders. Regarding monitoring activity, the traditional redaction-based method, which involves inspection and human interpretation, has proven to be slow and imprecise compared to current technology supported alternatives. The use of this method implies a reduction in the ability of managers to monitor the real performance of the project. Therefore, in order to achieve an objective representation of the state of progress of the work, this article proposes the integration of photogrammetric laser scanner technology integrated into the ICE (Integrated Concurrent Engineering) meetings, component of the VDC (Virtual Design and Construction) methodology, in order to achieve a more precise, agile, efficient and integrated progress of the work. Initially, the article presents a summary of the literature review carried out on the laser scanner and the ICE meetings. From this, its viability and synergies were analyzed. Then, the methodologies for the survey using the photogrammetric scanner tool, the implementation of ICE meetings and the use of the collaborative virtual platform MIRO were proposed. These were evaluated using the expert judgment tool and the feedback on the proposal was documented. Finally, the qualitative benefits of the implementation of this synergy, regarding the improvement in the

quality of information, integration of stakeholders and better decision making are exposed.

Keywords-- photogrammetric scanner; ICE meetings; effective communication; collaborative management; stakeholder integration

#### I. Introducción

El seguimiento tradicional de progreso de obra basado redacciones en papel, inspección visual y juicio humano implica deficiencias. Este proceso es lento, inexacto y propenso a errores humanos, lo que dificulta que los gerentes obtengan información objetiva sobre el proyecto. Dichos motivos, son unas de las principales causas de retrasos y sobrecostos en los proyectos [1].

Para atender esta problemática, la implementación de tecnologías que brinden una mejor calidad y cantidad de información para poder suplir la necesidad constante de comunicación e intercambio de ideas de manera objetiva es necesaria. Para ello, es imprescindible el trabajar utilizando ilustraciones claras del progreso de obra [2].

Yiannis Vacanas, et. al. [2] en el artículo "The combined use of Building Information Modelling (BIM) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Technologies for the 3D illustration of the progress of works in infrastructure construction projects" expuso los problemas relacionados a las disputas y retrasos en los proyectos de construcción y cómo eran necesarias ilustraciones claras del progreso de trabajo que todos los involucrados puedan entender. El artículo propone el uso integrado de BIM y UAV para la ilustración 3D del progreso de trabajo. ello con la finalidad de que exista una base de datos periódica del estado as-built y, por ende, decisiones preventivas puedan ser tomadas para conseguir una reducción en los retrasos y disputas en el proyecto.

Hany Omar et. al. [3] en su artículo "Towards an automated photogrammetry-based approach for monitoring and controlling construction site activities." plantea un enfoque de control de avance automático, mediante el uso de cámaras fijas en cada nivel del proyecto, teniendo como objetivo un único tipo de elemento estructural, que para el caso de estudio fueron las columnas. A través de una configuración de vigilancia y procesamiento de datos, se cambió el enfoque de control de avance mediante nubes de puntos, el cuál inicialmente planteaba el control de volúmenes de columna y se optó por monitorear únicamente las alturas, lo cual fue una simplificación práctica de procesamiento y control. Además, se planteó el uso de notificaciones automáticas cuando existían observaciones en el porcentaje de avance, lo cual permitió agilizar la toma de decisiones de los gestores del proyecto.

Baharudian et. al. [4] en su artículo "Managing stakeholders through alliances: A case of megaproject in New Zealand", se da a conocer la existencia de muchos proyectos bajo una modalidad colaborativa en Nueva Zelanda y la importancia de un alto nivel de integración, participación y colaboración de los stakeholders en la gestión del proyecto. Esto se logró a partir del enfoque de adquisición de alianzas la

cual ha sido reconocida como una plataforma que puede proporcionar una forma colaborativa de gestionar la complejidad de las partes interesadas. Asimismo, se evaluaron las mejores prácticas las cuales son: cuidado cultural, comunicación y sensibilidad entre los involucrados. Como resultado se logró obtener un modelo colaborativo que generó una participación por parte de los stakeholders más efectiva.

Entendiendo que no es óptimo implementar tecnología potencialmente eficiente en procesos subóptimos, así como apoyar procesos eficientes con tecnología desactualizada [5], el presente artículo plantea la integración de la tecnología fotogrametría con la metodología de reuniones ICE (Integrated Concurrent Engineering). Esta propuesta, a su vez, busca atender la necesidad de integración entre stakeholders en una industria fragmentada debido al carácter multidisciplinario que implica la realización de los proyectos de construcción [6]. Sus beneficios individuales y sinergias fueron evaluadas para implementarse en un caso de estudio, el cual corresponde al soporte del control de avance de obra en un proyecto multifamiliar.

#### II. METODOLOGÍA

El procedimiento realizado consistió inicialmente en la revisión literaria sobre 3 tópicos necesarios para la investigación: La situación del sector AEC (Architecture, Engineering, and Construction), las reuniones ICE (Integrated Concurrent Engineering) y la tecnología escáner láser fotogramétrico.

A partir de la información revisada, las sinergias potenciales entre las reuniones ICE y el uso de data as-built recopilada mediante escáner láser fotogramétrico fueron evaluadas. A partir de ello se identificaron sus beneficios y se propusieron metodologías de implementación.

# A. Sinergia Escáner Láser Fotogramétrico Terrestre-Reuniones ICE

La existencia y manejo de información confiable y que aporte valor es indispensable para que un proyecto pueda conseguir buenos resultados. "Ya que los procesos tanto generan como dependen de información, no se puede esperar mejorar la confiabilidad y valor de la información sin el mejorar la confiabilidad de los procesos y viceversa" [5]. El utilizar la fotogrametría para tener información histórica del proyecto permitiría tener mayor cantidad y calidad de información, la cual reforzaría la discusión de temas el control de avance de obra durante las reuniones ICE.

En la Figura 1 se muestra un resumen de cómo los aportes de la fotogrametría inciden en los recursos utilizados en las reuniones ICE.

En contraste a la información utilizada tradicionalmente, la representación del estado construido actual mediante fotogrametría permite obtener una visualización y documentación de observaciones referenciada de manera espacial. Además, de ofrecer información más precisa

ybjetiva, debido a que se estaría trabajando con longitudes, áreas y volúmenes.

Es posible conseguir una mejora sustancial en el trabajo colaborativo al mejorar la información y, por ende, los resultados del proyecto.

### B. Diseño de la propuesta planteada

1. Levantamiento con escáner láser fotogramétrico terrestre El primer paso la metodología planteada es la aplicación del escáner láser fotogramétrico terrestre. Esta tecnología permitirá tener un modelo interactivo, el cual podrá ser utilizado por todas las áreas del proyecto para anotar y levantar observaciones, hacer mediciones de elementos estructurales, entre otros. La metodología que se utilizó para el levantamiento de datos as-built utilizando esta tecnología se muestra detallada en la Figura 2.

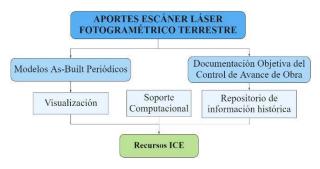


Fig. 1 Aportes del Escáner Fotogramétrico Terrestre a los Recursos ICE.

# 2. Diseño e implementación de la plataforma virtual MIRO

La plataforma MIRO es una herramienta colaborativa la cual permite a realizar esquemas, plantillas visuales de forma colaborativa mediante una pizarra o tablero digital. Esta herramienta permite que la información compartida con los demás miembros del área se exponga más clara y ordenada.

Las características, beneficios y sus aplicaciones están detallados en la Figura 3.

# 3. Planificación de las Reuniones ICE

Las reuniones ICE consisten en la integración del equipo interdisciplinario de trabajo (arquitectos, ingenieros, constructores, entre otros) para atender los requerimientos de dicho carácter. Estas se llevan a cabo soportadas en tecnológicas (software, herramientas ordenadores, proyectores, base de datos histórica, etc.) y al realizarse de manera integrada entre especialidades posibilitan la reducción en la latencia de respuesta a los RFIs [7]. A fin de garantizar una adecuada implementación de las reuniones se deben tener en cuenta aspectos inherentes tanto a la fase de planificación, ejecución de la reunión y seguimiento de la misma. La propuesta integra las practicas necesarias para una reunión efectiva, como lo es planificación, dirección, cierre y seguimiento [8].

Respecto a la etapa de planificación el uso de una agenda en la que se establezca un orden de los objetivos a atender será imprescindible, así como el definir los roles que los miembros

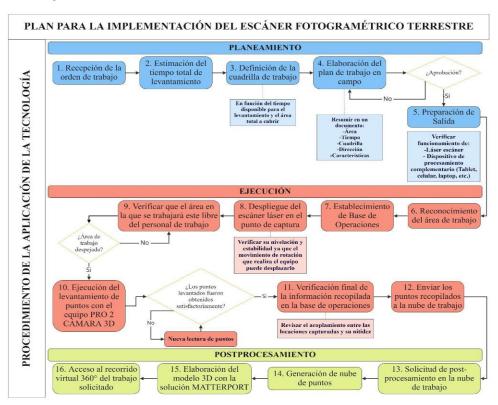


Fig. 2 Diagrama de flujo de la metodología para levantamiento mediante el escáner fotogramétrico terrestre.

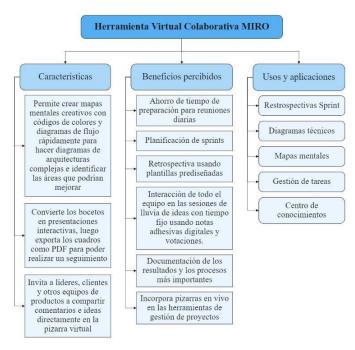


Fig. 3 Herramienta virtual colaborativa MIRO.

del staff han de desempeñar durante la reunión. En esta fase, el compartir los recorridos 3D levantados con la tecnología propuesta, obtienen relevancia. Ello debido a que brinda una herramienta para poner comunicar observaciones y planes con un carácter espacial

Durante el desarrollo de las reuniones, el uso de la herramienta "parking lot" servirá para tener un banco de ideas sobre los temas que surjan durante la reunión y que deberán ser atendidos en otro espacio para no perder el foco de la reunión en curso. De igual manera, los recorridos virtuales 360° se pueden utilizar para agilizar la toma de decisiones al tener una percepción espacial objetiva sobre el tema en discusión.

Finalmente, como es expuesto en el artículo "Metrics in VDC (Virtual Design and Construction) projects", será importante que cada asistente a las reuniones califique su propia satisfacción, valore en la escala provista la participación de los demás integrantes y elabore las propuestas de optimización que considere pertinentes a fin de orientar al equipo de trabajo hacia la mejora continua [9]

En la Figura 4 se muestra el flujograma propuesto, las herramientas y roles a ser considerados para la implementación de las reuniones ICE.

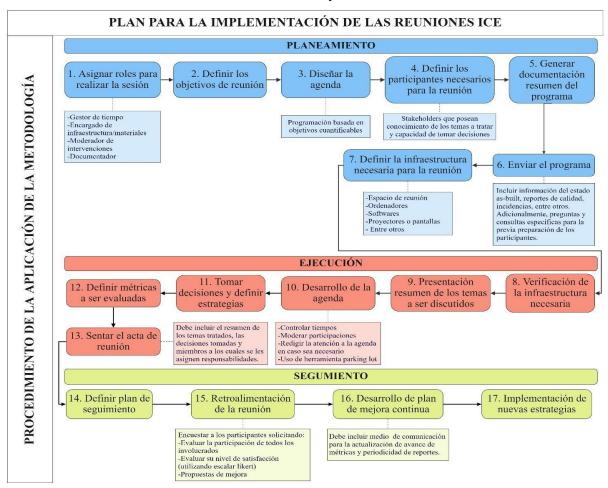


Fig. 4 Diagrama de flujo de la metodología de planificación de las Reuniones ICE.

#### III. RESULTADOS

A. Datos e información recolectada con el escáner láser fotogramétrico terrestre

Siguiendo la metodología planteada respecto al levantamiento fotogramétrico, con el uso del equipo PRO 2 CÁMARA 3D, se consiguió levantar los datos de campo.

Posteriormente se procesó la información, se generó la nube de puntos y, finalmente, se obtuvo un recorrido virtual 360° de los proyectos.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos en los levantamientos realizados, así como comentarios y lecciones aprendidas.

#### 1. Levantamientos

#### Primer Levantamiento

La primera obra en la que se realizó el escáner fotogramétrico terrestre fue un proyecto de edificación multifamiliar llamado "Grimaldo 247". En ella, se realizó el levantamiento de la planta de la cisterna. En la Figura 5 se muestra una captura del recorrido virtual de la visita realizada.

En la Figura 6 se muestra una captura de la vista lateral del modelo generado. Cabe recalcar que una de las ventajas de este equipo es la facilidad de transportabilidad y manipulación del mismo. El tiempo que se requiere para poder realizar la instalación del equipo en la zona de trabajo es menor a 1 minuto y la curva de aprendizaje para su especialización es rápida. As imismo, otra de las ventajas de este equipo es que puede ser utilizado para poder realizar la captura de imágenes en zonas de difícil acceso. En la Figura 7 se muestra un punto obtenido por el equipo en una zona de este tipo.

# Segundo Levantamiento

La segunda obra en la que se realizó el escáner fotogramétrico terrestre fue un proyecto de edificación multifamiliar llamado "Plaza 27". En ella, se realizó el levantamiento del sótano. En la Figura 8 se muestra una captura del recorrido virtual de la visita realizada.



Fig. 5 Experiencia inmersiva: Vista 3D del recorrido virtual 360° del avance de la obra (primer levantamiento).



Fig. 6 Experiencia inmersiva: Vista 3D del recorrido virtual 360° del avance de la obra.



Fig. 7 Experiencia inmersiva: Vista 3D del recorrido virtual 360° de una zona de difícil acceso del avance de la obra.



Fig. 8 Experiencia inmersiva: Vista 3D del recorrido virtual 360° del avance de la obra (segundo levantamiento).

En la Figura 9 se muestra una captura de la vista lateral del modelo generado. Cabe recalcar que, así como en el primer levantamiento, se aprovechó la tecnología propuesta para poder capturar imágenes en zonas de difícil acceso tal y como se muestra en la Figura 10.



Fig. 9 Experiencia inmersiva: Vista 3D del recorrido virtual 360° del avance de la obra (sótano).



Fig. 10 Experiencia inmersiva: Vista 3D del recorrido virtual  $360^\circ$  de una zona de difícil acceso del avance de la obra.



Fig. 11 Experiencia inmersiva: Vista 3D del recorrido virtual 360° de una zona de difícil acceso del avance de la obra.

Otras de las ventajas de esta tecnología, es que permite medir los elementos verticales y horizontales; permite medir la separación de ambientes; entre otros. En la Figura 11 se muestra un ejemplo de las medidas de un elemento vertical tomadas desde el modelo generado a través del Matterport.

#### Resumen de los levantamientos realizados

A continuación, se resume en la Tabla 1 las características más importantes de los proyectos estudiados.

TABLA I. RESUMEN DE LOS DOS PROYECTOS UTILIZADOS PARA EL LEVANTAMIENTO CON EL ESCÁNER LÁSER FOTOGRAMÉTRICO TERRESTRE.

LEVANTAMIENTO CON EL ESCANER LASER FOTOGRAMETRICO TERRESTRE.		
Proyecto	"Grimaldo 247"	"Plaza 27"
Tipo de proyecto	Edificación Multifamiliar	Edificación Multifamiliar
Área cubierta (m2)	944.52	2546.55
Puntos totales utilizados para el levantamiento con el equipo PRO 2 CÁMARA 3D	60 puntos	170 puntos
Tiempo utilizado para el levantamiento con el equipo PRO 2 CÁMARA 3D (horas)	2	5
Tiempo utilizado para generar el Matterport (horas)	6	6
Ratio de avance (m2/hora)	472.26	509.31
Restricciones encontradas	- Terreno inestable - Horario disponible de levantamiento no óptimo debido a los rayos solares.	- Levantamiento de puntos en hora de trabajo
Lecciones Aprendidas	del trípode en zonas irregulares significa una curva de aprendizaje que puede representar un mayor tiempo de levantamiento. El utilizar una cuadrilla conformada por 2 técnicos podría agilizar el levantamiento La captura de puntos se debe realizar en horas en dónde los rayos solares no impidan la captura del escáner láser. Restringir el uso entre les 10am y 20m	- Para que la característica de medición de la tecnología se pueda ejecutar adecuadamente es necesario que durante el levantamiento se despeje la zona o proponer una rotación o despeje punto por punto, mientras se realiza el levantamiento, ello para evitar que la nube de puntos generada se distorsione. Por ello, debido al alto tránsito de personal en obra, se decidió realizar el levantamiento un sábado.

#### 2. Beneficios percibidos de la tecnología aplicada

El levantamiento de la infraestructura existente mediante esta tecnología genera múltiples beneficios, entre ellos:

- Centralizar la información
- Generar experiencia inmersiva e interactiva

# Sobre la capacidad de medición y anotación en el modelo

A partir del modelo obtenido en los levantamientos, se pueden realizar mediciones y anotaciones de carácter es pacial objetivo. Dicha característica, permitirá la verificación, planteamiento de estrategias y seguimiento de manera remota de distintas actividades, lo cual tiene el potencial de agilizar las labores de las áreas, por ejemplo:

**Área de Producción**: Permite realizar verificaciones de las dimensiones de los elementos estructurales e identificar incongruencias entre los modelos as-planned y as-built. Ver Figura 12.

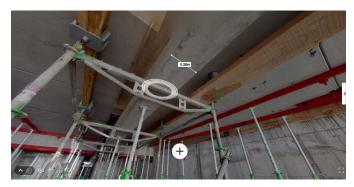


Fig. 12 Experiencia inmersiva: Vista 3D del recorrido virtual  $360^\circ$  de una zona de difícil acceso del avance de la obra.

SSOMA (Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente): El recorrido 360° permitiría al área de SSOMA la identificación de riesgos, generación de observaciones y desarrollo de planes de seguridad. Asimismo, el carácter colaborativo en la nube permitirá que los encargados de realizar la señalización tengan una guía específica de las medidas propuestas. Ver Figura 13.



Fig. 13 Experiencia interactica: Vista 3D con puntos interactivos que tienen información de valor del proyecto.

**Área de Calidad**: Permite a los miembros del staff realizar anotaciones sobre errores constructivos, a partir del cual se puede generar un mapa de calor, referente a los sectores del proyecto que requieran mayor intervención. Ver Figura 14.

#### Objetividad de información

- La información periódica objetiva es necesaria para el debate sobre las decisiones a tomar. El uso de la herramienta propuesta permitiría tener información periódica en una base de datos colaborativa. Además, con suficiente información, es posible reducir e incluso evitar las disputas en los proyectos.
- Las reuniones agendadas serán más eficientes debido a que con la aplicación de esta tecnología habrá más dinamismo y transparencia de los trabajos realizados.
- Una de las ventajas que se obtienen al usar esta tecnología en la industria de la construcción, es que permite tener un control más detallado del avance de obra. En función de las necesidades del proyecto la periodicidad de levantamiento de información puede ser establecido para tener una base de datos con más información.

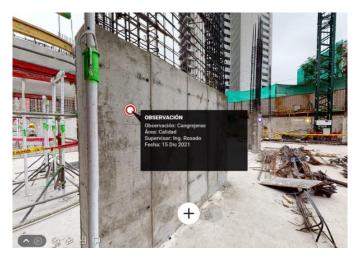


Fig. 14 Experiencia interactica: Vista 3D con puntos interactivos que tienen información de valor del proyecto.

# Reduce el requerimiento de asistir presencialmente a obra

- Esta herramienta permite compartir un recorrido fiel sobre el estado del proyecto de manera remota a stakeholders, lo cual reduciría la necesidad de asistir físicamente y agilizaría la toma de decisiones.
- Los stakeholders involucrados en el proyecto, podrán realizar o dejar comentarios que incluyan una indicación especial objetiva en cualquier parte del recorrido generado. Esto mejorará notablemente la objetividad de información, en comparación con un reporte basado en interpretación y redacción del estado as-built.
- Ante la presencia contractual de la pandemia, muchos stakeholders involucrados del proyecto no pueden asistir a las reuniones de trabajo por lo que las coordinaciones se realizan de manera remota. Sin embargo, con la aplicación de esta tecnología y el

software MIRO, se podrá mejorar la comunicación en las reuniones virtuales y/o presenciales.

# B. Críticas/Comentarios a la sinergia entre la tecnologíametodología propuesta

Con el fin de poder obtener mayor información respecto a nuestra propuesta planteada, se realizó una encuesta a las áreas involucradas y se entrevistó a los jefes de área con el propósito de poder tener un mejor feedback respecto a nuestra propuesta. La información más importante obtenida responde a las siguientes preguntas:

*Primera pregunta*: ¿Qué labores optimizaría con el uso de esta herramienta dentro de sus funciones?

Las respuestas fueron:

- Opinión y respuestas ante cualquier incomodidad o sugerencia por parte del colaborador.
- Indicadores de desempeño y res puestas ante cualquier eventualidad.
- Incompatibilidades.
- Toma de decisiones
- Soluciones más rápidas ante cualquier eventualidad.
- Todo el equipo estaría involucrado en tiempo real con lo observado en obra.
- Control de cambio y de avances.
- Realizar un Kick Off para saber la necesidad de la obra y el entregable a quien va dirigido.
- La recopilación de actividades pendientes de obra.
- Permitir visualizar desde oficina el avance real de obra.
- Ver pendientes no tan evidentes de producción, de calidad y seguridad.

Segunda pregunta: ¿Cuál considera que son los principales beneficios cualitativos percibidos de la sinergia entre la tecnología y metodología planteada?

Las respuestas fueron:

- Mejor actitud y aptitud laboral del colaborador.
- Mejor y mayor conocimiento de los trabajadores en temas de seguridad para la toma de decisiones.
- Tener un registro de avance y control de observaciones.
- Se tendría un mayor control y a que es más visual.
- Mejora de comunicación.
- Confiabilidad de la planificación y avance diario.
- Status virtual de la obra.
- Acces ibilidad de uso desde el celular.
- Generar base de datos de observación.

**Tercera pregunta**: ¿Qué recomendaciones tendría respecto a nuestra propuesta planteada?

Las respuestas fueron:

- Hacerse recomendaciones laborales con referencia a diferentes tipos de temas con una frecuencia de tiempo quincenal.
- Que se refleje una propuesta más amigable no solo para oficina, también para los involucrados en campo.
- Para que sea un sistema integrado, indicar mediante alguna imagen que en tal zona existe un cambio, RDI, observación, comentario, entre otros.
- Verificar el tiempo de toma de datos la cual va de la mano con la información tomada.
- Generar un modelo 3D BIM y que los resultados se puedan visualizar desde el celular.
- Que cualquier parte involucrada pueda entender y manejar la tecnología aplicada. Esto involucra también a los capataces e ingenieros.

#### IV. VALIDACIÓN

# A. Valorización de la propuesta a través del Juicio de Expertos

Para poder validar la propuesta se utilizó la herramienta juicio de expertos. Esta herramienta consiste en la solicitud de juicio a un grupo de encuestados sobre un aspecto específico de una tecnología, metodología o algún material en evaluación, en el cual estos son considerados expertos [10].

En la encuesta realizada se abordaron preguntas sobre cómo es la comunicación e integración de los stakeholders actualmente en sus centros de labor, así como la metodología que se aplicaba para las reuniones. Posteriormente se realizaron preguntas sobre el escáner láser fotogramétrico terrestre, reuniones ICE y finalmente sobre las sinergias que tendrían al utilizarse de manera conjunta. Estas 3 preguntas fueron:

- ¿Considera que la implementación de tecnologías apoyadas en metodologías permite obtener mayores beneficios que al implementarlas de manera aislada?
- Teniendo en cuenta los beneficios detallados del escáner fotogramétrico terrestre y de las reuniones ICE, ¿Considera usted que se obtendrían mayores beneficios en su integración?
- Valore la potencial calidad de información implementando la tecnología propuesta integrada a la metodología propuesta.

Dicha evaluación fue realizada utilizando la escala de Likert, en la cual se propusieron niveles 1 a 5 siendo 1, completamente en desacuerdo y 5 completamente de acuerdo. Cabe recalcar que el número de expertos a los cuáles se entrevistó fueron 25 ingenieros con experiencia. Los resultados a estas 3 preguntas se detallan a continuación:

En primer lugar, como se puede observar en la Figura 15 el 84% del total de encuestados consideran que están totalmente de acuerdo y el 16% están de acuerdo con la

implementación de tecnologías apoyadas con metodologías con el fin de obtener mayores beneficios para las obras y/o proyectos. Ello refleja que la propuesta de investigación es interés para el sector de construcción.

Posteriormente, como se puede observar en la Figura 16 el 80% del total de encuestados consideran que están totalmente de acuerdo y el 20% están de acuerdo respecto a la integración de nuestra propuesta entre la tecnología de la fotogrametría y la metodología del VDC. Estos resultados soportan el tema de investigación ya que el 100% de encuestados acepta la idea de integrar nuestra propuesta.

Finalmente, como se puede observar en la Figura 17 y Figura 18, existe una tendencia de valoración positiva en la percepción de la calidad de la propuesta.



Fig. 15 Resultados obtenidos de la pregunta 1.



Fig. 16 Resultados obtenidos de la pregunta 2.



Fig. 17 Resultados obtenidos de la pregunta 3.

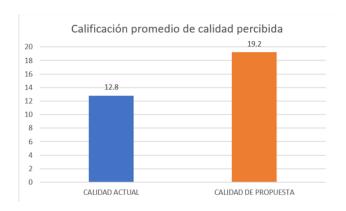


Fig. 18 Resultados obtenidos de la pregunta 3 – Calidad promedio percibida.

#### IV. CONCLUSIONES

A partir de la herramienta juicio de expertos se pudo conocer y validar la posición de actores de la industria AEC sobre la importancia de implementar herramientas tecnológicas apoyadas en metodologías, y que estas integraciones generan mayores beneficios para conseguir los objetivos principales del proyecto.

La implementación del escáner fotogramétrico en obra permite migrar del uso de reportes basados en papel e interpretaciones al uso de un modelo 3D del estado as-built del proyecto, el cual contiene información objetiva (longitudes, áreas, volúmenes).

El levantamiento recurrente de dichos modelos 3D permiten a los miembros del staff contar con documentación centralizada para agilizar la toma de decisiones. Su aplicación durante el desarrollo de las reuniones ICE provee al equipo de una visión transparente del avance de obra y permite a los asistentes realizar intervenciones con carácter espacial objetivo.

Los modelos 3D generados a partir del levantamiento fotogramétrico pueden ser visualizados mediante recorridos 360°, los cuales brindan a los stakeholders una experiencia inmersiva e interactiva, debido a que tienen el control del recorrido, y de esta manera pueden decidir las zonas de interés para su conocimiento y/o revisión. Se concluye que el uso de los recorridos mencionados mejora la comunicación de los stakeholders, debido a que se puede compartir información con mayor fidelidad a la realidad mediante estos modelos, lo que permite a los involucrados están mejor informados de la situación actual en los proyectos de construcción y, por lo tanto, tener una comunicación más transparente. Lo cual, a su vez, permitiría una mayor precisión en la toma de decisiones.

Las entrevistas y encuestas realizadas permitieron conocer los diversos usos del modelo 3D desarrollado por el escáner fotogramétrico beneficiando a las áreas de Producción, Calidad y SSOMA en obra.

El uso de tecnologías que permiten a los stakeholders recibir información y mantener su colaboración al proyecto como medida de adaptabilidad a las recientes restricciones de presencialidad, son necesarias para asegurar la continuidad de las operaciones y el éxito del proyecto en tiempos de cambios.

El desarrollo recurrente de la experiencia digital al ser representación real ha demostrado ser una valiosa herramienta para identificar problemas de manera temprana y atender controversias. Consideramos que el uso de esta herramienta digital permite una mayor objetividad durante los debates y, por ende, ha de mejorar significantemente la toma de decisiones.

Finalmente se concluye que la tecnología y metodología de la investigación es viable por los resultados obtenidos favorables que generan múltiples beneficios a los stakeholders de los proyectos de viviendas multifamiliares.

#### REFERENCIAS

- Akash Pushkar, Madhumitha Senthilvel a and Koshy Varghese a, «
  Automated progress monitoring of masonry activity using
  photogrammetric point cloud » Deparment of Civil Engineering,
  Madras, India, 2018.
- [2] Yiannis Vacanas, Kyriacos Themistocleousa, Athos Agapioua and Diofantos Hadjimitsisa « The combined use of Building Information Modelling (BIM) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Technologies for the 3D illustration of the progress of works in infrastructure construction projects » Cyprus University of Technology, Department of Civil Engineering and Goematics, Lemesos, Cyprus, 2016.
- [3] Hany Omar, Lamine, Mahdjoubi, Gamal Kheder «Towards an automated photogrammetry-based approach for monitoring and controlling construction site activities » Computers in industry, Cairo, Egypt, 2018.
- [4] H. E. A. Baharuddin, C. K. I. C. Ibrahim, S. B. Costello, and S. Wilkinson « Managing stakeholders through alliances: A case study of a megaproject in New Zealand » Proc. Inst. Civ. Eng. Manag. Procure. Law, vol. 170, no. 4, pp. 151-160, 2017.
- [5] Fosse, Ballard & Fischer « Virtual design and construction: aligning bim and lean in practice » Department of Civil Engineering, 2017.
- [6] Hassan, H., Taib, N., & Rahman, Z. A. (2018). Virtual design and construction: A new communication in construction industry. ACM International Conference Proceeding Series, 110–113. https://doi.org/10.1145/3193025.3193062
- [7] Kunz, J., & Fischer, M. (2020). Virtual design and construction. Construction Management and Economics, 38(4), 355–363. https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1714068
- [8] Bertoldi, C. A. (2020). Trabajo de Investigación: Reuniones efectivas. 16–56.
- [9] Belsvik, M. R., Lædre, O., & Hjelseth, E. (2019). Metrics in VDC projects. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2019, August, 1129–1140. https://doi.org/10.24928/2019/0167
- [10] Robles and Del Carmen «Validation by expert judgements: two cases of qualitative research in Applied Linguistics » Revista Nebrija de Linguística Aplicada, 2015.