

# Aplicación de vehículo aéreo no tripulado para la identificación de riesgos en proyectos de construcción

## Application of unmanned aerial vehicle for risk identification in construction projects

Ronald Antonio Julca Alcántara<sup>1,a</sup>, Lucila Del Carmen Vallejo Romo<sup>1,b</sup>

Recibido: 18/04/2024 - Aprobado: 12/06/2024 – Publicado: 30/03/2025

### RESUMEN

El presente artículo tiene como propósito generar nuevos conocimientos sobre el uso de vehículos aéreos no tripulados (drones) en la identificación de riesgos laborales en proyectos de construcción en el Perú. Se busca demostrar la importancia de estos dispositivos en la gestión preventiva, ya que permiten obtener información aérea privilegiada de diversas zonas de trabajo en un tiempo reducido, aportando un valor agregado en la gestión de riesgos laborales en comparación con los métodos tradicionales.

Los drones generan información valiosa que facilita la evaluación en tiempo real de diferentes áreas de trabajo, permitiendo detectar oportunamente actos y condiciones subestándar que podrían afectar la seguridad de los trabajadores. En el Perú, la información sobre su uso en la gestión de riesgos laborales aún es limitada; por ello, este estudio presenta resultados favorables sobre la relación entre los drones y la identificación de riesgos. Esta correlación se respalda con pruebas estadísticas, que evidencian que el vuelo autónomo, las vistas panorámicas y las inspecciones de campo realizadas con drones son herramientas esenciales para identificar riesgos laborales en proyectos de construcción.

**Palabras claves:** vehículo aéreo no tripulado, drones, vuelo autónomo, identificación de peligros y riesgos, fotografías aéreas.

### ABSTRACT

This article was developed with the purpose of generating new knowledge about the use of unmanned aerial vehicles (drones) in the identification of occupational risks in construction projects in Peru. This work seeks to demonstrate the importance of unmanned aerial vehicles in preventive management, generating privileged aerial information from various work areas in reduced time and producing added value in occupational risk management compared to traditional methods.

The unmanned aerial vehicle generates valuable information that allows different work areas to be examined in real time and to promptly detect substandard acts and conditions that may affect workers. Currently in Peru, there is little information on the use of unmanned aerial vehicles in occupational risk management; Therefore, this study has revealed favorable results on the relationship that exists between the unmanned aerial vehicle and risk identification. This correlation is supported by the statistical tests carried out, which establish that autonomous flight, panoramic views and Field inspections carried out by the drone are essential to identify occupational risks in construction projects.

**Keywords:** unmanned Aerial Vehicle, Drones, Autonomous Flight, Hazard and Risk Identification, Aerial Photography.

1 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Lima, Perú.

a Ingeniero. Autor para correspondencia: [ronald.julca@unmsm.edu.pe](mailto:ronald.julca@unmsm.edu.pe) - ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3226-6367>

b Docente. E-mail: [lvallejosr@unmsm.edu.pe](mailto:lvallejosr@unmsm.edu.pe) - ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3792-9713>

## I. INTRODUCCIÓN

Este documento ha sido elaborado considerando la escasez de información en el sector construcción del Perú sobre el uso de vehículos aéreos no tripulados (drones) para la prevención de riesgos laborales mediante su identificación como actividad preventiva. Estos equipos permiten generar información precisa en tiempo real, a bajo costo y desde una perspectiva aérea que supera a los métodos tradicionales.

En este sentido, la incorporación de drones en la identificación de riesgos laborales en actividades del sector construcción es fundamental, ya que las imágenes captadas desde una vista panorámica permiten tomar decisiones inmediatas para minimizar y controlar riesgos que, por su naturaleza, no pueden ser detectados a simple vista. Estos riesgos, si no se identifican a tiempo, pueden desencadenar accidentes laborales con consecuencias fatales y afectar el desarrollo de los procesos constructivos.

El uso de drones facilita la supervisión eficiente de las diferentes fases de un proyecto de construcción desde una perspectiva aérea única. Esto permite desarrollar actividades clave en la prevención de riesgos laborales, como la identificación de zonas de riesgo, inspecciones de seguridad en áreas de difícil acceso y la supervisión remota de trabajos de alto riesgo en tiempo real, asegurando así ambientes laborales más seguros.

En este contexto, Adames (2020), en su estudio sobre la Utilización de Sistemas Aéreos No Tripulados en el Sector de la Construcción, concluyó que los drones son aliados eficaces en todas las etapas de un proyecto, ya que con una inversión mínima pueden reducirse significativamente los costos y los riesgos en las obras. Estos hallazgos son respaldados por Campo et ál. (2020), quienes establecen que los drones contribuyen a la prevención de accidentes laborales al proporcionar información exacta que permite fortalecer las normas de control de riesgos.

Asimismo, Shi et ál. (2018), en su artículo Aplicaciones de Sistemas Aéreos No Tripulados en la Construcción, sostienen que los drones pueden emplearse en la inspección de edificios, la evaluación de daños estructurales, la fotogrametría, las inspecciones de seguridad y el seguimiento del progreso de las obras. Su estudio también evidenció que los drones son esenciales para acceder a zonas inaccesibles para el personal.

En esta misma línea, Solórzano et ál. (2020), en su artículo Drones y Tecnología como Elementos Claves en la Gestión de Procesos Constructivos, destacan la importancia de los drones en la supervisión y gestión de las operaciones en la construcción. Además, resaltan su papel como una nueva herramienta de inspección y recolección de información en tiempo real, permitiendo un análisis posterior más preciso.

Por su parte, Barajas (2021), en su artículo Aplicación de los Drones en la Industria de la Construcción, señala que, si bien el uso de drones en este sector aún es incipiente, su adopción está creciendo rápidamente debido a su facilidad de uso y bajo costo en comparación con los métodos tradicionales de inspección. Además, destaca la exactitud de

los datos obtenidos gracias a las tecnologías incorporadas en estos equipos, como cámaras de alta definición, cámaras térmicas y sensores de distancia y desplazamiento.

Chica (2021), en su investigación Evaluación Tecnológica de Vehículos Aéreos No Tripulados para el Control de Riesgos Laborales en la Construcción de un Túnel en Cariamanga, Ecuador, concluyó que los drones permiten identificar riesgos laborales asociados a la construcción de túneles, lo que demuestra su potencial como herramienta de prevención de accidentes.

De manera similar, Bastos et ál. (2017) indican que se están llevando a cabo nuevos estudios para analizar el impacto de las inspecciones de seguridad con drones, resaltando su capacidad para proporcionar retroalimentación inmediata, facilitar acciones correctivas, reducir los tiempos de inspección y simplificar los procesos de supervisión.

Finalmente, Solórzano (2022), en su artículo Prevención de Riesgos Laborales Eléctricos a Través de un Drone Termográfico Inteligente para CNEL-Esmeraldas, concluyó que el uso de drones en inspecciones termográficas de líneas eléctricas y torres de telecomunicaciones reduce significativamente los riesgos para el personal técnico encargado de estas tareas.

En la industria de la construcción en el Perú, los drones se han convertido en una herramienta poderosa para la identificación de riesgos laborales en diversos procesos constructivos. Su implementación contribuye al principio de prevención y al proceso de mejora continua establecidos en el Decreto Supremo n.º 005-2012-TR, que reglamenta la Ley n.º 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.

## II. METODOLOGÍA

Se realizó un estudio de nivel correlacional con un diseño no experimental, a fin de determinar la relación entre el uso de vehículos aéreos no tripulados (drones) y la identificación de riesgos en proyectos de construcción.

La población estuvo conformada por diversos proyectos de construcción de la empresa en estudio en la ciudad de Lima. Esta población fue delimitada según la experiencia del investigador, con el propósito de cumplir el objetivo de la investigación: establecer la relación entre el uso de drones y la identificación de riesgos en proyectos de construcción.

Para el estudio, se consideraron dos proyectos de edificación en las fases de movimiento de tierras, subestructura y superestructura, etapas clave debido a la cantidad de recursos y actividades involucradas para garantizar el éxito del proyecto. La muestra fue un subconjunto de la población, en el cual se recolectaron y analizaron datos relacionados con el vuelo autónomo, vistas panorámicas, inspecciones de obra y riesgos laborales identificados mediante el uso de drones.

La selección de la muestra fue no probabilística o dirigida, y estuvo compuesta por las fotografías y videos

aéreos generados por el dron en las distintas fases y áreas de trabajo.

Para la recolección de datos, se empleó el método cuantitativo de observación, utilizando como instrumento el “registro de inspección visual y matriz IPERC de vuelo”, con el cual se analizaron los videos e imágenes aéreas generadas por el dron para identificar peligros y riesgos en los proyectos de construcción. Este instrumento fue revisado y validado por cuatro jueces expertos en seguridad y salud en el trabajo, y permitió recolectar situaciones observables y cuantificables.

Se utilizó un vehículo aéreo no tripulado con las siguientes características: **Drone DJI AIR 2S Fly More Combo**, con un peso de 595 g, equipado con un sensor de imagen y video, funciones autónomas, detección de obstáculos en cuatro direcciones, transmisión de imágenes en tiempo real, ubicación de vuelo, vigilancia automática y controles inteligentes. Además, cuenta con baterías inteligentes, puede volar a 5,000 metros sobre el nivel del mar y tiene una distancia máxima de vuelo de 18.5 kilómetros. Su sensor de imagen de 1 pulgada y 20 MP, junto con píxeles de 2.4  $\mu\text{m}$ , permite grabar videos en **5.4K/30 fps y 4K/60 fps**, capturando imágenes y videos con gran nitidez y fidelidad cromática.

El análisis de los datos se realizó mediante el software estadístico **SPSS versión 26.0**. Para determinar la relación entre las variables, se aplicaron las pruebas de correlación **R de Pearson y Rho de Spearman**, con un nivel de significancia de **0.05**, lo que indica que valores menores a 0.05 son significativos con un nivel de confianza del **95%**.

### III. RESULTADOS

Es fundamental destacar la importancia de los vehículos aéreos no tripulados en la prevención de riesgos laborales, especialmente en el uso de drones como herramientas innovadoras para la identificación de riesgos en proyectos de construcción. La evidencia obtenida en campo y el análisis estadístico demostraron que estos equipos generan imágenes aéreas de alta resolución, lo que permite detectar riesgos de manera precisa y clara. Además, su capacidad para captar simultáneamente diversas áreas de trabajo y acceder a zonas de difícil alcance optimiza la labor de los responsables de seguridad y salud en el trabajo.

#### 3.1. Resultados descriptivos del estudio

Este estudio se llevó a cabo en dos proyectos de construcción de edificaciones de una empresa en la ciudad de Lima. El Proyecto n.º 1 consistió en la construcción de un edificio multifamiliar de 17 pisos, con un área techada de 24,179.74 m<sup>2</sup>, mientras que el Proyecto n.º 2 correspondió a la edificación de una institución educativa, con un área techada de 7,223.00 m<sup>2</sup>. La recolección de datos se realizó durante cinco semanas en cada uno de los proyectos.

En la Tabla 1 se presentan los resultados sobre el número de fotografías aéreas generadas y analizadas, con el objetivo de identificar riesgos en los procesos constructivos.

Se utilizó un vehículo aéreo no tripulado (drone) para identificar los riesgos en las distintas áreas de trabajo y actividades de los procesos constructivos. La identificación de estos riesgos se llevó a cabo mediante el análisis de fotografías aéreas captadas por el dron, lo que permitió obtener datos precisos de diferentes sectores de trabajo de manera simultánea. Esto facilitó la detección de peligros y riesgos desde una perspectiva más amplia y con mayor rapidez.

Durante cinco semanas de toma de muestras en dos proyectos de construcción, se generaron un total de 195 fotografías aéreas de diversas zonas de trabajo y actividades. De estas, se seleccionaron y analizaron aleatoriamente 78 imágenes, consideradas suficientes para identificar riesgos de manera precisa y efectiva, abarcando distintas áreas y actividades de forma integral.

Los resultados evidencian que las fotografías aéreas captadas por el dron son una herramienta útil para la identificación de peligros y riesgos en los proyectos de construcción. Además, como se muestra en la Tabla 2, estas imágenes también permiten detectar actos y condiciones subestándar en las distintas áreas de trabajo y actividades dentro de los procesos constructivos.

En los proyectos de construcción n.º 1 y n.º 2 se utilizó un vehículo aéreo no tripulado (drone) para realizar inspecciones de campo desde una perspectiva aérea, distinta a la convencional. Durante estas inspecciones, el dron permitió identificar diversos peligros y riesgos en las distintas áreas de trabajo, los cuales derivan de actos y condiciones subestándar que suelen pasar desapercibidos en las actividades rutinarias bajo métodos convencionales. Estas situaciones ocurren debido a la complejidad y magnitud de los proyectos, así como a los limitados recursos asignados a la prevención de riesgos.

**Tabla 1**

*Total de fotografías aéreas generadas y fotografías analizadas para identificar riesgos en dos (02) proyectos de construcción*

Proyecto n.º 01			Proyecto n.º 02		
Semanas	N.º de Fotografías analizadas	Total de fotografías	Semanas	N.º de fotografías analizadas	Total de fotografías
Semana 1	9	19	Semana 1	9	20
Semana 2	8	16	Semana 2	9	22
Semana 3	7	21	Semana 3	7	18
Semana 4	7	19	Semana 4	8	20
Semana 5	9	20	Semana 5	5	20
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>95</b>	<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>100</b>

Cada proyecto fue inspeccionado durante un período de cinco semanas, en el cual se identificaron 69 desviaciones en materia de seguridad y salud en el trabajo (actos y condiciones subestándar), las cuales podrían derivar en accidentes que afecten la integridad de los colaboradores.

Los resultados sobre la cantidad de riesgos identificados mediante el dron se presentan en la Tabla 3, donde se detalla el número de riesgos detectados y el total de fotografías aéreas generadas. Estos hallazgos evidencian la efectividad del dron como una herramienta clave en la prevención de riesgos en la construcción.

El uso del vehículo aéreo no tripulado (drone) fue fundamental para identificar riesgos en los procesos constructivos de los proyectos analizados. Gracias a esta tecnología, se generaron 195 fotografías aéreas de diversas áreas de trabajo, captadas desde una perspectiva diferente a la tradicional. De este total, solo se analizaron 78 imágenes, según lo detallado en la Tabla 1; sin embargo, esta muestra fue suficiente para identificar 231 riesgos no controlados ni detectados en los proyectos de construcción evaluados.

La materialización de estos riesgos podría ocasionar accidentes laborales, afectando tanto la integridad de los trabajadores como la continuidad del proyecto en ejecución. Estos resultados evidencian la importancia de incorporar drones en la prevención de riesgos, permitiendo una identificación más eficiente y mejorando la gestión de seguridad en el sector construcción.

En la Tabla 4 se detallan los riesgos identificados con el dron en los proyectos 1 y 2. El análisis de videos y fotografías aéreas permitió detectar riesgos operacionales críticos en distintas áreas de trabajo con mayor rapidez y precisión. Estos peligros no fueron identificados mediante inspecciones convencionales a nivel de terreno, ya que los elementos verticales y horizontales de la construcción bloqueaban la visibilidad del personal encargado de la gestión de riesgos laborales. Además, la transmisión de imágenes en tiempo real facilitó la toma de decisiones inmediatas para controlar los riesgos.

Entre los riesgos detectados con el dron, se destaca que:

- El 21 % está asociado al atrapamiento o aplastamiento de personal por material de construcción o movimiento de maquinaria pesada.
- El 16 % corresponde a la caída de objetos.
- El 14 % está relacionado con la caída a desnivel de trabajadores.
- El 10 % se debe al contacto con objetos metálicos.
- El 8 % está vinculado a caídas al mismo nivel.

Estos hallazgos refuerzan la efectividad del dron como herramienta clave en la identificación y gestión de riesgos en proyectos de construcción.

**Tabla 2**

*Inspecciones de obra utilizando el vehículo aéreo no tripulado (drone)*

Proyecto n.º 01			Proyecto n.º 02		
Semanas	Total de desviaciones / Actos y condiciones subestándar	Total de fotografías	Semanas	Total de desviaciones / actos y condiciones subestándar	Total de fotografías
Semana 1	7	19	Semana 1	7	20
Semana 2	7	16	Semana 2	8	22
Semana 3	7	21	Semana 3	7	18
Semana 4	7	19	Semana 4	7	20
Semana 5	7	20	Semana 5	5	20
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>95</b>	<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>100</b>

**Tabla 3**

*Número de riesgos identificados con el vehículo aéreo no tripulado (drone)*

Proyecto n.º 01			Proyecto n.º 02		
Semanas	N.º de riesgos identificados	Total de fotografías	Semanas	N.º de riesgos identificados	Total de fotografías
Semana 1	19	19	Semana 1	25	20
Semana 2	21	16	Semana 2	28	22
Semana 3	21	21	Semana 3	19	18
Semana 4	23	19	Semana 4	26	20
Semana 5	31	20	Semana 5	18	20
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>95</b>	<b>Total</b>	<b>116</b>	<b>100</b>

**Tabla 4***Tipificación de riesgos identificados con el vehículo aéreo no tripulado (drone)*

Ítem	Riesgos identificados con el vehículo aéreo no tripulado Proyectos n.º 01 y 02	Nº de riesgos	% tipo
1	Caída de objetos, materiales y herramientas	32	16%
2	Desplazamiento de material o rodamiento de objetos pesados	13	6%
3	Fallas o daños en las estructuras de las construcciones colindantes	6	3%
4	Atrapamiento o aplastamiento de personal por material o maquinaria	44	21%
5	Proyección de fragmentos o partículas de material de construcción	4	2%
6	Contacto con objetos metálicos o punzo cortantes	20	10%
7	Colisión de maquinaria pesada en movimiento	13	6%
8	Caída del personal a diferente nivel	28	14%
9	Instalaciones eléctricas provisionales inadecuadas	5	2%
10	Incendios por acumulación de material inflamable	5	2%
11	Caídas del personal al mismo nivel, falta de orden y limpieza	17	8%
12	Bloqueo de rutas de acceso y tránsito peatonal	8	4%
13	Deslizamiento de material inestable, corte de terreno	11	5%
14	Volcamiento de equipos o maquinaria	11	5%

### 3.2. Resultados inferenciales

Se consideró necesario determinar qué pruebas estadísticas eran las más adecuadas para procesar los resultados inferenciales. Para ello, se realizó la prueba de normalidad, tomando en cuenta la cantidad de datos a analizar. Dado que el número de datos fue menor a 50, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk.

Se estableció un nivel de significancia de 0,05 (Sig. = 0,05). En este sentido, si los resultados de la prueba de normalidad son menores a 0,05, se concluye que los datos no siguen una distribución normal. Por el contrario, si los resultados son mayores a 0,05, se considera que sí presentan una distribución normal.

Con base en los datos analizados y los resultados obtenidos, se determinó aplicar la prueba de correlación R de Pearson para aquellos datos que presentan distribución normal. Para los datos que no cumplen con esta condición, se empleará la prueba de correlación Rho de Spearman (ver Tabla 5).

#### 3.2.1. Resultados de la prueba de normalidad

Los resultados de la prueba de normalidad para el Proyecto 1 indican que el vuelo autónomo (Sig. 0,000) y las inspecciones de obra (Sig. 0,013) realizadas con el vehículo aéreo no tripulado presentan valores menores al nivel de significancia (Sig. 0,05). Esto confirma que los datos no siguen una distribución normal, por lo que se debe aplicar la prueba de correlación de Rho de Spearman.

En cambio, las vistas panorámicas (Sig. 0,054) y el número de riesgos identificados (Sig. 0,145) presentan valores mayores al nivel de significancia (Sig. 0,05), por lo que corresponde aplicar la prueba de correlación R de Pearson.

Por otro lado, los resultados de la prueba de normalidad para el proyecto 2 muestran que el vuelo autónomo (Sig.

0,000) presenta un valor menor al nivel de significancia (Sig. 0,05), lo que indica que no sigue una distribución normal y, en consecuencia, se debe emplear la prueba de correlación de Rho de Spearman.

Sin embargo, en el caso de las vistas panorámicas (Sig. 0,054), las inspecciones de obra (Sig. 0,079) y el número de riesgos identificados (Sig. 0,089), los valores son mayores al nivel de significancia (Sig. 0,05), lo que justifica la aplicación de la prueba de correlación R de Pearson.

#### 3.2.2. Resultados de las pruebas de correlación entre el vuelo autónomo del drone y la identificación de riesgos laborales

En este apartado se presentan los resultados que establecen la relación entre el vuelo autónomo del vehículo aéreo no tripulado y la identificación de riesgos laborales, mediante la aplicación de la prueba estadística de correlación de Rho de Spearman.

Para el análisis e interpretación de los resultados, se consideró un nivel de significancia de 0,05. En este sentido, si los valores obtenidos son menores a 0,05, se confirma la existencia de una relación entre el vuelo autónomo del vehículo aéreo no tripulado y la identificación de riesgos. Por el contrario, si los resultados son mayores a 0,05, se concluye que no hay una relación significativa entre ambas variables (ver Tabla 6).

Como se muestra en la Tabla 6, el Proyecto 1 registró un valor de significancia de 0,004, mientras que el Proyecto 2 obtuvo un valor de 0,000. En ambos casos, estos valores son inferiores al nivel de significancia de 0,05, lo que indica una relación entre el vuelo autónomo del vehículo aéreo no tripulado y la identificación de riesgos laborales en proyectos de construcción. Los resultados obtenidos sugieren que un mayor número de vuelos del vehículo aéreo no tripulado se asocia con una mayor cantidad de riesgos identificados.

**Tabla 5**

*Pruebas de normalidad de Shapiro Wilk*

		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
<b>Proyecto 1</b>	Vuelo autónomo (n.º de vuelos del drone)	0,559	40	0,000
	Vistas panorámicas (n.º de fotografías analizadas)	0,946	40	0,054
	Inspecciones de obra (total de desviaciones / actos y condiciones subestándar)	0,928	40	0,013
	n.º riesgos laborales identificados	0,958	40	0,145
<b>Proyecto 2</b>	Vuelo autónomo (n.º de vuelos del drone)	0,400	38	0,000
	Vistas panorámicas (n.º de fotografías analizadas)	0,943	38	0,054
	Inspecciones de obra (total de desviaciones / actos y condiciones subestándar)	0,948	38	0,079
	n.º riesgos laborales identificados	0,950	38	0,089

**Tabla 6**

*Prueba de Rho de Spearman para evaluar la relación entre el vuelo autónomo y la identificación de riesgos laborales*

		N.º Riesgos laborales identificados	
<b>Proyecto 1</b>	Vuelo autónomo (n.º de vuelos del drone)	Rho de Spearman	0,449**
		Sig. (bilateral)	0,004
		N	40
<b>Proyecto 2</b>	Vuelo autónomo (n.º de vuelos del drone)	Rho de Spearman	0,573**
		Sig. (bilateral)	0,000
		N	38

*3.2.3. Resultados de las pruebas de correlación entre las vistas panorámicas analizadas y la identificación de riesgos laborales*

En el siguiente apartado se presentan los resultados que determinan la relación entre las vistas panorámicas captadas por el vehículo aéreo no tripulado y la identificación de riesgos laborales. Para ello, se aplicó la prueba estadística de correlación R de Pearson.

El análisis e interpretación de los resultados se realizó considerando un nivel de significancia de 0,05. Si los valores obtenidos son inferiores a 0,05, se concluye que existe una relación entre las vistas panorámicas y la identificación de riesgos. En cambio, si los valores superan dicho umbral, se considera que no hay una relación significativa entre ambas variables.

Como se muestra en la Tabla 7, tanto en el Proyecto 1 como en el Proyecto 2, se obtuvieron valores de significancia (Sig.) de 0,000. Dado que estos valores son inferiores al nivel de significancia establecido (0,05), se puede concluir que existe una relación entre las vistas panorámicas captadas por el vehículo aéreo no tripulado y la identificación de riesgos laborales en proyectos de construcción.

Los resultados indican que, a mayor número de vistas panorámicas generadas por el vehículo aéreo no tripulado, mayor es la cantidad de riesgos identificados.

*3.2.4. Resultados de las pruebas de correlación entre la inspección de obra realizada por el vehículo aéreo no tripulado y la identificación de riesgos laborales*

A continuación, se presentan los resultados que determinan la relación entre la inspección de obra realizada con el vehículo aéreo no tripulado y la identificación de riesgos laborales. Para ello, se aplicó la prueba de correlación de Rho de Spearman en el Proyecto 1 y la prueba de correlación R de Pearson en el Proyecto 2.

Para el análisis e interpretación de los resultados, se consideró un nivel de significancia de 0,05. Si los valores obtenidos son menores a 0,05, se establece que existe una relación entre la inspección de obra con el vehículo aéreo no tripulado y la identificación de riesgos laborales. Por el contrario, si los valores son superiores a 0,05, se concluye que no hay una relación significativa entre ambas variables.

Como se muestra en la Tabla 8, los valores de significancia obtenidos para los proyectos 1 y 2 fueron de 0,007 y 0,003, respectivamente. Dado que ambos son inferiores al nivel de significancia de 0,05, se puede concluir que existe una relación entre la inspección de obra realizada con el vehículo aéreo no tripulado y la identificación de riesgos laborales en proyectos de construcción.

Los resultados indican que, a mayor número de inspecciones de obra realizadas con el vehículo aéreo no tripulado, mayor es la cantidad de riesgos identificados.

**Tabla 7***Prueba de R de Pearson para evaluar la relación entre las vistas panorámicas y la identificación de riesgos laborales*

			N.º Riesgos laborales identificados
<b>Proyecto 1</b>	Vistas panorámicas (n.º de fotografías analizadas)	R de Pearson	0,890**
		Sig. (bilateral)	0,000
		N	40
<b>Proyecto 2</b>	Vistas panorámicas (n.º de fotografías analizadas)	R de Pearson	0,961**
		Sig. (bilateral)	0,000
		N	38

**Tabla 8***Prueba de Rho de Spearman y R de Pearson para evaluar la relación entre la inspección de obra realizada por el drone y la identificación de riesgos laborales*

			N.º Riesgos laborales identificados
<b>Proyecto 1</b>	Inspecciones de obra (total de desviaciones / actos y condiciones subestándar)	Rho de Spearman	0,418**
		Sig. (bilateral)	0,007
		N	40
<b>Proyecto 2</b>	Inspecciones de obra (total de desviaciones / actos y condiciones subestándar)	R de Pearson	0,462**
		Sig. (bilateral)	0,003
		N	38

## IV. DISCUSIÓN

La discusión de los resultados evidencia la relación entre el uso del vehículo aéreo no tripulado (drone) y la identificación de riesgos en los procesos constructivos. Esta correlación se respalda con las pruebas estadísticas realizadas, las cuales confirman que el vuelo autónomo, las vistas panorámicas y las inspecciones de campo desempeñan un papel fundamental en la identificación de riesgos laborales en proyectos de construcción.

En consonancia con los estudios de Campo et ál. (2020), Adames (2020) y Barajas (2021), los hallazgos de esta investigación refuerzan la importancia y pertinencia del uso del drone en las distintas fases de un proyecto de construcción para identificar riesgos laborales de manera oportuna y precisa. Su implementación permite evaluar y analizar diversas áreas de trabajo en tiempos reducidos y desde una perspectiva diferente a la inspección rutinaria realizada a nivel de piso por el personal encargado de la obra.

Asimismo, este estudio ha demostrado la efectividad del drone en la realización de inspecciones de campo en proyectos de construcción. Su capacidad para recopilar datos de distintas áreas de trabajo en tiempos cortos y con alta precisión ha sido clave. Además, su alcance para cubrir grandes extensiones de terreno ha permitido generar videos y fotografías aéreas de alta resolución, facilitando la identificación de desviaciones (actos y condiciones subestándar) y diversos riesgos laborales en distintas zonas de trabajo.

Estos resultados coinciden con los planteamientos de Sansón (2019), quien sostiene que, en las últimas décadas, los vehículos aéreos no tripulados han adquirido una

relevancia significativa en los proyectos de construcción. Su aplicación en el sector ha permitido optimizar el monitoreo de diversos aspectos técnicos, tales como el seguimiento y control de proyectos, la gestión de obras, la topografía de la construcción, la seguridad laboral, la inspección y verificación de estructuras, la medición de volúmenes de material y el modelado 3D para la detección de incompatibilidades.

## V. CONCLUSIONES

El uso de vehículos aéreos no tripulados (drones) para el seguimiento de los procesos constructivos no solo impulsará el avance de la investigación científica, sino que también abrirá nuevas oportunidades para mejorar la eficiencia y seguridad en el sector de la construcción y la prevención de riesgos laborales en el contexto peruano. La aplicación de estos equipos fortalecerá la gestión preventiva, permitiendo obtener información en tiempo real, de manera rápida, precisa y desde una perspectiva aérea privilegiada.

El análisis estadístico confirmó la existencia de una correlación positiva moderada a considerable entre el vuelo autónomo del vehículo aéreo no tripulado y la identificación de riesgos laborales en proyectos de construcción. Esto se sustenta en los valores de los coeficientes obtenidos: 0,449 para el Proyecto 1 y 0,573 para el Proyecto 2. Estos resultados indican que, a medida que aumenta el número de vuelos del drone, también se incrementa la identificación de riesgos laborales.

Asimismo, se evidenció una correlación positiva muy fuerte a casi perfecta entre las vistas panorámicas generadas por el drone y la identificación de riesgos laborales en proyectos de construcción. Los coeficientes obtenidos fueron de 0,890 para el proyecto 1 y 0,961 para el Proyecto 2, lo

que demuestra que a mayor cantidad de vistas panorámicas capturadas, mayor es la identificación de riesgos en las obras.

Por último, se determinó una correlación positiva moderada entre las inspecciones de obra realizadas con el dron y la identificación de riesgos en proyectos de construcción. Los coeficientes de correlación obtenidos fueron de 0,418 para el Proyecto 1 y 0,462 para el Proyecto 2. Estos valores indican que, a medida que se incrementa el número de inspecciones de obra mediante vehículos aéreos no tripulados, también aumenta la identificación de riesgos laborales en los procesos constructivos.

## REFERENCIAS

- Adames Cepeda, J. L. (2020). Utilización de sistemas aéreos no tripulados (UAS) en el sector de la construcción. Tesis. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/341623>
- Barajas Hernández, J. (2021). Aplicaciones de los drones en la industria de la construcción. *NEXTIA*, 6, 5-16. <https://revistas.uvp.mx/index.php/nextia/article/view/65/68>
- Bastos Costa, D., Irizarry, J., Sampaio Álvares, J., & Santos de Melo, R. (2017). Applicability of unmanned aerial system (UAS) for safety inspection on construction sites. *Safety Science*, 98, 174-185. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.06.008>
- Campo Tapia, G. A., Moreno Muñetón, E., Nevito Sánchez, L., & Ramírez Gutiérrez, D. (2020). *Uso de drones para prevenir accidentes de trabajo en trabajadores de la Gobernación de Antioquia*. <https://hdl.handle.net/20.500.12962/724>
- Chica Villalba, D. E. (2021). *Evaluación tecnológica de vehículo aéreo no tripulado (dron) para el control de riesgos laborales en la construcción de un túnel en la ciudad de Cariamanga - Ecuador*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/58944>
- Decreto Supremo n.º 005-2012-TR. Reglamento de la Ley n.º 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (25 de abril de 2012). <https://diariooficial.elperuano.pe/Normas/obtenerDocumento?idNorma=38>
- Shi Zhou, M. (2018). Aplicaciones de sistemas aéreos no tripulados en la construcción: una revisión sistemática. *emerald insight*, 18(4), 453-468. <https://doi.org/10.1108/CI-02-2018-0010>
- Sansón, J. (2019). El uso de drones en la industria de la construcción conduce a la integración en el plan de estudios actual de tecnología de ingeniería civil y de la construcción. *Documento presentado en 2019 CIEC (pág. 5)*. Nueva Orleans, LA: ASEE PEER. <https://peer.asee.org/31517>
- Solórzano Bákit, M. C., Porras Bolaños, E., Jiménez Jiménez, J., & Méndez Flores, M. (2020). Drones y tecnología como elementos claves en la gestión de procesos constructivos: una revisión de literatura. *Technology Inside*, 6, 1-15. <https://cpic-sistemas.or.cr/revista/index.php/technology-inside/article/view/64>
- Solorzano Plaza, H. A. (2022). Prevención de riesgos laborales eléctricos a través de un dron termográfico inteligente para CNEL-Esmeraldas. *Sapienza: Revista Internacional de Estudios Interdisciplinarios*, 3, 1282-1336. <https://journals.sapienzaeditorial.com/index.php/SIJIS/article/view/372>

## Contribución de autoría

Conceptualización: Ronald Antonio Julca Alcantara; Curación de datos: Lucila Del Carmen Vallejo Romo; Análisis formal: Ronald Antonio Julca Alcantara; Adquisición de fondos: Ronald Antonio Julca Alcantara; Investigación: Ronald Antonio Julca Alcantara; Metodología: Lucila Del Carmen Vallejo Romo, Ronald Antonio Julca Alcantara; Administración del proyecto: Ronald Antonio Julca Alcantara; Recursos: Ronald Antonio Julca Alcantara; Software: Ronald Antonio Julca Alcantara; Supervisión: Lucila Del Carmen Vallejo Romo; Validación: Lucila Del Carmen Vallejo Romo; Visualización: Lucila Del Carmen Vallejo Romo, Ronald Antonio Julca Alcantara; Redacción - borrador original: Ronald Antonio Julca Alcantara; Redacción - revisión y edición: Ronald Antonio Julca Alcantara

## Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses