



## INTELLECTUAL OUTPUT 1 TASK O1-A2

# Métodos y procedimientos de construcción sostenibles empleando nuevas tecnologías



*“El apoyo de la Comisión Europea para la producción de esta publicación no constituye una aprobación del contenido, el cual refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable de uso que pueda hacerse de la información contenida en la misma”.*



*This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).*



Universitatea  
Transilvania  
din Braşov



ROMANIA  
GREEN  
BUILDING  
COUNCIL



Centro Tecnológico  
del mármol, piedra y materiales





## INTRODUCCIÓN

Este informe se incluye en la tarea “O1-A2. *Métodos y procedimientos de construcción sostenible empleando nuevas tecnologías*” correspondiente al Intellectual Output 1 “*Establecimiento de resultados de aprendizaje sobre restauración de áreas industriales con nuevas tecnologías, Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y normativa aplicable*” del proyecto RecoverIND.

Se analizaron todos los métodos, habilidades y competencias relacionados con las nuevas tecnologías (uso de drones, termografía, dispositivos sensores, escáneres 3D, robotización de procesos, aplicación de sistemas ciber físicos), para completar un informe que pueda transponerse para mejorar el sistema de formación y las metodologías pedagógicas en este sector. También se han considerado los métodos y procedimientos ambientales del uso de las nuevas tecnologías en el sector de la construcción y la rehabilitación.

Esta tarea ha sido fundamental para establecer la base teórica que da soporte al currículum elaborado en este IO1.

Este informe y toda la información sobre el proyecto están disponibles en la siguiente url:  
- Web del proyecto RecoverIND: <https://recoverind.eu/en/project/>



## **Las nuevas tecnologías y metodologías ecológicas e innovadoras se aplican recuperando áreas industriales desde el punto de vista del ACV y la Eficiencia Energética**

Para que las generaciones futuras puedan disfrutar de la belleza y la riqueza de la Tierra, los científicos han desarrollado y aplicado desde 1972 el concepto de desarrollo sostenible. Este concepto se centra en las cuestiones medioambientales y los recursos naturales, especialmente los relacionados con la energía. El sector de la construcción tiene un gran impacto en el ahorro de energía, y por esta razón, Rumania, como todos los Estados miembros de la UE, adoptó las leyes, reglamentos y disposiciones administrativas necesarias para cumplir con la Directiva 2012/27 / UE sobre eficiencia energética [1].

### **El concepto de sostenibilidad en el entorno construido**

El concepto de desarrollo sostenible nació en 1972 en Estocolmo, en la Conferencia de las Naciones Unidas en la que las 113 naciones presentes expresaron su preocupación por el modo en que la actividad humana afecta al medio ambiente. Los problemas destacados en esta reunión estaban relacionados con la contaminación, la destrucción de recursos, el deterioro del medio ambiente, la extinción de especies y la necesidad de elevar el nivel de vida de las personas y la calidad del medio ambiente para las generaciones presentes y futuras.

Deben producirse grandes cambios tanto a nivel conceptual como tecnológico si se implanta en el ámbito de la construcción el concepto de desarrollo sostenible. Se puede construir de forma sostenible, basándose en modelos conceptuales de rendimiento, con poco impacto para el medio ambiente, utilizando materiales reciclados y/o materiales con bajo consumo incorporado de recursos primarios y energía. El uso de la energía a lo largo de la vida del edificio, denominada energía operativa, es una de las claves más importantes en el sector de la construcción. En los edificios, el rendimiento térmico o la eficiencia energética tienen importantes repercusiones económicas, sociales y medioambientales [2].

Los métodos y procedimientos medioambientales del uso de las nuevas tecnologías en el sector de la construcción y la rehabilitación pueden ser un enfoque vital, rápido, eficiente en el tiempo y respetuoso con el medio ambiente. Estas tecnologías se basan en el uso de drones, termografía, dispositivos sensores, escáneres 3D, robotización de procesos colaborativos y aplicación de sistemas ciber físicos.



Para tener una imagen holística del concepto de sostenibilidad, además de las tecnologías modernas debemos centrarnos en el edificio y su entorno. Esta área debe cumplir los siguientes parámetros: la selección eficaz del emplazamiento, el diseño en términos de sostenibilidad de la construcción, la selección de materiales, la aplicación de la gestión de residuos, la eficiencia energética e hídrica, la calidad del aire interior, y el desmantelamiento y la reutilización de componentes reciclados. Todos estos parámetros tienen una gran influencia en la evaluación del ciclo de vida de los edificios.

Teniendo en cuenta la enorme cantidad de energía y materiales utilizados en la construcción, el impacto ambiental se está convirtiendo en una condición necesaria del proceso de diseño. Además, este impacto debe tenerse en cuenta en todas las fases de la construcción, empezando por el montaje, la duración operativa y el final de la vida útil. Dado que la industria de la construcción es responsable de más de la mitad de las emisiones nocivas del planeta, estimar el impacto que tienen sobre el medio ambiente se convertirá pronto en una necesidad que habrá que integrar en el proceso de diseño.

### **Eficiencia energética: un nuevo objetivo para el parque inmobiliario**

Las soluciones del futuro serán las que puedan garantizar la seguridad y la funcionalidad de un edificio, con un coste y un impacto mínimos en el medio ambiente. Rumanía aún debe mejorar este segmento, la legislación obligatoria para determinar el impacto que los edificios de nuevo diseño tienen sobre el medio ambiente no es lo suficientemente relevante.

El estado actual de la eficiencia energética en Rumanía ha evolucionado en comparación con 2012-2014, cuando no existía ningún mecanismo coherente para la cuantificación. Además, el marco legislativo se ha adaptado al nuevo contexto y a las nuevas necesidades. Algunos de los principales objetivos se centran en la reducción de los gases de efecto invernadero y el aumento de las energías renovables. Por otra parte, el documento titulado "Hoja de Ruta de la Energía 2050", presentado por la Comisión Europea en diciembre de 2011, muestra que, para alcanzar el objetivo de reducir en un 80% las emisiones de gases de efecto invernadero para 2050, independientemente de las fuentes de energía utilizadas, es necesario un mayor nivel de eficiencia energética [2].

Esto solo es posible con la ayuda de la modernización, no solo en lo que respecta a los métodos y materiales de construcción, sino también a los procedimientos que se basan



en las nuevas tecnologías. Con la ayuda de estas nuevas tecnologías, podemos mejorar la eficiencia energética y la evaluación del ciclo de vida.

La política nacional de eficiencia energética define los objetivos específicos y las medidas de mejora del ahorro energético relacionadas con todos los sectores de la economía nacional, especialmente en referencia a (Ley nº 121/2014 de eficiencia energética) [3]:

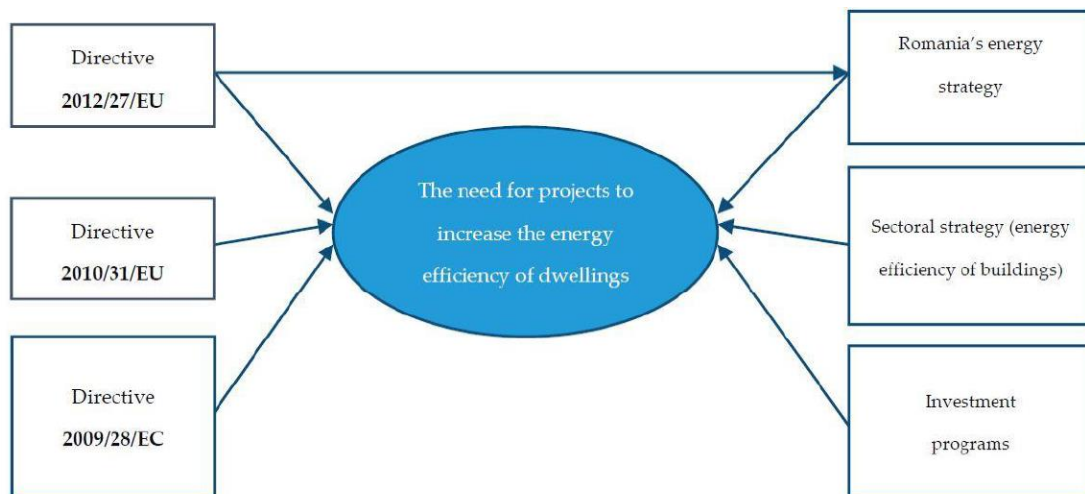
- a) Introducción de tecnologías de eficiencia energética en la industria, sistemas modernos de medición y control y sistemas de gestión de la energía, para el seguimiento, la evaluación continua de la eficiencia energética y la previsión del consumo de energía.
- b) Promoción de equipos y aparatos energéticamente eficientes para los usuarios finales, y fomento del uso de energías renovables.
- c) La reducción del impacto ambiental de la producción, el transporte, la distribución y el consumo de todas las formas de energía.
- d) La aplicación de principios modernos de gestión de la energía.
- e) Proporcionar incentivos financieros y fiscales para el uso de energías renovables, en la ley.
- f) El desarrollo del mercado de servicios energéticos.

La eficiencia energética se ha convertido en uno de los temas de investigación más importantes de la era actual por sus múltiples enfoques: ecológico, tecnológico, económico o social [4]. Se considera un recurso clave para el desarrollo económico y social [5] y una de las formas más eficaces de lograr la mitigación del cambio climático [6].

En la Unión Europea, los edificios son el elemento más importante de las políticas de eficiencia energética. Representan casi el 40% del uso final de energía a nivel de la UE. La demanda nacional de energía fue de 21.644 ton, de las cuales 7375 ton correspondieron a la energía utilizada en los hogares, 6472 ton a la energía utilizada en la industria, 1762 ton a la energía utilizada en los servicios, 5577 ton a la energía utilizada en los transportes y 458 ton a la energía utilizada en la agricultura [4]. En Rumanía, el uso de energía residencial y no residencial representa casi el 45% del uso total de energía. Dado que contribuye de forma significativa al uso de la energía, el sector residencial está sujeto a varias políticas destinadas a reducir el uso de la energía en este sector.

A nivel nacional, es necesario aplicar los requisitos de la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios [7] y de la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética [8]. La Directiva 2009/28/CE (DER) exige el uso de niveles mínimos de energía procedente de fuentes renovables para los edificios nuevos y los edificios existentes que sean objeto de reformas importantes [9].

A nivel europeo, además de los tres objetivos para 2020 (reducción del 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero en la UE, aumento del 20% de la cuota de energía procedente de fuentes renovables), se establecieron varios objetivos a largo plazo para 2050 con un impacto evidente en el sector residencial. Estos objetivos se centran en el paso a una economía baja en carbono (lo que implicará una reducción significativa de las emisiones de carbono residenciales) y en la perspectiva energética que implica el aumento de la eficiencia energética de los edificios nuevos y existentes. A nivel sectorial, en 2014 se adoptó una estrategia para movilizar la inversión en la renovación de los edificios residenciales y comerciales existentes a nivel nacional. Según la estrategia adoptada a nivel sectorial, el objetivo anual de rehabilitación térmica es de al menos el 1% del parque nacional de edificios existente [4].



**Figura 1.** Los principales determinantes de los proyectos de eficiencia energética para el parque de viviendas.

En la actualidad, la preocupación por el agotamiento de la energía a nivel mundial hace que el aumento de la eficiencia energética de los edificios sea una norma económica necesaria, por lo que, además de los factores estéticos que subyacen en la construcción de un edificio, éste debe diseñarse también desde el punto de vista de la eficiencia energética [10].

Uno de los principales objetivos de los edificios de bajo consumo energético es reducir al mínimo la cantidad de energía externa adquirida -proporcionando confort térmico interior a los ocupantes- independientemente de la estación del año y de las condiciones climáticas exteriores [11]. Los edificios de bajo consumo energético suelen utilizar un alto nivel de aislamiento y ventanas energéticamente eficientes para reducir la demanda de calefacción y refrigeración y obtener una alta eficiencia energética.

El aumento de la eficiencia energética de los edificios consiste en un conjunto de métodos y técnicas que tienen en cuenta tanto los edificios, como ese centro de intercambio de energía con el medio ambiente.

El aumento de la eficiencia energética de un edificio puede lograrse mediante diferentes métodos, tales como:

- A nivel del edificio, creando las condiciones de confort interior, respectivamente un buen aislamiento de las paredes y el uso de ventanas con un alto grado de protección térmica.
- El aumento del rendimiento de los sistemas de calefacción
- Aumentar el rendimiento de los sistemas de aire acondicionado y los relativos a las instalaciones eléctricas.

### **Posibilidades de aumentar la eficiencia energética de los edificios**

La mejor solución y la que ofrece la mayor eficiencia de ganancia de calor y de ahorro de portador térmico es el aislamiento de todo el edificio, tanto del tejado como del sótano, por donde se pierden grandes cantidades de calor. Las mayores pérdidas de un edificio se encuentran en el campo de la energía térmica. Por este motivo, se requieren varias medidas adicionales que tengan en cuenta los siguientes aspectos:

- La envolvente térmica del edificio debe garantizar un clima interior confortable con un bajo consumo energético, independientemente de la estación del año (tanto en las estaciones cálidas como en las frías) [12-16].
- Las ventanas deben tener un coeficiente de pérdida térmica lo más bajo posible y la mayor ganancia solar, para ahorrar más energía.
- El aislamiento adecuado del tejado, especialmente en edificios de pocas plantas.

Para un estudio detallado del comportamiento energético de los edificios, es necesario conocer las propiedades constructivas y los materiales de paredes, techos, suelos, ventanas y tejados.

Además de los aspectos mencionados que se centran en la envolvente térmica, las ventanas y el aislamiento adecuado, podemos invertir también en la valorización del parque de edificios existente abordando los siguientes pasos:

- Reconversión funcional de edificios industriales en oficinas, centros creativos o apartamentos.
- Mejora de la gestión de las obras mediante el uso de métodos y tecnologías modernos para la supervisión y el control in situ: escáneres 3D, drones
- Uso de termografía, dispositivos sensores y sistemas ciberfísicos para mejorar la eficiencia energética.
- Aumento del rendimiento de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado
- Utilización de materiales de fuentes sostenibles y recursos locales.

La simulación de la eficiencia energética del edificio propuesto para el estudio se realizó utilizando el software de análisis transitorio TRNSYS (TRansient System Simulation) [17]. Este software es un programa de simulación dinámica que se beneficia de una estructura modular que hace posible su complementación con modelos matemáticos.

La simulación energética se realizó utilizando los datos meteorológicos registrados por una estación meteorológica local (área urbana de Braşov) implementándolos en subrutinas TRNSYS; se tuvo en cuenta el hecho de que para conseguir un cálculo energético lo más preciso posible es importante disponer de datos meteorológicos exactos (datos de radiación solar, temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad y dirección del viento) [10].

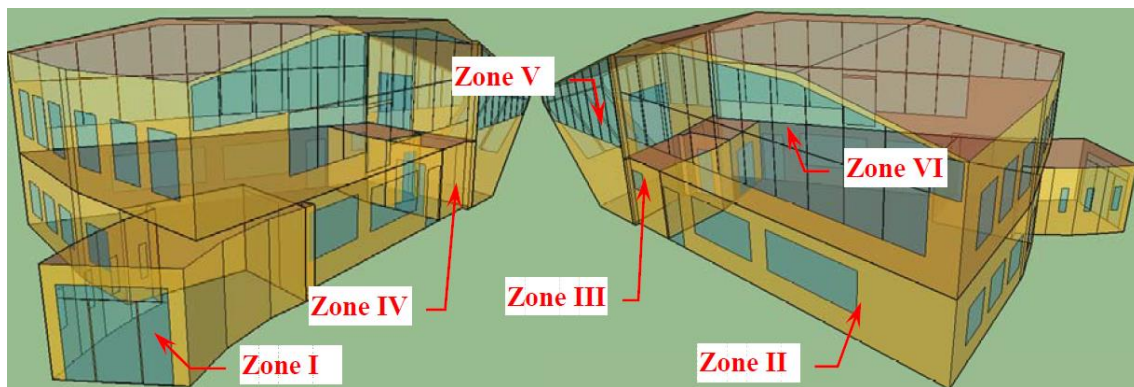
La implementación del modelo del edificio consistió en los siguientes pasos:

- La definición de las zonas térmicas y sus características.
- La especificación detallada de los elementos de la envolvente del edificio, las propiedades ópticas de las ventanas, el programa de trabajo de los equipos.
- Definición de la orientación del edificio y de las superficies acristaladas.
- La especificación de las infiltraciones por fugas y el tipo de aire acondicionado.



- La especificación de los regímenes de calefacción y refrigeración (temperaturas durante el día y la noche, potencia calorífica suministrada).
- La especificación de las ganancias internas distribuidas en los tres componentes (personas, iluminación artificial, dispositivos eléctricos).
- La descripción detallada del tipo de sombreado.

Este estudio de caso centrado en el cálculo energético con la ayuda de métodos computacionales se realizó para un edificio de oficinas de la Universidad Transilvania de Braşov; el edificio tiene dos plantas con una superficie construida de 260m<sup>2</sup>. Las paredes exteriores orientadas al norte y al sur de la segunda planta están formadas en su mayoría por ventanas, lo que cambia significativamente el comportamiento energético del edificio [10].



**Figura 2.** Cálculo energético de un edificio en Brasov (Rumanía) mediante métodos computacionales.

El papel de la simulación por ordenador en el diseño basado en el rendimiento energético de los edificios es muy importante, para obtener unos resultados en base a los cuales se decidirá la solución final. Utilizando bibliotecas de materiales de construcción, ventanas, datos meteorológicos y normas para determinar el rendimiento de los edificios, mediante simulaciones por ordenador se pueden evaluar los parámetros que garantizan la eficiencia energética de un edificio (cálculo de las cargas del edificio y del consumo de energía; evaluación de las condiciones de confort térmico, comportamiento térmico, etc.).

La eficiencia energética es el centro de todas las estrategias para un crecimiento inteligente y sostenible, y la transición hacia una economía eficiente en el uso de los recursos. La eficiencia energética es una de las formas más rentables de aumentar la seguridad del suministro energético y reducir las emisiones de gases de efecto

invernadero y otros contaminantes. En muchos sentidos, la eficiencia energética puede considerarse como el mayor recurso energético del mundo [18].

Therefore, investments in energy efficiency will help achieve 3 objectives:

- Crecimiento económico sostenible.
- Garantizar la seguridad energética.
- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Una parte importante del seguimiento del efecto de las estrategias de política energética son las bases de datos, necesarias para el análisis y la evaluación estratégicos, especialmente para preparar e interpretar informes sobre el consumo de energía y el progreso de la eficiencia energética.

A escala internacional, existen grandes bases de datos gestionadas por organizaciones internacionales con una larga tradición en la elaboración de estadísticas energéticas:

- Agencia Internacional de la Energía (AIE), que realiza estadísticas detalladas sobre balances energéticos, tarifas y tasas de diversas formas de energía, emisiones de CO<sub>2</sub> y elabora previsiones energéticas.
- El proyecto ODYSSEE MURE, financiado por la Comisión Europea dentro del "Programa Energía Inteligente para Europa", incluye indicadores de eficiencia energética a nivel macroeconómico, sectorial y subsectorial para 29 países (UE27, Noruega y Croacia). Este proyecto se centra en dos grandes bases de datos
  - Base de datos ODYSSEE con indicadores de eficiencia energética, indicadores de CO<sub>2</sub> y todos los datos necesarios para calcular estos indicadores.
  - La base de datos MURE, para evaluar el impacto de las medidas de eficiencia energética.
- Indicadores económicos, utilizados como input en el cálculo de los indicadores de eficiencia energética y necesarios para desarrollar previsiones y estrategias energéticas. Permiten evaluar la economía en su conjunto y desglosarla a nivel de sectores y subsectores económicos.
- Los indicadores energéticos son indicadores del consumo de energía y de su estructura y subyacen a las estrategias de racionalización de la eficiencia energética [18].

## Passive house normativa

Este concepto es cada vez más conocido en el segmento de los usuarios finales, pero también en el de los especialistas: arquitectos, ingenieros, constructores, etc. La primera casa pasiva certificada se construyó en 2008, en Dinamarca, bajo la supervisión del arquitecto Olav Langerkamp. Antes de este proyecto también se erigieron otros proyectos experimentales en Suiza o Alemania, centrados principalmente en viviendas colectivas o dirigidos al sector educativo (guarderías, escuelas).

La casa pasiva (en alemán: Passivhaus) es un estándar voluntario para la eficiencia energética de un edificio, que reduce su huella ecológica. El resultado son edificios de muy bajo consumo energético que requieren poca energía para calefacción o refrigeración.

En Rumanía, el concepto de casa pasiva es relativamente nuevo, y la mayoría de la gente se muestra escéptica a la hora de acercarse a él, generalmente por la mayor inversión inicial. Sin embargo, en los últimos años se han llevado a cabo con éxito varios proyectos de casas pasivas en distintas partes del país [19].



**Figura 3.** Passive House Che situada en el condado de Suceava.

Situada en el norte de Rumanía, en la ciudad de Suceava, rodeada de un bosque maduro, la Casa Pasiva Che disfruta del entorno que la rodea interactuando con él a través de grandes ventanales. Aunque la mayoría de las casas pasivas no tienen enormes paredes acristaladas, ésta sí las tiene y goza de un alto nivel de luz natural. De hecho, un núcleo central está completamente acristalado y sirve de atrio a la casa para atraer la luz hacia el interior. Aquí es también donde la casa cuenta con una planta baja de césped y un salón de red al que se accede desde el segundo piso. Los habitantes pueden jugar o relajarse en el toldo y sentirse como en el exterior, aunque estén en el interior.

Además de mucha luz y una divertida zona de juegos, la casa diseñada por Tecto Architecture está pasando por el proceso de evaluación de casa pasiva y se calcula que sólo consume 14 kWh/m<sup>2</sup>/año. La casa cuenta con materiales aislantes naturales, ventanas de alto rendimiento, un sistema de gestión de la energía y una bomba de calor de agua subterránea. Un tejado verde sustituye el espacio habitable perdido por la huella de la casa y los listones de cedro natural del exterior ayudan a que se integre en el entorno. Con el tiempo se instalará un sistema fotovoltaico en el tejado para suministrar energía a la vivienda [20].

En cuanto a las nuevas tecnologías de la construcción, se analizarán y presentarán todos los métodos, habilidades y competencias relacionados con estas nuevas tecnologías (uso de drones, termografía, dispositivos sensores, escáneres 3D, robotización de procesos colaborativos y aplicación de sistemas ciber físicos) en el contexto del entorno construido y los métodos de construcción rumanos.

## Drones

Rumanía forma parte de la Unión Europea y, por tanto, debe cumplir la normativa sobre drones establecida por la Agencia Europea de Seguridad Aérea (AESA). Además de esta normativa, Rumanía también tiene reglamentos específicos para cada país.

Hasta el año pasado, la legislación no era clara en cuanto a la utilización de drones y ésta puede ser una de las razones por las que los drones aún no se han utilizado en el sector de la construcción. A pesar de que los drones han estado presentes en Rumanía en los últimos 10 años, su principal objetivo era la monitorización o la fuente de vistas aéreas para diferentes empresas que desarrollan infraestructuras como autopistas o carreteras nacionales.

Existe un gran potencial e interés por parte del sector de la construcción, especialmente para la ejecución de proyectos a gran escala en los que un dron puede hacer que el proceso sea más eficiente y rentable [21]. La supervisión de grandes obras es uno de los

aspectos más difíciles de la gestión de proyectos de construcción. Cada fase de un proyecto de construcción tiene sus propias áreas clave de supervisión. Los gestores de proyectos deben supervisar el trabajo de los trabajadores sobre el terreno mientras excavan la tierra para poner los cimientos. Los jefes de proyecto deben supervisar a los obreros que trabajan en los andamios durante la fase de construcción del suelo.

En comparación con otros sectores, la industria ha tardado en adoptar las nuevas tecnologías digitales, a pesar de que los beneficios a largo plazo son significativos. Para ello, los drones comerciales -o vehículos aéreos no tripulados (UAV)- son la mejor opción.



**Figura 4.** Drones utilizados en la construcción.

Los constructores utilizan drones para recopilar datos en tiempo real sobre los proyectos y comprender lo que ocurre en la obra. La información aérea puede mejorar el seguimiento de los avances y detectar problemas antes de que resulten costosos o retrasen el calendario del proyecto. El uso de un software especialmente desarrollado (DroneDeploy) facilita la planificación, la comunicación y el seguimiento de los proyectos gracias a esta información. Los drones pueden ayudar a realizar levantamientos aéreos y cartografiar la topografía, ya que su producción de imágenes es muy diversa:

- Ortofotos y ortomosaicos.
- Nubes de puntos.
- Modelos digitales del terreno (MDT) y modelos digitales de superficie (MDS).
- Modelos 3D.
- Imágenes en bruto.

Estas salidas de imágenes tienen diferentes ventajas y funciones, todas ellas descritas en la siguiente tabla.

1	<b>Ortofotos y ortomosaicos</b>	El postprocesado corrige la distorsión de las imágenes y las une para crear un mapa ortomosaico. Cada píxel puede utilizarse para obtener mediciones precisas, como distancias y superficies. Estas medidas pueden utilizarse para superponer planos y diseños proyectados para seguir el progreso de las obras.
2	<b>Nubes de puntos</b>	Las imágenes de drones pueden crear una densa nube de puntos. Cada punto tiene color e información geoespacial (X, Y, Z). Es un modelo muy preciso de distancia, área y volumen.
3	<b>Modelos digitales del terreno (MDT) y modelos digitales de superficie (MDS)</b>	Cada píxel de los modelos MDS y MDT contiene información 2D (X e Y), así como la altitud (Z) en el punto más alto. Estos modelos pueden utilizarse, por ejemplo, para determinar qué zona del terreno es susceptible de inundación por agua o para contratar a un contratista que aplane la tierra.
4	<b>Modelos 3D</b>	La malla texturizada en 3D reproduce los bordes, las caras y la textura de la zona fotografiada por el dron. Este modelo se utiliza mejor para la inspección visual, o cuando es esencial la aportación pública o la

		participación de partes interesadas externas.
5	<b>Imágenes en bruto</b>	Las imágenes en bruto no se procesan y ofrecen un mayor nivel de detalle, lo que puede resultar muy útil para la inspección y el análisis de activos.

**Tabla 1.** Imágenes de drones.

Los drones también tienen un efecto muy rápido en la industria de la construcción, especialmente en el sector de las operaciones. Las empresas son conscientes de las ventajas que conlleva la utilización de drones, aunque en Rumanía aún estemos en una fase incipiente. Estas empresas están abiertas a adaptarse y cambiar su forma de trabajar, ya que los drones pueden facilitarles el trabajo: ayudarles a coordinar mejor a sus equipos, realizar un seguimiento más frecuente de los progresos y completar los proyectos más rápidamente con menos residuos.

Los drones se utilizan en todo el mundo (y empiezan a presentar potencial también en Rumanía) de las siguientes maneras:

- Planificación previa.
- Mantener al cliente informado.
- Seguridad.
- Seguimiento del progreso para mejorar la eficacia y evitar despilfarros.
- Supervisión de la productividad y la rendición de cuentas in situ.

1	<b>Planificación previa</b>	Las empresas de construcción pueden utilizar datos de drones para obtener datos visuales de todo el emplazamiento antes de iniciar la construcción. Estos datos de planificación previa pueden mostrar zonas de drenaje, cambios de elevación y otros factores que podrían ayudar a decidir las mejores ubicaciones para construir, excavar acopiar o almacenar materiales. Si un mapa elaborado con datos muestra que una zona está en terrenos inundables, es probable que no sea la mejor ubicación para construir. La planificación previa también puede utilizar datos de drones para ayudar a arquitectos y diseñadores a ver cómo quedará un nuevo edificio junto a otro ya existente.
---	-----------------------------	---

		Esto les permite comprender el impacto del nuevo proyecto en la zona circundante, tanto desde un punto de vista práctico como estético.
2	<b>Mantener al cliente informado</b>	Los clientes pueden obtener informes detallados en tiempo real sobre el progreso de las obras mediante fotos, vídeos, modelos 3D y mapas ortomosaicos elaborados con datos de drones. Los clientes tendrían que visitar una obra para obtener datos visuales. O contratar un helicóptero para obtener fotos o vídeos aéreos, cuyo coste es prohibitivo. Pueden recibir informes periódicos, fáciles de enviar por el bajo coste de recopilar datos visuales de un dron en una obra.
3	<b>Seguridad</b>	Los drones son asequibles para recopilar datos visuales, y las empresas de construcción pueden utilizarlos para realizar reconocimientos aéreos con más frecuencia. Estos datos pueden ayudarles a detectar cambios que podrían afectar a la seguridad. Los datos visuales de las inspecciones periódicas con drones ayudan a planificar las operaciones bajo demanda (ya sea diaria o semanalmente). Los drones también pueden inspeccionar con seguridad lugares peligrosos, reduciendo los accidentes laborales y aumentando la seguridad en el lugar de trabajo.
4	<b>Progress Monitoring to Improve Efficiency and Avoid Wasting</b>	You can create maps using drone data and send them to your project manager. They can then plan and monitor progress and help you avoid delays that could lead to the project over budget. Drone imaging can show crane locations, erection sequences, and perimeter security. These sequences can also be viewed frequently to identify areas where projects are getting delayed or congested.
5	<b>Control de la productividad y rendición de cuentas in situ</b>	Los jefes de proyecto pueden utilizar mapas de obras creados con datos aéreos para controlar la productividad de su equipo. Estos mapas pueden utilizarse para identificar equipos y maquinaria que falten o que se hayan dejado en una zona



	<p>inadecuada. También pueden ayudar a los directores a identificar las zonas que deben investigar para determinar por qué el trabajo no avanza tan rápido como se esperaba.</p>
--	--

**Tabla 2.** Ventajas de los drones en la construcción.

Los drones pueden hacer mucho más que mejorar la comunicación y cumplir los plazos de los proyectos. Los drones también pueden utilizarse para aumentar la seguridad, acelerar la topografía y proporcionar mediciones exactas. Para averiguar cómo se utilizan los drones en las obras, hemos encuestado a clientes del sector de la construcción.

Ha aumentado la demanda de datos más precisos a medida que las empresas de construcción utilizan drones para recopilar datos aéreos. Hoy en día, las empresas utilizan más que nunca los puntos de control terrestre (GCP) -marcadores terrestres medidos con GPS para calcular el posicionamiento global absoluto- con DroneDeploy. Los GCP procesaron 5X más mapas en 2017 y actualmente crecen un 20% al mes.

Los ensayos y el creciente uso de drones son cada vez más habituales y, como muestran los estudios, los drones podrían tener un impacto significativo en muchas áreas de la práctica en el futuro. Los datos digitales se utilizan cada vez más, y se espera que esta tecnología revolucione no sólo la forma de trabajar del sector, sino también los procesos empresariales y de elaboración de informes. Además, el desarrollo de sistemas integrados ofrece interesantes oportunidades para la obra. La regulación del uso y el proceso de registro aún están en desarrollo.

Los drones están cambiando el sector de la construcción de tal manera que transformarán el modo en que se construyen los edificios, un potencial del que Rumanía es cada vez más consciente.

### Thermography

La termografía infrarroja (IRT), el vídeo térmico y/o la termografía, es un proceso en el que una cámara termográfica captura y crea una imagen de un objeto utilizando la radiación infrarroja emitida por el objeto en un proceso, que son ejemplos de la ciencia de la imagen infrarroja. Las cámaras termográficas suelen detectar la radiación en el rango infrarrojo largo del espectro electromagnético (aproximadamente 9.000-14.000 nanómetros o 9-14  $\mu\text{m}$ ) y producen imágenes de esa radiación, denominadas termogramas.

Tiene múltiples aplicaciones en distintos campos, pero en la industria de la construcción se utiliza principalmente para:

- Inspecciones de cubiertas planas y de baja pendiente.
- Diagnóstico de edificios, incluidas inspecciones de la envolvente del edificio, inspecciones de humedad y pérdidas de energía en edificios.
- Cartografía térmica.

La termografía infrarroja tiene aplicaciones en la evaluación de las propiedades de los materiales de construcción y las estructuras en ingeniería civil y construcción. En esta generación, se da la misma importancia tanto al estudio de la construcción de edificios como a los estudios de evaluación de edificios. Esto ha dado lugar a métodos muy sofisticados, pero precisos, para evaluar el estado estructural actual del edificio, con el fin de salvarlo para el futuro. La termografía infrarroja es una gran innovación que ayuda a investigar en qué condiciones se encuentra el edificio y orienta en la reparación de daños.

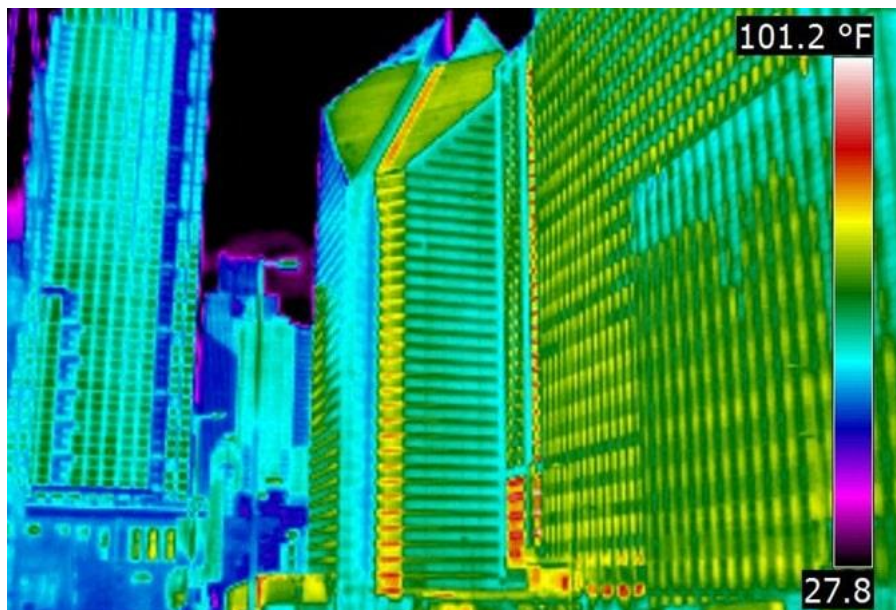


Figura 5. Termografía: un método no destructivo para evaluar edificios.

En Rumanía, debido a los cambios legislativos y a las directivas de la UE que tienen como objetivo la eficiencia energética del entorno construido, a partir de 2010, la termografía se ha utilizado principalmente como herramienta para evaluar el nivel de eficiencia térmica del parque de edificios nuevos.

La termografía en construcciones o la termografía infrarroja de edificios es útil para determinar las siguientes deficiencias encontradas en los edificios:

- Determinación de zonas con grandes pérdidas de calor, debidas a un aislamiento inadecuado del neumático (identificación de puentes térmicos).
- Visualización de grandes infiltraciones de aire exterior (carpintería antigua).
- Visualización de tuberías obstruidas.
- Problemas eléctricos de diversos equipos [23].

Así, las imágenes térmicas para diferentes edificios de oficinas de Bucarest, como muestran un bloque rehabilitado y otro sin rehabilitar y para la Casa del Pueblo situada en la capital de Rumanía, Bucarest.

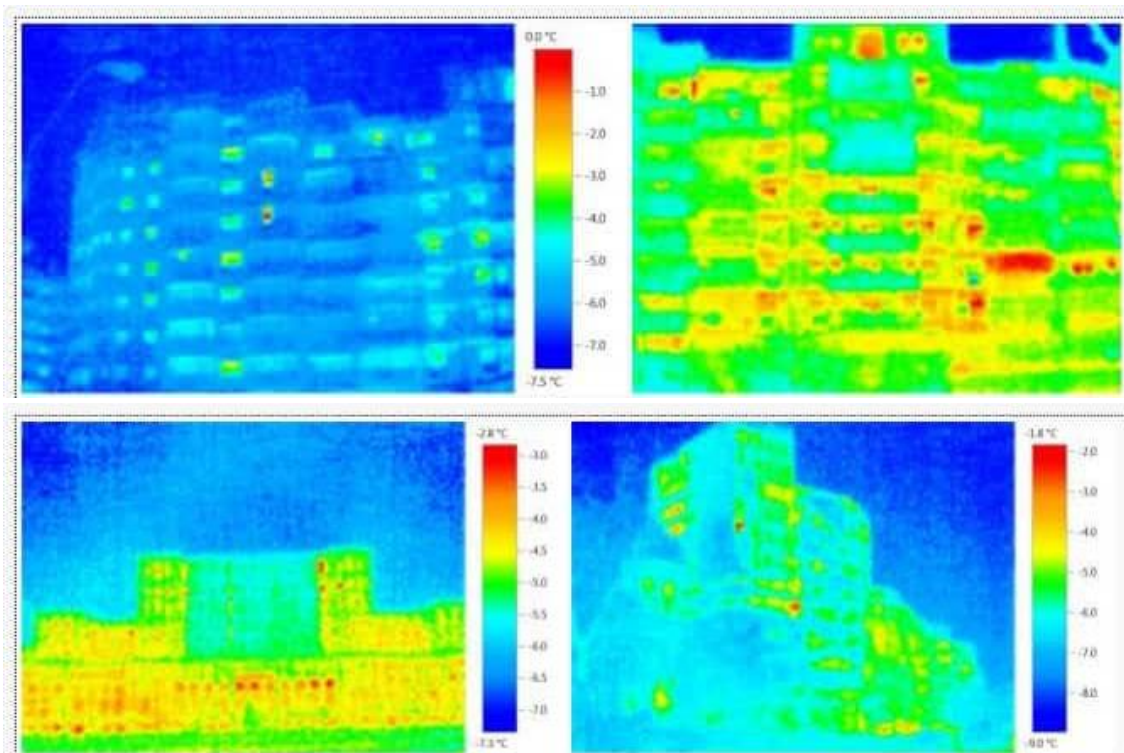


Figura 6. Termografía: ejemplos de Bucarest.

## Escáner láser 3D

Cuando se trata de ingeniería y construcción de edificios, la clave del éxito es la precisión. Los arquitectos, ingenieros y equipos de construcción necesitan planos precisos para empezar y revisiones detalladas a medida que avanzan para asegurarse de que todo funciona como debe. El escaneado láser 3D en la construcción proporciona ese nivel de detalle y control.

El escaneado láser 3D funciona utilizando un láser para disparar un haz de luz en un área y midiendo el haz cuando se refleja en los objetos. Los escáneres hacen esto miles de veces por minuto con pequeños cambios en el ángulo del láser. El resultado es un mapa de mediciones de puntos láser llamado nube de puntos.

Programas como Autodesk permiten a los ingenieros compartir escaneos 3D mediante sistemas en la nube. Así, equipos enteros pueden trabajar en el mismo documento al mismo tiempo. Desde marcar elementos importantes en un escaneado hasta dejar notas para el equipo, las formas de editar un documento parecen infinitas. Con escaneados de alta calidad y una colaboración fácil de gestionar, las empresas de construcción tienen todo lo que necesitan para mejorar los resultados de los proyectos.

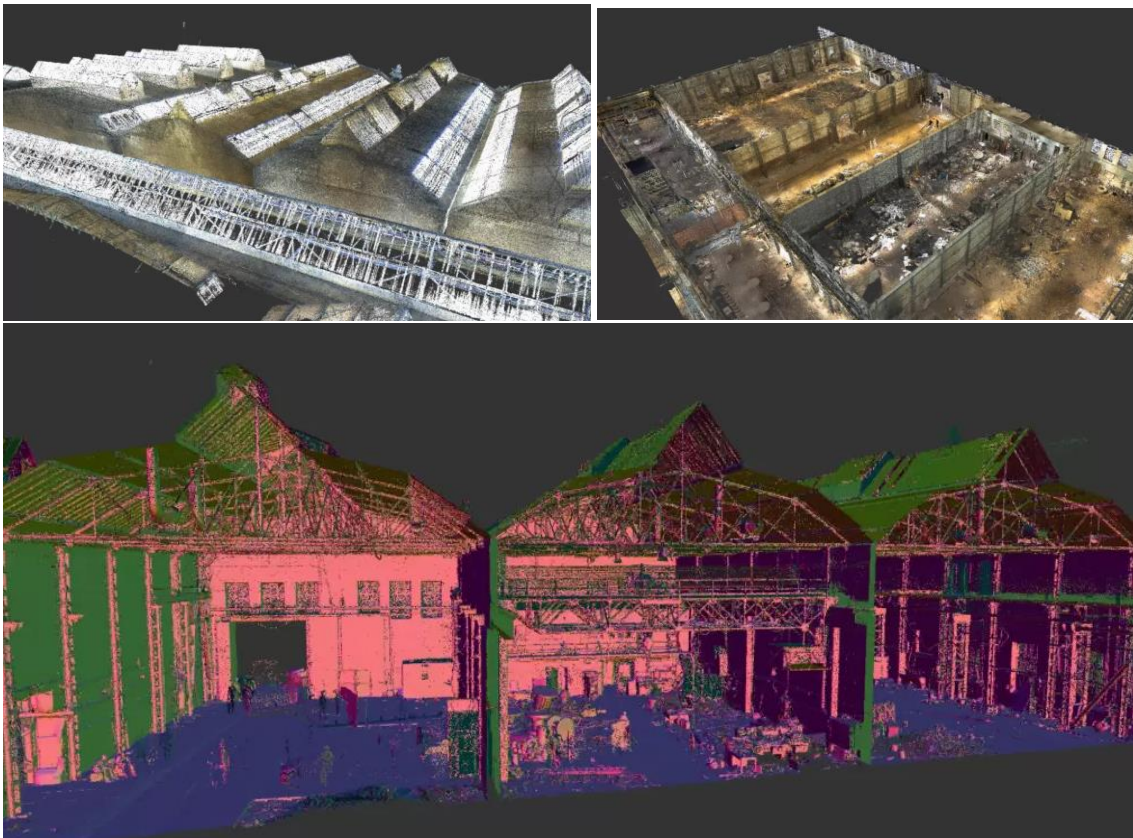
La mayoría de los escáneres 3D pequeños y medianos pueden montarse en drones. Esto ofrece a los usuarios la posibilidad de volar el dron hasta el lugar del estudio y completar el escaneado. Si tenemos que escanear un puente o un lugar con muchos terrenos difíciles, enviar un dron es mucho más seguro que enviar recursos humanos. También hay drones que llevan incorporado un escáner 3D. El escaneado 3D puede vincularse directamente con el modelado, el proceso de escaneado genera como resultado una serie de mediciones de puntos que forman una nube de puntos. A partir de esta nube de puntos, arquitectos e ingenieros pueden generar un plano preciso en 2D y 3D de la construcción/proyecto.

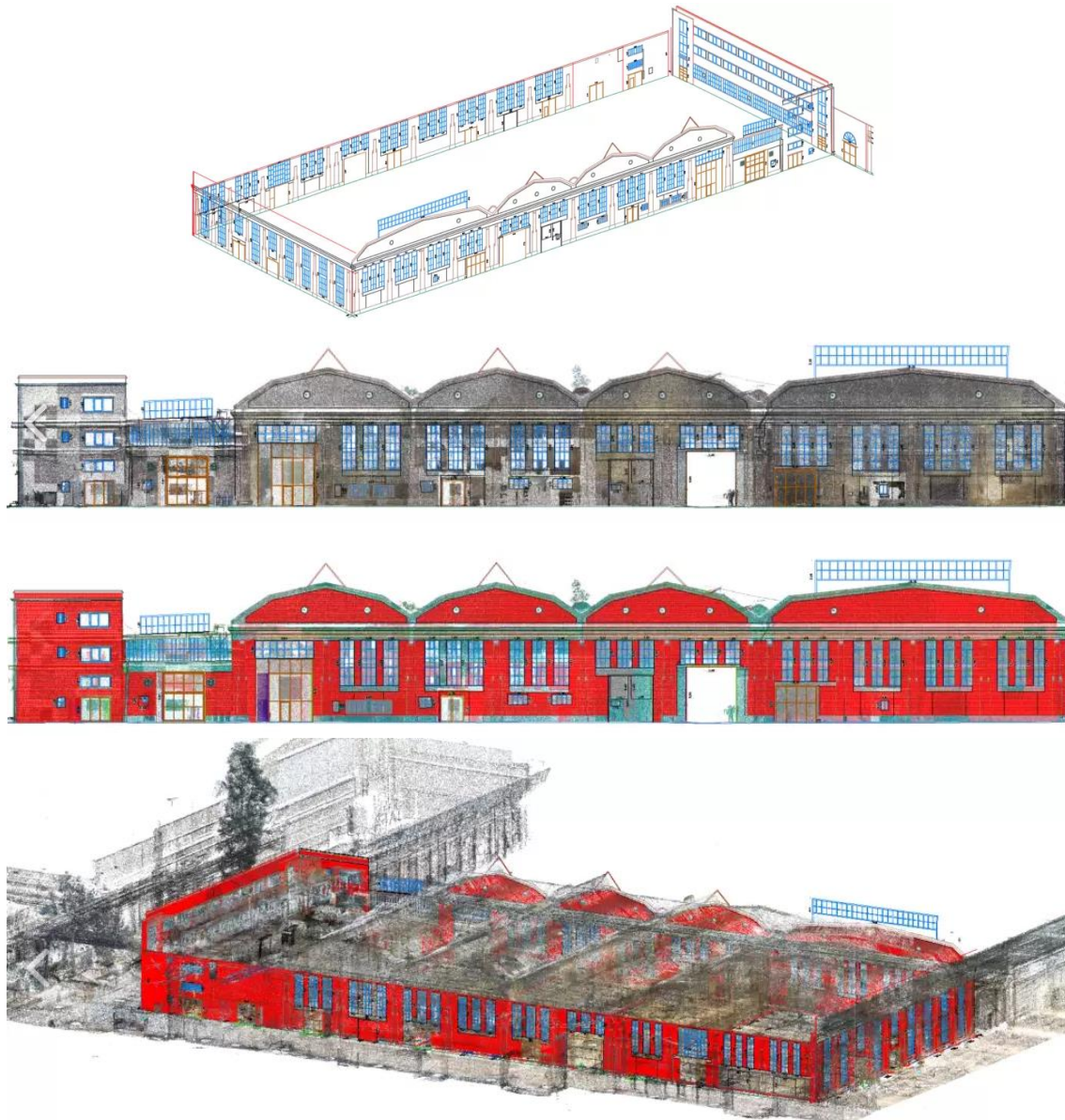
En los últimos 10 años, el escaneado 3D en el sector de la construcción se ha desarrollado rápidamente en Rumanía. En este momento hay varias empresas que ofrecen este servicio, el escaneado 3D está directamente vinculado también a la topografía, el BIM (Building Information Model), la inspección in situ de edificios antiguos/nuevos [23].

El siguiente estudio de caso muestra un edificio industrial, GRIRO, situado en Bucarest. El objetivo del escaneado 3D era obtener todas las elevaciones y secciones horizontales

y verticales de la nave industrial. Para ello era necesario un flujo de trabajo claro que contuviera los siguientes pasos:

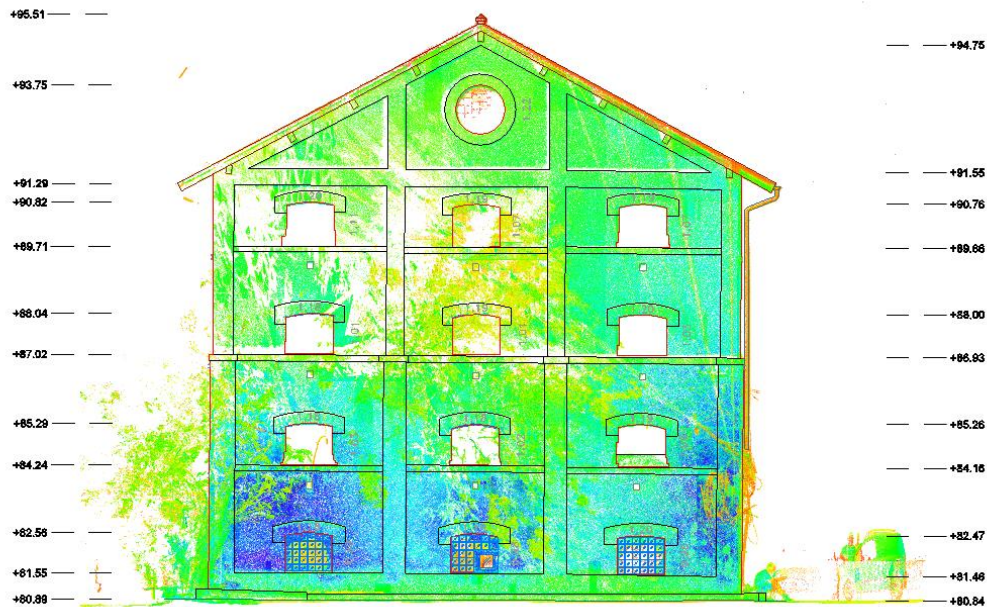
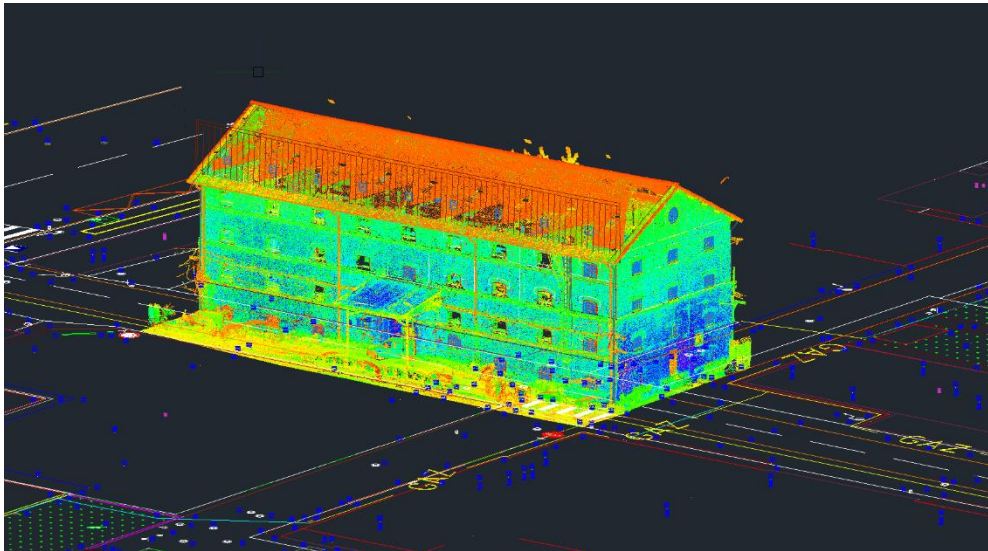
- Hacerse cargo del emplazamiento situado en Bucarest.
- Establecer el posicionamiento de las estaciones de escaneado, así como la resolución utilizada en función del grado de detalle requerido por el tema de diseño.
- La unión de las estaciones previamente posicionadas se realizó a partir de los planos comunes escaneados (los planos comunes están representados por: suelo, techo, tabiques). Se realizaron un total de 255 estaciones de escaneado láser 3D.
- El registro de nubes de puntos se realizó con Trimble RealWorks con una desviación general de 1,88 mm (error global de nube a nube).
- Extracción de fachadas y secciones verticales y horizontales de la nube de puntos con ayuda del software AutoCAD.





**Figura 7.** 3D scanning of an industrial building from Bucharest.

Otro ejemplo lo encontramos en el parque de edificios industriales situado en la zona de Plevnei, en Bucarest. En este caso, al escaneado 3D se añadió el escaneado térmico.



**Figura 8.** Escaneado 3D y térmico de un edificio industrial de Bucarest.

El flujo de trabajo de este proyecto se realizó sobre el terreno y luego continuó en la oficina y tuvo las siguientes fases:

- Hacerse cargo del emplazamiento situado en Bucarest.
- Establecer el posicionamiento de las estaciones de escaneado, así como la resolución utilizada en función del grado de detalle requerido por el tema de diseño.

- La unión de las estaciones previamente posicionadas se realizó a partir de los planos comunes escaneados (los planos comunes están representados por suelo, techo, tabiques). Se realizaron un total de 18 estaciones de escaneo láser 3D.
- El registro de la nube de puntos se realizó con el programa Trimble RealWorks teniendo una desviación general de 2,45 mm (error global de nube a nube).
- Extracción de fachadas a partir de la nube de puntos con ayuda de AutoCAD.

## Fotogrametría

La fotogrametría es la ciencia y la tecnología de obtención de información fiable sobre objetos físicos y el entorno mediante el proceso de registro, medición e interpretación de imágenes fotográficas y patrones de imágenes radiantes electromagnéticas y otros fenómenos.

La fotogrametría se utiliza en campos como la cartografía topográfica, la arquitectura, la ingeniería, la fabricación, el control de calidad, la investigación policial, el patrimonio cultural y la geología. Los arqueólogos la utilizan para elaborar rápidamente planos de yacimientos grandes o complejos, y los meteorólogos para determinar la velocidad del viento de los tornados cuando no se pueden obtener datos meteorológicos objetivos.

Las aplicaciones más comunes son en el campo de la arqueología, la cartografía y la modelización 3D. Una aplicación algo similar es el escaneo de objetos para realizar automáticamente modelos 3D de los mismos. Dado que la fotogrametría se basa en imágenes, existen limitaciones físicas cuando esas imágenes son de un objeto que tiene superficies oscuras, brillantes o transparentes. En esos casos, el modelo producido suele contener lagunas, por lo que suele ser necesaria una limpieza adicional con software como MeshLab, netfabb o MeshMixer. Por ejemplo, Google Earth utiliza la fotogrametría para crear imágenes en 3D.

La fotogrametría puede utilizarse eficazmente en el flujo de trabajo de arquitectos, diseñadores e ingenieros.

La **planificación del emplazamiento** se basa en mediciones minuciosas para crear un diseño preciso. Al unir los mapas en renderizados 3D, la fotogrametría puede ayudar a los arquitectos a comprender la zona antes de construir. Contar con un renderizado claro y preciso ayudará a decidir elementos de diseño importantes antes de la fase de diseño.





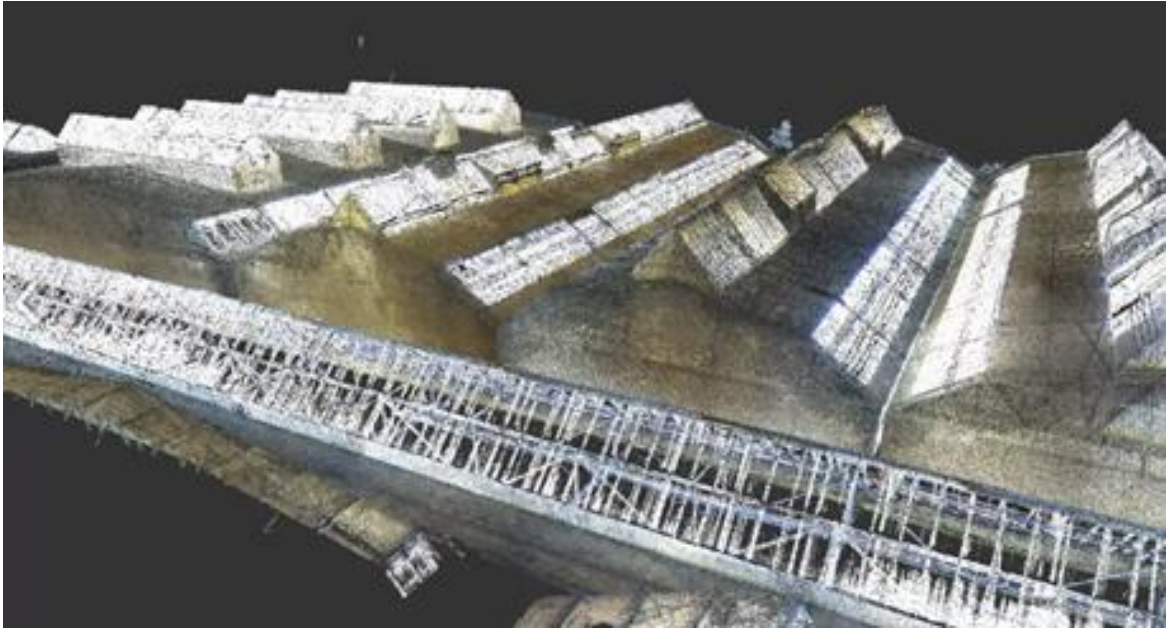
En el proceso de toma de **decisiones de diseño**, algunas decisiones habituales son la orientación, el tamaño y la distribución general del edificio. Estas decisiones resultan mucho más sencillas cuando se diseñan en una representación visual precisa. Los arquitectos pueden probar cosas nuevas y experimentar con ideas diferentes en un espacio virtual seguro.

En el **proceso de construcción**, una representación visual del diseño del edificio es útil no sólo durante el proceso de diseño, sino también después de la construcción. Supervisar el proceso de construcción es más fácil cuando existe una referencia clara que es fácil de seguir visualmente. El progreso de la construcción puede verse en tiempo real con la ayuda del software de fotogrametría arquitectónica.

Al mismo tiempo, los renders visuales son una valiosa herramienta de **marketing** y promoción. A la hora de vender grandes proyectos o atraer inversores, un renderizado es una gran baza. Al contar la historia del proyecto a través de un renderizado, es mucho más fácil vender la idea de un lugar. El software de fotogrametría puede incluso añadir entornos realistas para rodear un edificio o proyecto, lo que puede ayudar a crear una visión clara de un espacio que aún no está terminado.

En lo que respecta a la construcción en Rumanía, este proceso se ha utilizado en los últimos 5 años y tiene potencial para desarrollarse muy rápidamente. Mediante la fotogrametría y la fotogrametría aérea se pueden medir, determinar métricamente y representar gráfica y fotográficamente porciones de la superficie terrestre u otros objetivos de interés. El método de la fotogrametría aérea con ayuda de drones puede considerarse un complemento o un sustituto de la fotogrametría terrestre y de ámbitos anexos como la topografía o el catastro.

El ejemplo siguiente muestra cómo la fotogrametría con ayuda de un dron, el escaneado 3D y la identificación de puntos de nubes pueden ofrecer un resultado muy preciso y bueno en lo que respecta al entorno construido.



**Figura 9.** Fotogrametría y escaneado 3D de un edificio industrial de Bucarest.

El dron, que tiene la capacidad de realizar un vuelo automático de acuerdo con un plan de vuelo bien definido basado en coordenadas GPS, realiza una sucesión de fotografías aéreas. Posteriormente, mediante el procesamiento de las imágenes con software especializado, se elaborarán mapas y planos topográficos de algunas zonas, modelos digitales 3D de edificios, modelos digitales 3D de superficies terrestres, etc.

### Nube de puntos

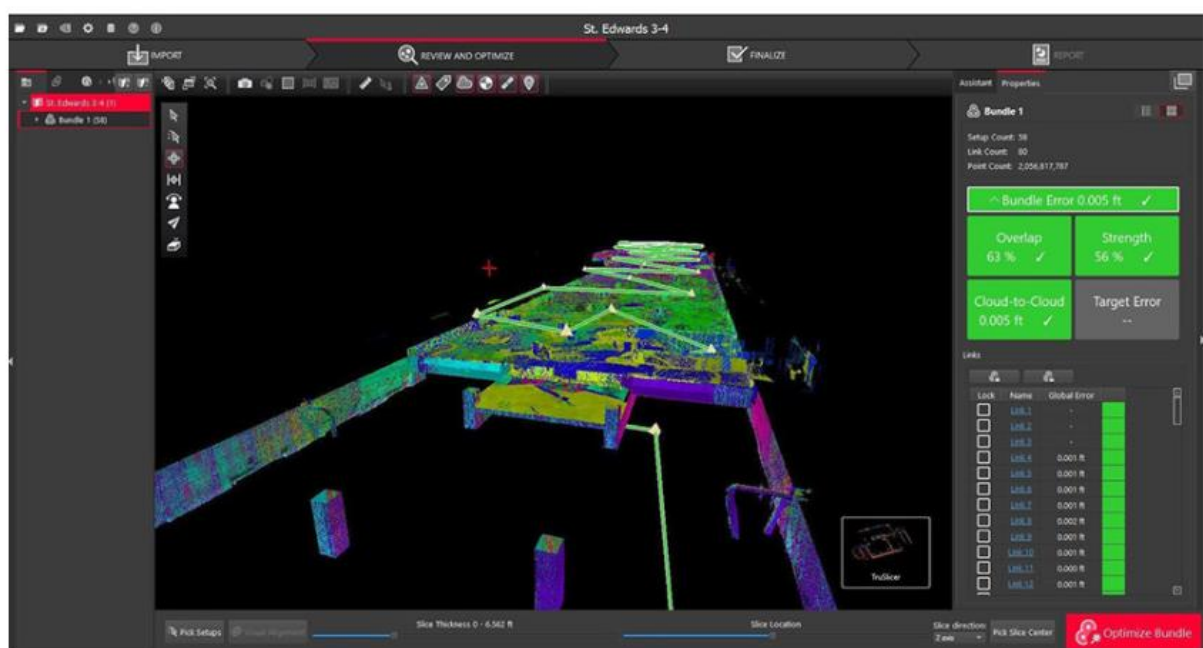
Una nube de puntos es un conjunto de puntos de datos en el espacio. Los puntos pueden representar una forma u objeto tridimensional. Cada posición de punto tiene su conjunto de coordenadas cartesianas (X, Y, Z). Las nubes de puntos son producidas generalmente por escáneres 3D o por software de fotogrametría, que miden muchos puntos en las superficies externas de los objetos a su alrededor.

Como resultado de los procesos de escaneado 3D, las nubes de puntos se utilizan para muchos fines, como la creación de modelos CAD 3D para piezas fabricadas, para metrología e inspección de calidad y para multitud de aplicaciones de visualización, animación, renderizado y personalización masiva. [24].

Las nubes de puntos están estrechamente vinculadas al BIM. En Rumanía, este tipo de actividad y enfoque ha ganado terreno en la última década. La última novedad es la nube de puntos, un sistema que permite crear un BIM a partir de un edificio existente.

Mediante el avance del láser, es posible estudiar los espacios de un edificio actual para crear una "nube" robotizada de los centros geométricos. La mayor parte de esta información puede utilizarse para transmitir la geometría del edificio. A continuación, se transporta a un grupo de CAD con BIM y se perciben los materiales.

El gasto de una revisión de nube de puntos es en apenas un segundo generalmente el mismo que un estudio 2D habitual. Es esencialmente correcto y realiza un modelo 3D del que se pueden tomar "recortes" 2D inconcebibles. En Rumanía hay empresas especializadas que ofrecen este tipo de asistencia in situ.



**Figura 10.** Las nubes de puntos proporcionan datos precisos para un enfoque de alta productividad en la construcción de edificios. Imagen del software Leica Cyclone REGISTER 360, cortesía de Lydig Construction [25].

Los modelos generados a partir de datos de nubes de puntos pueden utilizarse para lo siguiente (también en uso en Rumanía):

- Documentación visual.
- Inspección y verificación.
- Remodelación de la construcción.
- BIM.
- Ingeniería y diseño.
- Retroadaptación, reingeniería e ingeniería inversa.

- Animación y efectos.

La tecnología de nubes de puntos se integra sin problemas con BIM y otras formas de modelos informáticos. Ofrece la posibilidad de replicar un activo físico 3D en un formato digital y aumentar los modelos digitales existentes.

## Referencias

- [1] Zăpodeanu I.D., Isopescu D (2014) Policy towards the Building Energy Efficiency in Romania, Buletinul Institutului Politehnic Din Iași, Tomul LX (LXIV), Fasc. 4, 2014 Secția CONSTRUCȚII. ARHITECTURĂ
- [2] Ciutina A., Ungureanu V., Grecea D., Dubina D. (2014) Clarificarea clădirilor în parametrii de dezvoltare durabilă (I). Rev. Constr., 108, 24-29
- [3] Law no.121 / 2014 on Energy Efficiency in Romania. Published in the Official Gazette, Part I, no. 574 of August 1, 2014.
- [4] Simion C.P., Nicolescu C., Cioc M. (2018) Selection of Energy Efficiency Projects for Dwelling Stock to Achieve Optimal Project Portfolio at the Regional Level by Applying LCC. An Analysis Based on Three Scenarios in the South-Muntenia Region of Romania, Journal Energies, MDPI.
- [5] Marchi, B., Zanoni, S. (2017) Supply Chain Management for Improved Energy Efficiency: Review and Opportunities. Energies, 10, 1618.
- [6] Wang, C.N., Thi Ho, H.X., Ming-Hsien, M.H. (2017) An Integrated Approach for Estimating the Energy Efficiency of Seventeen Countries. Energies, 10, 1597.
- [7] European Parliament and the Council of European Union. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (Recast); European Parliament: Bruxelles, Belgium, 2010.
- [8] European Parliament and the Council of European Union. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on Energy Efficiency, Amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and Repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC; European Parliament: Bruxelles, Belgium, 2012.

[9] European Parliament and the Council of European Union. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources and Amending and Subsequently Repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC; European Parliament: Bruxelles, Belgium, 2009.

[10] Eftimie E. (2015) Costing energy efficiency improvements in buildings Case study: Braşov, Romania, International Journal of Energy and Environment, Volume 6, Issue 1, 2015 pp. 47-60

[11] International Energy Agency. SHC Task 40, Net Zero Energy Solar Buildings: International Projects of Carbon Neutrality in Buildings, 2011.

[12] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. Official Journal of the European Union, 2010.

[13] Hui S.C.M. (2001) Low Energy Building Design in High-Density Urban Cities. Renewable Energy, 24, 627-640.

[14] Clarke J.A. (2001) Energy Simulation in Building Design, The second Edition. Butterworth-Heinemann A division of Reed Educational and Professional Publishing Ltd.

[15] Zalejska-Jonsson A. (2012) Evaluation of low-energy and conventional residential buildings from occupants' perspective. Building and Environment, 58, 135-144.

[16] Malkawi A.M., Augenbroe G. Advanced Building Simulation. Spon Press, Taylor & Francis Group, 2004.

[17] Klein S.A., et al. TRNSYS 16, A transient System Simulation Program. University of Wisconsin Solar Energy Laboratory, 2006.

[18] Lungu I, Bara A., Popeangă J. (2013) Measuring and Improving Energy Efficiency Indicators for a Greener Romania

[19] Dan C., Tanasa V., Stoian S., Brata D., Stoian T., Nagy Gy. S., C. Florut (2016) Passive house design—An efficient solution for residential buildings in Romania, Energy for Sustainable Development, Volume 32, June 2016, Pages 99-109



[20] <https://inhabitat.com/passive-house-che-in-romania-has-a-super-fun-indoor-net-canopy/>

[21] <https://uavcoach.com/drone-laws-in-romania/>

[22] <https://www.certificat-energetic24h.eu/termografie-cladiri/>

[23] <https://eurosurvey.ro/scanare-laser-3d/>

[24] [https://en.wikipedia.org/wiki/Point\\_cloud](https://en.wikipedia.org/wiki/Point_cloud)

[25] <https://bim360resources.autodesk.com/>