

NOMBRE DE LA ACTIVIDAD: HERRAMIENTAS DIGITALES PARA LA EVALUACIÓN DE PATOLOGIAS EN FACHADAS DE LADRILLO: AVANCES Y RETOS.

CURSO: Patología de la Edificación.

DOCENTE: Andrés Fernando Urrego Higueta

PROGRAMA: Construcciones Civiles.

OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD: Divulgación de la investigación titulada “Tecnologías Digitales en los Procesos de Diagnostico Patológico en Fachadas de Ladrillo”, de los estudios de maestría realizados en los años 2023-2024.

PRODUCTOS A DIVULGAR: Presentación con la divulgación de los resultados de los estudios de maestría realizados.

PROCESO: Investigación – SITEC.



XXV SEMANA DE LA FACULTAD DE Arquitectura e Ingeniería



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA®



HERRAMIENTAS DIGITALES PARA LA EVALUACIÓN DE PATOLOGIAS EN FACHADAS DE LADRILLO: AVANCES Y RETOS

Andrés Fernando Urrego Higueta

Especialista en Patología de la Edificación
Candidato a Magister en Construcción

Presentación de resultados, de la investigación titulada “Tecnologías Digitales en los Procesos de Diagnostico Patológico en Fachadas de Ladrillo”, de los estudios de maestría realizados en los años 2023-2024.

Director de Tesis:
A.C. Carlos Andrés Rúa Machado, MBA, PMP®

Medellín – Colombia
2025

Innovación digital en el análisis de patologías en fachadas de ladrillo.

- Las tecnologías en la construcción 4.0 **facilitan la integración de herramientas y la automatización de procesos a través de la digitalización de datos**, generando un cambio significativo en cómo se despliegan las metodologías digitales en el sector.
- La adopción de estas tecnologías **optimiza la gestión de datos y transforma los procesos, mejorando la eficiencia, precisión y adaptabilidad**. Esto impulsa un sector más inteligente y conectado, con el potencial de redefinir los estándares futuros.



Innovación digital en el análisis de patologías en fachadas de ladrillo.



- Incorporar tecnologías avanzadas como cámaras térmicas infrarrojas, fotogrametría, escáneres láser y drones **permite obtener información patológica de manera rápida, precisa y segura.** Estas tecnologías facilitan la digitalización de datos y su integración con metodologías BIM para una gestión completa de los procesos patológicos.

Matriz Metodológica

Preguntas	Objetivos	Hipótesis	Conceptos	Categorías	Variables
<p>Pregunta general</p> <p>¿Qué variables del proceso de diagnóstico están siendo impactadas por el uso de tecnologías 4.0?</p> <p>¿Cómo mejora el uso de tecnologías digitales los procesos de diagnóstico patológico en edificaciones con fachadas en ladrillo?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Diseñar un proceso configurado para el diagnóstico patológico de edificaciones con fachadas en ladrillo empleando medios basados en tecnología.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La aplicación de tecnologías avanzadas en la inspección de edificaciones mejorará la precisión de los diagnósticos patológicos. No obstante, su pertinencia dependerá críticamente de un proceso eficiente y configuración adecuada de datos respecto de los medios para lograr intervenciones más efectivas desde perspectivas técnica, económica y social.</p>	<p>Uso de tecnologías</p>	<p>Tratamiento de imágenes de lesiones en fachadas de ladrillo</p>	<p>Procesamiento de información de captura de imágenes</p>
<p>Preguntas específicas</p> <p>¿Qué tipo de tecnologías se pueden implementar en los diagnósticos patológicos en las etapas de inspección, descripción y análisis de daños en sistemas de fachadas?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>Identificar tecnologías emergentes aplicables al diagnóstico patológico mediante el uso de sistemas digitales 4.0.</p>		<p>Patología de materiales de construcción</p>	<p>Patología de ladrillos en arcillas</p>	<p>Daños y lesiones sistemas de mampostería en ladrillo</p>
<p>¿Cómo determinar el método tecnológico más eficaz para diagnosticar patologías en fachadas de ladrillo, considerando la tipología de lesiones?</p> <p>¿Cuál sería la metodología más apropiada para lograr un proceso de diagnóstico patológico eficaz en la inspección de fachadas en ladrillo?</p>	<p>Asociar criterios de evaluación patológica en fachadas en ladrillo con tecnologías digitales aplicables a su diagnóstico.</p> <p>Establecer un proceso de inspección que integre tecnologías digitales en una edificación con fachada en ladrillo en la ciudad de Medellín.</p>		<p>Metodologías de Inspección patológica</p>	<p>Protocolos tecnológicos</p>	<p>Procesos configurados con tecnologías</p>

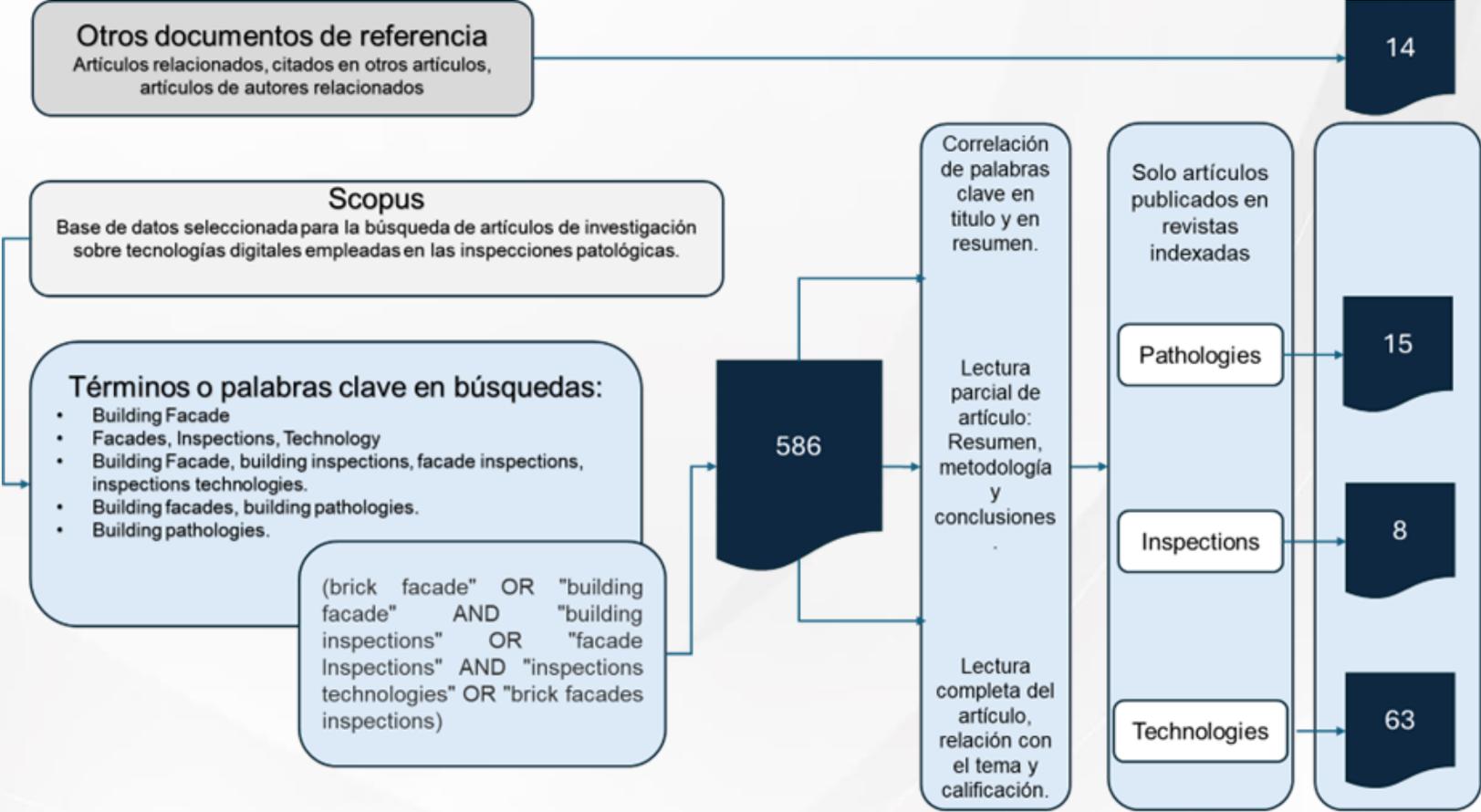
Matriz Metodológica

Diseño	Método	Enfoque	Población	Muestra o muestreo	Técnicas de recolección de datos	Instrumento	Técnicas de procesamiento de datos	Herramientas para el procesamiento de datos	Lugar
No experimental, transversal	Descriptivo y propositivo	Cualitativo	Encuesta: Direccionada a empresas y profesionales dedicadas a los estudios y diagnósticos patológicos en las principales ciudades de Colombia. Método Delphi: Selección de 10 a 15 expertos. Respuestas a preguntas específicas sacadas de los artículos.	Muestreo no probabilístico	Encuesta, método Delphi	<p>Cuestionario con preguntas cerradas: 25 preguntas, expertos: 10 preguntas</p> <p>Metodología SLR (Systematic Literature Review)</p> <p>Artículos científicos y metodologías de inspección / Fichas patológicas - Fichas Tecnológicas, encuestas</p> <p>Protocolos de Tecnología / Diagramas de Flujo</p>	Estadística descriptiva	Formularios de Google, herramientas ofimáticas: Excel	Colombia

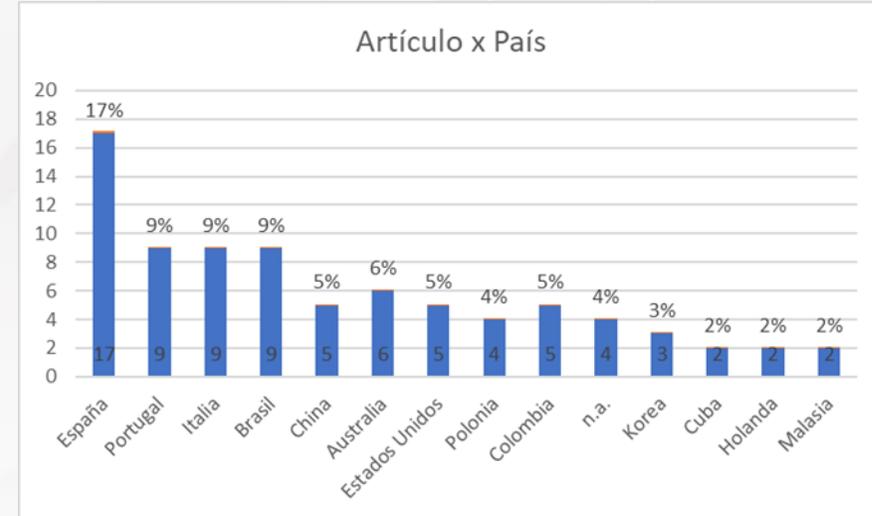
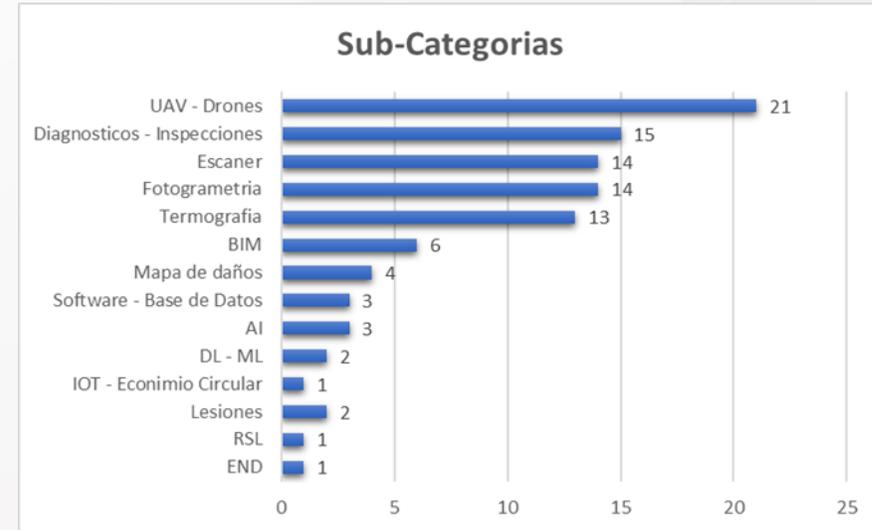
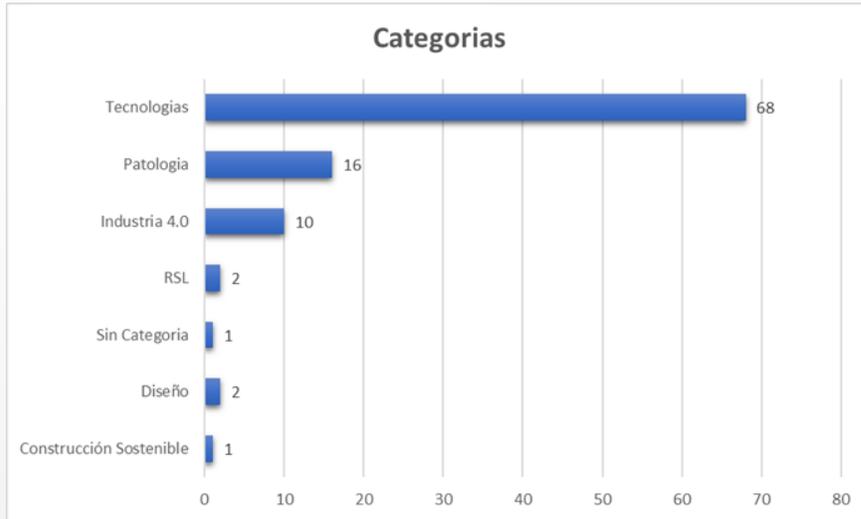
Metodología Aplicada

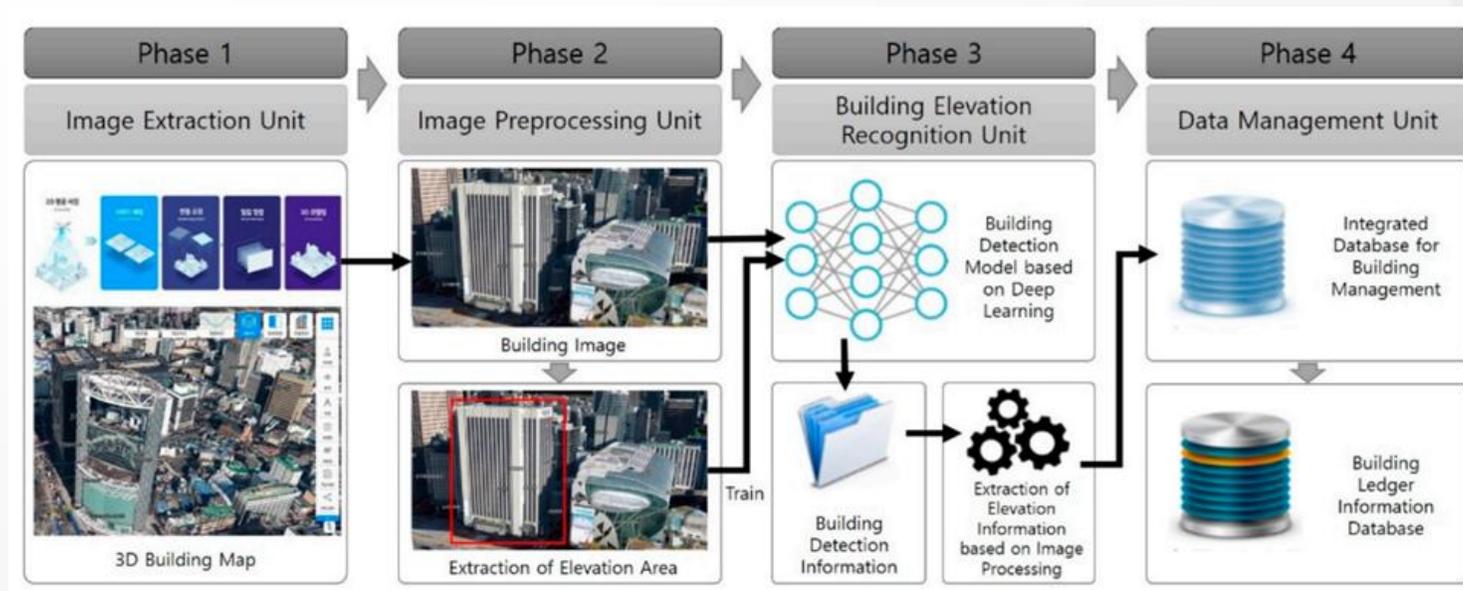


Objetivo 1: Revisión Sistemática de Literatura

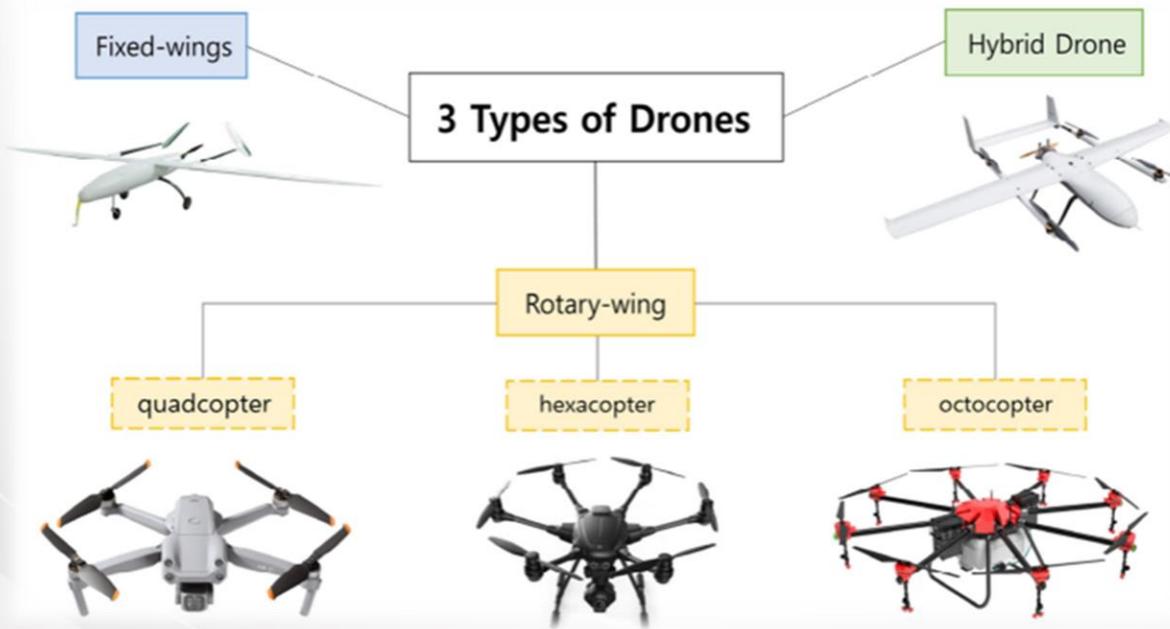


Análisis de Literatura





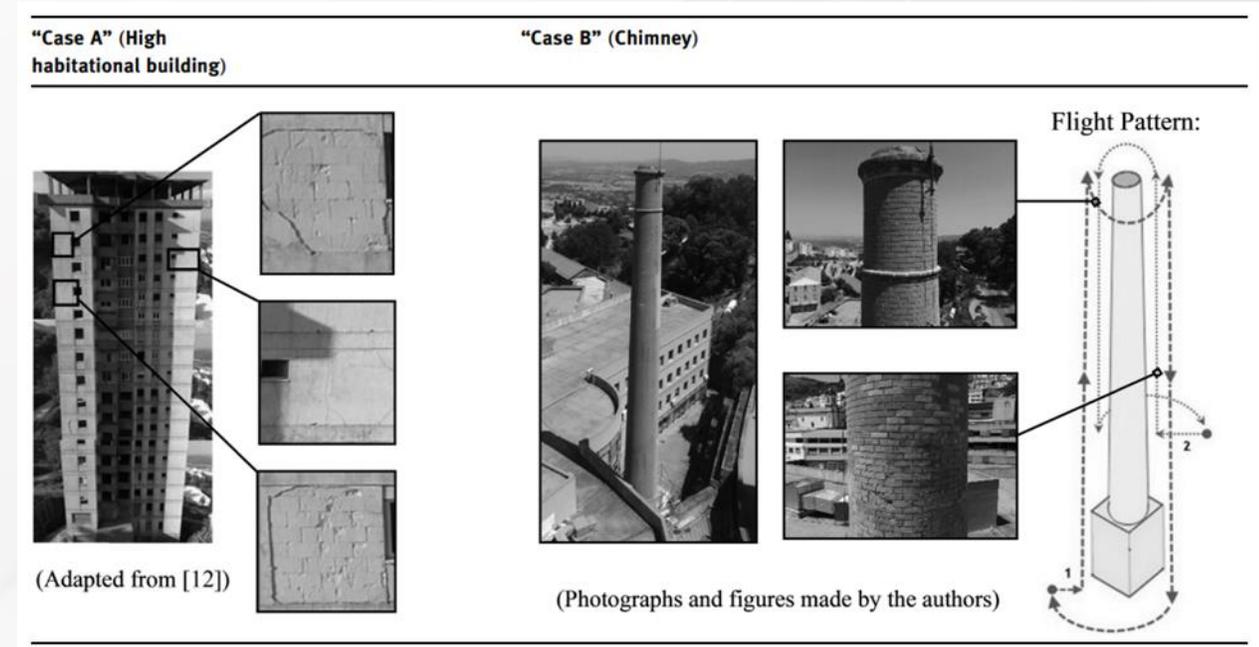
Inicialmente, se halló un estudio sobre la tecnología 3D, realizado en el año 2022, el cual tuvo como **objetivo hacer una detección de las fachadas y ventanas de edificios mediante mapas 3D; dicho estudio arrojó una precisión del 93% en las fachas y del 91% en las ventanas**; en función a las ventanas el porcentaje de efectividad fue menor debido a la falta de claridad en los límites de estas, aclarando que fueron poco precisos. A pesar de ello, el estudio **generó propuestas relevantes para la utilización de metodologías como estas en la recopilación automática de información de las fachadas, lo que generaría un ahorro de tiempo y recursos** a nivel nacional en Seúl Corea. Dicha información, afirman que podría añadirse a las bases de datos públicas y contribuir al desarrollo de la arquitectura urbana (Shon et al., 2022).



En el año 2023, **se realizó un estudio en el cual se hizo uso de este tipo de aparatos en las fases de diseño, construcción y mantenimiento**; esta investigación hace un análisis de diferentes tipos de drones con variedad de cámaras cuyas resoluciones y capacidades de mapeo varían y **permitieron realizar levantamientos topográficos precisos**. En la fase de construcción, estos se hicieron **indispensables para la supervisión del progreso de los proyectos y las inspecciones**, aumentando el área de seguridad; para el tema del mantenimiento **permitió realizar inspecciones de rutina que detectaron daños eficientemente**. Se concluye, por ende, que este sistema de drones transformó el sector constructor y se espera de ellos que jueguen un papel clave en la evolución (Choi et al., 2023).

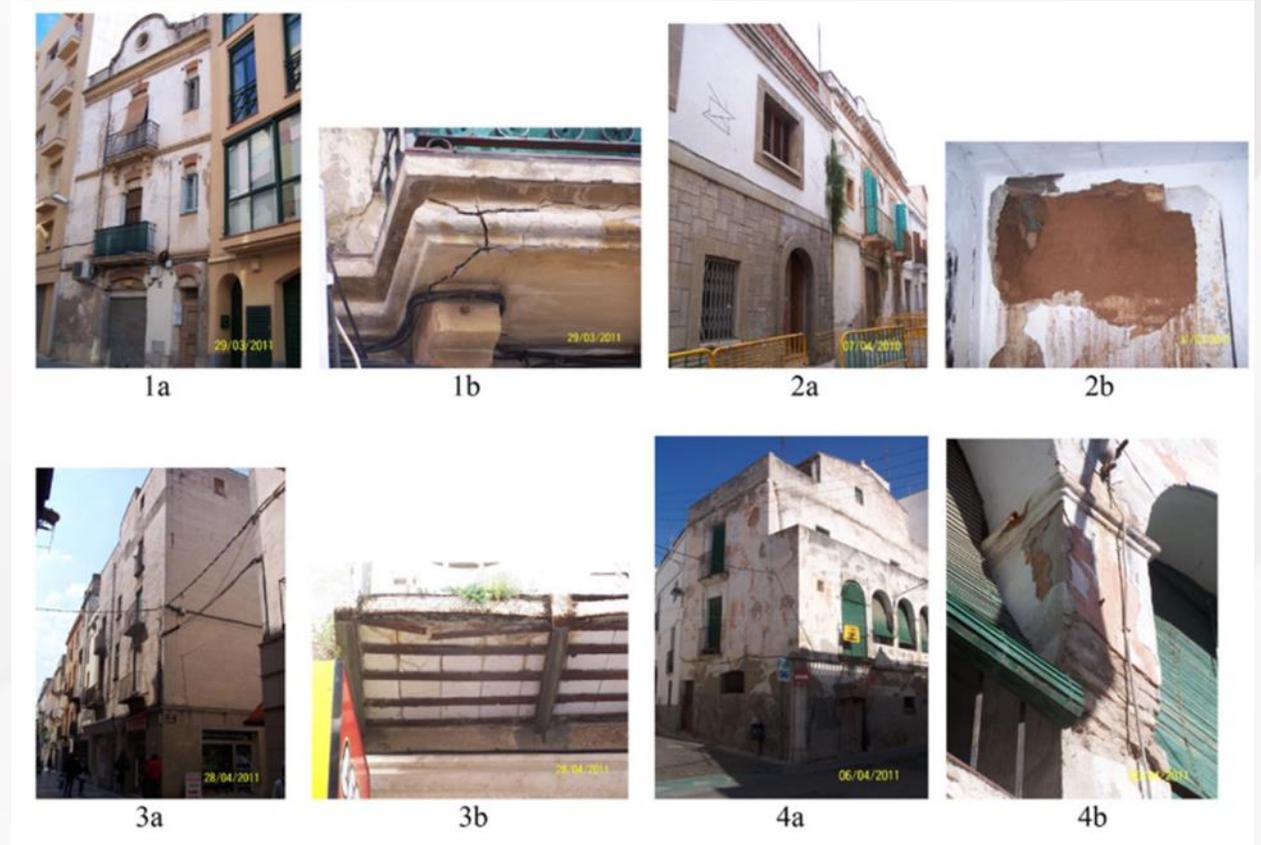
Revisión de Literatura

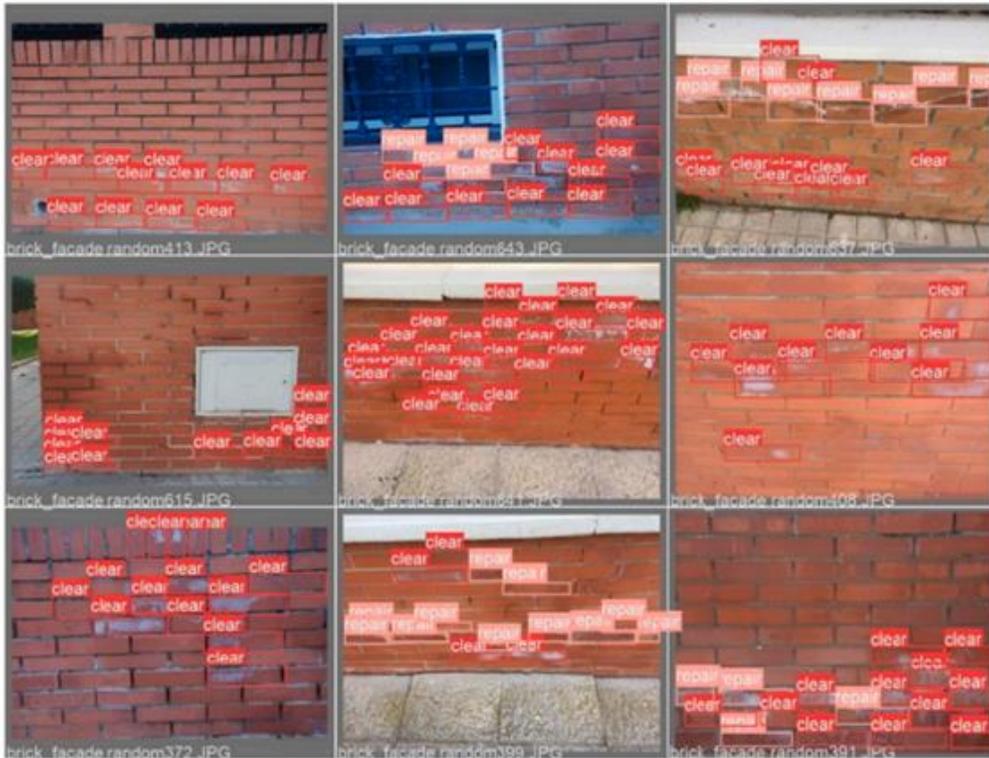
Así mismo, para el año 2021, se realizó una investigación que explora **el uso de drones con cámaras HD para genera inspección de fachadas de edificios residenciales y chimeneas**. Para ello, se realizaron pruebas de campo a zonas de difícil acceso demostrando sus capacidades y evidenciando reducción de costos, de riesgos y la mejora en la calidad de los resultados obtenidos que detentan **defectos que no son sencillos de detectar a simple vista**. Con lo anterior, se concluyó que los drones son una **herramienta útil en los procesos de inspección y monitoreo de la condición de las estructuras** y permitiendo que los planes de mantenimiento estén actualizados (Furtado et al., 2021).



Revisión de Literatura

En el año 2019, se presentó el Sistema de Evaluación de Fachadas (SEF), **diseñado para hacer una reducción en las variables que tienen los técnicos para la evaluación de los daños en dichas superficies**. Para ello, este método se dividió en dos secciones: una **parte grafica donde se analizaron las fachadas y sus daños materiales existentes**; y la segunda, a nivel número donde **se calcularon indicadores medibles de impacto en los elementos caídos y su probabilidad de desprendimiento**. Esto se hizo aplicable a 7 edificios en total donde se encontraron coincidencias con los métodos mencionados, pero con menos variabilidad. **Hacen énfasis en que esta metodología diseñada se puede utilizar en otros elementos de construcción o infraestructura** (Ruíz et al., 2019).





También para el 2023, se realizó otra investigación cuyo objetivo era **abordar la automatización de procesos de diagnóstico y clasificación de intervenciones en fachadas de ladrillo expuestas a afectaciones por eflorescencias**. Para ello, se hizo uso de 765 fachadas; los resultados obtenidos en el proceso **arrojaron una alta precisión en la clasificación de ladrillos altamente degradados**. Dicho modelo **permite la creación de mapas para intervenir la localización de daños y la cuantificación de las reparaciones a nivel económico**, lo cual, hace de esta tecnología importante para automatizar la creación de mapas en tiempo real (Marín et al., 2023).

Objetivo 2: Asociación de Variables



Factores Ambientales



Fichas Patológicas



Fichas Tecnológicas

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Matriz de Asociación



Objetivo 2: Asociación de Variables

Factores Ambientales

Temperatura

Según Ochoa (2020), **la temperatura es una medida de la cantidad de calor que hay en una sustancia o espacio, en este caso el aire, y esta se expresa a través de grados Celsius o Fahrenheit** según el país.

La temperatura es producida por la radiación generada por el sol, la hora del día, las estaciones y la ubicación geográfica; otros agentes que pueden afectar la temperatura pueden ser las alteraciones atmosféricas, el clima y las condiciones ambientales (González et al., 2019).

Este agente contribuye a la formación de patologías ya que puede cambiar bruscamente y generar contracción o expansión de los materiales utilizados en las fachadas de las edificaciones; lo anterior, como fenómeno ocasiona la formación de fisuras en las superficies. Ahora bien, cuando esta se presenta elevadamente puede ocasionar hongos y en bajas temperaturas producir la acumulación de agua, es decir, humedades (López et al., 2019).

Objetivo 2: Asociación de Variables

Factores Ambientales

Humedad relativa

La humedad relativa se define de acuerdo con la cantidad de vapor de agua que se encuentre en el aire en comparación con la cantidad de aire máxima que podría contenerse en cierta temperatura (Hernández, 2021).

Esta, se produce cuando en el aire hay vapor de agua y se ve influida por la temperatura y cantidad de dicho vapor, siendo más alta en climas cálidos o en zonas que estén más cercanas al agua (Ochoa, 2020). **Lo anterior, puede contribuir a la formación de patologías debido a que la humedad relativa aporta directamente a la formación de hongos, debilitando los materiales, formando fisuras o desprendimientos.**

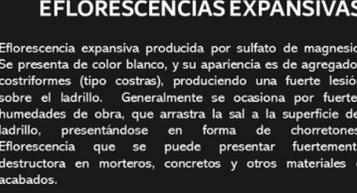
Objetivo 2: Asociación de Variables

Fichas Patológicas

Edificio - Medellín	Título: LESIONES EN FACHADAS DE LADRILLO	01
	Capítulo: EFLORESCENCIAS	

	CRIFTOEFLORESCENCIAS Es cristalización de sales dentro de la red capilar. Si bien las eflorescencias podrían no pasar de ser no más efecto que una lesión estética temporal, en general cuando estas sales se precipitan o se cristalizan dentro de los poros de los materiales y no en la superficie exterior, se presenta un alto potencial de degradación o desintegración de los materiales. Se dan por el aporte excesivo de sales en la cocción y por un secado demasiado rápido durante la confección del ladrillo o cuando existe una barrera al paso de agua líquida, como cuando la cara exterior de evaporación tiene un hidrófugo (Rojas E, 205 C.E., p. 283).
---	--

	EFLORESCENCIAS Se refieren a la presencia no deseada de compuestos que afectan el desempeño de un componente de la obra y que se precipitan como consecuencia de la evaporación del agua que transporta sustancias en solución; por el transporte acuoso de sustancias de tamaño micrométrico, coloidal o nanoparticulas en suspensión, o porque son compuestos viscosos. Estas sustancias son visibles en la superficie y cuando se depositan en su interior se denominan criptoeflorescencias. Tienen la forma de cristales amorfos o su combinación. Suelen verse de color blanco, aunque tienen otros colores. (Arango L, 2023a, p. 187)
--	--

	EFLORESCENCIAS EXPANSIVAS Eflorescencia expansiva producida por sulfato de magnesio. Se presenta de color blanco, y su apariencia es de agregados costrosos (tipo costras), produciendo una fuerte lesión sobre el ladrillo. Generalmente se ocasiona por fuertes humedades de obra, que arrastra la sal a la superficie del ladrillo, presentándose en forma de churretones. Eflorescencia que se puede presentar fuertemente destructora en morteros, concretos y otros materiales o acabados.
---	--

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN

02	Edificio - Medellín	Fecha: SEPT-2024
-----------	----------------------------	----------------------------

	EROSIÓN Es el desgaste por pérdida o transformación superficial de un material; su origen puede ser físico o mecánico. El físico es producto de la pérdida del material superficial en un componente, elemento o unidad constructiva provocado por acciones físicas de los agentes atmosféricos como son la succión de agua lluvia, procesos de mojado – secado, dilataciones por heladas que rompen las láminas superficiales del material. El mecánico es producto de la pérdida superficial del material debido a esfuerzos mecánicos sobre ellos. Afectan, sobre todo, superficies expuestas a rozamiento y punzonamiento de manera continua. Además del efecto del viento con partículas contenidas en el.
---	--

	METEORIZACIÓN Consiste en la desintegración física de un material como consecuencia de procesos químicos y físicos que ocurren a la masa que lo constituye. La meteorización al igual que todas las patologías se van presentando en diferente grado de acuerdo con el nivel de afectación de las piezas; puede comenzar leve e ir avanzando a medio hasta convertirse en alto, produciendo finalmente la desintegración de la pieza o piezas implicadas en el proceso. Su manifestación de acuerdo con el grado de afectación puede empezar por mera pérdida del esmalte o capa exterior de las piezas, volviéndose opacas, más porosas y aumentando la permeabilidad. Posteriormente pueden presentar descascaramientos o desconchamientos, produciendo cada día un daño mayor hacia el interior del ladrillo, hasta ocasionarle su desintegración total. La mayoría de estos procesos están fuertemente asociados con la presencia y acción del agua.
---	--

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN

03	Edificio - Medellín	
-----------	----------------------------	--

	SUCIEDADES Es el depósito de partículas en suspensión sobre la superficie de las fachadas, en algunos casos puede incluso llegar a penetrar en los poros superficiales de dichas fachadas. Se pueden distinguir 2 tipos: <ul style="list-style-type: none">• Por depósito: Es el producido por la simple acción de la gravedad sobre las partículas en suspensión en la atmosfera.• Por lavado diferencial: Es el producido por partículas ensuciantes que penetran el poro superficial del material por acción del agua lluvia y que produce los churretones que se ven habitualmente en las fachadas urbanas (Casas L, 2019, p 126)
---	---

	OTRAS MANCHAS Se pueden presentar manchas por el cemento, sus aditivos empleados, y los productos con los cuales se hizo el lavado. El cemento puede fijarse en la cara de los ladrillos por reacción puzolánica con los álcalis del cemento. Puede ocurrir en gres o ladrillos bien cocidos. Por eso se recomienda una limpieza muy buena en el momento de la pega y usar aditivos encapsulantes junto con el ácido nítrico de lavado. (Rojas E, 205 C.E., p. 284). Otras manchas generadas por excrementos de los animales (pájaros y murciélagos), por salpique, por microorganismos
---	--

	DECOLORACIÓN Y MANCHADO Acción y efecto de quitar o amortiguar el color de una superficie, como consecuencia de la meteorización, la presencia de eflorescencias, los ciclos de asoleamiento, los ciclos de humedad y secado, la acumulación de polvo, el lavado por lluvia, entre otros.
---	---

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN

Objetivo 2: Asociación de Variables

Fichas Tecnológicas

MAVIC 2 PRO



Aeronave

- Peso de despegue: 907 g (Mavic 2 Pro) 905 g (Mavic 2 Zoom)
- Dimensiones: 322x242x84 mm (largo x ancho x alto)
- Distancia diagonal: 354 mm
- Velocidad máx. en ascenso: 5 m/s (modo S), 4 m/s (modo P)
- Velocidad máxima (cerca del nivel del mar, sin viento): 72 km/h (modo S)
- Altura máx. de servicio sobre el nivel del mar: 6000 m.
- Tiempo máx. de vuelo (sin viento): 31 minutos (a una velocidad constante de 25 km/h).
- Tiempo máx. en vuelo estacionario (sin viento): 29 minutos
- Distancia máx. de vuelo (sin viento): 18 km (a una velocidad constante de 50 km/h).
- Resistencia al viento máx.: 29 – 38 km/h.
- Ángulo de inclinación máx.: 35° (Modo S, con control remoto) 25° (Modo P).
- Velocidad angular máx.: 200°/s
- Rango de temperatura de funcionamiento: -10°C – 40°C
- Coordenadas: GPS + GLONASS.

Cámara

Sensor: 1" CMOS. Píxeles efectivos: 20 millones

Objetivo: FOV: 77°. Formato equivalente a 35 mm. Apertura: f/2.8 – f/11.

Distancia de enfoque: 1 m a ∞

Rango ISO: Vídeo: 100 – 6400 (automático). Foto: 100 – 3200 (auto). 100 – 12 800 (manual).

Velocidad de obturación: Obturador electrónico: 8 – 1/8000s.

Tamaño de fotografía: 5472x3648.

Modos de fotografía: Disparo único. Disparo en ráfaga: 3/5 fotogramas. Exposición automática en horquilla (AEB), 3/5 horquillas de exposición a 0.7 EV bias. Intervalo: (JPEG: 2/3/5/7/10/15/20/30/60s RAW: 5/7/10/15/20/30/60s).

Resolución de vídeo: 4K: 3840x2160 24/25/30p 2.7K: 2688x1512 24/25/30/48/50/60p

FHD: 1920x1080 24/25/30/48/50/60/120p

Tasa de bits máx. de almacenamiento de vídeo: 100 Mbps

Modo de color: D-Log-M (10 bits), permite vídeo en HDR (HLG 10 bits)

Sistemas de archivo compatibles: FAT32 (≤ 32 GB). exFAT (> 32 GB)

Formatos de fotografía: JPEG / DNG (RAW)

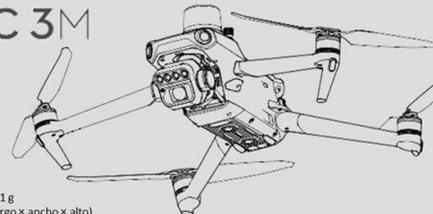
Formatos de vídeo: MP4 / MOV (MPEG-4 AVC/H.264, HEVC/H.265)

Aplicaciones

El Mavic Pro es útil para realizar inspecciones aéreas de infraestructuras como puentes, edificios, torres de telecomunicaciones, y más. Su cámara de alta calidad y estabilidad de vuelo permite capturar imágenes detalladas para inspeccionar áreas de difícil acceso.

FICHAS TÉCNICAS DRONES _____ Andrés Fernando Urrego Higueta

MAVIC 3M



Aeronave

- Peso neto (con hélices y módulo RTK) 951 g
- Dimensiones: 347.5 x 283 x 139.6 mm (largo x ancho x alto)
- Drone compacto, plegable, con cámara fija incluida Mavic 3M
- Doble cámara en una, Multiespectral y RGB (visual)
- Cámara Multiespectral de 5 megapíxeles cada color
- 4 sensores Verde (G), Rojo (R), Borde Rojo (RE) e Infrarrojo Cercano (NIR)
- Cámara RGB Visual de 20 megapíxeles, sensor CMOS 4/3
- Sensor de luz
- Distancia focal multiespectral 4.34mm
- Sistema anticollisión omnidireccional 360 grados para evitar obstáculos
- Alcance máximo de vuelo 15 kilómetros
- Posicionamiento RTK para precisión centimétrica
- Cobertura máxima de 200 hectáreas por vuelo
- Velocidad de obturación máxima 1/2000s
- Puede tomar fotografías en un intervalo de 0.7 segundos
- Control de vuelo, cámara y Módulo RTK se sincronizan en micro segundos
- Tiempo de vuelo máximo de 43 minutos
- Carga rápida

Aplicaciones

- Monitoreo de la Salud de Materiales y Estructuras
- Detección de humedades y filtraciones
- Monitoreo de movimientos del terreno
- Verificación de nivelación y compactación
- Monitoreo de Obras de Construcción en Tiempo Real
- Gestión de Vegetación y Paisajismo en Sitios de Construcción
- Monitoreo de vegetación circundante
- Planificación de la eliminación de vegetación
- Control de Calidad en la Construcción de Carreteras y Pavimentos
- Estudio de la Temperatura Superficial
- Evaluación de eficiencia energética.
- Evaluación de la Erosión y del Agua en el Terreno
- Análisis de Cambios en el Terreno Durante el Proyecto

Cámara

Cámara RGB Visual: 20 megapíxeles

Sensor CMOS 4/3

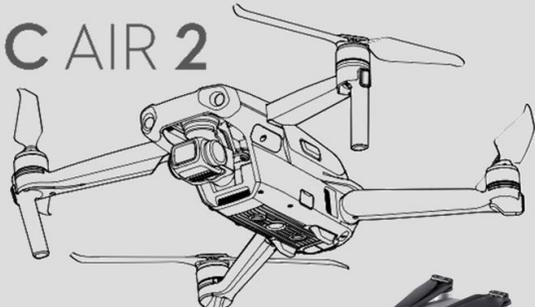
1/2000s Velocidad de obturación mecánica más rápida

Permite tomar fotografías con un intervalo de 0.7 segundos

Cámara Multiespectral 4 x 5MP G/R/RE/NIR

FICHAS TÉCNICAS DRONES _____ Andrés Fernando Urrego Higueta

MAVIC AIR 2



Aeronave

- Peso: 570 gramos
- Velocidad máxima sin viento: 68 km/h
- Autonomía de vuelo: 34 minutos
- Máxima altura sobre el nivel del mar: 5000 metros
- Velocidad de viento: hasta 37 km/h
- Resolución de imágenes: 12/48MP (máxima 8000x6000)
- Resolución de vídeo: 4K Ultra HD (3840x2160)
- Sensor de imagen: 1/2"
- Gimbal de cámara: de 3 ejes
- Rango de transmisión: hasta 10 km

Cámara

La cámara con un sensor de 1" y 20Mpx por el tamaño que tiene y puede realizar grabaciones en 4K a 60fps. La cámara está estabilizada en los 3 ejes y su carcasa será de plástico.

Aplicaciones

Generación de mapas 2D y modelos 3D: El Mavic Air 2 es compatible con aplicaciones de mapeo aéreo y fotogrametría, como Pix4D o DroneDeploy, que permiten realizar mapas topográficos y modelos 3D del terreno. Estos mapas pueden ser útiles para la planificación y monitoreo de proyectos de construcción, especialmente en fases iniciales o para el seguimiento de cambios en el terreno. Captura imágenes en alta resolución, Al ser capaz de tomar fotos en 48 MP, el Mavic Air 2 permite obtener imágenes con gran detalle que se pueden usar para realizar análisis más precisos del sitio y ayudar a la toma de decisiones.

FICHAS TÉCNICAS DRONES _____ Andrés Fernando Urrego Higueta

Objetivo 2: Asociación de Variables

Matriz de Asociación

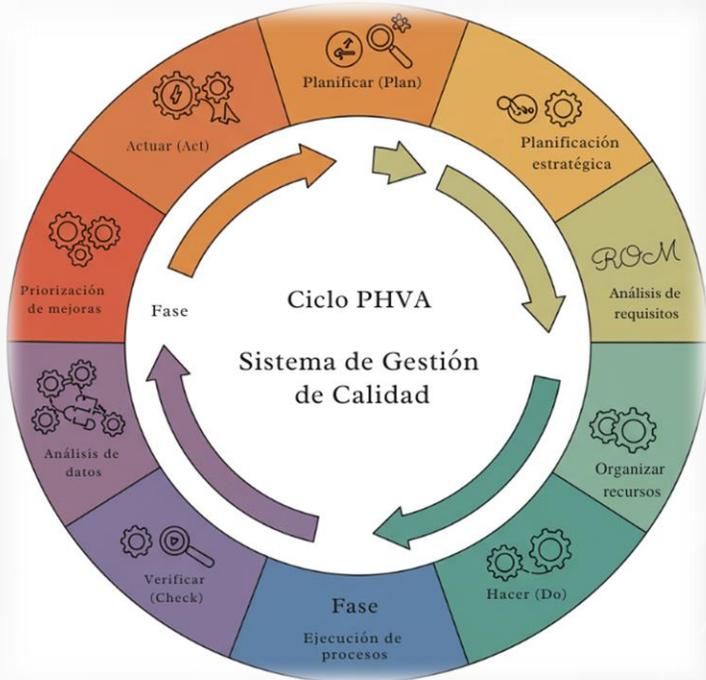
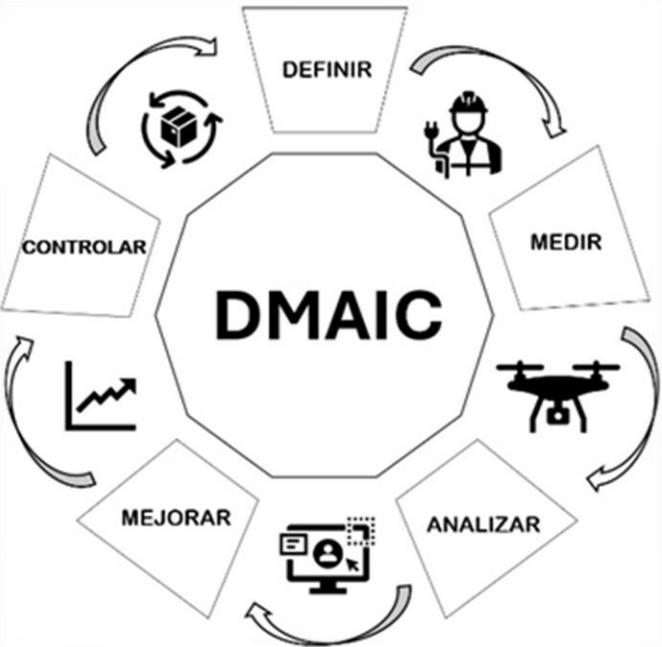
Matriz de Asociación entre Tecnologías y Patologías

Tecnologías	Eflorescencias	Criptoflorescencias	Manchas	Suciedades	Grietas	Fisuras	Erosión	Meteorización	Desprendimientos
Drones - UAV	1	0	1	1	1	0	0	1	1
Escáner Láser 3D	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Termografía	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Fotogrametría	1	0	1	1	1	0	0	0	1
Cámaras Fotográficas	1	0	0	0	1	1	0	0	0
Mapa de Daños	1	0	1	1	1	1	0	1	1
IA	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BIM	0	0	0	1	0	0	0	1	0
3D	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Tecnología	Autores	Patologías estudiadas
Escáner terrestre y aéreo	Elkhrachy (2020), Xu et al. (2019), Suchocki & Katzer 2021), Nowak et al. (2019), Rodriguez (2020)	Grietas, fisuras, delaminación superficial, cavidades, asentamientos, deflexiones.
3D	Shih & Chen (2020), Xu et al. (2021), Russo et al. (2018), Choi et al. (2017)	Grietas, fisuras, eflorescencias.
Cámaras fotográficas e imágenes digitales	Soycan & Soycan (2021), Torres-González et al. (2020), Garrido et al. (2019)	Grietas, fisuras, eflorescencias, manchas.
Mapa de daños	Lucena Tinoco (2020), Torres-González et al. (2020), Rocha et al. (2021)	Mapeo de daños en general, delaminación.
Inteligencia Artificial (IA)	De Filippo et al. (2020), Shon et al. (2019), Xu et al. (2021), Zahiri et al. (2020), Pérez et al. (2021)	Delaminación, grietas, fisuras, erosión, fracturas, florescencias.
Termografía	De Filippo et al. (2020), Barbosa et al. (2019), Garrido et al. (2019), Kim et al. (2020), Hoffmann et al. (2021)	Humedades, infiltraciones.
Building Information Modeling (BIM)	Cheng Zhang (2018), Khajavi et al. (2020), Pérez et al. (2021), Zahiri et al. (2020), Cantini et al. (2020)	Humedades, deterioro superficial, Infiltraciones.
Fotogrametría	Draganic et al. (2020), Xu et al. (2021), Russo et al. (2018), Choi et al. (2017), Damiacka-Suchocka et al. (2020)	Grietas, manchas, eflorescencias, delaminación, fisuras.
Termografía	De Filippo et al. (2020), Barbosa et al. (2019), Garrido et al. (2019), Hoffmann et al. (2021)	Humedades.

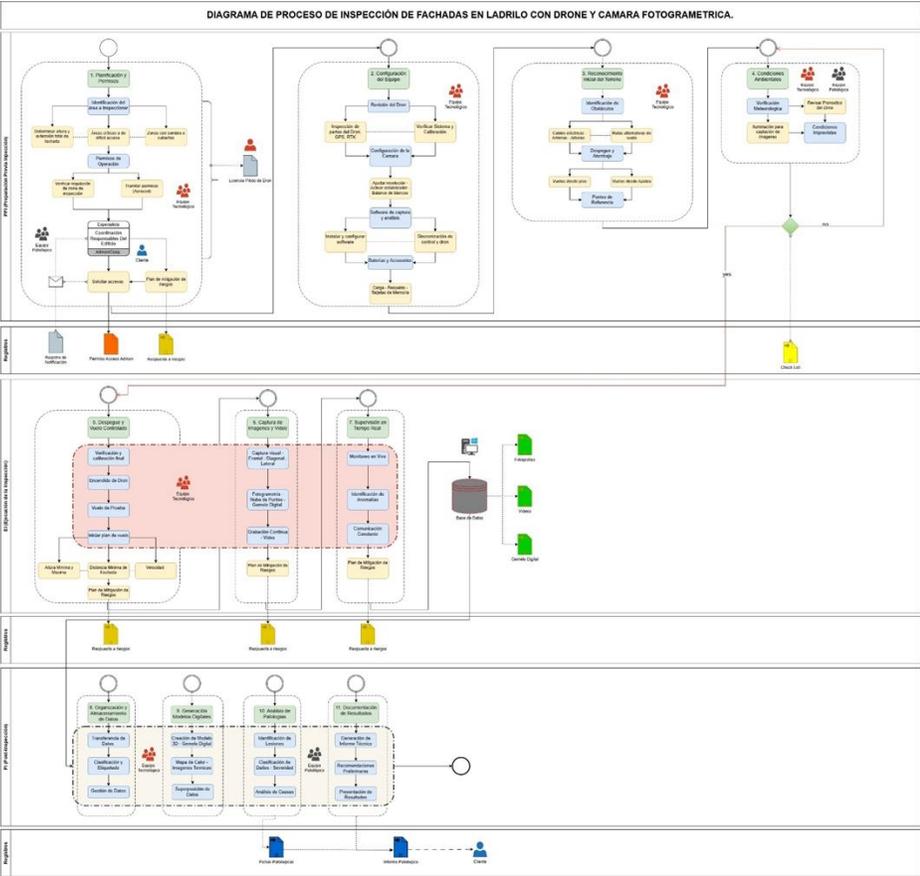
Objetivo 3: Diseño del Proceso de Inspección

Metodologías Aplicadas



Objetivo 3: Diseño del Proceso de Inspección

Diagrama de Flujo



<https://app.diagrams.net/#G1wdpC-txObJjlvPbHQ6EvQtrn3TCOh6BO#%7B%22pageId%22%3A%22qC7FGcvYmYcFissR2vRf%22%7D>

Objetivo 3: Diseño del Proceso de Inspección

Trabajo de Campo



Selección del Caso de Estudio:

- Ubicación: Conjunto residencial Parque Residencial Ciudad del Bosque P.H., municipio de Sabaneta, Antioquia, Colombia.
- Antigüedad: Aproximadamente 10 a 12 años de construcción.
- Materiales predominantes: Fachadas en ladrillo a la vista, elementos en concreto reforzado.
- Antecedentes de la edificación: Reportes previos de problemas de humedades y manchas en las fachadas, suciedad y erosión leve.
- Criterios de selección: Accesibilidad limitada, altura superior a 25 pisos, patologías observables, necesidad de diagnóstico preciso.

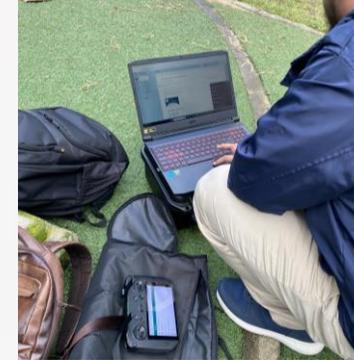
Objetivo 3: Diseño del Proceso de Inspección

Equipos y Tecnologías



Equipos y Tecnologías Utilizadas

- Dron: DJI Mavic 3 Enterprise.
- Cámara: Cámara fotogramétrica 4/3 CMOS 20 mp, obturación mecánica.
- Software para planificación y vuelo: DJI Pilot 2.
- Software de fotogrametría y modelado 3D: Pix4D Matic.
- Software de análisis y edición de imágenes: Pix4D Cloud – Ex View.
- Herramientas de check-list y recolección de datos: Formatos en excel.



PIX4Dmatic

Objetivo 3: Diseño del Proceso de Inspección

Resultados



Ortomosaico unidad de análisis 1



Nube de puntos densa 3D detallado de fachada (toma de medidas)



Ortomosaico unidad de análisis 2



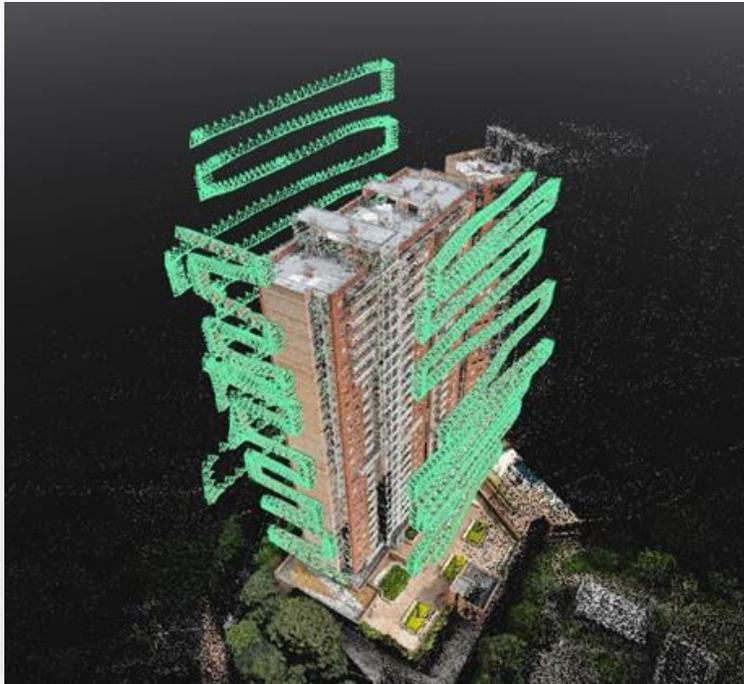
Malla 3D - 2



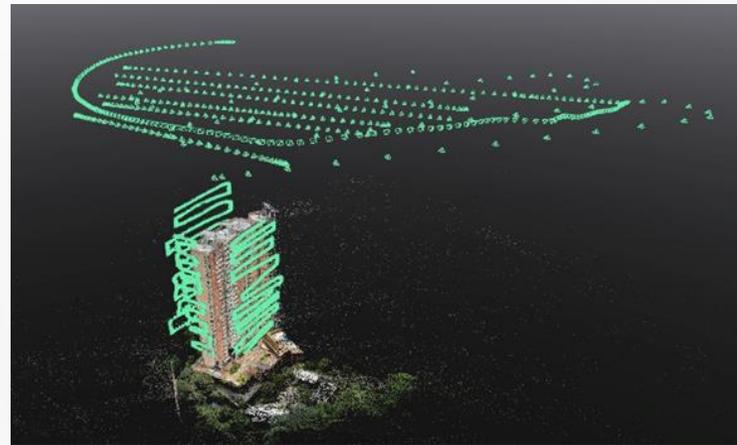
Malla 3D - 1

Objetivo 3: Diseño del Proceso de Inspección

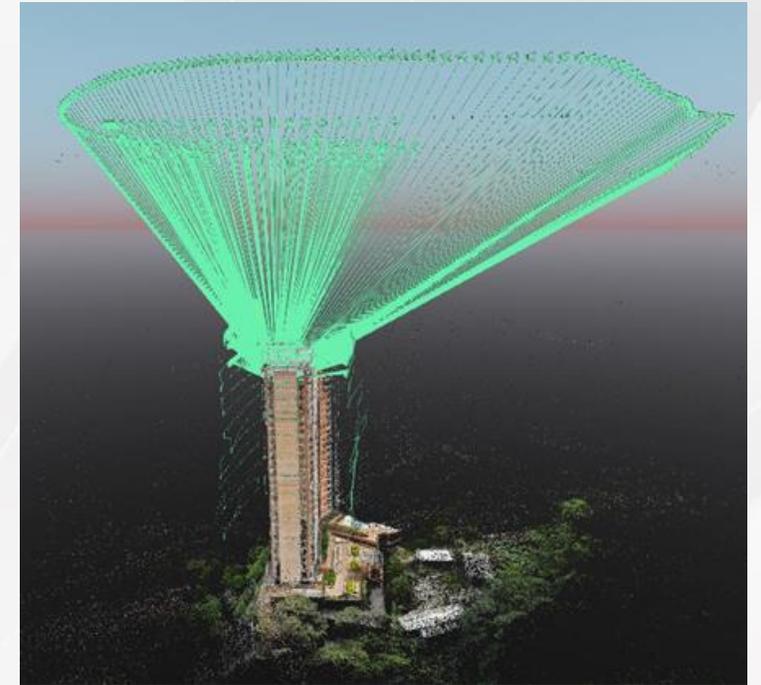
Resultados



Registro del vuelo del dron 1



Registro del vuelo del dron 2



Registro del vuelo del dron 3

Objetivo 3: Diseño del Proceso de Inspección

Hallazgos



Conclusiones

- En esta investigación se evidencia que el uso de tecnologías digitales en los diagnósticos patológicos de fachadas de ladrillo significa un avance en la inspección y evaluación de estructuras arquitectónicas; la utilización de este tipo de tecnologías ha posibilitado la obtención de datos precisos mediante metodologías que incluyen la fotogrametría, la generación de nubes de puntos, entre otros. Adicional, la implementación de softwares especializados mejora el procesamiento de la información facilitando el reconocimiento de anomalías patológicas más eficientemente.
- Para los profesionales en este nicho, estos avances a nivel tecnológico no solo son sinónimo de mejoras a nivel de calidad y precisión, sino también la evolución de las capacidades analíticas y de diagnóstico. Es así como pueden evaluar áreas de mayor dimensión en plazos menores, accediendo a zonas de difícil acceso sin tomarse tantos riesgos en la obtención de información detallada y profunda.
- Además, la unión de estas tecnologías genera mejoras en la gestión de las instalaciones, facilitando la vigilancia tomando como base los datos; donde, los conocimientos de los modelos digitales y los softwares apuntan a la formulación de planes de mantenimiento preventivo, gestión de recursos y mitigación de gastos excedentes en relación con los retrasos.
- También, la interoperabilidad de estas tecnologías con las metodologías de modelado de la información de construcción (BIM) amplían la eficiencia en la gestión de los edificios; dicha fusión de los datos posibilita el fomento de análisis dentro de un marco estructurado y colaborativo; mejorando la gestión de los ciclos de vida de las edificaciones ya que permite una toma de decisiones en base a la información más precisa y actual.

Bibliografía

- Advisera. (2024). ISO 9001 vs. Six Sigma: The similarities and differences. <https://advisera.com/9001academy/knowledgebase/iso-9001-vs-six-sigma-how-they-compare-and-how-they-are-different/>
- Alsamarraie, M., Ghazali, F., M. Hatem, Z., & Flaih, A. Y. (2022). A REVIEW ON THE BENEFITS, BARRIERS OF THE DRONE EMPLOYMENT IN THE CONSTRUCTION SITE. Jurnal Teknologi, 84(2), 121–131. <https://doi.org/10.11113/jurnalteknologi.v84.17503>
- American Psychological Association. (2020). Publication manual of the American Psychological Association (7th ed.). <https://doi.org/10.1037/0000165-000>
- Antony, J., Kumar, M., & Tiwari, M. K. (2005). An application of Six Sigma methodology to reduce the engine-overheating problem in an automotive company. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 219(8), 633–646. <https://doi.org/10.1243/095440505X32418>
- Arango L, J. F. (2023a). PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN: LESIONES GENERALES - TOMO I (Primera).
- Arévalo Vera, B. B. I. E, & R. P. I. K. (2015). Metodología para documentación 3D utilizando fotogrametría digital. Revista Tecnura, 19(45), 113–120. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.SE1.a09>
- Baduge, S. K., Thilakarathna, S., Perera, J. S., Arashpour, M., Sharafi, P., Teodosio, B., Shringi, A., & Mendis, P. (2022). Artificial intelligence and smart vision for building and construction 4.0: Machine and deep learning methods and applications. Automation in Construction, 141, 104440. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104440>
- Barbosa, M. T. G., Rosse, V. J., & Laurindo, N. G. (2021). Thermography evaluation strategy proposal due moisture damage on building facades. Journal of Building Engineering, 43, 102555. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102555>
- Berberan, A., Eliane, ;, Portela, A., Boavida, J., Digitalização, A., & Portugal, T. (n.d.). ENHANCING ON-SITE DAMS VISUAL INSPECTIONS.
- Bogue, R. (2017). The digital transformation of construction: An industry at a crossroads. Industrial Robot: An International Journal, 44(3), 307–312. <https://doi.org/10.1108/IR-02-2017-0047>

Bibliografía

- Broto, C. (2006). Enciclopedia Broto de patologías de la construcción. In Links International. https://higieneyseguridadlaboralcvvs.files.wordpress.com/2012/07/enciclopedia_broto_de_patologias_de_la_construccion.pdf
- Camacol. (2023). Análisis de la dinámica de los costos de la construcción Introducción. www.camacol.co
- Cantini, L., Previtali, M., Moioli, R., & Della Torre, S. (2019). The mensiochronology analysis supported by new advanced survey techniques: Field tests in milanese area. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 42(2/W11), 359–365. <https://doi.org/10.5194/isprs-Archives-XLII-2-W11-359-2019>
- Castro, W., Souza, J., Gaspar, P., & Silva, A. (2023). Mapping the Risk of Occurrence of Defects in Façades with Ceramic Claddings. Buildings, 13(5), 1209. <https://doi.org/10.3390/buildings13051209>
- Chávez Vega, E., & Álvarez Rodríguez, J. (2005b). Patología de la construcción: Diagnóstico y tratamiento de los defectos en la edificación (2ª ed.). Editorial McGraw-Hill.
- Chávez Vega, J. A., & Álvarez Rodríguez, O. (2005a). Metodología para el Diagnóstico y Restauración de Edificaciones Methodology to Diagnose and Restore Buildings. Revista de La Construcción, 4, 47–54.
- Chávez-Hernández, J. A., Recarey, C. A., García-Lorenzo, M. M., & López-Jiménez, O. (2012). Utilización de la Inteligencia Artificial en el diagnóstico patológico de edificaciones de valor patrimonial. Informes de La Construcción, 64(527), 297–305. <https://doi.org/10.3989/ic.11.036>
- Chen, Z., Zhang, W., Huang, R., Dong, Z., Chen, C., Jiang, L., & Wang, H. (2022). 3D model-based terrestrial laser scanning (TLS) observation network planning for large-scale building facades. Automation in Construction, 144, 104594. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104594>
- Chica, A. & Ramos, M. (2022). Optimización de la metodología de diagnóstico patológico de las humedades, desarrollado en el estudio de edificaciones de la Ciudad Universitaria de Bogotá. Actio, 6(1), 81-97. <https://doi.org/10.15446/actio.v6n1.102538>
- Choi, H.-W., Kim, H.-J., Kim, S.-K., & Na, W. S. (2023). An Overview of Drone Applications in the Construction Industry. Drones, 7(8), 515. <https://doi.org/10.3390/drones7080515>
- Codina, L. (2009). El método de revisión bibliográfica de Codina: Características, usos y aplicaciones. Revista Española de Documentación Científica, 32(2), 287-311. <https://doi.org/10.3989/redc.2009.2.711>
- Colantonio, A. (n.d.). Detection of Moisture and Water Intrusion Within Building Envelopes By Means of Infrared Thermographic Inspections.



XXV SEMANA DE LA FACULTAD DE *Arquitectura e Ingeniería*

MUCHAS GRACIAS

Evidencias

