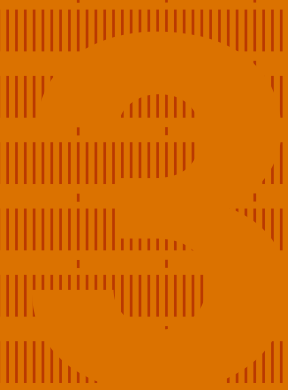


# LA TRANSICIÓN DE LOS SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN ARQUITECTÓNICA EN EL PATRIMONIO



**MIMESIS.jsad**  
Journal of Science of Architectural Drawing

*Comité editorial:*

Cabestan, J.F. | *Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, France*  
Daza, R. | *Universidad Nacional, Colombia*  
Del Giorgio Solfa, F. | *U. Nacional de La Plata, Argentina*  
Esperanza, R. | *Universidad Nacional Autónoma, México*  
Figuerola, E. | *Universidad del Atlántico, Colombia*  
Fontana, M.P. | *Universitat de Girona, España*  
Fuentes, S. | *Universidad San Carlo, Guatemala*  
García, N. | *Environment & Technology Foundation, Colombia*  
Giraldo, W. | *Universidad del Valle, Colombia*  
Mayorga, M. | *Universitat Politècnica de Catalunya, España*  
Mondragón, H. | *Pontificia Universidad Católica, Chile*  
Montoya, C. | *OPUS paisaje arquitectura territorio, Colombia*  
Morone, A. | *Università di Napoli Federico II, Italia*  
Parrinello, S. | *Università di Pavia, Italia*  
Pasuy, W. | *Universidad La Salle, Colombia*  
Patiño, M. | *Icomos, Colombia*  
Piedra, L. | *Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica*  
Ríos, G. | *Universidad Católica de Santa María de Arequipa, Perú*  
Rocchio, D. | *Universidad UTE, Ecuador*  
Sanabria, K. | *Universidad Tecnológica de La Habana Cuaje, Cuba*  
Torres, A. | *Universitat Politècnica de València, España*  
Velandia, C. | *Universidad de Ibagué, Colombia*  
Velásquez, V. | *Universidad Nacional de Colombia*

*Comité redaccional:*

Benítez, A. | *Politecnico di Bari, Italia*  
Castagnolo, V. | *Politecnico di Bari, Italia*  
Catuogno, R. | *Università di Napoli Federico II, Italia*  
di Filippo, A. | *Università di Salerno, Italia*  
Gómez, S. | *Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia*

*Editorial colombiana:*

*Environment & Technology Foundation*  
<https://environmenttechnologyfoundation.org/>



*Coeditorial ISBN Libro 3*

*AESEI Editore | Politecnico di Bari | Italia*

*Dirección de la Revista Mimesis.jsad:*

*Editor de Mimesis.jsad:*

Leserri, M. | *Università di Salerno, Italia* | *Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia*

*Coeditores de Mimesis.jsad:*

Barba, S. | *Università di Salerno, Italia*

Chaverra, M. | *Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia*

Florio, R. | *Università di Napoli Federico II, Italia*

Rossi, G. | *Politecnico di Bari, Italia*

*Criterios de calidad/Quality criteria*

Los artículos propuestos para su publicación son revisados siguiendo el sistema peer review. Dicho proceso se realiza de manera anónima.

*The articles proposed for publication follow the procedure of evaluation known as peer review. This process is made anonymously.*

*Arbitros externos para el Vol.2 N.1 (2022)*

Messina B. | *Università di Salerno, Italia*

Teodosio, A. | *Università di Salerno, Italia*

Maiorano, A. C. | *Politecnico di Bari, Italia*

Verdoscia, C. | *Politecnico di Bari, Italia*

Niampira A. | *Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia*

Costantino D. | *Politecnico di Bari, Italia*

*Arbitros internos para el Vol.2 N.1 (2022)*

Rossi, G. | *Politecnico di Bari, Italia*

Castagnolo, V. | *Politecnico di Bari, Italia*

Leserri, M. | *Università di Salerno, Italia*

MIMESIS.jsad

vol.2 n.1(2022) | ISSN: 2805-6337

ISBN 979-12-80502-07-0 | Libro 3

e-mail: [revistamimesis@environmenttechnologyfoundation.org](mailto:revistamimesis@environmenttechnologyfoundation.org)

website: <https://revistamimesis.environmenttechnologyfoundation.org/index.php/envitech/issue/archive>

**Índice:**

- 4 **Artículo de ensayo: El levantamiento arquitectónico del patrimonio construido. Un instrumento preciso de la realidad**  
*Architectural documentation of the built heritage. A precise instrument of the actual condition*  
 Nelson Melero
- 16 **La digitalizzazione del patrimonio come strumento per la conoscenza, un'esperienza sull'architettura ferroviaria siciliana**  
*The digitisation of heritage as a resource for knowledge, an experience on Sicilian railway architecture*  
 Sara Morena, Laura Barrale
- 34 **Narrar la arquitectura y el ambiente: el dibujo del pensamiento y las emociones**  
*Narrating architecture and environment: the drawing/sign of thought and emotions*  
 Pia Davico
- 57 **Sistemi di documentazione per scavi archeologici preventivi: piattaforme GIS per la gestione dello scavo del Santa Margherita a Pavia**  
*The digitisation of heritage as a resource for knowledge, an experience on Sicilian railway architecture*  
 Francesca Picchio, Francesca Galasso, Giulia Porcheddu
- 72 **La documentazione del patrimonio culturale perduto mediante fotogrammetria e intelligenza artificiale**  
*The documentation of lost cultural heritage using photogrammetry and artificial intelligence*  
 Francesca Condorelli

*Artículo de ensayo*

## El levantamiento arquitectónico del patrimonio construido. Un instrumento preciso de la realidad

*Architectural documentation of the built heritage. A precise instrument of the actual condition*

**Nelson Melero Lazo**

M.Sc., Arquitecto

nmelero@cubarte.cult.cu, Universidad de las Artes, y del Colegio San Gerónimo de La Habana

<https://orcid.org/0000-0003-1402-0558> 

DOI: <https://doi.org/10.56205/mim.2-1.1>

Recibido  
30/04/22

Aprobado  
15/07/22

Publicado  
30/09/22

Mimesis.jsad  
ISSN 2805-6337



EDITORIAL  
Environment & Technology  
Foundation

### Abstract

*Architectural documentation of a building constitutes the basic and essential element needed to guarantee a proper intervention into a component with heritage value.*

*It not only constitutes the technical documentation, but also defines, to a large part, the development and success of all subsequent stages after the intervention.*

*To achieve these goals, various instruments and methods have been utilized.*

*This elapsed progress between the realization of the architectural surveying in the traditional way to another one digital more developed, instruments and methods are focused on results that each time reflect a more precise documentation of that which is being measured, and are herein analyzed in the present work.*





### Resumen

El levantamiento arquitectónico de un edificio constituye el instrumento básico e indispensable para garantizar una adecuada intervención en un bien de valor patrimonial. No solo conforma la base documental técnica, sino que también define, en gran medida el desarrollo y el éxito de todas las etapas posteriores de trabajo. Para la realización de estos trabajos se han utilizado a través del tiempo diferentes instrumentos y medios, los que han ido evolucionado con el desarrollo del conocimiento y de la tecnología, encaminados a alcanzar cada vez mejores resultados que reflejen de manera más exacta la realidad que se está documentando. Este proceso transcurrido entre la realización de los trabajos de levantamiento de forma tradicional a uno más desarrollado digital, y sus resultados prácticos obtenidos, son analizados en el presente trabajo.

**Palabras clave:** levantamiento arquitectónico; documentación arquitectónica; patrimonio arquitectónico; conservación

### Introducción

El patrimonio cultural material e inmaterial constituye un importante recurso de muchas de nuestras naciones. Como lo expresa la UNESCO en su documento final de la Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural, celebrada en París en 1972, en su Capítulo II PROTECCIÓN NACIONAL Y PROTECCIÓN INTERNACIONAL DEL PATRIMONIO CULTURAL Y NATURAL, “Cada uno de los Estados Partes en la presente Convención reconoce que la obligación identificar, proteger, conservar, rehabilitar y transmitir a las generaciones futuras el patrimonio cultural y natural situado en su territorio, le incumbe primordialmente”<sup>1</sup>. Su adecuado manejo y gestión resulta imprescindible para lograr resultados satisfactorios, que conjuguen la obtención de ingresos con la protección y conservación de los valores patrimoniales en ellos reconocidos. La conservación del patrimonio construido no puede considerarse solamente como una acción de carácter puramente cultural, aunque esta constituye una parte esencial de dicha actividad, sino que resulta de suma importancia la componente económica de dicho hecho, ya que una buena parte del fondo edificado de nuestros pueblos y ciudades están conformados por estructuras arquitectónicas de valor patrimonial que son utilizadas y vividas por las personas que habitan en estos asentamientos poblacionales, por lo que su rescate y recuperación contribuye a la devolución de estos inmuebles al fondo útil edificado de dichos lugares, además de posibilitar a la acción conservadora una forma de retribución y obtención de ingresos para resarcir las inversiones realizadas en su ejecución. Constituye una referencia constante en el tema de la intervención en los bienes de interés patrimonial, acciones cada vez más frecuentes en todos aquellos profesionales de la construcción que actúan sobre el fondo construido de nuestras ciudades, la sensibilidad que deben poseer quienes asumen la enorme responsabilidad de intervenir en la conservación de la herencia transmitida por las generaciones precedentes, y que habrá de ser legada a su vez, a las que nos sucedan. Son estos profesionales, arquitectos e ingenieros que cuentan con la formación y la capacitación técnica pero carentes de esa sensibilidad que se exige, los que tienen en sus manos la posibilidad de desfigurar un testimonio de la historia o, peor aún, de borrarlo, algo a lo que no tienen ningún derecho, pues el patrimonio es de todos y cada uno de los ciudadanos que han ayudado a construir sus ciudades, y las viven día a día.

1. El análisis sintético de la información existente permite conocer y evaluar el surgimiento, la evolución y el desarrollo del levantamiento arquitectónico y la documentación del patrimonio desde sus inicios hasta la actualidad.

2. Desde los primeros cursos y talleres impartidos por el autor sobre el Levantamiento y la Documentación Arquitectónica en el Centro Nacional de Conservación, Restauración y Museología. (CENCREM) de La Habana, Cuba 1985-2012, en el Colegio San Gerónimo de La Habana 2012 y hasta la actualidad, en la Especialización en Conservación del Patrimonio en la Universidad Jorge Tadeo Lozano de Cartagena de Indias durante 15 años (1998-2013), en Barranquilla, Medellín, Montería, Santa Marta, Bogotá todas en Colombia, en el Centro de Restauración de Churubusco y las universidades de Puebla, Mérida, Morelia, Colima, Guanajuato, o San Luis Potosí, en México, de las Indias Occidentales en Trinidad y Tobago, en la Universidad Iberoamericana (UNIBE)-Universidad O&M-Universidad Central del Este (UCE), Santo Domingo-San Pedro de Macorís. República Dominicana en diagnósticos y proyectos en Caracas, Coro-La Vela y Maracay en Venezuela, Cuenca y Guayaquil en Ecuador, en Bridgetown, Barbados y Guadalupe.

### *Herramientas para la realización del levantamiento arquitecto*

La conservación del patrimonio arquitectónico posee la particularidad de ser una acción que interesa a edificaciones existentes, las cuales pueden variar considerablemente en el rango de sus edades y épocas constructivas.

Es precisamente este detalle lo que la diferencia de otra actividad proyectual cualquiera, en la que se parte de un lote de terreno en el que se establecen las premisas del proyecto, sin las condicionantes y restricciones que impone el enfrentarse a una estructura constructiva preexistente.

Esto requiere de un entrenamiento adecuado y una preparación particular en la manera de inventariar, registrar y documentar adecuadamente la edificación que se va a trabajar, así como de una necesaria familiarización con estas estructuras y sus tipologías, su organización espacial, las variadas y particulares soluciones técnico constructivas y de materiales que las mismas emplean en su ejecución<sup>2</sup>.

En los trabajos de levantamiento de edificaciones de valor patrimonial es muy frecuente acceder a una documentación técnica existente del objeto de obra que estamos documentando y que podamos obtener información de las mismas y en caso de existir corresponde, generalmente, a períodos o épocas anteriores por lo que será necesario proceder a su actualización, dejando reflejados los cambios, modificaciones y transformaciones que la edificación ha ido experimentando a lo largo de su vida.

Podemos afirmar entonces que la documentación técnica en la actividad de la conservación del patrimonio puede ser de muy difícil obtención y muchas veces inexistente.

En el caso de lograr obtenerla por lo general suele resultar escasa, incompleta y desactualizada.

La realización de un adecuado trabajo de levantamiento arquitectónico y documentación de una edificación de interés patrimonial desde un enfoque de trabajo organizado y científico permitirá:

- el conocimiento, el análisis y la identificación del estado de los elementos constructivos componentes de una edificación cuyo estudio se realice;
- determinar las posibles causas del deterioro que presentan las estructuras arquitectónicas, así como evaluar las posibles soluciones a proponer, seleccionando aquellas que resulten las más viables técnica y económicamente, teniendo el conocimiento previo de los principales problemas que presenta la construcción;
- definir los criterios necesarios para establecer criterios económicos y valores aproximados de los costos y tiempo de ejecución de una intervención de conservación en el edificio;
- identificar la estratificación histórica, los cambios, transformaciones y modificaciones sufridas por una edificación durante su vida útil, con el propósito de determinar etapas constructivas, cronologías, técnicas y materiales empleados;
- determinar cuáles son los elementos que poseen mayor importancia o valores arquitectónicos, históricos, estéticos, decorativos, etc., que puedan encontrarse evidentes u ocultos en las estructuras construidas, los que deben ser conservados para poder comprender e interpretar el bien patrimonial;
- ofrecer la información necesaria para la confección de la documentación técnica preliminar requerida para la ejecución de los proyectos de restauración arquitectónica (Figuras 1 y 2).



Figura 1. Levantamiento Arquitectónico. Preparación para la toma de medidas. Método directo. Iglesia del Hospital de San Juan de Dios. Santa Marta. Colombia. Fuente: Melero, 2011.

*Figure 1. Architectural surveying. Ceiling surveying. Direct method. Iglesia del Hospital de San Juan de Dios. Santa Marta. Colombia. Source: Melero, 2011.*



Figura 2. Levantamiento de techo. Método directo. Iglesia del Hospital de San Juan de Dios. Colombia. Fuente: Melero, 2011.

*Figure 2. Architectural surveying. Ceiling surveying. Direct method. Iglesia del Hospital de San Juan de Dios. Santa Marta. Colombia. Source: Melero, 2011.*



2. Desde los primeros cursos y talleres impartidos por el autor sobre el Levantamiento y la Documentación Arquitectónica en el Centro Nacional de Conservación, Restauración y Museología. (CENCREM) de La Habana, Cuba 1985-2012, en el Colegio San Gerónimo de La Habana 2012 y hasta la actualidad, en la Especialización en Conservación del Patrimonio en la Universidad Jorge Tadeo Lozano de Cartagena de Indias durante 15 años (1998-2013), en Barranquilla, Medellín, Montería, Santa Marta, Bogotá todas en Colombia, en el Centro de Restauración de Churubusco y las universidades de Puebla, Mérida, Morelia, Colima, Guanajuato, o San Luis Potosí, en México, de las Indias Occidentales en Trinidad y Tobago, en la Universidad Iberoamericana (UNIBE)-Universidad O&M-Universidad Central del Este (UCE), Santo Domingo-San Pedro de Macorís. República Dominicana en diagnósticos y proyectos en Caracas, Coro-La Vela y Maracay en Venezuela, Cuenca y Guayaquil en Ecuador, en Bridgetown, Barbados y Guadalupe.

La ejecución de una adecuada documentación arquitectónica permite registrar y conservar información sobre edificaciones de valor, la que además de constituir el fundamento para la realización del proyecto de conservación de un bien patrimonial, debe formar parte de los expedientes de las edificaciones con valores arquitectónicos que conforman nuestros conjuntos históricos, y sirve de fuente para la realización de otras investigaciones, estudios y análisis tipológicos, técnico-constructivos, estilísticos y arquitectónicos, entre otros (Dunn Marqués, & Melero Lazo 1992).

Una adecuada información gráfica-documental permite la conservación de la memoria histórica del patrimonio construido y su recuperación ante una susceptible pérdida por disímiles causas y peligros frecuentes a los cuales están sometidos constantemente: las demoliciones, el abandono, la obsolescencia técnica o funcional, los desastres naturales y el fuego, así como para el completamiento o la reconstrucción de elementos arquitectónicos significativos o destacados que puedan haberse perdido.

Las estructuras arquitectónicas no pueden ser documentadas y explicadas adecuadamente solamente mediante textos o descripciones escritas.

El contenido gráfico resulta un complemento fundamental para la interpretación y el conocimiento de las construcciones y del entorno urbano que las rodea.

El levantamiento arquitectónico de un edificio constituye el instrumento básico e indispensable para garantizar una adecuada intervención en un bien de valor patrimonial.

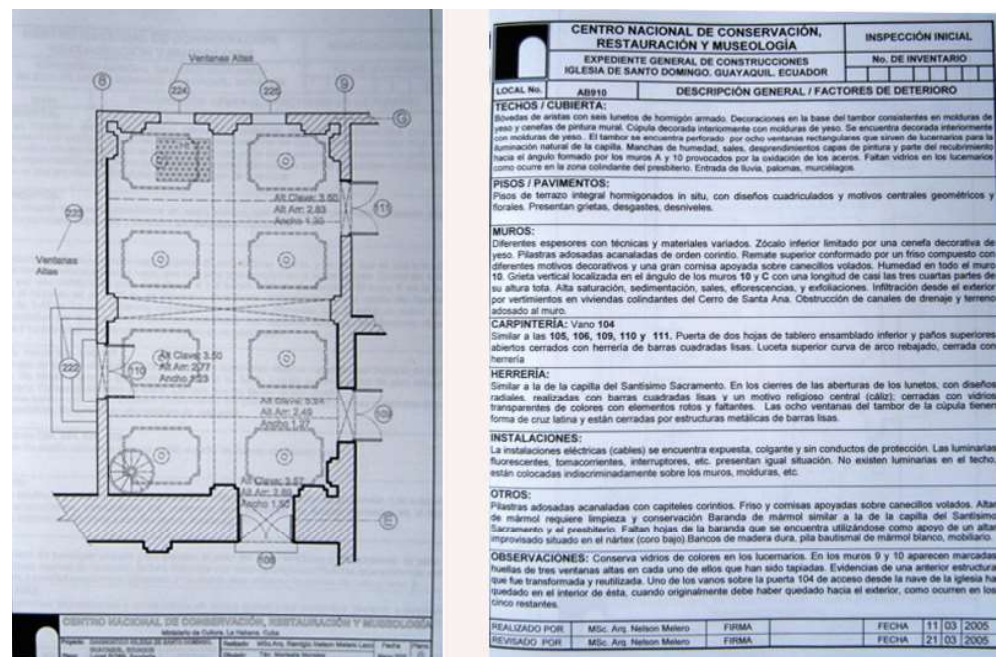
No solo conforma la base documental técnica de toda intervención en un bien cultural inmueble, sino que también define en gran medida el desarrollo y el éxito de todas las etapas posteriores de trabajo.

En él se recoge todo lo referente a la expresión física del edificio y su estado de conservación en el momento en que ha llegado a nosotros y lo estamos documentando, y reúne todo el conjunto de elementos que pueden apreciarse y registrarse directamente como evidencia material construida.

Es durante el proceso de levantamiento arquitectónico, en ese contacto directo con el edificio, donde se produce el verdadero proceso de lectura, (Melero Lazo, 2004) conocimiento e interpretación del bien patrimonial (Figura 3).

Figura 3. Por la izquierda el Croquis preliminares para la Iglesia Convento de Santo Domingo, Ecuador. Fuente: (Melero, 2005). Por la derecha la Planilla de Inspección Inicial. Iglesia Convento de Santo Domingo. Guayaquil. Ecuador. Fuente: Melero, 2005.

Figure 3. On the Left: Architectural surveying, Initial inspection formulary. Iglesia Convento de Santo Domingo. Guayaquil. Ecuador. Source: Melero, 2005. On the right: Architectural surveying, Initial inspection formulary. Iglesia Convento de Santo Domingo. Guayaquil. Ecuador. Source author. 2005.



### *Procedimientos para la ejecución del levantamiento arquitectónico*

El levantamiento arquitectónico surge como una necesidad de la sociedad ante el interés de conocer, estudiar y documentar la arquitectura a partir del Renacimiento y es en los siglos XVIII y XIX que alcanza su mayor auge y desarrollo. Inicialmente para la ejecución de este trabajo en el que la medición es una de las acciones principales, se han utilizado diferentes instrumentos los que han ido evolucionando y desarrollándose en concordancia con el incremento que ha venido produciéndose a lo largo del tiempo, del conocimiento y la tecnología, los que han estado encaminados a alcanzar cada vez resultados que reflejen de manera más exacta la realidad que se está documentando, (García Almirall & Roca Cladera, 2006) con el empleo de instrumentos que faciliten la labor del hombre (figura 4).

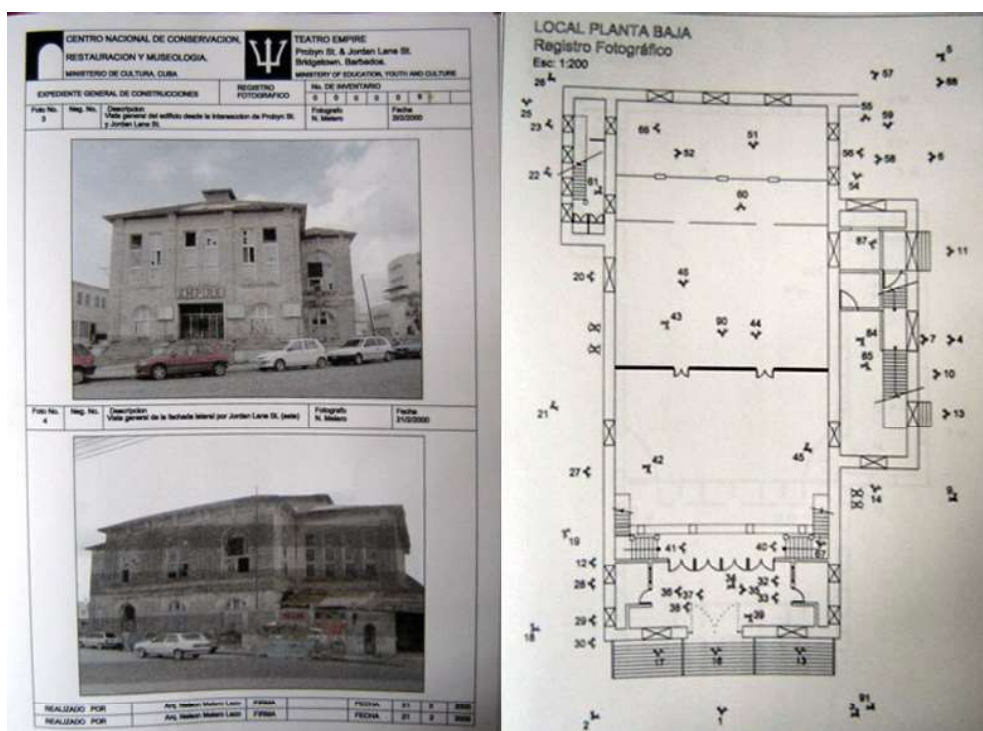


Figura 4. Por la izquierda la Planilla del Registro fotográfico para el levantamiento. Teatro Empire. Bridgetown. Barbados. Fuente (Melero, 2002). Por la derecha el plano de planta con la ubicación del registro fotográfico. Teatro Empire. Bridgetown. Barbados. Fuente: Melero, 2002.

Figure 4. On the left: Architectural surveying. Ground floor plan. Photographic register position. Teatro Empire. Bridgetown. Barbados. Source: Melero, 2002. on the right: Architectural surveying. Photographic register formulary. Teatro Empire. Bridgetown. Barbados. Source: Melero, 2002.

El levantamiento arquitectónico puede realizarse con el empleo de instrumentos tradicionales, la fotogrametría o mediante la utilización de medios más sofisticados como el escáner láser.

Por el modo de aplicación podemos denominarlos como levantamientos directos, los que toman la información directamente del edificio que se está registrando, que utilizan herramientas tradicionales simples en su ejecución como el flexómetro (cinta métrica), la plomada, varillas extensibles para tomar alturas, teodolitos, o instrumentos más modernos como los ecómetros, perfiladores y posteriormente los medidores láser, técnica que ha alcanzado su máximo desarrollo a principios del presente siglo XXI. Los levantamientos indirectos, en los que se emplean técnicas como la fotogrametría que ha ido evolucionando desde la foto rectificadas, la fotografía planimétrica, foto modelación, el fotoscan y la espectrometría automatizada y finalmente la escanometría, con el empleo del escáner láser terrestre como su máxima expresión. La forma y los medios de representación gráfica han ido evolucionando desde el inicial dibujo manual con los instrumentos de trabajo para su realización como las Regla T, cartabones, escalas métricas, entre otros, pasando por los sistemas posteriormente de diseños auxiliados por computadora o Sistema Autocad, acrónimo proveniente

del término en inglés Computer Aided Design, los modelos (Figuras 5-6) que permiten las representaciones tridimensionales o Modelos 3D y los Renders. (Corso Sarmiento, 2011).

La utilización de uno u otro método para la realización de un levantamiento arquitectónico estará en dependencia de: la disponibilidad o no del equipamiento especializado.

En los casos de los levantamientos indirectos o mixtos, este dependerá de la calificación técnica del personal que ejecutará el trabajo, el presupuesto asignado para su ejecución, el grado de complejidad arquitectónica del edificio en estudio y la importancia o valor patrimonial del inmueble.

Por la economía de los recursos técnicos que emplea, el método directo de levantamiento es el más empleado en la realización práctica de la documentación arquitectónica de nuestras edificaciones pues para su ejecución se usan instrumentos muy sencillos de medición, al alcance de todos.

Un equipo de trabajo con interés y dedicación puede realizar el trabajo sin gran entrenamiento técnico previo y sobre todo para aquellos profesionales más jóvenes y menos experimentados que se inician en los trabajos de intervención de conservación del patrimonio construido, que no disponen de las suficientes herramientas teóricas y conceptuales para enfrentarse a esta labor y que pueden confrontar dificultades para la realización de consultas técnicas o cuyas posibilidades de contacto con información actualizada sobre el tema es limitada o para aquellos que utilizan métodos de trabajos no adecuados en la realización, el desarrollo y la ejecución de un proyecto para la conservación de una edificación

Figura 5. Planos de Levantamientos de Plantas. Representación gráfica por medios digitales. Palacio de la Proclamación. Cartagena de Indias. Colombia. Fuente: Melero, 2013.

Figure 5. Plans Planes Surveying. Graphic representation with digital instruments. Palacio de la Proclamación. Cartagena de Indias. Colombia. Source: Melero, 2013.





con valores patrimoniales, desestimando la enorme responsabilidad social que esto conlleva (Melero Lazo, 2016). En este trabajo se exponen criterios a partir de los conocimientos, las experiencias y los resultados de trabajos desarrollados en este campo tanto prácticos como académicos, en una ejecutoria profesional de más de 40 años en Cuba y otros países de Latinoamérica. En los programas de cursos y talleres sobre el Levantamiento y la Documentación Arquitectónica impartidos por el autor, se insiste en el manejo de las técnicas e instrumentos tradicionales básicos y en el desarrollo de una metodología de trabajo con un enfoque científico encaminada a la realización de un expediente gráfico-descriptivo que refleje la realidad del edificio que se está documentando. En el primer trimestre del 2018 se realizó el Taller Internacional Levantamiento y Estudio de la Iglesia de San Francisco de Paula de La Habana Vieja. La Habana. Cuba, con la participación de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB). Montería. Colombia, el Politécnico de Bari. Italia, la Empresa de Proyectos de Arquitectura y Urbanismo RESTAURA de la Oficina del Historiador de la Ciudad Habana. (OHCH) y la Facultad de Arquitectura de la Universidad Tecnológica de La Habana. José Antonio Echeverría. (CUJAE). Los trabajos de campo acometidos para la realización del levantamiento arquitectónico de dicha iglesia incluyeron:

- Toma de datos in situ (trabajo manual con instrumentos tradicionales);
- Elaboración de la documentación gráfica preliminar;
- Realización de detalles;
- Registro fotográfico;

Figura 6. Planos de Levantamientos de Elevaciones y Cortes. Representación gráfica por medios digitales. Casa Primera de Badillo. Cartagena de Indias. Colombia. Fuente Autor. 2012. Fuente Melero, 2012

*Figure 6. Elevation and Section Planes Surveying. Graphic representation by digital instruments. Casa Primera de Badillo. Cartagena de Indias. Colombia. Source: Melero, 2012.*



- Investigación de la información histórico-documental;
  - Mediciones del edificio mediante el empleo de un escáner láser Layca terrestre portátil de última generación con un rayo máximo de 50 m.
- Este ejercicio ratificó en la práctica la necesidad y la pertinencia del empleo en la realización de los trabajos de levantamiento arquitectónico de los instrumentos tradicionales conjuntamente con los del más alto desarrollo tecnológico (Figuras 7-8).

*Unos comentarios finales a modo de conclusión*

La conservación del patrimonio inmueble es una labor en los momentos actuales ejecutada por especialistas de diferentes disciplinas quienes tienen a su disposición para la realización del levantamiento arquitectónico las contribuciones resultantes del desarrollo científico-técnico alcanzado en la actualidad, que les brinda los instrumentos más eficaces para acometer la documentación, así como las pautas y operaciones que deben constituir el fundamento científico técnico del proyecto en la que podrán utilizarse todos los medios tecnológicos de punta de que se disponga, debe partir del mismo principio de construir una edificación, los cimientos deben garantizar la estabilidad y permanencia de la estructura que se levante sobre ellos con los más novedosos y modernos materiales.

No existe una única metodología para emprender un proyecto de intervención para la conservación de un bien cultural inmueble. Esta constituye una experiencia particular y habrá que enfrentarla de acuerdo con la realidad económica y social del contexto en el que se desarrolle el trabajo, con criterios de sostenibilidad y valoraciones certeras, lo que constituye una fortaleza de la gestión patrimonial.

El objetivo básico de una restauración es salvaguardar la integridad del inmueble a él asignado y conservar sus valores, arquitectónicos, históricos, culturales y artísticos. Esto se logrará con un estudio inicial exhaustivo del mismo que permita preservar y transmitir la herencia cultural del patrimonio edificado existente en nuestras poblaciones y ciudades, del que el levantamiento arquitectónico constituye una herramienta fundamental. Tal como un médico hace todo lo posible por salvar y prolongar la vida de su paciente y lo reintegra a la sociedad, el restaurador —con su experiencia, su inteligencia y un certero juicio— tiene que hacer todo lo que está a su alcance para salvar el suyo: el edificio.

En los últimos años han surgido nuevas técnicas y métodos, pero se



Figura 7. Render. Representación gráfica por medios digitales. Palacio de la Proclamación. Cartagena de Indias. Colombia. Fuente: Melero, 2014.

*Figure 7. Render. Graphic representation with digital instruments. Palacio de la Proclamación. Cartagena de Indias. Colombia. Source: Melero, 2014.*



siguen empleando algunas de las más antiguas formas para realizar mediciones, manteniéndose el empleo de instrumentos tradicionales, cuyo uso no ha podido ser desechado. El interés a través del tiempo por lograr óptimos resultados en la ejecución del levantamiento arquitectónico y la documentación del patrimonio edificado, ha permitido que esta actividad se haya ido desarrollando en concordancia con las condiciones tecnológicas alcanzadas en cada momento y ha contribuido a la creación de nuevas herramientas que permiten mejores y más exactos registros. En la ejecución práctica del trabajo del levantamiento arquitectónico siguen empleándose hasta la actualidad algunas de las herramientas e instrumentos más antiguos de medir.

No puede negarse el empleo para estos trabajos, si las condiciones lo permiten, de las técnicas modernas que cada día avanza y se desarrolla vertiginosamente, pero el conocimiento, el dominio y el manejo de las técnicas tradicionales del levantamiento constituyen la base y el fundamento de una adecuada metódica de trabajo para la elaboración de levantamiento y documentación arquitectónica, que no debe ser desestimada.

No existe, ninguna contradicción en el empleo de medios analógicos y digitales para su realización, se apoyan y se complementan. Si tenemos un buen cimiento, sobre éste y con un pertinente enfoque, podrá levantarse cualquier estructura con los mejores resultados.



Figura 8. Levantamiento Arquitectónico. Coordinación de los trabajos de campo. Iglesia de San Francisco de Paula de La Habana Vieja. Fuente: Melero, 2018.  
*Figure 8. Architectural surveying. Coordination of works in site. Iglesia de San Francisco de Paula de La Habana Vieja. Source: Melero, 2018.*

### Referencias

- Consuegra Gómez, L. (compiladora), Peregrina A. (coordinación), (2009), *Documentos Internacionales de Conservación y Restauración*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México. INAH.
- Almagro Gorbea, A. (2004). *Levantamiento Arquitectónico*. Granada. Universidad de Granada. España.
- Dunn Marqués, C., Melero Lazo, N. (1992), *La Documentación Arquitectónica. Un Método para la Elaboración Preliminar de los Proyectos de Restauración Arquitectónica*. Habitierra. Colegio de Arquitectos del Azuay. Cuenca, Ecuador.
- Melero Lazo, N. (2004), *MANUAL. Análisis y Evaluación de Edificaciones. Calificación y Documentación Preliminar para las Intervenciones de Conservación*. Facultad de Arquitectura. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Seccional del Caribe. Cartagena de Indias. Colombia.
- García Almirall, P., & Roca Cladera, J. (2006). *Nuevas tecnologías en el registro y visualización de elementos de patrimonio cultural*. Obtenido desde <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/2333/IAU00176-111.pdf>
- Corso Sarmiento, J.M. (2011). *Definiciones de levantamientos arquitectónicos y proyectos representativos a escala urbana de la tecnología de Escáner Láser Terrestre TLS*. Obtenido desde: [http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/14948/Repot\\_Juan+Corso\\_03.pdf](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/14948/Repot_Juan+Corso_03.pdf)
- Melero Lazo, N. (2016), *Análisis y Evaluación de Edificaciones, Levantamiento, Calificación y Documentación Preliminar para las Intervenciones de Conservación*. Colección Vicit Leo. Editorial Boloña. La Habana. Cuba.




Articolo

## La digitalizzazione del patrimonio come strumento per la conoscenza, un'esperienza sull'architettura ferroviaria siciliana

*The digitisation of heritage as a resource for knowledge, an experience on Sicilian railway architecture*


Sara Morena<sup>1</sup>, Laura Barrale<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Researcher, PhD, University of Palermo (Italy),  
(Italia), sara.morena@unipa.it

<https://orcid.org/0000-0003-4666-1421> 

<sup>2</sup>Architect, PhD Candidate, University of Palermo (Italy)

laura.barrale@unipa.it

<https://orcid.org/0000-0001-9044-1915> 

DOI: <https://doi.org/10.56205/mim.2-1.2>

Recibido

14/06/22

Aprobado

15/07/22

Publicado

30/09/22

Mimesis.jsad  
ISSN 2805-6337



EDITORIAL  
Environment & Technology  
Foundation

### Abstract

*The process of digitisation of the artistic and cultural heritage has enriched the possibilities of representation and communication of architecture, increasing the modes of reproduction, fruition as well as the possibilities of protection and preservation. The study of this research draws attention on the continuous progress of technology in the cultural field and highlights the important collaboration that exists between digital and analog representation, identifying, with this synergy, a virtuous path that allows, through the use of different methodologies, to be able to know and analyze the historical phases of a building. In particular, the attention was directed to the Caltanissetta Centrale station, a significant junction of the Sicilian railway network both for the connection of the island and for the sulfur trade. With its late modernism, the station under study is part of the story of Art Nouveau stations in Sicily, and it becomes a witness to economic and social changes in the region, thus making itself an asset to be protected and disseminated. Through the study of iconographic documents, historical photos, and graphic analysis it was possible to retrace, through a backward process from the laser scanning survey to the study of photographic restitution, the main historical phases that characterised the evolution and extension of the factory. Through such 3D graphic representations, it was also possible to reproduce the characteristics of the building and highlight the changes that occurred over time and the evident divergences that existed between the building and the original design idea.*



### *Abstract*

Il processo di digitalizzazione del patrimonio artistico e culturale ha arricchito le possibilità di rappresentazione e di comunicazione dell'architettura, ampliandone le modalità di riproduzione, di fruizione nonché le possibilità di tutela e di salvaguardia. Lo studio di tale ricerca pone l'attenzione sull'imperante progresso della tecnologia in ambito culturale e sottolinea l'importante collaborazione che sussiste tra rappresentazione digitale e analogica, individuando, con tale sinergia, un percorso virtuoso che consente, mediante l'uso di diverse metodologie, di poter conoscere e analizzare le fasi storiche di un edificio.

L'attenzione, in particolare, si è focalizzata sulla stazione di Caltanissetta Centrale, snodo di rilievo della rete ferroviaria siciliana sia per il collegamento dell'isola che per il commercio di zolfo.

La stazione oggetto di studio rientra, con il suo tardo modernismo, nella vicenda delle stazioni Liberty in Sicilia, e diventa testimone di cambiamenti economici e sociali della regione, rendendosi pertanto un bene da tutelare e divulgare. Attraverso lo studio di documenti iconografici, di foto storiche e di analisi grafiche è stato possibile ripercorrere, attraverso un processo a ritroso, dal rilievo laser scanner allo studio di restituzione fotografica, le fasi storiche principali che hanno caratterizzato l'evoluzione e l'ampliamento della fabbrica. Attraverso tali rappresentazioni grafiche 3D è stato possibile altresì riprodurre le caratteristiche dell'edificio ed evidenziare i cambiamenti avvenuti nel tempo e le evidenti divergenze esistenti tra edificio e idea progettuale.

**Parole chiave:** tecnologie digitali; laser scanning; modello 3D; foto d'epoca; restituzione prospettica

### *Introduzione*

Il continuo sviluppo delle tecnologie per la digitalizzazione del patrimonio e le prerogative che ne derivano da tale processo impone una riflessione sui vantaggi che le nuove tecniche apportano alla salvaguardia e alla valorizzazione del *cultural heritage*. La replica digitale del patrimonio risulta un processo articolato che tiene in considerazione diversi aspetti ed è fortemente relazionato alla tipologia di oggetto (geometria, dimensione, *texture* e superficie), alla finalità e alle tempistiche oltre che al budget economico a disposizione; sono disponibili, quindi, diversi metodi appropriati alle varie esigenze e allo scopo del progetto (Rubio et al., 2018; Bertocci & Bini, 2012). Tuttavia, spesso la complessità degli oggetti da digitalizzare e da acquisire necessita dell'integrazione tra le diverse tecniche di rilievo e di rappresentazione che, in molti casi, risulta il metodo più efficace per ottenere un modello realistico 3D integro e dettagliato (Luhmann et al., 2019; Morena et al., 2021).

Il rilievo e la rappresentazione digitale risultano di supporto per l'analisi e lo studio del patrimonio architettonico. La documentazione e la raccolta di dati, infatti, sono determinanti non solo per acquisire informazioni metriche di precisione, ma anche per avviare un processo conoscitivo con il fine di analizzare e comprendere forme architettoniche e caratteristiche geometriche di un edificio. Il rilievo può quindi svolgere un processo inverso a quello della progettazione, si analizza l'esistente per interpretare l'evoluzione sino a giungere alla comprensione dell'idea progettuale (Migliari, 2004). La riproduzione digitale, come nel caso della modellazione tridimensionale, inoltre, aggiunge valore alla rappresentazione



garantendo la generazione di immagini persuasive in grado di coinvolgere un numero sempre più ampio di utenti, esperti e non, e trasferendo informazioni immediate. La crisi pandemica ha ulteriormente accentuato l'attenzione su tematiche come la digitalizzazione e l'innovazione, è il caso del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), intrapreso dall'Italia per beneficiare del Next Generation EU (NGEU), che punta fortemente ad intraprendere azioni di valorizzazione del patrimonio turistico e culturale con investimenti volti a migliorare l'attrattività e a garantire la metadattazione di risorse digitali. Processi che permettono, altresì, di esplorare nuove modalità di fruizione della cultura (Kuzelewska & Tomaszuk, 2020; Leserri et al., 2022) oltre che a garantire



Figura 1. Inquadramento territoriale e cartolina storica della stazione di Caltanissetta Centrale dopo il 1929.

Figure 1. Territorial context and historical postcard of Caltanissetta Centrale station after 1929.


una maggiore accessibilità al patrimonio tangibile e intangibile, assicurando, al tempo stesso, approcci coinvolgenti, oltre che di maggiore inclusività (Agnello & Cannella, 2021; Perticarini & Marzocchella 2021).

Il rilievo digitale, a tal proposito, svolge un ruolo sostanziale, ponendosi come base principale per lo sviluppo di *repository* in cui custodire dati e supportare la distribuzione delle informazioni nel tempo e nello spazio o come base per la generazione di modelli 3D da impiegare per la visualizzazione e la divulgazione (Brusaporci et al., 2021) oltre che per la prototipazione rapida (Gonizzi Barsanti & Rossi, 2022). Il seguente lavoro pone l'attenzione sulle tecniche di rilievo e di rappresentazione digitale per la conoscenza del patrimonio storico, in particolare ha come finalità lo studio e l'analisi architettonica della stazione ferroviaria di Caltanissetta Centrale (Figura 1) e delle principali fasi storiche che l'hanno caratterizzata. La documentazione fotografica e archivistica rinvenuta è incentrata maggiormente sul prospetto della stazione, ragion per cui si è deciso di indirizzare l'analisi prevalentemente sulla facciata principale della stessa. I progetti di rilievo e di modellazione hanno permesso, infatti, di effettuare un confronto tra lo stato iniziale e attuale della stazione, oltre che mostrare eventuali divergenze progettuali rispetto ai documenti di archivio a nostra disposizione.

Il ruolo collaborativo tra immagini digitali e analogiche ha permesso di generare modelli e immagini di lettura immediata e di facile comprensione in grado di evidenziare i cambiamenti nel tempo.

#### Metodologia

Le stazioni dal punto di vista territoriale da sempre svolgono un ruolo importante sia a livello ambientale, per l'impatto prodotto sul contesto naturale, che a livello economico sociale, per i vari collegamenti strategici, così come per l'urbanistica



e il patrimonio storico artistico. Il tema dei collegamenti su via ferrata e delle stazioni fu particolarmente sentito nella regione Sicilia che ebbe un differimento nello sviluppo sia tecnico che stilistico. Fu solo a partire dal 1859, infatti, che si iniziarono a intraprendere i primi studi per tentare di introdurre le strade ferrate sull'Isola, ponendo particolare attenzione al potenziamento del commercio dello zolfo, scelta che in parte influirà negativamente per lo sviluppo di altre forme di economia della regione (Giuffrida, 1967). La complessità degli eventi susseguirsi nel tempo e le diverse gestioni (pubbliche e private) della ferrovia siciliana, inoltre, rende la ricerca abbastanza articolata, indirizzano le indagini verso una miscellanea di documenti conservati in vari archivi privati o raccolti da diversi collezionisti o personaggi che, negli anni, si sono fatti promotori di una politica ferroviaria (Giordano, 2004).

L'attuale stazione di Caltanissetta venne prevista nella realizzazione della ferrovia da Catania verso Canicattì e Licata e fu iniziata dalla Società Vittorio Emanuele. La realizzazione del primo progetto della stazione, redatto nel 1869, fu ipotizzata in contrada Calcare; tuttavia, la distanza rispetto al centro comportò inevitabilmente una variante che localizzò la stazione in prossimità del nucleo abitato, garantendo, in tal modo, una maggiore accessibilità attraverso un viale rettilineo (Sessa, 2004). La posizione strategica che caratterizza la stazione fece sì che le trasformazioni urbanistiche previste negli anni per la città nissena, coinvolgessero anche l'edificio stesso (Lima, 2004). Indagini archivistiche hanno, infatti, restituito un progetto risalente al 1921, molto articolato e complesso che prevedeva un uso preponderante di bugnato oltre che un'organizzazione spaziale composta da diversi volumi caratterizzati da varie coperture (Lima, 2004). Di particolare rilievo si presentava il corpo centrale che prevedeva tre archi di ingresso a doppia altezza e una copertura sormontata da una particolare sovrastruttura metallica.

L'attuazione del progetto avanzò a rilento, fu infatti solo intorno al 1929 che si procedette alla sua realizzazione seguendo, tuttavia, le indicazioni di un ulteriore documento d'archivio, probabilmente accreditabile a una fase successiva e databile tra il 1924 e 1929 (Lima, 2004).

Il disegno dell'edificio ferroviario rinvenuto ed effettivamente realizzato differisce, non poco, dall'ipotesi del 1921 non solo nella disposizione spaziale dei volumi, ma anche nel linguaggio architettonico adoperato, meno incisivo e molto più conforme alle architetture ferroviarie di quegli anni con la presenza del tipico bugnato nei profili decorativi delle aperture. Vari furono gli eventi che si susseguirono nel tempo, principalmente: nel 1943, probabilmente con l'Operazione Husky della Seconda guerra mondiale e i bombardamenti che ne conseguirono, il fabbricato viaggiatori fu danneggiato gravemente e il restauro avvenne solo alla fine del conflitto; nel 1999 la stazione fu posta sotto vincolo architettonico e nel 2018 soggetta a restauro facendole assumere l'attuale aspetto. Lo studio e l'interpretazione della stazione di Caltanissetta Centrale ha reso necessario una serie di fasi complementari l'una con l'altra: ad una prima analisi storica bibliografica e archivistica ha fatto seguito un rilievo architettonico e, successivamente, un sapiente progetto di modellazione per la generazione di un modello digitale critico da confrontare con i documenti e le immagini rinvenute. L'acquisizione dei dati è stata eseguita con un *Terrestrial Laser Scanning* (TLS) che ha permesso una raccolta veloce ed efficiente delle coordinate dei punti nello spazio dell'edificio garantendo informazioni metriche accurate oltre che indicazioni sull'intensità dell'impulso restituito dal singolo punto.

Il Leica HDS7000 della società Leica Geosystems, impiegato per tali acquisizioni, è un laser scanner a differenza di fase in grado di catturare circa 1.000.000 punti/s e caratterizzato da un intervallo di acquisizione tra 0,3 - 183 m con una risoluzione massima di 0,1 mm e un errore di linearità  $\leq 1$  mm. La copertura totale dell'edificio è stata ottenuta pianificando e stazionando lo strumento in 37 diversi punti di cui 12 sono state necessarie per acquisire il prospetto principale oggetto di studio.

Il rilievo è stato condotto garantendo la giusta sovrapposizione tra una stazione a un'altra e settando parametri di risoluzione di 6 mm a 10 m e una qualità di 4x, inoltre, vista la plasticità del prospetto e la finalità del lavoro, si è optato di procedere senza l'ausilio di target artificiali (Figura 2). L'allineamento delle varie scansioni è stato eseguito con il software Recap Pro della casa produttrice Autodesk, si è operato con il sistema nuvola a nuvola, eseguendo la procedura standard implementata dal software, attraverso l'individuazione di almeno tre punti omologhi dislocati su diversi piani dello spazio.

Il campo visivo  $360^\circ \times 320^\circ$ , che caratterizza lo strumento, ha inevitabilmente acquisito dati dell'ambiente circostante che sono risultati utili per la fase di allineamento, ma superflui per la restituzione finale. La nuvola di punti completa è stata pulita manualmente da eventuali informazioni aggiuntive e dalla presenza di rumore che si è generato principalmente in prossimità degli spigoli, dei vetri e degli alberi.

Il modello digitale finale si presenta privo di informazioni RGB e con lacune informative prevalentemente in prossimità della copertura, mancanza che si sarebbe potuta sopperire con un rilievo UAV. L'uso della digitalizzazione, da tale aspetto, si mostra vantaggioso, il rilievo condotto, infatti, può facilmente essere integrato in un secondo momento con l'impiego di ulteriori strumentazioni. La scelta di operare con acquisizioni prive di informazioni colorimetriche deriva dall'esigenza di procedere con operazioni rapide ed essenziali.

Finalità di tale rilievo, infatti, è la generazione di una nuvola di punti gestibile in ambiente di modellazione CAD al fine di analizzare le caratteristiche architettoniche, studiare la geometria e ipotizzare le evoluzioni storiche che hanno caratterizzato la stazione ferroviaria.

L'ampia area di sovrapposizione tra scansioni adiacenti ha inevitabilmente reso la nuvola di punti finale più densa e pesante rispetto quanto impostato inizialmente come risoluzione per la singola scansione, ragion per cui il modello è stato campionato in Cloud Compare (versione 2.12.0), in modalità *Space* con un valore di 0,004 m, al fine di garantirne una più agevole gestione.

La nuvola di punti orientata e ottimizzata è stata importata in Rhinoceros per la modellazione con curve e superfici *Non-Uniform Rational Basis-Splines* (NURBS). La possibilità di poter rappresentare con precisione sia oggetti geometrici

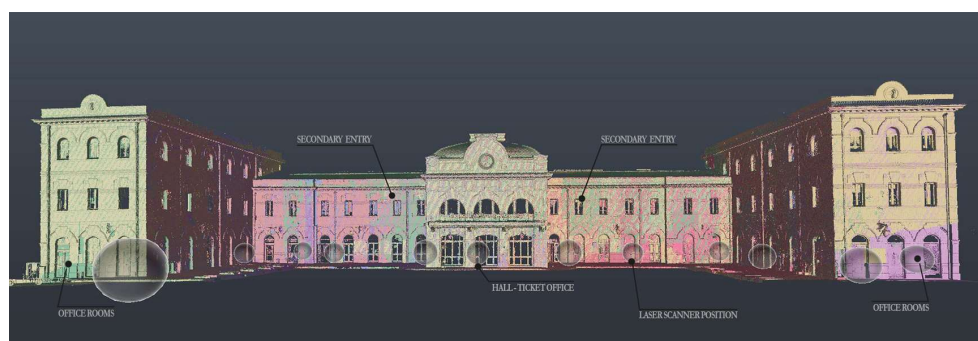


Figura 2. Nuvola di punti da laser scanner visualizzata in modalità Scan Location (Recap Pro).

Figure 2. Point cloud from laser scanner displayed in Scan Location mode (Recap Pro)



consueti che oggetti più complessi o caratterizzati da forme libere rende tale tipologia di modellazione adeguata alla necessità di ridisegnare con maggior dettaglio gli ornamenti architettonici dell'edificio.

In generale, la nuvola di punti è stata sezionata con l'ausilio dei piani di ritaglio verticali e orizzontali e, attraverso un processo di discretizzazione e interpolazione, si è proceduto a ricalcare i profili estratti attraverso l'uso di curve NURBS. Quest'ultimi, quindi, sono stati impiegati per la generazione degli elementi 3D tali da restituirne la fabbrica nella sua complessità architettonica (Figura 3).

Il modello digitale, inoltre, essendo elaborato su scala reale ci ha avvantaggiati per la fase successiva del recupero della memoria storica attraverso il metodo della restituzione prospettica.

### *Discussione*

La metodologia d'indagine grafica utilizzata in questo caso studio e che ha reso possibile una ricognizione storico-analitica dell'evoluzioni architettoniche della stazione è stata la restituzione prospettica da foto d'epoca.

Storicamente utilizzata nel campo della geometria descrittiva, come processo inverso a quello della costruzione prospettica, non è mai stata molto apprezzata come compendio analitico di studio delle immagini fotografiche a causa della grande difficoltà di ricognizione dei dati utili alla sua applicazione. La ricerca degli elementi geometrici indispensabili all'avvio del processo di restituzione ha sempre mostrato l'impossibilità nell'uso pratico del disegno manuale. Soltanto dopo la diffusione dei sistemi di disegno CAD si è potuto notare un ritorno d'interesse per questa metodologia grafica. L'approccio è però sempre stato relegato ad uno studio parziale e secondario rispetto le potenzialità che offriva: il motivo è da ricercare nell'approccio tipicamente bidimensionale offerto dalle analisi fotografiche e dal dispendio di tempo che ne deriva. Siamo quindi passati ad una nuova forma d'utilizzo di questo sistema: l'approccio della restituzione fotografica è stato sostanzialmente spostato nello spazio tridimensionale.

Si tratta, in sostanza, di analizzare i dati delle immagini fotografiche al fine di estrapolarne gli elementi utili alla costruzione di un modello prospettico spaziale, e su questo basare le successive fasi di ricostruzione e riproduzione volumetrica delle immagini fotografiche in esame. Risultato della restituzione prospettica è di ottenere la più probabile posizione del punto di vista principale V, secondo il quale era posizionato il fotografo al momento dello scatto, e della relativa distanza focale. Serve pertanto a questo scopo la ricognizione di alcuni elementi strutturanti il processo di costruzione prospettica, che in questo caso si definirà come studio dell'orientamento interno dell'immagine fotografica.

Gli elementi secondo cui si basa l'orientamento interno sono dunque i seguenti:

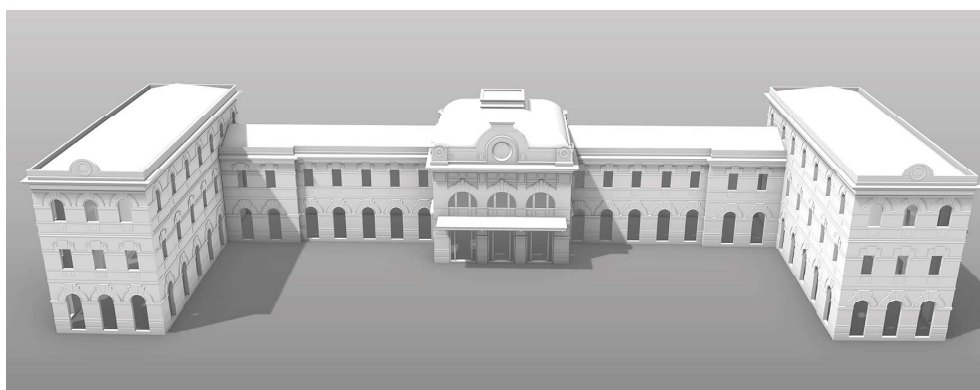


Figura 3. Modellazione tridimensionale della stazione di Caltanissetta Centrale (Rhinceros).

*Figure 3. Three-dimensional modeling of the Caltanissetta Centrale station (Rhinceros).*

I) ricognizione dei punti di fuga ( $F1$  e  $F2$ ) di una coppia di rette orizzontali fra loro perpendicolari, o di cui si conosce l'angolo d'incidenza; II) identificazione della linea d'orizzonte ( $f\alpha'$ ), in quanto retta passante per suddetti punti di fuga ( $F1$  e  $F2$ ); III) punto di fuga delle rette verticali  $Fn\alpha'$ : essendo le fotografie immagini fedeli alla realtà è stato necessario passare alla ricognizione di tale punto in quanto il piano del quadro non è mai perfettamente verticale bensì inclinato e dove tale angolo è dovuto all'inclinazione dell'asse di presa della camera fotografica.

Poiché la condizione geometrica, dovuta all'inclinazione del quadro fotografico, è tale da generare una intersezione tra le rette verticali del quadro stesso e la traccia del piano sezione retta (ovvero il piano passante per l'osservatore) è necessario individuare il punto reale che possa rappresentare l'ideale fuga delle rette verticali. Sappiamo dal corpus di regole della geometria descrittiva che il punto di vista sul piano  $\alpha$  sarà all'intersezione tra la retta traccia passante per  $Fn\alpha'$  e la semicirconferenza passante per i punti di fuga  $F1$  e  $F2$ , ovvero, secondo uno studio grafico di L. Grammatikopoulos e G. Karras (Grammatikopoulos et al., 2004), possiamo affermare che, nei casi in cui le rette che passano per due punti di fuga sono ortogonali tra loro, è possibile riscontrare che il centro di proiezione si trovi sulla superficie di una sfera il cui diametro è il segmento che ha per estremi i suddetti punti di fuga. Sempre secondo lo studio citato sarà dunque possibile modellare tre sfere: la prima sfera con diametro  $F1-F2$ ; la seconda con diametro  $F1-Fn\alpha'$ ; la terza con diametro  $F2-Fn\alpha'$ . Il punto di intersezione delle tre sfere sarà allora il centro di proiezione  $V$ , e la retta che passa da questo punto ed interseca ortogonalmente il piano dell'immagine, nel punto definito come  $F'n\pi$ , rappresenta quindi la distanza principale o distanza focale (orientamento esterno). Prima di poter definire conclusa la prima fase di costruzione geometrica bisogna effettuare ancora una rotazione che completa l'orientamento interno della fotografia. Tale rotazione prevede che l'asse passante per i punti  $V$  e  $F'n\pi$ , e che risulta per costruzione inclinato, sia messo in una direzione perfettamente verticale secondo una rotazione rigida del sistema. A questo punto il processo di restituzione prospettica si potrà avviare nelle sue fasi di ricostruzione volumetrica direttamente nello spazio tridimensionale. Considerando che, nella specificità del caso studio, la stazione ha subito nel corso del tempo sostanziali variazioni che ne hanno ampliato notevolmente il perimetro si è reso necessario, al fine di ricostruirne le fasi antecedenti in maniera scalare e proporzionata, adottare una misura che verosimilmente potesse essere rimasta invariata nel tempo. Abbiamo individuato, sulla base dei ragionamenti effettuati dalle foto storiche e dai disegni d'archivio, che la dimensione univoca, su cui scalare tutte le ricostruzioni, corrisponde alla larghezza del corpo centrale. Se però tale elemento ha mantenuto inalterata nel tempo la sua larghezza, ha altresì modificato sensibilmente sia la sua altezza che la sua profondità, ragion per cui l'unica misura utile al confronto dimensionale delle fasi storiche è rappresentata nelle immagini (Figura 4) dal segmento di estremi A-B. Assunto tale valore a dimensione fissa di base si è proceduto alla scalatura dello schema prospettico e al contempo all'orientamento esterno dello stesso mediante il metodo proporzionale del parallelogramma.

Tale metodo prevede la costruzione di un parallelogramma il cui lato noto, pari al segmento A-B, viene riportato a partire dal punto V.

La figura del parallelogramma si ottiene quindi facendo passare delle rette proiettanti dai relativi punti di vista  $V1$  e  $V2$  ai punti noti del segmento  $A'-B'$  (corrispondenti in foto ai punti A-B) e riportando la parallela ad una delle

due rette proiettanti sull'estremo libero del segmento noto, il lato del suddetto parallelogramma sarà ottenuto per intersezione con la seconda retta proiettante. L'intersezione tra le rette di costruzione corrisponderà, allora, al secondo lato del parallelogramma e quindi anche alla reale distanza tra il punto di vista  $V$  dell'osservatore e l'elemento di misura  $A-B$  sull'oggetto esistente. Questo processo permette dunque di poter stimare le più probabili distanze tra il punto di vista e l'oggetto rappresentato, nonché la quota del punto di vista (Figura 5). La giacitura del lato opposto del parallelogramma offrirà inoltre la direzione secondo cui ruotare rigidamente lo schema per allinearlo alla corretta giacitura

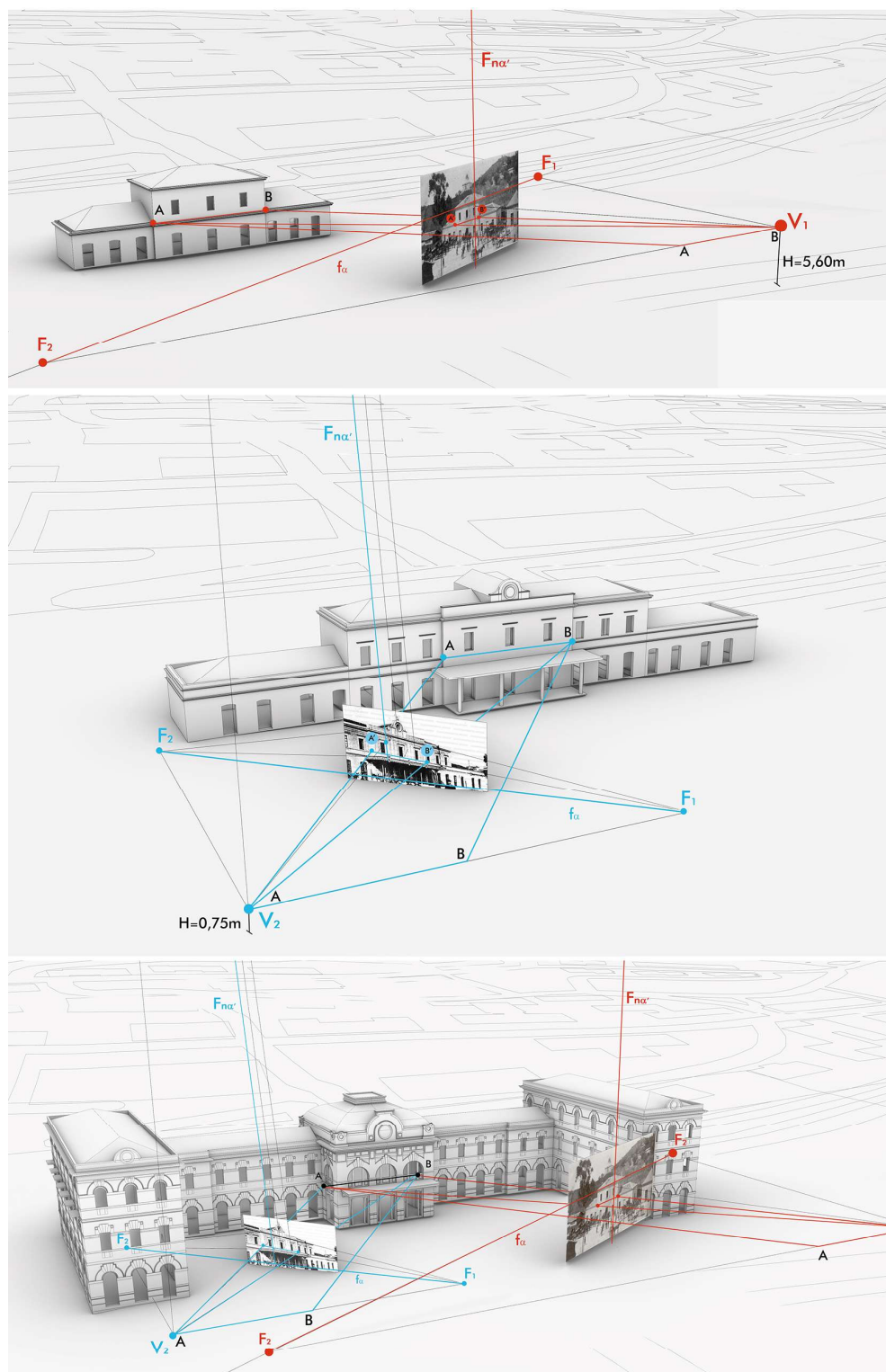


Figura 4. Schemi di restituzione prospettica nelle varie fasi di ampliamento del corpo di fabbrica.  
 Figure 4. Perspective restitution diagrams in the various phases of building extension.

dell'elemento esistente (orientamento esterno). Ecco che il processo è stato messo in scala e risulta costruibile nello spazio tridimensionale.

Il risultato di tale operazione ci consentirà allora di vedere l'immagine fotografica esattamente per come è stata percepita dal fotografo e, se il processo di ricostruzione è andato a buon fine, sarà possibile associare un fattore di trasparenza all'immagine fotografica tale da poter vedere la totale corrispondenza dei volumi costruiti con le sagome dell'immagine stessa in semitrasparenza (Figura 6). Nella fattispecie del caso studio il processo restitutivo ha potuto avvalersi di un doppio registro di verifica: la presenza di due fotografie storiche ha permesso di comprendere quante e quali sono state le porzioni della fabbrica

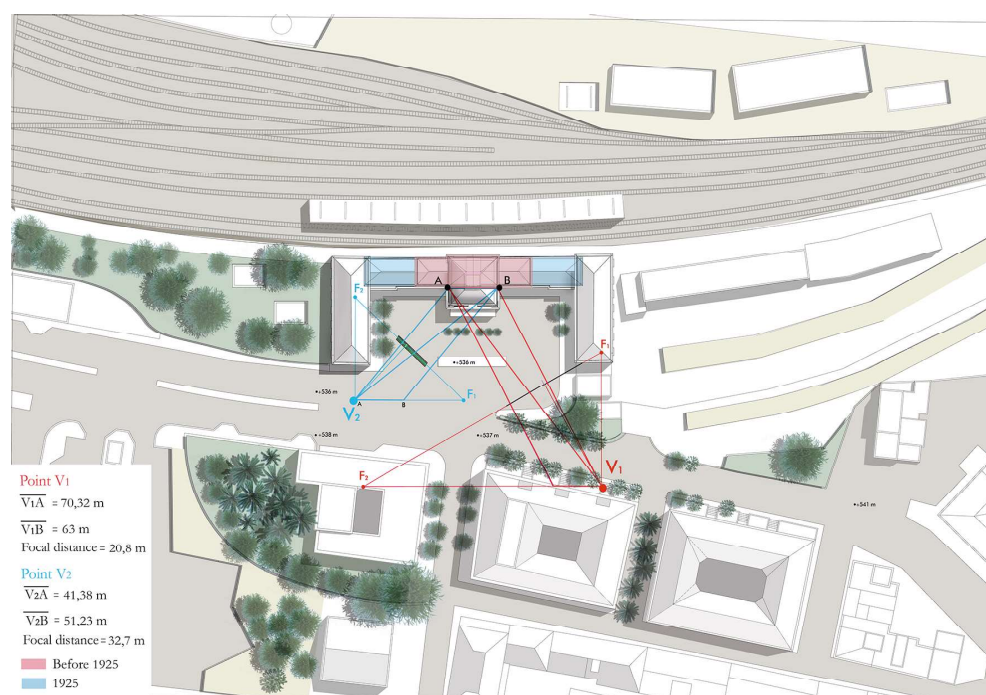


Figura 5. Planimetria della stazione di Caltanissetta Centrale e punti di presa delle foto d'epoca. Archivio autori.

Figure 5. Planimetry of Caltanissetta Central station and taking points of old photos. Source: Authors.

lasciate inalterate e quali, per contro, sono state modificate.

L'uso della medesima misura di base, per entrambe le immagini fotografiche, ha reso possibile il riscontro della correttezza delle proporzioni e ha evidenziato come il passo modulare delle aperture sia rimasto invariato nelle diverse fasi di ampliamento. La prova di ciò è stata verificata in quanto il raffronto incrociato delle due ricostruzioni ha generato volumetrie e modularità assolutamente pertinenti e accostabili per dimensione e proporzione. In conclusione e alla luce delle verifiche di congruenza effettuate, possiamo quindi affermare che il risultato del processo di restituzione prospettica applicato al caso specifico può ritenersi corretto e soddisfacente. Per verificare la correttezza della procedura e, quindi, del risultato della restituzione ci siamo avvalsi della possibilità, offerta dal *software* usato (Rhinoceros v. 7), di posizionare una camera fotografica virtuale nei corrispondenti punti principali V di entrambe le immagini e di considerare la distanza focale corretta come punto di destinazione finale della camera virtuale.

#### Risultato

Lo studio dei documenti e il processo di modellazione e restituzione prospettica sono risultati fondamentali per la comprensione e lo studio architettonico dell'edificio nell'insieme e nel dettaglio; svolgendo un'analisi a ritroso, partendo dallo stato attuale per ricondurci al progetto iniziale, infatti, è stato possibile



ripercorrere alcune fasi decisive del fabbricato. Il modello tridimensionale restituito ha, innanzitutto, reso possibile un confronto immediato con la documentazione archivistica rinvenuta, rimarcando alcune principali differenze tra edificio e idea progettuale, come nel caso del bugnato oggi quasi completamente assente se non in prossimità del corpo centrale, conci di chiave differenti nelle modanature dei fornic e assenza di pinnacoli decorativi sul volume centrale (Figura 7).

La stazione ferroviaria di Caltanissetta Centrale, nonostante sia un unico fabbricato, appare suddivisa in più volumi, simmetrici rispetto il corpo centrale. Le decorazioni si presentano sobrie e nell'insieme restituiscono all'edificio un richiamo al tardo modernismo: i corpi laterali si caratterizzano di una calibrata euritmia contraddistinta da fasce marcapiano in leggero aggetto e da profili differentemente modanati per ogni livello.

Il volume centrale, in aggetto rispetto ai corpi di fabbrica laterali, si presenta con ampie aperture, in riferimento all'impaginato architettonico complessivo, ed è coronato da una copertura con volta a padiglione. I tre ingressi ripartiscono il prospetto principale e appaiono, illudendo chi le osserva da lontano, come tre grandi fornic divisi da una pensilina centrale. Quest'ultimi sono delineati da modanature che richiamano i conci dei vani presenti sui corpi laterali, assicurando la giusta armonia e interconnessione all'edificio (Figura 8). La stazione di Caltanissetta Centrale inizialmente si sviluppava con un volume di dimensioni ridotte e molto semplice, da immagini storiche risalenti ai primi del '900, si

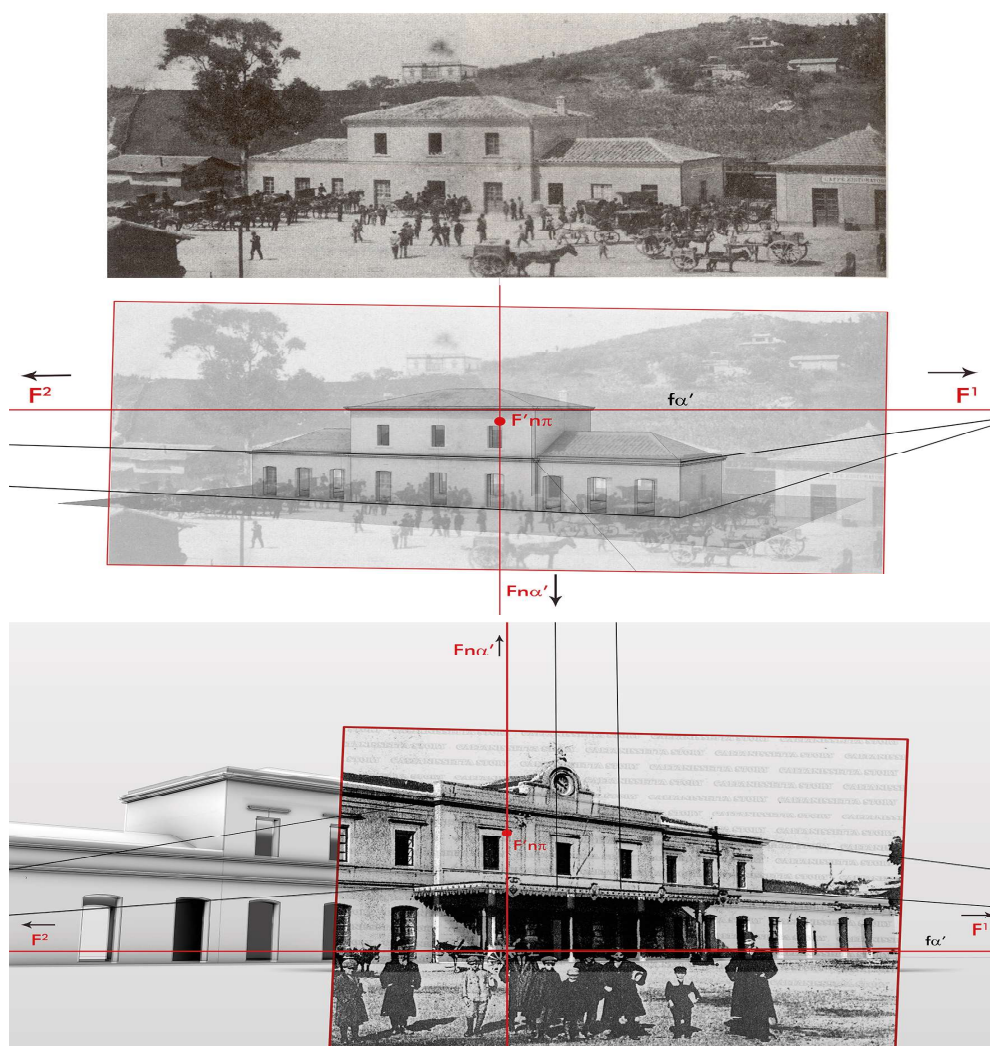
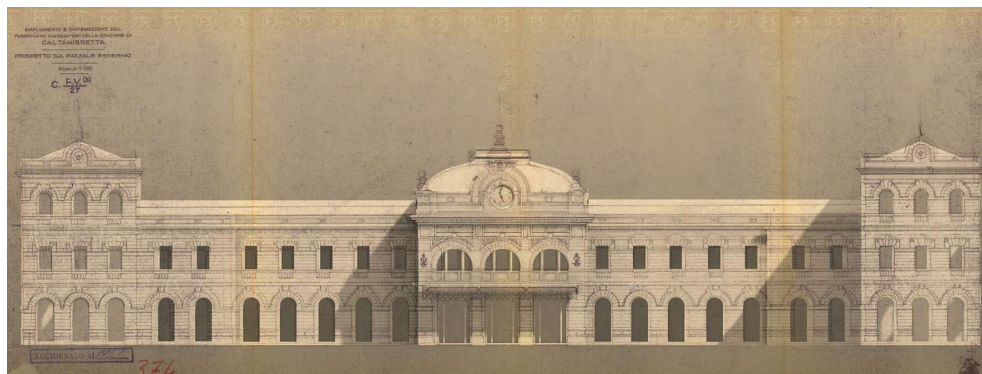


Figura 6. Restituzione prospettica con verifica per sovrapposizione dell'immagine fotografica. La macchina fotografica è collocata sul punto di vista principale

*Figure 6. Perspective restitution with verification by overlaying of photographic image. The camera is placed on the main viewpoint*

Figura 7. Confronto tra lo stato attuale e la documentazione d'archivio del progetto di ampliamento della stazione di Caltanissetta Centrale (Fondazione FS Italiane: Archivio Architettura, Fondo 7. Disegni di stazione, 0376. Stazione di Caltanissetta Centrale).

*Figure 7. Comparison of the current state and archival document of the Caltanissetta Centrale station expansion project (Fondazione FS Italiane: Architecture Archives, Fund 7. Station Drawings, 0376. Stazione di Caltanissetta Centrale).*



evince che la stazione presentava un corpo centrale, leggermente aggettante, con una elegante pensilina in ferro e il caratteristico orologio. Simmetricamente e leggermente arretrati si sviluppavano i bracci laterali, che con andamento progressivo, passavano da due a un livello. In facciata le decorazioni erano molto semplici: una spessa fascia marcapiano separava il primo livello e piccole e semplici cornici adornavano le finestre e gli ingressi alla base. Maggiore plasticità si presentava nel corpo centrale la cui superficie era scandita da due lesene ed era incorniciata da cantonali che si ripetevano, quasi ad ingannare l'occhio di un ulteriore volume, in prossimità degli ambienti laterali.

Un'ulteriore immagine storica, di data incerta, riporta l'edificio nella sua composizione originale, molto semplice ed essenziale, composto da volumi di altezza diversa, copertura a falde e privo di ogni decorazione.

Nel 1929, probabilmente, la stazione assunse l'attuale conformazione: il volume dell'ambiente centrale viene incrementato - aumentando la sporgenza e modificando la copertura e gli ornamenti - ma conservando la tripartizione e la presenza dell'orologio centrale. I corpi laterali, per tutte le sette campate, si estesero su due livelli e nei fianchi si aggiunsero ulteriori corpi che le fecero assumere l'attuale conformazione a C (Figura 9).

Al di là dei cambiamenti tangibili, la principale trasformazione si riscontra nel tentativo di voler adeguare l'edificio ai più usuali canoni del tempo.

L'ambiente culturale siciliano tra la fine dell'800 e gli inizi del '900, infatti, era affascinato dagli insegnamenti e dai canoni architettonici modernisti di Ernesto Basile (1857 - 1932) spesso introdotti in ambito ferroviario come risposta alle esigenze di riadattamento dei vari edifici, privandoli, della propria logica progettuale.



Figura 8. Dettaglio del modello tridimensionale (Rhinceros).

*Figure 8. Detail view of the three-dimensional model (Rhinceros).*

### Conclusioni

Il segno lasciato nel tempo dalle immagini e dalle foto del passato rappresenta parte dell'eredità tramandata dalla stazione di Caltanissetta Centrale ed è di fondamentale importanza per la conoscenza, insieme con la documentazione storica ed archivistica, del processo evolutivo che la contraddistingue.

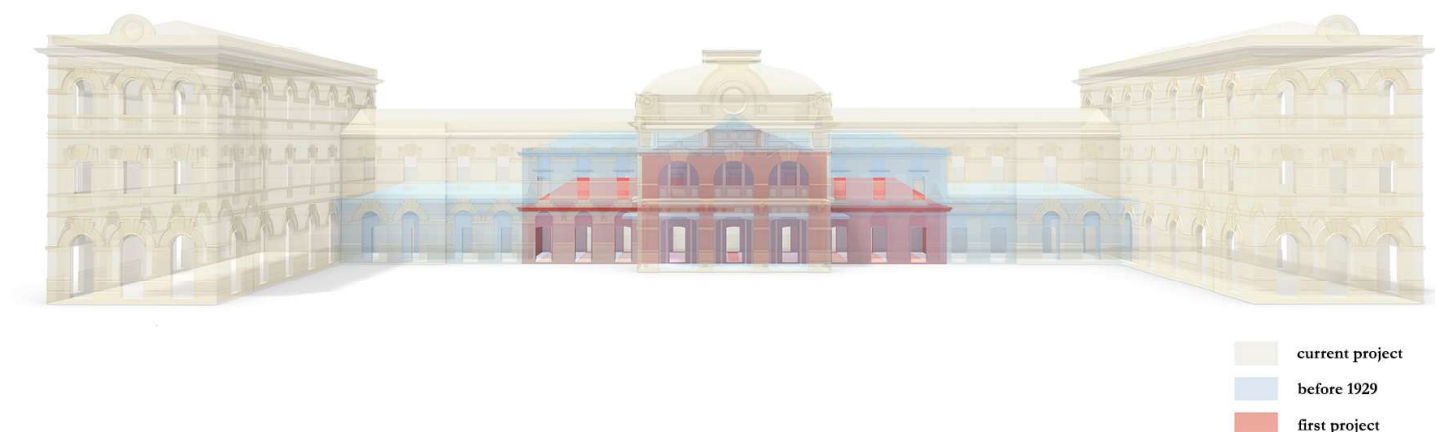
Il supporto delle nuove tecnologie, sempre più imperante in ambito culturale, offre inoltre soluzioni innovative per la conoscenza e la divulgazione del patrimonio. La digitalizzazione della stazione, infatti, ha consentito di studiare e analizzare l'edificio, ma soprattutto di realizzare modelli tridimensionali esemplificativi della fabbrica nel tempo atti a far comprendere le principali fasi storiche che l'hanno caratterizzata.

Tale ricerca si pone come base per possibili sviluppi futuri nel campo della fruizione del patrimonio attraverso le nuove modalità di visualizzazione come AR, VR o MR o come documento per la gestione, l'implementazione e la condivisione di dati su apposite piattaforme di lavoro, per eventuali interventi futuri sul manufatto.

Altresì, il *paper* sottolinea l'importante relazione che esiste tra analogico e digitale in ambito culturale e della continua iterazione che sussiste tra due realtà, apparentemente divergenti, ma concretamente complementari con un ruolo collaborativo e non esclusivo.

Figura 9. Schema concettuale delle stratificazioni storiche subite dalla stazione di Caltanissetta Centrale.

*Figure 9. Conceptual diagram of the historical stratifications undergone by the Caltanissetta Central Station.*





## References

- Agnello F., & Cannella M. (2021). Sperimentazione di una procedura per la creazione di un atlante digitale per la documentazione dei soffitti lignei dipinti di Sicilia. In *42th International conference of representation disciplines teachers. Congress of Unione Italiana per il disegno. Proceedings 2020*. linguaggi, distanze tecnologie. Franco Angeli. Srl, pp. 1866-1883. <https://doi.org/10.3280/oa-693.105>
- Arslan, O (2014). 3D Object Reconstruction from a single Image. In *International Journal of Environment and Geoinformatics*, (1), 21-28. <https://doi.org/10.30897/ijegeo.300724>
- Brusaporci S., Maiezza, P., Tata, A., Graziosi, F., & Franchi, F. (2021). Prosthetic Visualizations for a Smart Heritage. *Representation Challenges. Augmented Reality and Artificial Intelligence in Cultural Heritage and Innovative Design Domain*. Franco Angeli Srl, pp. 117-120. <https://doi.org/10.3280/oa-686.18>
- Debevec, P., Taylor, C., Malik, J. (1996). Modeling and Rendering Architecture from Photographs: a hybrid geometry and image-based approach. *SIGGRAPH 1996*, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1145/237170.237191>
- Fallavollita, F., Migliari, R., Salvatore M. (2013). Monge e il problema del vertice di piramide: una applicazione alla restituzione di quote e volumi da una fotografia del 1892. *DisegnareCon*, 6 (12), pp. 1-9. <http://hdl.handle.net/11585/191578>
- Giordano G. (2004). *Le fonti archivistiche per nuovi percorsi di studio*. In Godoli E., Lima A. I. (eds) *Architettura ferroviaria in Italia. Novecento*. Palermo: Dario Flaccovio Editore, pp. 497-505.
- Giuffrida R. (1967). *Lo stato e le ferrovie in Sicilia (1860-1895)*. Salvatore Sciascia editore.
- Gonizzi Barsanti S., Rossi A. (2022). La Tomba di Giulio II a Roma: dal rilievo fotogrammetrico alla stampa 3D per non vedenti. *Mimesis.jsad* 1(2), pp. 63-76. <https://revistamimesis.environmenttechnologyfoundation.org/index.php/envitech/article/view/36>
- Grammatikopoulos, L., Karras, G., Petsa E. (2004). Camera calibration combining images with two vanishing points. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 35(5), pp. 99-104.
- Kuźelewska, E., & Tomaszuk, M. (2020). European Human Rights Dimension of the Online Access to Cultural Heritage in Times of the COVID-19 Outbreak. *International Journal for the Semiotics of Law*. <https://doi.org/10.1007/s11196-020-09712-x>
- Lima, A., I. (2004). Dalla nazionalizzazione agli anni Trenta ampliamenti e nuove realizzazioni in Sicilia. In Godoli E., Lima A. I. (eds) *Architettura ferroviaria in Italia. Novecento*. Palermo: Dario Flaccovio Editore, pp. 139-168.
- Lima, A., I. (2004). Genesi e dinamica delle stazioni in Sicilia. Territorio, città, architettura. In Cozzi M., Godoli E., (eds) *Architettura ferroviaria in Italia. Ottocento*. Palermo: Dario Flaccovio Editore, pp. 395-425.
- Luhmann, T., Chizhova, M., Gorkovchuk, D., Hastedt, H., Chachava, N., & Lekveishvili, N. (2019). Combination of terrestrial laser scanning, UAV and close-range photogrammetry for 3D reconstruction of complex churches in Georgia. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences ISPRS Annals*, 42(2/W11), pp. 753-761. <https://doi.org/10.5194/isprs-Archives-XLII-2-W11-753-2019>
- Migliari R. (2004). *Per una teoria del rilievo architettonico*. In *Disegno come Modello. Roma*: Kappa, pp. 63-65.
- Morena, S., Bordese, F., Caliano, E., Freda, S., de Feo, E., & Barba, S. (2021).

## Ringraziamenti

Si ringraziano Rete Ferroviaria Italiana SpA (RFI) per aver concesso il permesso di eseguire i rilievi della stazione di Caltanissetta Centrale e la Fondazione FS Italiane per la documentazione d'archivio condivisa. *Acknowledgment*  
*We would like to thank Rete Ferroviaria Italiana (RFI) for granting permission to survey Caltanissetta Central Station and the Fondazione FS Italiane for consulting the archival documentation.*



Architectural survey techniques for degradation diagnostics. An application for the cultural heritage. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 46(M-1-2021), pp. 449-454. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-M-1-2021-449-2021>

Rubio, J. M., Martín, J. J. F., & Alonso, J. I. S. J. (2018). Implementation of 3D scanner and digital photogrammetry in the documentation process of la MercedChurch, Panama. *EGA Revista de Expresion Grafica Arquitectonica*, 23(32), pp. 208–219. <https://doi.org/10.4995/ega.2018.9811>

Paris, L. (2000). *Il problema inverso della prospettiva*. Roma: Kappa

Perticarini, M., Marzocchella, V. (2021). 3D Animation Applied to Street Art. Physical and Remote Connections Aimed at Inclusion. In: Cheng, LY. (ed) *ICGG 2020 - Proceedings of the 19th International Conference on Geometry and Graphics*. ICGG 2021. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1296. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-63403-2\\_85](https://doi.org/10.1007/978-3-030-63403-2_85)

Sessa E.(2004) Un tardo liberty per le Stazioni in Sicilia, In Cozzi, M. Godoli E. (Eds), *Architettura ferroviaria in Italia*. Ottocento. Palermo:Faccorio, 139-168.

#### Contributo degli autori

Tutti gli autori hanno ideato e progettato l'indagine sperimentale. Tutti gli autori hanno scritto i paragrafi "Introduzione" e "Conclusioni" e hanno rivisto e modificato l'intero lavoro. I paragrafi "Metodologia" e "Risultati" sono stati scritti da S.M.; il paragrafo "Discussione" è stato scritto da L.B.

#### *Authors contribution*

*All authors conceived and designed the experimental investigation. All authors wrote the paragraphs "Introduction" and "Conclusions" and revised and edited the whole paper. The "Methodology" and "Results" paragraphs were written by S.M.; the "Discussion" paragraph was written by L.B.*

## The digitisation of heritage as a resource for knowledge, an experience on Sicilian railway architecture

### *Introduction*

The continuous development of technologies for the digitisation of heritage and the prerogatives that derived from this process compels a reflection on the advantages that new techniques bring to the preservation and enhancement of Cultural Heritage. The digital replica of heritage turns out to be an articulated process that considers several aspects, and it is strongly related to the type of object (geometry, size, texture, and surface), the purpose and timing as well as the available economic budget; there are, therefore, several methods appropriate to the various needs and scope of the project (Rubio et al., 2018; Bertocci & Bini, 2012). However, often the complexity of the objects to be digitized and acquired, necessitates the integration of different surveying and representation techniques, which is still the most effective method to obtain an integral and detailed 3D realistic model (Luhmann et al., 2019; Morena et al., 2021). Survey and digital representation prove to be supportive for the analysis and study of architectural heritage. The documentation and data collection, in fact, are crucial not only to acquire precise metric information but also to initiate a cognitive process with the aim to analyze and understand architectural forms and geometric characteristics of a building. Hence, the survey can head an inverse process to that of design, one analyzes the existing to interpret the evolution until arriving at the understanding of the design idea (Migliari, 2004). Digital reproduction, as in the case of three-dimensional modelling, also adds value to the representation by ensuring the generation of persuasive images capable of engaging an increasing number of users, both experts and non-experts, and transferring immediate information. The pandemic crisis has further accentuated the focus on issues such as digitization and innovation, which is the case with the National Recovery and Resilience Plan (PNRR), undertaken by Italy to benefit from the Next Generation EU (NGEU), which strongly aims to start actions to enhance tourism and cultural heritage with investments aimed at improving attractiveness and ensuring the metadata of digital resources. Processes that allow, moreover, to explore new ways of fruition of culture (Kuzelewska & Tomaszuk, 2020; Leserri et al., 2022) and provide greater accessibility to the tangible and intangible heritage, while ensuring engaging approaches, as well as greater inclusiveness (Agnello & Cannella, 2021; Perticarini & Marzocchella 2021).

Hence, digital surveying plays a substantial role, serving as the main basis for developing repositories in which to store data and support the distribution of information in time and space or as the basis for generating 3D models to be used for visualisation and dissemination (Brusaporci et al., 2021) as well as for rapid prototyping (Gonizzi Barsanti & Rossi, 2022). The following study focuses on surveying and digital representation techniques for the knowledge of

historical heritage; in particular, it aims to study and analyze the architecture of the Caltanissetta Central railway station (Figure 1) and the main historical phases that characterised it. The photographic and archival documentation found focuses mainly on the elevation of the station, which is why it was decided to direct the analysis mainly to the station's main facade. The survey and modelling projects have in fact allowed us to compare the initial and current state of the station, as well as to show any design divergences from the archival documents at our disposal found. The collaborative role between digital and analog images made it possible to generate immediately readable and easy-to-understand models and images capable of highlighting changes over time.

### *Methodology*

Railway stations from the territorial viewpoint have always played an important role both at the environmental level, of the impact produced in the natural environment, and at the social economic level, for the various strategic connections, as well as for urban planning and historical and artistic heritage. The issue of railroads and stations was particularly felt in the region of Sicily, which had a deferment in both technical and stylistic development. It was not until 1859, in fact, that the first studies began to be undertaken in an attempt to introduce railroads to the island, paying particular attention to the strengthening of the sulfur trade, a choice that would in part negatively affect the development of other forms of economy in the region (Giuffrida, 1967). The complexity of the events that followed over time and the different management (public and private) of the Sicilian railway, moreover, makes the research quite articulated, directing the investigations towards a miscellany of documents preserved in various private archives or collected by different collectors or personalities who, over the years, have been advocated railway policy (Giordano, 2004).

The current Caltanissetta station was initiated by the Vittorio Emanuele Company as part of the railroad construction from Catania to Canicattì and Licata.

The realisation of the first project of the station, drawn up in 1869, was assumed to be in Calcare street; however, the distance from the center inevitably entailed a variant, which was located the station near the built-up area, providing greater accessibility through a straight avenue (Sessa, 2004). The strategic location that characterises the station also meant that the urban transformations planned over the years for the city of Nisseni, also involved the building itself (Lima, 2004). Archival investigations have, in fact, returned a project dating back to 1921 that was very articulate and complex that included a preponderant use of ashlar and a spatial organisation composed of several volumes characterised by various roofs (Lima, 2004). Of note was the central body, which included three double-height entrance arches and a roof surmounted by a peculiar metal superstructure.

The implementation of the project advanced slowly, it was in fact only around 1929 that it was realised following, however,

the indications of an additional archival document, probably creditable to a later phase and datable between 1924 and 1929 (Lima, 2004). The design of the railway building found and effectively realised differs, not a little, from the 1921 hypothesis not only in the spatial disposition of the volumes but also in the architectural language used. It is less incisive and much more in line with the railway architecture of those years with the presence of the typical ashlar in the decorative profiles of the window fixtures. Various events occurred over time, mainly: in 1943, probably with Operation Husky of World War II and the bombing that followed, the passenger building was severely damaged, and the restoration occurred only at the end of the conflict; in 1999, the station was placed under architectural constraints and in 2018 underwent restoration to make it its current appearance. The study and interpretation of the Caltanissetta Centrale railway station required a series of steps complementary to each other: an initial bibliographic and archival historical analysis was followed by an architectural survey and, subsequently, a modelling project to generate a critical digital model to be compared with the documents and images found. Data acquisition was performed using a Terrestrial Laser Scanning (TLS) that enabled fast and efficient collection of coordinates of points in the building space, ensuring accurate metric information as well as indications of the pulse intensity returned by the individual point. The Leica HDS7000 from the Leica Geosystems company, used for such acquisitions, is a phase-shift laser scanner that can capture about 1.000.000 points/s and is characterised by an acquisition range between 0,3 - 183 m with a maximum resolution of 0,1 mm and a linearity error  $\leq 1$  mm. The total building coverage was obtained by planning and stationing the instruments at 37 different places, of which 12 were needed to acquire the main elevation of the building. The survey was conducted by ensuring the proper overlap between one station to another and a tightening resolution parameter of 6 mm at 10 m and a quality of 4x, moreover, given the plasticity of the elevation and the purpose of the work, it was decided to proceed without the aid of artificial targets (Figure 2).

The alignment of the various scans was performed using the software Recap Pro from the manufacturer Autodesk, the cloud-to-cloud system was operated by performing the standard procedure implemented by the software, through the identification of at least three homologous points located on different planes of space. The  $360^\circ \times 320^\circ$  field of view, which characterises the instrument, inevitably acquired data from the surrounding environment that was useful for the alignment phase but superfluous for the final restitution.

The complete point cloud was manually cleaned of any additional information and the presence of noise that was mainly generated near edges, glass, and trees. The final digital model is shown to be lacking in RGB information and with data gaps predominantly in the nearness of the coverage, lack that could have been remedied by a UAV survey, but which for time and purpose was not conducted. The use of digitisation,

from this aspect, is proven to be advantageous; the survey conducted, in fact, can easily be integrated later with the use of additional instrumentation.

The choice to operate with acquisitions without colorimetric information stems from the need to proceed with quick and essential procedures. The purpose of this survey, in fact, is to generate a point cloud that can be managed in a CAD modelling environment to analyze the architectural features, to study the geometry and hypothesis the historical evolutions that have characterised the railway station.

The large area of overlap between adjacent scans inevitably made the final point cloud denser and heavier than what was initially set as the resolution for the single scan, which is why the model was sampled in Cloud Compare (version 2.12.0), in Space mode with a value of 0,004 m, to ensure easier data management. The orientated and optimised point cloud was imported into Rhinoceros for modelling with curves and Non-Uniform Rational Basis-Splines (NURBS) surfaces.

The possibility of being able to accurately represent both ordinary geometric objects as well as more complex ones or those characterised by freeform shapes makes this type of modeling appropriate for the need to redesign with greater detail the architectural ornamentation of the building.

Generally, the point cloud was sectioned with the help of the vertical and horizontal clipping planes, and through a process of discretization and interpolation, the extracted profiles were traced using NURBS curves. The latter, then, were used to generate the 3D elements such as to render the building in its architectural complexity (Figure 3).

Moreover, the digital model, being processed on a full scale, has benefited us for the next stage of recovering historical memory through the method of perspective restitution.

#### *Discussion*

The graphic research methodology used in this case study, and which made possible a historical-analytical reconnaissance of the station's architectural evolution, was the perspective restitution from old pictures. Historically used in the field of descriptive geometry, as an inverse process to that of perspective construction, it has never been much appreciated as an analytical compendium of photographic image study because of the great difficulty in reconnaissance of data useful for its application. The search for the geometric elements essential to the initiation of the restitution process has always shown the impossibility in the practical use of manual drawing. It was only after the dissemination of CAD drawing systems that a revival of interest in this graphic methodology could be seen. However, the approach has always been relegated to a partial and secondary study compared to the potential it offered; the reason for this is to be found in the typically two-dimensional approach offered by photographic analysis and the time-consuming. We have therefore moved to a new form of use of this system: the approach of photographic restitution has been essentially shifted to three-dimensional space. In

essence, it is an analysis of the data from the photographic images to extrapolate the elements useful for constructing a spatial perspective model, and on this to base the subsequent steps of reconstruction and volumetric reproduction of the photographic images under consideration.

The result of perspective restitution is to obtain the most probable position of the main viewpoint  $V$ , according to which the photographer was positioned at the time of the shot, and the relative focal distance. Hence, to this purpose is useful to recognize certain structuring elements of the perspective construction process, which in this case will be defined as the study of the internal orientation of the photographic image. Thus, the elements according to which the internal orientation is based are as follows: (I) identification of the vanishing points ( $F1$  and  $F2$ ) of a pair of horizontal lines perpendicular to each other, or whose angle of incidence is known; (II) identification of the horizon line ( $f\alpha'$ ), as a line passing through called vanishing points ( $F1$  and  $F2$ ); (III) vanishing point of the vertical lines  $F\nu\alpha'$ : since the photographs are true-to-life images, it was necessary to go through the reconnaissance of this point since the picture plane is seldom perfectly vertical but inclined and where this angle is due to the inclination of the optical axis of the camera. Since the geometric condition, due to the inclination of the picture plane, is such that it generates an intersection between the vertical lines of the picture itself and the trace of the sectional plane (that is the plane containing the observer) it is necessary to find the real point that can represent the ideal vanishing point of the vertical lines. From the rules of descriptive geometry is known that the viewpoint on the  $\alpha$  plane will be at the intersection of the trace line passing through  $F\nu\alpha'$  and the semicircle passing through the vanishing points  $F1$  and  $F2$ , namely, according to a graphical study by L. Grammatikopoulos and G. Karras (Grammatikopoulos et al., 2004), we can state that, in cases where the straight lines passing through two vanishing points are orthogonal to each other, it is possible to find that the center of projection lies on the surface of a sphere whose diameter is the segment that has the aforementioned vanishing points as its endpoints. Based on the abovementioned study, it will thus be possible to model the three spheres: the first sphere with diameter  $F1-F2$ ; the second with diameter  $F1-F\nu\alpha'$ ; the third with diameter  $F2-F\nu\alpha'$ . The point of intersection of the three spheres will then be the center of projection  $V$ , and the line passing from this point and orthogonally intersecting the image plane, at the point defined as  $F'\nu\pi$ , thus representing the principal distance or focal distance. (phase of external orientation). Before defining the first phase of geometric construction as completed, one more rotation must be performed to complete the internal orientation of the photograph. This rotation requires that the axis passing through the points  $V$  and  $F'\nu\pi$ , and which is by construction inclined, has to be placed in a perfectly vertical direction according to a rigid rotation of the system. At this point, the process of perspective restitution can be started in its volumetric reconstruction phases directly in three-

dimensional space. Considering that, in the specificity of the case study, the station underwent substantial changes over time that greatly expanded its perimeter, it became necessary, to reconstruct its antecedent phases in a scaled and proportionate manner, to adopt a measure that was likely to have remained unchanged over time. We identified, based on reasoning from historical photographs and archival drawings, that the invariant dimension, on which to scale all reconstructions, corresponds to the width of the central volume. However, if this element has kept its width unchanged over time, it has also significantly modified both its height and depth, reasoning that the only useful measure for dimensional comparison of the historical phases is represented in the images (Figure 4) by the segment of extremes  $A-B$ . The perspective scheme was scaled assuming this value as a fixed base dimension, and at the same time the external orientation of the same was carried out using the proportional parallelogram method. This method involves the construction of a parallelogram whose known side, equal to the segment  $A-B$ , is plotted from the point  $V$ .

The figure of the parallelogram is then obtained by passing projecting straight lines from the relative viewpoints  $V1$  and  $V2$  to the known points of the segment  $A'-B'$  (corresponding in the photo to the points  $A-B$ ), and by returning the parallel to one of the two projecting lines to the free end of the known segment, the side of the aforementioned parallelogram will be obtained from the intersection with the second projecting line. The intersection between the construction lines will then correspond to the second side of the parallelogram and thus also to the actual distance between the observer's point of view  $V$  and the measuring element  $A-B$  on the existing object. Thus, this process allows us to be able to estimate the most likely distances between the viewpoint and the represented object, as well as the elevation of the viewpoint (Figure 5).

The position of the opposite side of the parallelogram will also offer the direction according to rigidly rotate the scheme to align it with the correct position of the existing element (external orientation). In this way, the process has been scaled and is constructible in three-dimensional space.

To verify the correctness of the procedure and, therefore, of the result of the restitution, we used the possibility, offered by the software used (Rhinoceros v.7), of placing a virtual camera at the corresponding main points  $V$  of both images and considering the correct focal distance as the final destination point of the virtual camera.

The result obtained will then enable us to determine the photographic image exactly as it was perceived by the photographer, and, if the reconstruction process is successful, it will be possible to associate a transparency factor with the photographic image such that we will be able to see the total correspondence of the built volumes with the silhouettes of the image itself in semi-transparency (Figure 6).

In the case of this study, the restitutive process could use a double verification register: the presence of two historical photographs made it possible to understand how many and



which portions of the factory were left unchanged and which, while were modified. The use of the same basic measurement, for both photographic images, made it possible to ascertain the correctness of the proportions and showed how the modular pitch of the openings remained unchanged in the different phases of enlargement.

Evidence of this was verified in that cross-comparison of the two reconstructions generated volumes and modularity that were absolutely relevant and approachable in size and proportion. In conclusion, and considering the congruence verifications carried out, we can therefore state that the result of the perspective restitution process applied to the specific case can be considered correct and satisfactory.

### *Results*

The study of the documents, the modelling process and the perspective restitution were fundamental to understand and to analyse the architecture of the station as a whole and its detail; by conducting a reverse analysis, starting from the current state and tracing back to the initial design, it was possible to retrace some decisive phases of the building. First, the three-dimensional model returned made it possible to make an immediate comparison with the archival documentation found, highlighting some main differences between building and design idea, such as in the case of ashlar, currently almost completely absent except near the central body, different keystones in the mouldings of the arches and absence of decorative pinnacles on the central volume (Figure 7).

The Caltanissetta Central railway station, despite is a single building, appears divided into several volumes, symmetrical with respect to the central core. The decorations are restrained and, as a whole, give the building a hint of late modernism: the lateral bodies are characterized by a calibrated eurhythmics marked by slightly projecting stringcourses and differentially molded profiles for each level.

The central volume, overhanging from the sides of the building, has large openings, compared to the overall architectural layout, and is crowned by a pavilion-vaulted roof.

The three entrances subdivide the main elevation and appear, deluding those who observe them from a distance, as three large archways divided by a central canopy. The latter are delineated by mouldings that echo the ashlar of the rooms on the side volumes, ensuring the proper harmony and interconnectedness of the building (Figure 8).

The Caltanissetta Centrale station initially developed with a small and very simple volume, from historical images that can be found probably before 1925, in fact the station presented a central volume slightly overhanging, with an elegant iron canopy and the characteristic clock. Symmetrically and slightly set back are the side volumes, which, with gradual progression, go from two to one level. On the facade, the decorations are very simple: a thick stringcourse band separates the first level, and small, simple cornices adorn the windows and entrances at the base. More plasticity is presented in the central body, the

surface of which is punctuated by two pilasters and framed by cantonal that are repeated, as if to deceive the eye of further volume, near the side rooms.

A further historical image, of uncertain date, shows the building in its original composition, very simple and essential, composed of volumes of different heights, pitched roofing and devoid of any decoration.

In 1929, probably, the railway station took on its present conformation: the volume of the central room was enlarged - increasing the projection and modifying the roof and ornaments - but retaining the tripartition and the presence of the central clock.

The side volumes, for all seven bays, extended over two levels, and additional bodies were added in the sides, causing it to assume its current C shaped conformation (Figure 9). Beyond the tangible changes, the main transformation is found in the pursuit to adapt the building to the more usual canons of the time.

The Sicilian cultural milieu in the late 1800s and early 1900s was fascinated by the modernist architectural teachings and canons of Ernesto Basile (1857 - 1932), which were often introduced in the railroad sphere as a response to the need to readjust of various buildings, depriving them, of their own logic design.

### *Conclusions*

The marks left over time by the images and photos of the past represents part of the heritage handed down by Caltanissetta Central station and is of fundamental importance for knowledge, along with historical and archival documentation, of the evolutionary process that distinguishes it. Additionally, the support of new technologies, which are increasingly prevalent in the cultural sphere, offers innovative solutions for the knowledge and dissemination of heritage. The digitization of the station, in fact, has made it possible to study and analyze the building but, above all, to create three-dimensional models exemplifying the factory overtime suitable for understanding the main historical phases that have characterised it. This research stands as a basis for possible future developments in the field of heritage fruition through new visualisation modalities such as AR, VR or MR or as a document for the management, implementation and sharing of data on appropriate working platforms, for possible future interventions on the artefact.


Likewise, the paper emphasizes the important relationship that exists between analog and digital in the cultural field and of the continuous iteration that exists between two realities, that are apparently divergent, but concretely complementary with a collaborative and non-exclusive role.

Articolo

## Narrar la arquitectura y el ambiente: el dibujo del pensamiento y las emociones

*Narrating architecture and environment: the drawing/sign of thought and emotions*

**Pia Davico**

<sup>1</sup>Assistant Professor, PhD, Polytechnic University of Turin (Italy)  
pia.davico@polito.it  
<https://orcid.org/0000-0002-1451-8383> 

DOI: <https://doi.org/10.56205/mim.2-1.3>

Recibido  
30/09/22  
Aprobado  
04/10/22  
Publicado  
05/10/22

Mimesis.jsad  
ISSN 2805-6337



EDITORIAL  
Environment & Technology  
Foundation

### Abstract

*This paper discusses methodological aspects by illustrating the first products of a research project developed as part of a collaboration agreement between the DICAr - Department of Civil Engineering and Architecture of the University of Pavia and the enterprise GEA s.r.l. Archaeology, for the documentation of the archaeological excavations in the former Santa Margherita Institute in Pavia (Italy). The activities, carried out by the experimental laboratories DAda-LAB and PLAY, regarded the documentation of the archaeological evidences, dating back to the 4th century AD, brought to light by the interventions of conversion and remodelling of the historical and architectural complex. The need to produce documentation apparatus to support the excavation activities is boosted by the fragility of the archaeological site, apparently meant to disappear to allow space for the construction of an underground car park.*

*The research aims to develop a methodology for the organisation of the data acquired in the multiple excavation campaigns, the production of databases useful to archaeologists for the chronological interpretation of the excavation, the detection of archaeological emergencies and the development of an information system that combines models and databases. Since March 2022, data acquisition campaigns have been undertaken to progressively survey the phases of excavations. Data sheets were then developed for stratigraphic units and deposit units, and an effective GIS system was developed to represent the complex nature of the site by making clear the relationships between the stratigraphic units. The first results of the research outline a methodological process that leads to the development of a digital 'container' in which it becomes possible to include the data collected during the campaign by reducing the time gap between acquisition, recording, processing and synthesis of information.*



### *Resumen*

Cada dibujo es una narración, compuesta por signos, colores, transparencias, relaciones entre las partes; en cada dibujo se crea un equilibrio entre imágenes y pensamientos capaces de establecer un nexo entre el espíritu del ejecutor y el de los observadores. El realizado a mano, gracias a su personalidad y unicidad, y a la capacidad de crear una relación entre la materialidad y la inmaterialidad de imágenes y pensamientos, todavía hoy se revela un instrumento de comunicación indispensable e insustituible; su narración e interpretación se amplifican dependiendo del modo en el cual cada persona recibe los estímulos visuales y emotivos transmitidos por el dibujo mismo.

Aunque el advenimiento de representaciones digitales cada vez más innovadoras hace que se ponga en discusión, el dibujo del boceto constituye, y todavía sigue siendo (lo documentan muchos estudios recientes), un elemento fundamental para el arquitecto, gracias a su inmediatez y las vibraciones interpretativas implícitas en el mismo, definiendo un vínculo indisoluble entre pensamiento y gestualidades gráficas, y transmitiendo además de los aspectos formales, pensamientos y emociones.

La intención de esta aportación es poner en evidencia el modo en el cual dicho vínculo resulta basilar en el lenguaje arquitectónico, tanto en el proyecto como en el estudio de lo existente, para transmitir los puntos fundamentales de arquitecturas o de espacios urbanos, y las implicaciones emotivas instauradas entre el hombre y el ambiente.

Tomando como referencia cultural los bocetos de proyectistas que han dejado un signo en la historia de la arquitectura contemporánea, y al mismo tiempo mediante el análisis de algunos ejemplos de arquitectos menos notos, surge de manera evidente el modo en el cual todos “firman” su dibujo mediante un estilo personal de concebir el espacio y de expresarse utilizando precisamente el dibujo como instrumento de comunicación capaz de subrayar los aspectos peculiares de la construcción y del ambiente. Una confirmación, por lo tanto, del papel insustituible del boceto arquitectónico como manifestación del articulado e indisoluble proceso que une la mente y la mano.

**Palabras clave:** dibujo a mano; boceto; representación del pensamiento; conocimiento; interpretación

### *Introducción*

Aunque hoy, ante las innumerables posibilidades que nos dan los instrumentos informáticos, el papel del dibujo realizado a mano por el arquitecto se pone a menudo en discusión, no hay que olvidar las premisas que explican su insustituible valor, implícito en un proceso de amplios horizontes para el que, usando palabras de Immanuel Kant, “la mano es la ventana de la mente”: palabras que se han convertido en un baluarte para la cultura de la representación gráfica. Sobre todo, el boceto, por su inmediatez, es la expresión en parte razonada y en parte instintiva, de un pensamiento que adquiere vida en formas inspiradas en lo existente o en la fantasía, adquiriendo apariencias o significados diversos que se manifiestan por la integración entre las gestualidades de cada uno de los detalles y del conjunto. El boceto es, por lo tanto, el punto de encuentro entre el conocimiento, la creatividad y la interpretación, que se convierte en la exteriorización de la “mirada del arquitecto al mundo”. Una mirada muy personal, dando el dibujo de este modo voz al modo de concebir y narrar la arquitectura

y el ambiente, tanto de la realidad como del pensamiento proyectual, creando vínculos visuales y conceptuales entre diversos aspectos de la construcción, cuyos confines, gracias al dibujo, resultan a menudo lábiles.

La configuración del pensamiento y el instinto personal se manifiestan en el boceto, generando con el movimiento gráfico ese factor clave que define la “firma” del autor. Una firma que se exterioriza en representaciones que condensan recorridos de la mente individuales, poniendo en evidencia no solo los aspectos formales, sino encarnando el estilo propio de cada uno de “narrar” e interpretar la construcción y los lugares. En todo ello adquiere un papel de importancia primaria la unión con el modo de expresarse gráficamente, en los gestos, en las vibraciones y en la intensidad del trazo y de los colores, además de en la composición gráfica del conjunto. Pensamientos, formas y visiones adquieren vida mediante una gráfica que con el ejercicio y la experiencia se hace siempre más típica y capaz de encauzar la atención hacia aspectos específicos del dibujo, calibrando el peso visual de cada elemento y del todo, para ofrecer también otras claves de lectura.


Las gestualidades de los signos generados en el papel por la mano, de hecho, transmiten el estrecho vínculo que se crea, incluso de manera involuntaria, entre las formas interpretadas o inventadas por la mente y las emociones que experimenta el arquitecto, generando interpretaciones raramente ajenas a la implicación emotiva incluso de quien mira (Davico, 2019). El dibujo a mano es de hecho un modo de crear un nexo de intimidad con la arquitectura y los lugares, capaz de hacer descubrir de ellos, poner en evidencia y transmitir los caracteres, incluso inmateriales, guiando lecturas diversificadas de los mismos y evocando los pensamientos y los estados de ánimo virtuosos de quien considera las obras, erigidas o erigibles por el hombre, sujetos que no están en contraste con el ambiente, natural o antropizado: los arquitectos, pero no solo ellos.

Todas estas motivaciones afirman por lo tanto los valores imperecederos del boceto como un proceso mental con diversos matices, cultural y expresivo, único en su género. Por estas razones, precisamente, todavía hoy es utilizado tanto por los arquitectos estrella como por otros menos conocidos, como fase esencial para transmitir sus ideas sobre el proyecto y el análisis de lo existente, participando de este modo en primera persona en el debate y en la confrontación útil sobre el dibujo a mano que a lo largo de los siglos han puesto en evidencia los aspectos vinculados no solo a la comunicación gráfica, sino también a la elucubración de la mente humana.

### *Metodología*

En este debate a escala internacional es fundamental observar que el reconocimiento del valor imperecedero del boceto en arquitectura es fruto tanto de los estudios teóricos de expertos que examinan los diferentes puntos de vista, aplicaciones y declinaciones, como de la consideración y del uso que hace la mayor parte de los arquitectos más conocidos en el mundo para dar vida a sus trabajos. Partiendo de la adquisición de temas en torno a las cuales reflexionar suministrados por el debate contemporáneo, que ponen en evidencia y corroboran peculiaridades y valor del dibujo a mano como expresión fundamental para quien se ocupa de lo construido, mi intención aquí es hablar de la manera en la cual están involucrados en el tema también arquitectos, en algunos casos menos conocidos que los llamados “arquitectos estrella”, pero particularmente hábiles a la hora de transmitir sus pensamientos y emociones





mediante los bocetos, siendo testigos de la completez y del valor intelectual que acompañan al gráfico-visual. Todas estas referencias, ponen en evidencia la conexión entre concepción y aplicación de un instinto implícito en el hombre y que para los arquitectos constituye una necesidad para expresar sus ideas y sensaciones, reflejando, mediante el dibujo las vibraciones emotivas instauradas con las obras, los lugares y los espacios.

### *Resultados y discusión*

El dibujo, como ya hemos dicho, interpreta el articulado proceso mental, cognitivo y de creación de ideas que empuja al arquitecto a hacer que los conceptos, incluso los abstractos, sean legibles; el boceto, gracias a su imprecisión y a la sinuosidad de los movimientos gráficos, crea en el papel recorridos visibles que delinear los de la mente. De este modo se puede seguir el razonamiento mediante los signos, que gradualmente configuran sus formas, referencias y vínculos, explicitando procesos meditativos que puedan amplificarse en nuevos desarrollos interpretativos y creativos. Dicho proceso, que vincula el acto material al meditativo, reconocido en el tiempo como uno de los valores del dibujo, se evidencia por medio de las icónicas palabras de Henri Focillon “La mente hace la mano, la mano hace la mente”, un concepto que se amplifica cuando, también él declara: “El gesto que crea ejercita una acción continua en la vida interior” (Focillon, 1939, 2014). Las afirmaciones del conocido teórico francés, encaminadas a subrayar la relación entre intelecto y dibujo, reconociendo en las mismas el papel fundamental de cada proceso gráfico, constituyen la base de un declinarse de muchos otros aspectos del boceto arquitectónico; aspectos que vinculan cada una de sus expresiones a códigos comunicativos, significados y valores también estéticos, condensados en el resultado gráfico marcado por la huella del autor. El arquitecto transmite e interpreta en narraciones gráficas los movimientos conceptuales y formales de la arquitectura y del ambiente a través de los signos a lápiz, que para él se convierte en “instrumento de indagación y conquista para profundas investigaciones y experimentos” (Angelico, 2020, p. 37). Estas palabras, referidas a uno de los mayores representantes de la cultura arquitectónica italiana del siglo XX, Carlo Scarpa, resaltan la relación que se instaura entre dibujo y proyecto, donde los signos siguen el razonamiento hasta configurarlo en formas. Un proceso similar gradualmente se perfecciona incluso mediante el uso de los colores, creando imágenes en las cuales se capta también la inmaterialidad de los pensamientos encerrada dentro de las soluciones proyectuales. Un ejemplo de dicho proceso es precisamente Scarpa, que en sus dibujos transmite con fuerza sus ideales y el equilibrio armónico creado entre los movimientos geométricos y las transparencias de sus ideaciones, integrándolos con un concepto estético más amplio vinculado al arte. Sus bocetos visualizan las diversas fases de los proyectos, desde las ideas iniciales a la configuración de los espacios y de las formas, hasta los detalles de la construcción cuidadosamente estudiados, consiguiendo expresar esa continuidad compositiva “de lo grande a lo pequeño” que caracteriza todas sus obras. El papel que Scarpa reconoce al dibujo, confirmado por su afirmación “Dibujar para ver” (Trucco, Lucentini, 2021, p. 17), es desarrollado por muchos teóricos y encuentra eco en las palabras de otro de los proyectistas que en el pasado siglo han marcado la historia de la arquitectura, es decir Le Corbusier. Un autor que no solo dibuja para expresar sus teorías e ideas proyectuales transmitiendo reglas y principios de una arquitectura innovadora, sino que sobre todo en los años de juventud, bosqueja en cuadernos

de viaje todo lo que ve, para fijar las imágenes de lugares y construcciones del pasado con un fin claramente preciso: “Se dibuja para que lo que vemos pueda ser adquirido en el interior de nuestra historia” Las cosas que se poseen gracias a la obra del lápiz permanecen para toda la vida con nosotros; se escriben, se inscriben” (Petetta, 2014, p. 193).

La necesidad de bosquejar para dar vida a las imágenes impresas en un papel, interiorizando las peculiaridades del “alma” conceptual de lo existente o del proyecto, no es una prerrogativa solamente del pasado, cuando existía únicamente el dibujo a mano, sino, como ya he dicho, sigue siendo todavía una fase basilar e insustituible para el arquitecto, claramente identificable en muchísimas situaciones. Para expresarla de manera inmediata, he buscado esta huella en las palabras de algunos de los arquitectos más famosos del panorama internacional reciente, que dan voz a varias facetas de un proceso articulado y personal, fascinante por su versatilidad y la riqueza de las declinaciones a las que se presta. Son sumamente representativos por ejemplo los bocetos de Renzo Piano, que con habilidad gráfico-expresiva sintetizan en pocos trazos la esencia de cada una de sus ideas. Como es sabido, sus razonamientos adquieren forma con un boceto realizado en el primer papel que encuentra a disposición (son famosos sus post-it), imprimiendo en ellos, en una secuencia de dibujos cada vez más incisivos, la evolución del proyecto, desarrollado por lo tanto a través de modelos y representaciones técnicas y detalles. En la complementariedad entre expresiones gráficas y materiales utilizadas en sus estudios para visualizar y verificar la evolución proyectual, él mismo corrobora a menudo el peso sustancial de los bocetos para la comunicación eficaz de sus ideas, por ejemplo, cuando declara: “Hago edificios muy complejos, pero dibujo siempre a mano, así es como aprendo a conocer el objeto en el cual estoy trabajando” (Belardi, 2015, p. 25). En el proceso evolutivo del proyecto, un punto de vista de este tipo se puede ver también en Frank Gehry, que ya desde los primeros bocetos define el cruce de líneas y superficies sinuosas que generan las plasticidades formales que caracterizan sus obras. Son bocetos que, de manera análoga a Piano, acompañan la evolución del proyecto, una evolución perseguida y transmitida también con maquetas y modelos digitales, con la finalidad de exaltar el carácter de cada una de sus creaciones. Incluso en sus dibujos el trazo se mueve en el papel de manera desarticulada, creando visualmente la ligereza y fluidez de movimientos que constituyen la firma de sus creaciones. Una fluidez que, aunque con otra forma, se vuelve a encontrar en las arquitecturas de Zaha Hadid, delineadas y firmadas por dibujos en los que la esencia de las ideas se ve encerrada en las sinuosidades reconocibles definidas por el trazo, que transmiten una musicalidad armónica excepcional, posteriormente desarrollada entre representaciones digitales, para luego convertirse en una realidad tangible que evoca en su totalidad los movimientos de los bocetos iniciales.

En esta relación entre las diversas fases de la ideación arquitectónica, el boceto se configura como el desenvolverse visible, a través del trazo, del desarrollo del pensamiento; un pensamiento movido por las emociones inducidas por el recorrido creativo y que animan en cada fase el proceso de configuración de las formas, vinculadas con un equilibrio armónico, conceptual y estético. De hecho, como explica Franco Purini, cultor tanto del proyecto como del dibujo: “El boceto es la irrupción improvisa, en el mundo, de una decisión que adquiere forma tras una elaboración lenta y misteriosa. Como atravesada por una descarga eléctrica la mano, en una identidad absoluta con la mente, traza en un folio algunos signos

que no son ni más ni menos que una idea” (Grütter, 2015, p. 7). Un modo de ver el dibujo, que se lee de otra forma, exaltando la variable relación personal, también con palabras de Louis Kahn cuando declara: “En mis bocetos trato de no ser completamente subordinado al proyecto, pero lo respeto y lo considero algo tangible y vivo del cual adquiero mis sensaciones” (El dibujo a mano alzada, 2017, p.14). La insustituibilidad del dibujo a mano, subrayada por estos y otros testimonios contemporáneos, encuentra otra confirmación en los escritos de Carlo Prati, para quien “el dibujo es proyecto, en el dibujo se construye y a través del dibujo se explora el espacio. Además, la construcción de una teoría y de una visión crítica tiene lugar siempre por medio o a través de la representación, por lo tanto, el dibujo es la idea de la arquitectura, el lugar ideal para pensar y hacer arquitectura” (Trucco & Lucentini, 2021, p. 14). En estrecha simbiosis con esta definición del dibujo resulta el punto de vista de Giulio Mondini, un arquitecto menos noto que los “arquitectos estrella”, pero del que aprecio sus capacidades culturales, creativas y artísticas que vuelca en sus trabajos, con una sensibilidad particular por el respeto y la creación del equilibrio entre la naturaleza, el hombre y lo construido, haciendo evidentes dichas atenciones ya desde sus bocetos. En los mismos desarrolla y subraya los aspectos peculiares observados y descubiertos en la arquitectura y en el ambiente, obteniendo síntesis gráficas dirigidas a la transmisión con inmediatez de sus pensamientos, fruto de la mirada siempre atenta a las reglas, a los equilibrios y a los ciclos de la naturaleza.

Cuando analiza el paisaje, el dibujo a mano le ayuda a resaltar los caracteres y los elementos que lo caracterizan, seleccionando en él lecturas en profundidad, en las cuales el mismo trazo gráfico, diferenciado por la intensidad, por el grosor y por la vibración, se presta a identificar tramoyas y masas escénicas, además de tramas visuales, como polos de identidad. Todos elementos que analiza para leer en ellos pesos y papel en la caracterización de conjunto, adquiriendo por lo tanto una conciencia crítica en la que posteriormente basa propuestas de intervención a diversas escalas, desde la ambiental a la arquitectónica, atentas a recrear un equilibrio armónico entre lo construido y el ambiente natural. Son un ejemplo de ello algunos dibujos que sintetizan sus «análisis de impacto visual», referidos a escorzos del paisaje de San Casciano in Val di Pesa (Figura 1), cuyo

<sup>1</sup> Mondini, docente del Politécnico de Turín, cuenta con varios reconocimientos de su trabajo, incluso a nivel internacional, como la colaboración como profesional, con el Estudio Lamela de Madrid en el proyecto del concurso para la realización del rascacielos de Intesa San Paolo en Turín, luego realizado por Renzo Piano.

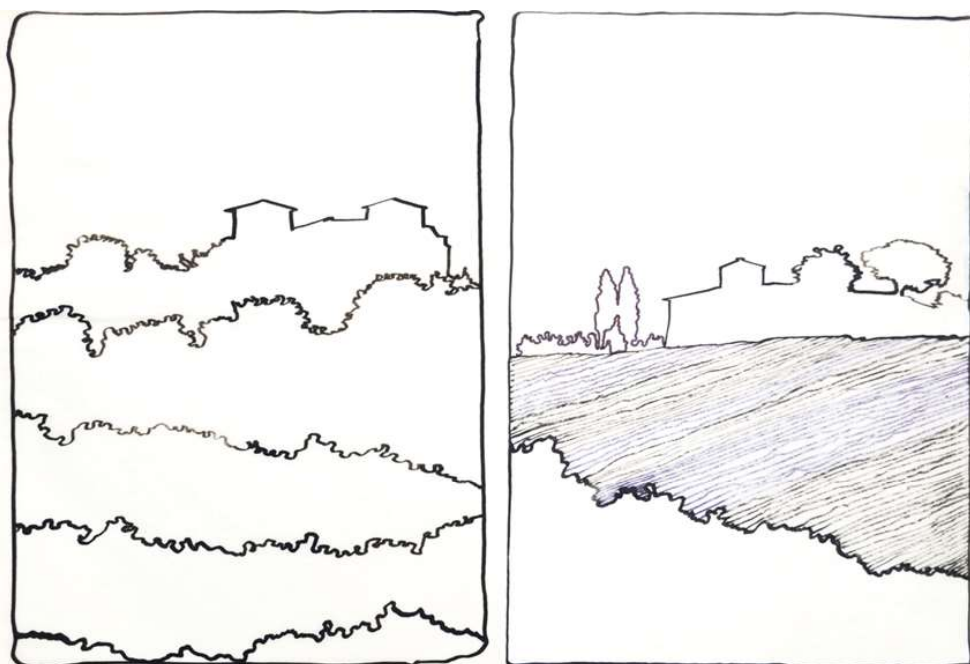


Figura 1. Escorzos identitarios del paisaje de San Casciano in Val di Pesa, Giulio Mondini, 1995.

*Figure 1. Identifying views of the landscape of San Casciano in Val di Pesa, Giulio Mondini, 1995.*

<sup>2</sup> Este trabajo, que abarca desde el análisis del paisaje existente hasta las valoraciones de impacto ambiental, configurando nuevos escenarios urbanos, manifiesta el vínculo entre los diversos intereses y puntos de vista en el trabajo de Mondini, que confluyen en proyectos y valoraciones como experto de estimación. Para profundizar, véase el documento de presentación del trabajo *Valutazione degli impatti sul paesaggio* (Evaluación de las instalaciones en el paisaje) para el Municipio de San Casciano in Val di Pesa, para la “Variante del Plan Regulador General en vigor en virtud del punto 9, art. 40 de la Ley Regional n° 5/95, Variante Stianti”, a cargo de Giulio Mondini.

fin es «evaluar los impactos en el paisaje» para la variante del P.R.G. Se trata de estudios propedéuticos aplicados al proyecto, de los cuales surgen con finura gráfica los trazos que destacan en el paisaje, como elementos de referencia para las propuestas de intervención. La habilidad expresiva de los bocetos de Mondini se muestra también en los dibujos del proyecto, en los que traza signos que transmiten con claridad todo su pensamiento, identificando desde el principio, pernos y ejes conceptuales, distributivos y visuales, baluartes del planteamiento creativo de los cuales se dilata el desarrollo del todo, reenviando a los principios de la cultura del Feng shui, es decir, tratando de elaborar un vínculo y un equilibrio compositivo y, al mismo tiempo, entre los caracteres y las energías de lo construido y del lugar. Esta búsqueda está desarrollada en todos sus trabajos a través del subseguirse de bocetos que profundizan gradualmente principios teóricos e ideas creativas, dando vida a formas que delinear cada una de las decisiones por separado, creando una articulación fluida de líneas y de plasticidades evocadoras (Figuras 2-4).

En sus dibujos de proyecto el trazo rápido desarrolla la continuidad armónica,

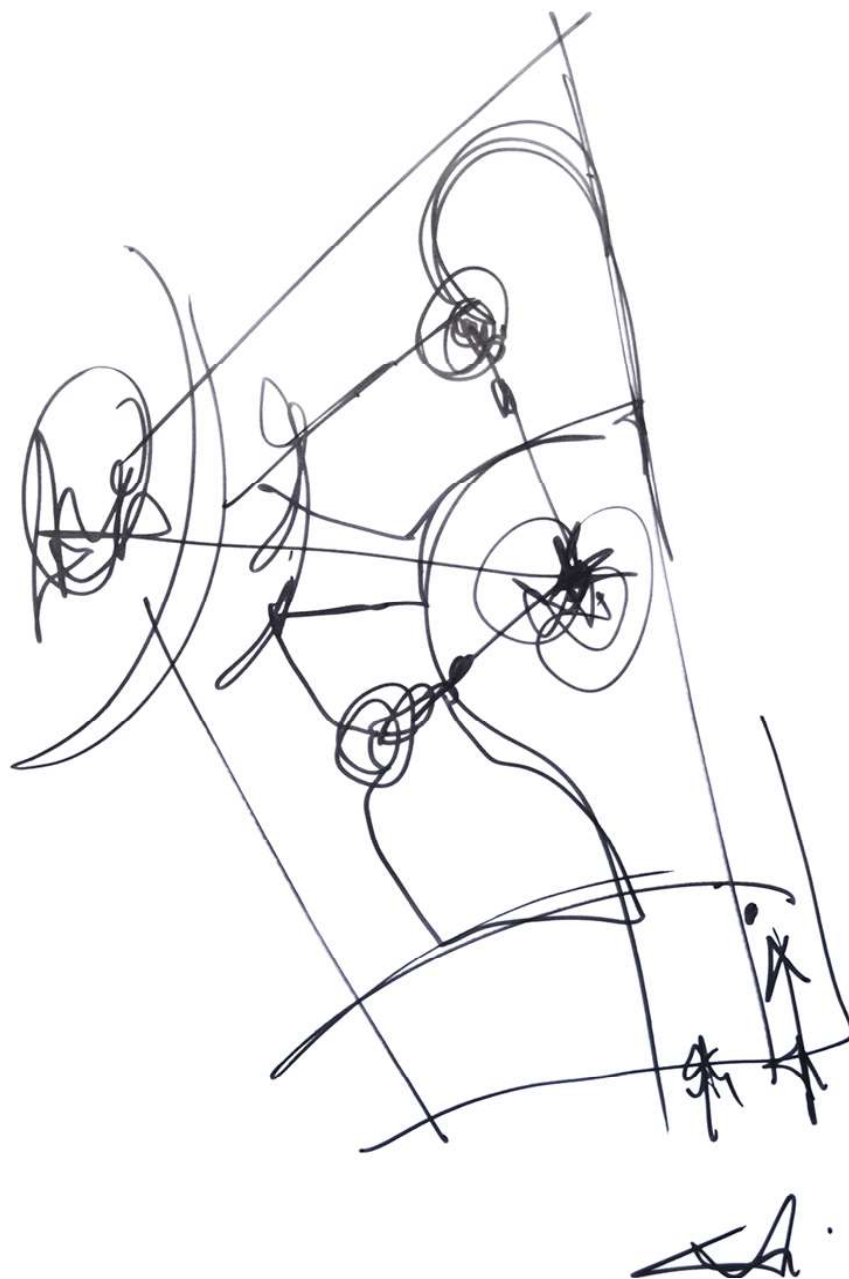


Figura 2. Boceto de ideación para un chalet unifamiliar en Civita Castellana, Giulio Mondini, 2005 aprox.

*Figure 2. Ideation sketch for a single-family villa in Civita Castellana, Giulio Mondini, 2005 approx..*





<sup>3</sup> Proyectista durante más de cincuenta años, ha ejercitado la profesión tanto creando obras ex novo como restaurando y recalificando edificios históricos rurales. Durante las vacaciones y sobre todo durante sus viajes se ha dedicado a plasmar en los dibujos las sugerencias personales, ganando numerosos premios de pintura.

Figura 3. Boceto de ideación para un chalet unifamiliar en Civita Castellana, Giulio Mondini, 2005 aprox.

*Figure 3. Development of the design concept for a detached house in Civita Castellana, Giulio Mondini, 2005 circa.*

conceptual y morfológica, buscada entre arquitectura y ambiente, mediante formas que secundan la conformación natural de los lugares. Este equilibrio, síntesis de un estudio atento y sensible, se enriquece todavía más, mediante los colores, evoca los significados y los movimientos de los flujos energéticos asociados a cada ambiente por el planteamiento Feng shui, buscando una conexión evidente entre los espacios cerrados y abiertos. Son bocetos de los que emerge su implicación emotiva, que se puede captar en los movimientos del dibujo mismo, que delinean de manera consecuente el desarrollo del pensamiento, sumergido en la relación instaurada con el lugar, dirigido a comprender la esencia del mismo y a mejorarlo mediante intervenciones proyectuales.

El vínculo propuesto por Mondini, de continuidad entre el boceto, el conocimiento y las ideas para intervenir en lo existente, queda confirmado por



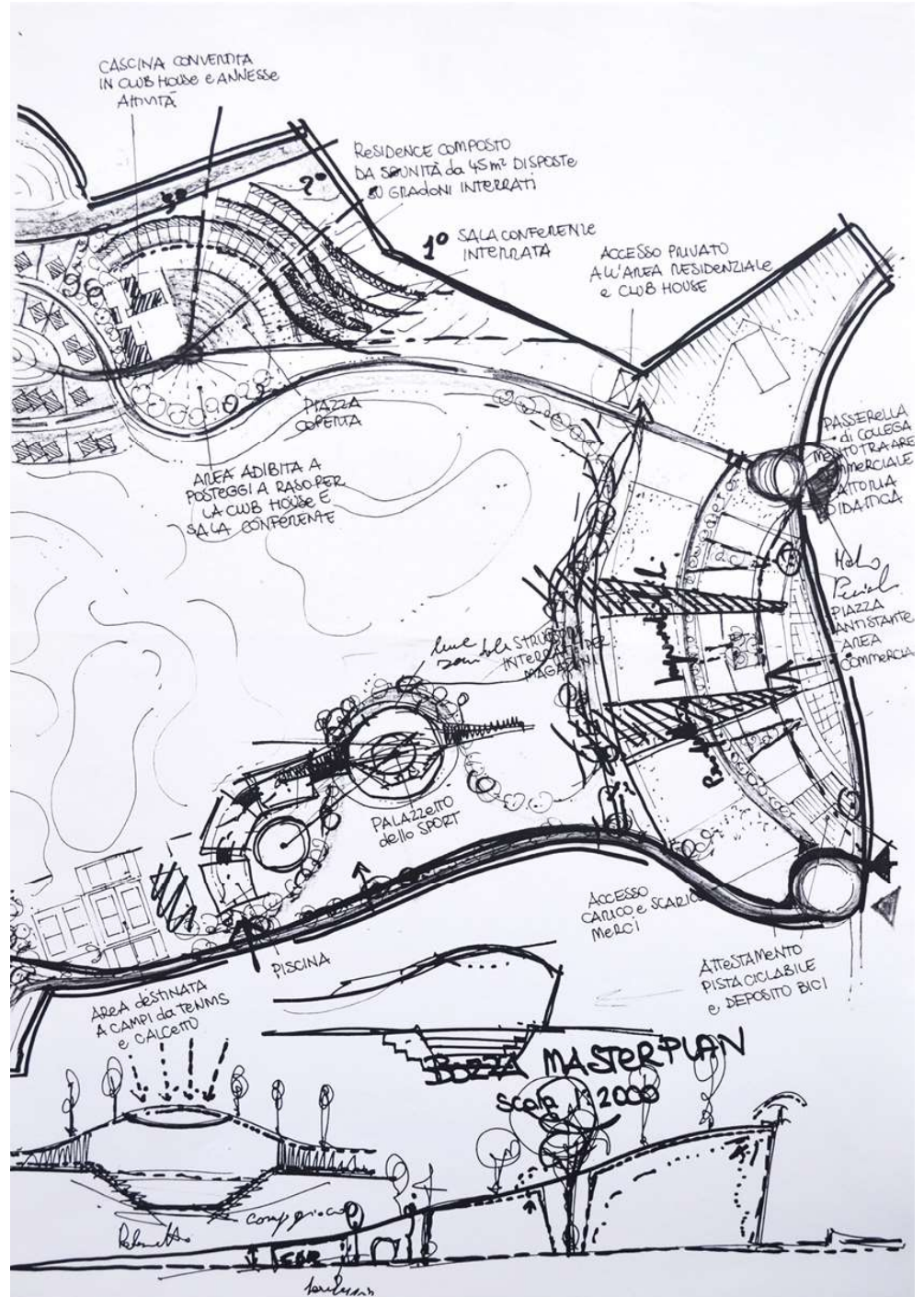



Figura 4. Bocetos de desarrollo del proyecto para el área comercial del Centro de Servicios para las excelencias (Centro dei servizi per le eccellenze) del Alto Mantovano, Mondini, 2008. *Figure 4. Sketches of the design development for the commercial area of the Service Centre for Excellence in Alto Mantovano, Giulio Mondini, 2008.*

las palabras de otro de los arquitectos que destaca en el escenario internacional, Alvaro Siza, cuando declara: “Cada uno de mis dibujos quisiera captar con el máximo rigor un momento concreto de una imagen fugaz con todos sus matices; en la medida en que se consigue aferrar esta cualidad que evade de la realidad, el dibujo surgirá más o menos claro y será más vulnerable cuanto más preciso sea” (Maggiore, 2011, p. 55). En los bocetos de Siza, de hecho, el trazo rápido configura la refinada esencialidad formal tanto de sus proyectos como de los lugares que observa con atención, deteniéndose a definir en ellos algunos detalles que esbozan en los mismos con inmediatez los caracteres arquitectónicos, ambientales, y las atmósferas, incluyendo la presencia y los movimientos de figuras humanas. De sus dibujos es “asombrosa, inclusiva” la continuidad del trazo así define Francesco Dal Co (Dal Co, 2015, p. 61), que



añade “Con una seguridad difícilmente imitable, Siza descompone el mundo y los tiempos de su vida en figuras. Es tan apropiado el dominio que ejercita el autor en la línea, que sus bocetos pueden ser comparados a los de los más grandes artistas contemporáneos”. Este modo de expresar su “mirada al mundo” es destacado también en la lectura crítica que María Cristina Loi dedica a los dibujos del arquitecto portugués, reconociendo que mediante los bocetos crea “diálogos improvisados y espontáneos con los lugares y las cosas en torno al tema de la construcción y su fisicidad” (Loi, 2011, p.14). Diálogos que Álvaro Siza configura de acuerdo con un punto de vista personal pero localizables, más en general, en los igualmente personales modos de ver, comprender e interpretar gráficamente el ambiente antropizado, de acuerdo con el lenguaje típico de los arquitectos.

Considerando ahora de manera particular el boceto de lo existente, se observa como el dibujo transmite, de manera estrechamente personal, el modo de captar específicos aspectos, y de interpretarlos, influenciado también por factores perceptivos que determinan sus configuraciones variables. Una relación entre el dibujo y los lugares, que por lo tanto cambia de hombre a hombre, dependiendo del momento, de ese instante que toca el ánimo y crea fuertes sensaciones, adquiriendo forma en representaciones en las que los pesos visuales y ambientales están jerarquizados con una estrecha relación entre materialidad e inmaterialidad. Esta fase del dibujo es actualmente más fundamental que nunca para interpretar y transmitir los aspectos peculiares hacia los cuales atraer la atención, creando narraciones abiertas con varias interpretaciones según los fines para los que se observa la unidad espacial, desde su conservación a su transformación para usos compatibles. Dichas lecturas explicitan el equilibrio que se instaura entre el dibujante, el sujeto, el enfoque, la composición gráfica de conjunto (con la definición con más o menos detalles), involucrando la expresión de cada uno de los trazos o colores. El boceto permite por lo tanto ver detalles de lo existente que podríamos tenerlos delante pero, por falta de atención o incapacidad de detenernos a descubrirlos, “los vemos por primera vez” dibujando. El boceto, por lo tanto, no tiene un mero valor documental o descriptivo, sino que debe guiar y captar también aspectos del ambiente que no deben ser por fuerza materiales, mediante vibraciones gráficas que reflejan las emotivas: un modo, pues, de escudriñar del mundo circunstante y también el interior, como lo documentan la historia del arte y de la arquitectura.

Esta actitud se descubre por ejemplo en los bocetos de Guido Davico , arquitecto de Turín, que siempre ha combinado con la realización de proyectos los dibujos de los lugares visitados, reviviendo y transmitiendo de ellos, no solo las imágenes, sino también las emociones que han nacido quizás con un contacto de pocas horas. Sus bocetos se distinguen por un signo esencial, incisivo y marcado, que delinea los contornos de las formas entendidas como dominantes de la configuración volumétrica ambiental; los mismos describen a menudo la relación entre arquitectura y ambiente, personalizándolo como relación viva entre el hombre y la naturaleza.

Cuando representa, por ejemplo, una vista de conjunto de Orvieto con un signo decidido en pastel marrón, define el horizonte del núcleo principal y la consecuencialidad de los “bastidores” naturales que in profundidad lo enfocan erigiéndolo como protagonista; la estructura del dibujo además está integrada por tenues signos de lápiz que bosquejan los volúmenes de cada uno de los edificios y las tramas de las parcelas cultivadas, completando la imagen general. Además,

los signos ondeantes realizados a pastel azul cielo evocan los movimientos en el cielo y contribuyen a exaltar el perfil de la ciudad, caracterizado por la volumetría irregular en la cual emergen algunos edificios identitarios. Un dibujo, este, en el cual todos los elementos contribuyen a hacer captar, con una huella de arquitecto, las peculiaridades paisajísticas, mediante una interpretación que no se adentra en la descripción de los detalles, sino que mira a involucrar con inmediatez también al observador por su simplicidad figurativa (Figura 5). Un lenguaje todavía más sintético y esencial caracteriza otro dibujo suyo referido a



Figura 5. Orvieto, Boceto por Guido Davico, 2003.

*Figure 5. Orvieto, Sketch by Guido Davico, 2003.*

las ruinas del castillo de Avigliana, en territorio de la provincia de Turín: el único signo sutil en rotulador delinea los principales caracteres de la construcción y del ambiente natural circundante, transmitiendo la conexión estrecha, visual y con la historia. Una conexión que el boceto interpreta con el desarrollo de movimientos gráficos que estructuran el desarrollo en diagonal, definiendo un proceso de continuidad casi natural, en el cual pocos trazos delinean masas, desniveles y tramas de terreno, además de pocas referencias elegidas que, a la derecha, aluden al pequeño núcleo urbano (figura 6). Analogías representativas, que delegan la interpretación del lugar a un dibujo de masas de los volúmenes de lo construido, se localizan en otro caso, que representa el casco histórico de Semur-en-Auxois



Figura 6. Escorzo basado en los restos del castillo de Avigliana, Guido Davico, 1975.

*Figure 6. View of the ruins of Avigliana Castle, Guido Davico, 1975.*



en Borgoña (figura 7). Se trata de un boceto del natural que Davico retoma en el estudio, con una apariencia gráfica en la cual, con los trazos de carboncillo con los cuales a menudo “firma” sus dibujos, combina los colores para poner en evidencia sobre todo las masas que caracterizan la imagen de conjunto. La configuración del boceto in loco, desarrollada horizontalmente, se reconsidera creando una composición que adquiere dinamismo por la fuerza visual con la cual se trata el contorno, antes solo insinuado, del bastión. Un dinamismo que se amplifica en la doble direccionalidad creada por el subseguirse desarticulado de las casas, encontrando un espacio para respirar en la conformación plástica

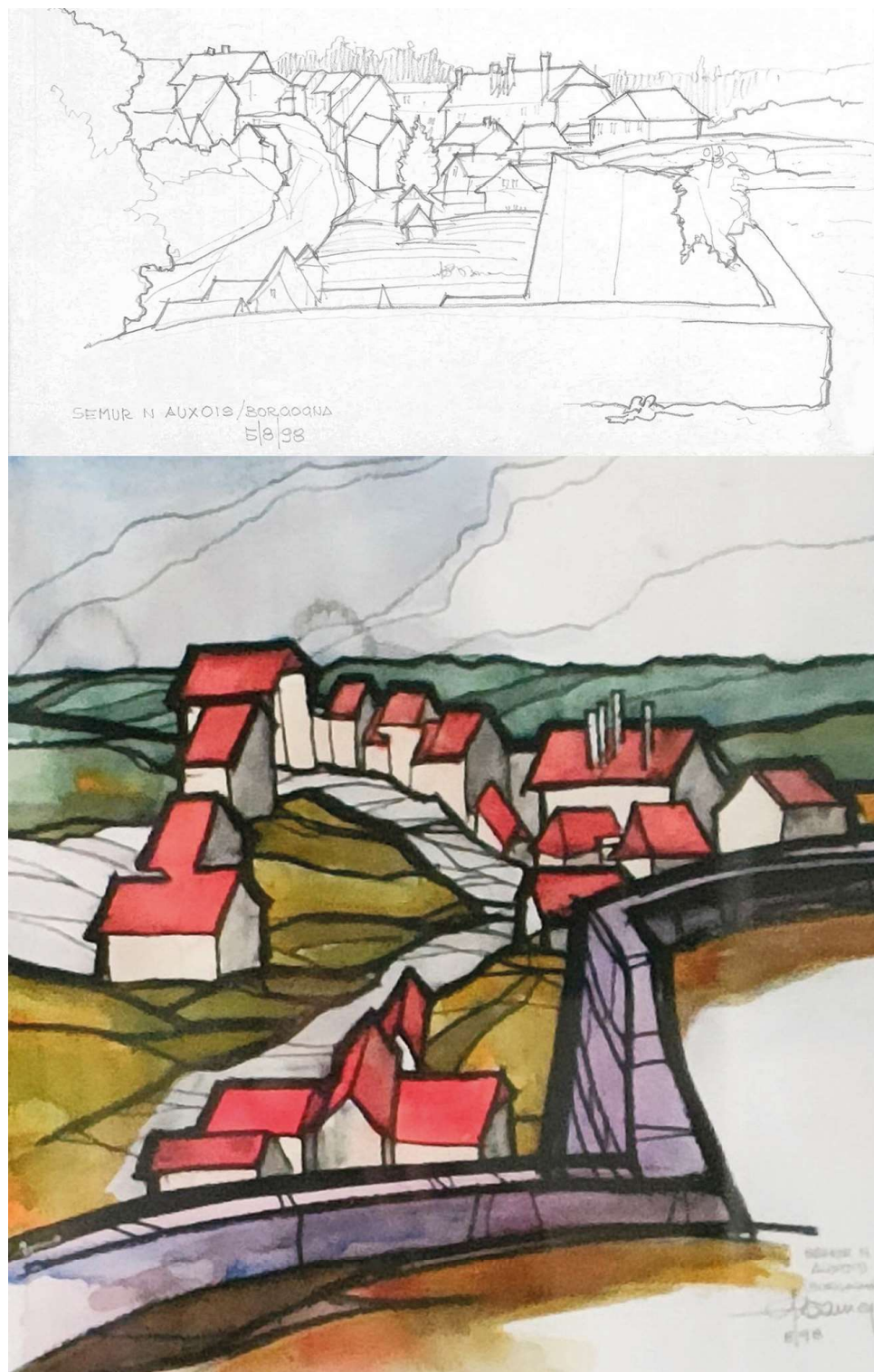


Figura 7. Semur-en-Auxois, por Guido Davico, 1998.

Figure 6. *Semur-en-Auxois* by Guido Davico, 1998.

de la naturaleza circundante que dilata la visión de conjunto: pocos signos y colores, por lo tanto, crean un diálogo inmediato, en el que participan solo pocos elementos con un fuerte impacto visual.

Otro ejemplo del mismo autor, en el cual al boceto al natural sigue una reinterpretación en la cual los tonos de acrílico conducen a la localización de nuevos equilibrios visuales en el dibujo, es el que se refiere a la Abadía de Sénanque, en Provenza (Figura 8). La representación inicial, confiada solo al simple trazo de rotulador, describe los caracteres del ala principal, enmarcada por los perfiles de la naturaleza que la circunda. Su reinterpretación simplifica en cambio, los aspectos arquitectónicos, dando prioridad a la descripción

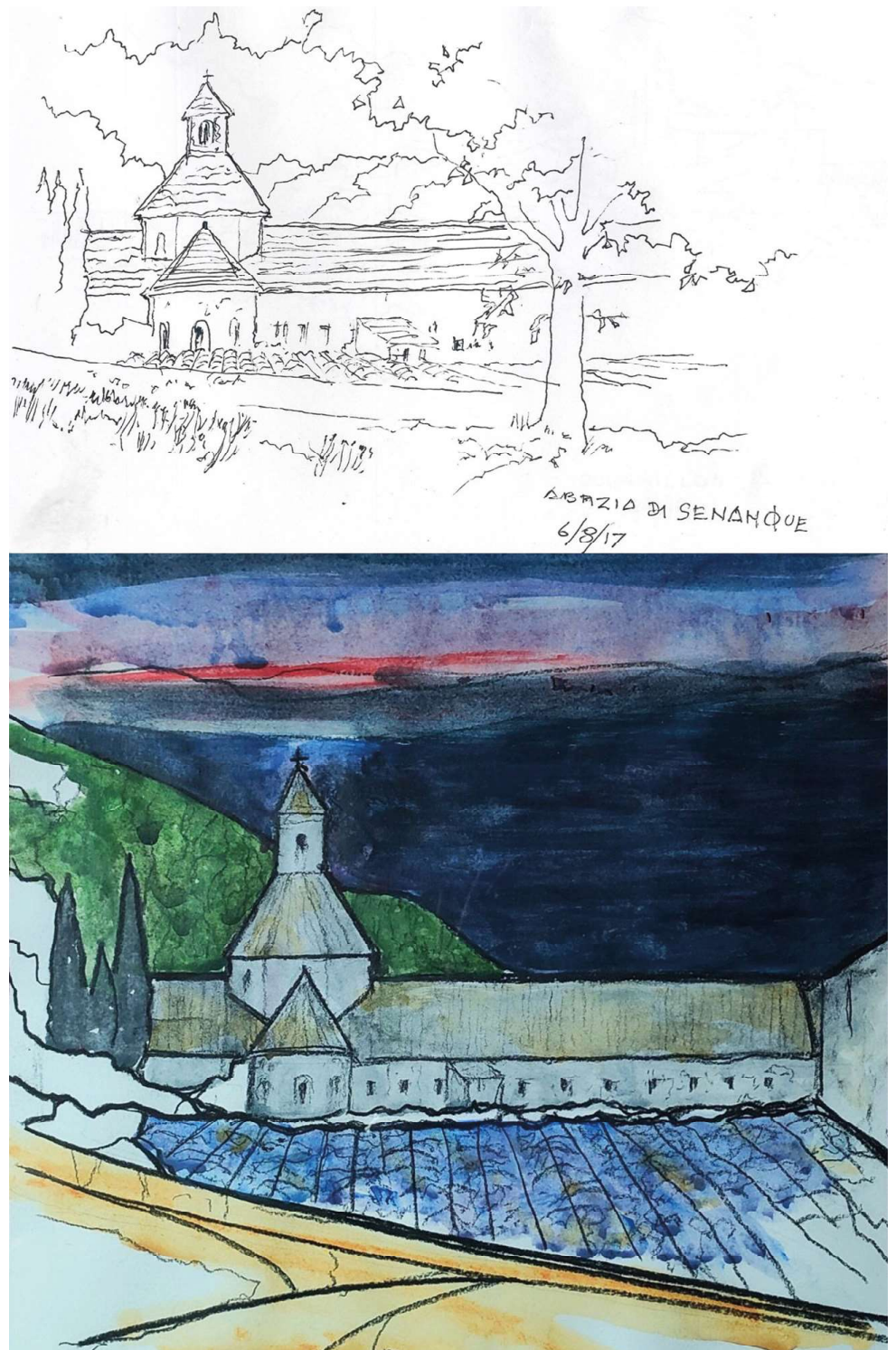


Figura 8. Abadía de Sénanque, Guido Davico, 2017.

Figure 8. Sénanque Abbey, Guido Davico, 2017.



ambiental; una descripción puesta en evidencia sobre todo cromáticamente, en la que la característica extensión de lavanda y el contexto paisajístico se dilatan en profundidad, convirtiéndose en protagonistas. Una interpretación, en el segundo caso, en la que el color se convierte en el elemento clave para acentuar un aspecto específico, prevaleciendo sobre el signo gráfico que delinea esencialmente las masas y configura el enfoque de la perspectiva.

El que se diferencia de los dibujos precedentes de escorzos paisajísticos, es un boceto de Guido Davico en el que estructura una composición gráfica con sugerencias que hacen referencia a arquitecturas eclesíásticas medievales, que el autor selecciona como referencias identitarias de Auvernia (Figura 9). El trazo de carboncillo delinea un cruce entre formas de fachadas, campanarios y de una vidriera decorada, donde los colores siguen a los caracteres, mostrando el contraste entre los tonos tenues y sobrios de lo construido y del cielo y los saturados que componen la partitura decorativa de las vidrieras. El dibujo en este caso es una interpretación guiada con un estilo muy personal, en la cual

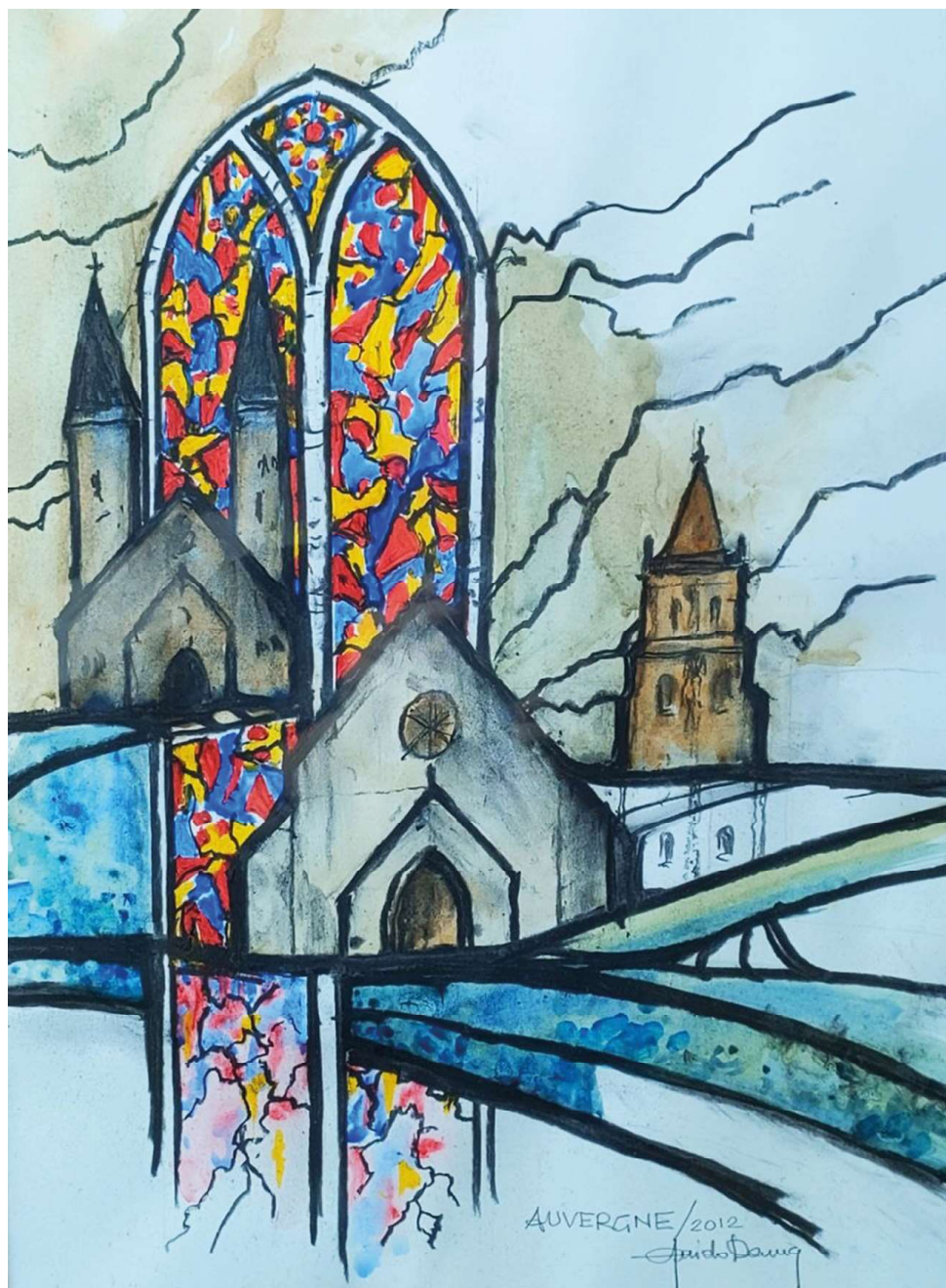


Figura 9. Referencias identitarias de Auvernia, Guido Davico, 2012.

*Figure 9. Identifying references of the Auvergne, Guido Davico, 2012.*

los diferentes elementos han sido sacados de su contexto real y ensamblados para evocar, en su conjunto, sensaciones que se pueden atribuir a la atmósfera típica de esa zona de Francia.

En cuanto al tipo de enfoque del boceto que acabamos de examinar, hago de nuevo referencia a algunas afirmaciones surgidas en el actual debate sobre el dibujo a mano alzada, en las que se identifican aspectos atribuibles a los ejemplos aquí descritos y, más en general, se destacan de nuevo declinaciones precisas, referidas sobre todo a los valores intangibles en la relación entre expresión gráfica, hombre y medio ambiente. Precisamente en las palabras de Brunetto De Batté se pone en evidencia la actualidad, cuando afirma: “A pesar del desarrollo desmedido del dar significado de una realidad posible a través de la representación de lo verosímil (que en épocas anteriores se reclutaba a expertos en vistas, hoy a expertos en rendering) continua la silenciosa tradición de narrar fragmentos de teoría, donde se encuentran argumentos del mirar-pensar con un lápiz en la mano, [...es decir] relecturas de la historia en detalles suspendidos, ábacos de soluciones articuladas” (Trucco & Lucentini, 2021, p. 15). El concepto se amplifica, y se acerca a la interpretación gráfica de Auvernia de Guido Davico, mediante las palabras de Enzo Ceglie cuando escribe: “¡El arquitecto que imagina emula al poeta! Representa un pensamiento y trata de volver a escribir una sugestión poética. Trata de establecer una correspondencia emotiva entre los lugares imaginados, las arquitecturas que sueña y la observación del mundo real. Reflexiones con forma de signos” (Trucco & Lucentini, 2021, p. 44).

En estas palabras encuentro mi punto de vista personal del boceto, y por este motivo concluyo esta aportación con un dibujo mío, en el que las formas de lo construido se entrelazan con las sugerencias con un equilibrio entre la materialidad y la inmaterialidad típicas de un lugar, incluso durante el único instante en el cual se ha vivido. Se trata del mercado de la plaza Santa Giulia de Turín, una realidad que cada mañana se relaciona con el amplio espacio vacío situado delante de la iglesia del mismo nombre del casco histórico. Como en otros mercados de la ciudad y de Piamonte, que he tenido ocasión de estudiar en trabajos de investigación coordinados por Dino Coppo y Anna Osello (Coppo & Osello, 2006, 2007) , los puestos para la venta y los movimientos a los que dan lugar transforman el ambiente llenándolo de voces, sonidos y colores: caracteres no siempre tangibles, que he querido plasmar en papel para revivir y transmitir la vivacidad de los mismos y la implicación emotiva (Figura 10). Si el dibujo lineal, traza la relación física entre el espacio urbano, la arquitectura, el mercado y las personas, en la versión en acuarela en cambio he pensado interpretar la atmósfera a colores y alegre creada por los puestos del mercado y los productos en venta, por los flujos y por el encuentro entre las personas, por el vocerío y los olores característicos del ambiente con una musicalidad acústica visual, que se difunde más allá de los confines materiales, que son interpretados por la acuarela.

### *Conclusiones*

Si la tradición del dibujo a mano (lo demuestran puntos de vista teóricos y aplicaciones prácticas) sigue siendo todavía un instrumento narrativo insustituible por el arquitecto, es porque, como afirma Tullio Pericoli “en la mano hay una sabiduría, y junto a ella, a veces, el peso del saber” (Pericoli, 2014, p. 18). El concepto basilar se simplifica todavía en el debate actual por la confirmación de que “La mano tiene una sabiduría que deriva de la conciencia del ambiente y sus grados de libertad, por ello, el boceto actualmente tiene un valor todavía



más explorativo dentro de las nubes culturales del mundo contemporáneo” (El dibujo a mano alzada, 2017, p. 4). Se trata de un mundo que es necesario comprender y descubrir en su complejidad, del cual precisamente el dibujo, como nos enseña entre otros Francis D.K. Ching en sus escritos, ayuda a enfocar los caracteres peculiares, teniendo siempre en consideración los factores perceptivos (Ching, 2018).

Factores fundamentales, por lo tanto, en la determinación de las decisiones ponderadas o espontáneas del dibujante, que guían en la comprensión de elementos de los lugares y de las arquitecturas no siempre visibles, pero que hacen que resulten tales. El dibujo a mano de hecho consiente recoger y transmitir una multitud de aspectos con diversas facetas diferentes de la realidad o de nuestro pensamiento que, junto a las formas y los aspectos visibles, manifiestan también puntos de vista culturales y aspectos inmateriales para los cuales resulta todavía hoy un instrumento único en su género.

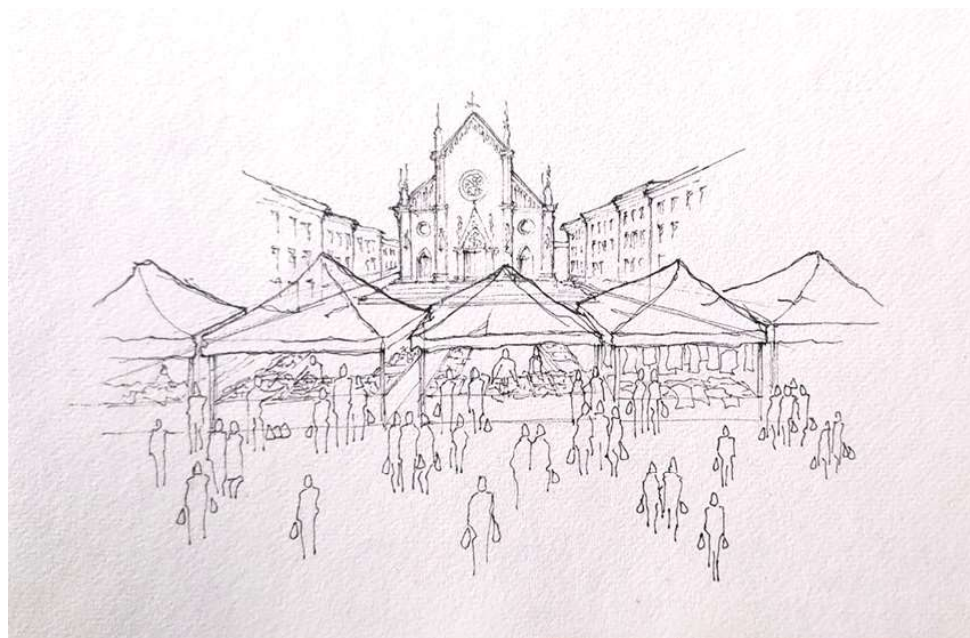


Figura 10. Mercado de la plaza Santa Giulia de Turín, Pia Davico 2022.

Figure 10. Market in piazza Santa Giulia in Turin, Pia Davico 2022.

Es el mismo punto de vista con el que se hace frente al boceto que, creando un vínculo entre pasado y presente, se encuentra en las palabras icónicas de Viollet Le Duc cuando afirma: “no hay que olvidar ni siquiera un minuto poner en práctica el lenguaje del dibujo, que no solo es la mejor de las descripciones, sino que además enseña a ver”. (Viollet-le-Duc, 1992, p. 143).

### Referencias

- Angelico, E. W. (2020). Una matita per l'Architetto. Nuovi strumenti per una cultura tecnologica. In: *Architettura e Città* Architettura contemporanea e contesto storico. (15/2020), 7-40.
- Belardi, P. (2015). *Why Architects Still Draw. Due lezioni sul disegno d'architettura*. Melfi: Libria.
- Ching, F. D. K. (2018). *Design drawing*. Hoboken: Wiley.
- Coppo, D., Osello, A., (2006). *Il disegno di luoghi e mercati a Torino*. Torino: Celid.
- Coppo, D., Osello, A., (2007). *Il disegno di luoghi e mercati in Piemonte*. Torino: Umberto Allemandi & C.
- Dal Co, F. (2015). Il corpo e il disegno. Giulio Romano, Carlo Scarpa, Álvaro Siza. *Casabella. Il corpo e il disegno*. 856, 53-111. <http://www.arcduecitta.it/2017/05/il-disegno-a-mano-libera-ricerca-e-invenzione/>
- Davico, P. (2019). *Il disegno per conoscere e raccontare l'architettura e l'ambiente*. Roma: WriteUp Site.
- Focillon, H. (1939, 2014). *Elogio della mano. Scritti e disegni*. Roma: Castelvechi.
- Grütter, G. (2015). Disegno e immagine. La serie e il paradigma. Franco Purini e Parte del disegno presso i moderni. *Ti con zero*, 51, 1-13.
- Il disegno a mano libera. Ricerca e invenzione. (05/2017). *Arduecittà. Italia World Magazine*. Architettura, Ricerca, Città.
- Loi, M. C. (2011). Alcune riflessioni sui disegni di Alvaro Siza e Steven Holl. *Il disegno di architettura*, 38, 14-18.
- Maggiore, F. (2011). Interminati spazi. *Paesaggio urbano. Urban design*, 5.2011, 50-55.
- Mondini, G. (Ed.) (1995). *Valutazione degli impatti sul paesaggio, per il Comune di San Casciano in Val di Pesa*, per la “Variante al P.R.G. vigente ai sensi del comma 9, art. 40 della L.R. n° 5/95, Variante Stianti.
- Pericoli, T. (2014). *Pensieri della mano*. Milano: Adelphi.
- Petetta, L. (2014). *Analisi, comprensione e critica dell'architettura non realizzata del '900 mediante il processo del ridisegno*, In Quattrini, R. (2014), pp. 189-198.
- Quattrini, R. (2014). *Disegnare l'architettura non costruita. Progetti di Mario Ridolfi tra le due guerre*. Roma: Aracne.
- Trucco, P., Lucentini, R. (Ed.). (2021). *Disegni d'autore. Una raccolta dell'Archivio di architettura*. Genova: Genova University Press.
- Viollet-le-Duc, E. (1879, 1992). *Histoire d'un dessinateur. Comment on apprend à dessiner. Storia di un disegnatore. Come si impara a disegnare*. Venezia: Edizioni del Cavallino.

### Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento es para Giulio Mondini y Guido Davico por haberme concedido, con gran disponibilidad, publicar los bocetos de sus archivos personales.

### Acknowledgements

My most sincere thanks go to Giulio Mondini and Guido Davico for allowing me to publish sketches from the personal archives.



## The digitisation of heritage as a resource for knowledge, an experience on Sicilian railway architecture

### *Introduction*

Even if, with the countless possibilities offered by computers, the role of freehand drawing for the architect is sometimes challenged today, we must not forget the qualities that make it irreplaceable, inherent in a process with far-reaching boundaries in which, in the words of Immanuel Kant, “the hand is the window of the mind”: words which have become a motto for the culture of graphic representation. Above all, due to its immediacy, sketching is the partly reasoned and partly instinctive expression of a thought that comes to life in forms inspired by fact or fantasy, taking on multiple guises and meanings revealed by the integration between the gestures of each individual detail and of the whole. The sketch is therefore the meeting point between knowledge, creativity and interpretation, which becomes the expression of the architect’s “view of the world”. A very personal view, in which drawing gives voice to the architect’s way of conceiving and narrating architecture and the environment, based either on reality or thought founded on design, creating visual and conceptual links between different aspects of the built environment, the boundaries of which are often blurred thanks to drawing.

The configuration of thought and personal instinct are manifested in the sketch, using graphic movement to generate that key factor that defines the author’s “signature”. A signature expressed in representations that condense individual paths of the mind, highlighting not only the formal aspects but embodying each way of “telling” and interpreting the built environment and places. The primary actor is the combination with the manner of graphic expression, in gestures, vibrations and intensities of strokes and colours, as well as the graphic composition as a whole. Thoughts, shapes and visions come to life through graphics that, with practice and experience, become more and more typical and capable of focusing attention on specific aspects of the design, calibrating the visual weight of every element and of the whole, to offer even more interpretations.

The gestures of the signs generated on the page by the hand convey the close bond that is created, sometimes unintentionally, between the forms interpreted or invented by the mind and the emotions experienced by the architect, generating interpretations that are rarely unrelated to the emotional involvement of the beholder (Davico, 2019). Drawing by hand is a way to create an intimate relationship with architecture and places, capable of discovering, emphasising and transmitting their characters, including those of an intangible nature, guiding diversified readings and evoking the virtuous thoughts and moods of those who consider artefacts erected or erectable by man as subjects not in contrast with the natural or man-made environment: architects, and others. All of these motivations confirm the timeless values of the sketch as a multifaceted mental, cultural and expressive process,

unique in its kind. And it is precisely for these reasons that the sketch is still used today by architects, both famous and less so, as an essential phase to convey their thoughts regarding the project and the analysis of what exists, participating directly in the debate and useful comparison on freehand drawing which, over the centuries, have highlighted the aspects related not only to graphic communication but also to the elaboration of the human mind.

### *Methodology*

In this international debate, it is essential to note that the recognition of the timeless value of the sketch in architecture is the result of both the theoretical studies of experts who examine its approaches, applications and declinations, and its consideration and use by most of the world’s best-known architects in bringing their works to life.

Starting from the acquisition of insights provided by the contemporary debate, which highlight and reiterate the peculiarities and values of freehand drawing as a fundamental expression for those who deal with the built environment, my intention here is to discuss how architects, including those who are less well-known than the archistars but who are particularly skilled in conveying their emotions through sketching, are involved, testifying to the completeness and intellectual value that accompany the graphic-visual value. All of these references highlight the connection between conception and application of an instinct inherent in man which architects see as necessary to express their ideas and sensations, with the emotional vibrations created with the constructions, places and spaces reverberating through the drawing.

### *Results of the research*

Drawing, as we have said, interprets the articulate mental, cognitive and conceptual process that drives the architect to render even abstract concepts readable; thanks to its imprecision and the sinuosity of its graphic movements, sketching creates visible paths on the sheet of paper that outline those of the mind. This makes it possible to follow the reasoning through the signs, which gradually shape forms, references and links, explicating meditative processes that expand into new interpretative and creative developments. This process, which links the material and meditative acts, recognised over time as one of the values of drawing, is highlighted by the iconic words of Henri Focillon “The mind makes the hand, the hand makes the mind”; a concept that is amplified when he declares: “The gesture that creates exerts a continuous action on the inner life” (Focillon, 1939, 2014).

The affirmations of the famous French theorist, aimed at emphasising the relationship between intellect and drawing, recognising its pivotal role in every graphic process, are at the basis of many other aspects of the architectural sketch; aspects that link every expression to communicative codes, meanings and values, including aesthetics, condensed in the graphic result by the author’s imprint. The architect uses graphic narratives

to convey and interpret the conceptual and formal movements of architecture and the environment through the strokes of the pencil, which becomes “an instrument of investigation and conquest for profound research and experiments” (Angelico, 2020, p. 37). These words, which refer to one of the greatest representatives of 20th century Italian architectural culture, Carlo Scarpa, highlight the relationship established between drawing and project, where signs follow reasoning to the point of shaping it into forms. This kind of process is also gradually refined using colours, creating images in which the intangibility of thoughts concealed within the design solutions is also captured. Scarpa is an example of this, powerfully conveying his ideas in his drawings along with the harmonious balance created between the geometric movements and transparencies of his concepts, supplementing them with a broader aesthetic concept linked to art. His sketches visualise the various stages of the projects, from the initial ideas to the configuration of spaces and shapes, to the carefully studied construction details, succeeding in expressing that compositional continuity “from large to small” that characterises all his works. The role that Scarpa assigns to drawing, confirmed by his statement “Draw to see” (Trucco & Lucentini, 2021, p. 17), is developed by many theorists and is echoed in the words of another of the designers who marked the history of architecture in the last century, Le Corbusier. An author who not only draws to express his theories and design ideas by transmitting rules and principles of innovative architecture, but (especially in his youth), sketches in his travel diaries what he sees, to capture images of places and buildings of the past with a precise aim: “We draw so that the things we see can be acquired inside our story. Things possessed through the work of the pencil stay with us for life; they are written, inscribed” (Petetta, 2014, p. 193). The need to sketch in order to bring the images imprinted on the page to life, internalising the peculiarities of the conceptual “soul” of the object or design, is not a prerogative of the past, when only hand-drawing existed, but, as already mentioned, continues to be a basic and irreplaceable phase for the architect, clearly identifiable in many situations. To express it in an immediate way, I looked for this imprint in the words of some of the most famous architects on the recent international scene, who give voice to various facets of an articulate and personal process, which fascinates with its versatility and the wealth of declinations to which it lends itself. Highly representative, for example, are Renzo Piano’s sketches, which summarise the essence of each of his ideas with graphic-expressive skill in just a few strokes. As is well known, his reasoning takes shape in the form of sketches on the first piece of paper that comes to hand (his post-its are famous), imprinting the evolution of the project in a sequence of increasingly incisive drawings and then developing it with models and technical and digital representations. In the complementarity of graphic expressions and materials used in his studies to visualise and verify the evolution of the design, he often emphasises the substantial weight of

sketches in effectively communicating his ideas, such as when he states: “I create very complex buildings, but I always draw by hand; this is how I get to know the object I am working on” (Belardi, 2015, p.25). A similar approach in the evolutionary process of design can also be seen in the work of Frank Gehry, who defines the interweaving of lines and sinuous surfaces from the very first sketches, generating the formal plasticity that characterises his works. Like Piano, his sketches accompany the evolution of the project, an evolution pursued and conveyed also with models and digital modelling, aimed at bringing out the characters of his conceptions. The stroke moves disjointedly across the paper in his drawings too, visually creating that lightness and fluidity of movement that are the signature of his creations. A fluidity which, albeit in another form, can be found in the architecture of Zaha Hadid, outlined and characterised by drawings in which the creative essence is encapsulated in the recognisable sinuosity defined by the stroke, conveying an exceptional harmonious musicality, subsequently developed by digital representations, to become a tangible reality that fully evokes the movements of the initial sketches.

In this relationship between the various phases of architectural conception, the sketch is configured as the visible unravelling, through the stroke, of the development of thought; a thought moved by the emotions induced by the creative process, which animate the configuration of forms at every stage, linked in a harmonious, conceptual and aesthetic balance. In fact, as explained by Franco Purini, an expert in both drawing and design: “The sketch is the sudden bursting into the world of a decision that takes shape after a slow and mysterious elaboration. As if traversed by an electric shock, the hand, identifying completely with the mind, traces signs on the paper that are no more and no less than the idea” (Grütter, 2015, p. 7). This approach to design can be read in another form, enhancing the variable personal relationship, also in the words of Louis Kahn when he says: “In my sketches I try not to be completely subservient to the subject. Nevertheless, I respect it and see it as something tangible and alive from which I draw my feelings” (*Il disegno a mano libera*, 2017, p. 14). The irreplaceability of freehand drawing, emphasised by these and other contemporary testimonies, finds further confirmation in the writings of Carlo Prati, for whom “drawing is design, in drawing we build and through drawing we explore space. Moreover, the construction of a theory and a critical vision always occurs by means of or through representation, so drawing is the idea of architecture, the ideal place in which to conceive and create architecture” (Trucco & Lucentini, 2021, p. 14). In close symbiosis with this definition of design is the approach of Giulio Mondini, an architect who is less well-known than the archistars, but whose cultural, creative and artistic skills, which he pours into his work with a particular sensitivity in respecting and creating a balance between nature, man and the built environment, revealing such attentions in his sketches, I appreciate. He develops and emphasises the

peculiar aspects he has observed and discovered in architecture and the environment in them, drawing graphic syntheses from them to immediately convey his thoughts, the result of his constant attention to the rules, balances and cycles of nature. When analysing the landscape, freehand drawing helps him to highlight the connotating characters and elements, selecting in-depth interpretations, in which the same graphic stroke, with differentiated intensity, thickness and vibration, lends itself to identifying scenes and scenic masses, as well as visual textures, as identifying features. He analyses all these elements in order to interpret their weight and role in the characterisation of the whole, acquiring a critical awareness on which he subsequently bases proposals for intervention on various levels, from the environmental to the architectural, careful to recreate a harmonious balance between built and natural environments. An ideal example is provided by a set of drawings that summarise his “visual impact analysis”, featuring views of the landscape of San Casciano in Val di Pesa (Figure 1), created for the “landscape impact assessment” for the variant to the P.R.G. (town plan). These are preparatory studies for the project, from which the highlights of the landscape emerge with graphic refinement, as elements of reference for proposed interventions. The expressive ability of Mondini’s sketches is also displayed by the project drawings, in which he traces signs that clearly convey his thoughts, identifying, right from the start, conceptual, distributive and visual pivots and axes, cornerstones of the creative approach from which the development of the whole expands, referencing the principles of Feng shui, i.e., seeking to achieve a link and balance between the characters and energies of the built environment and the site. This research is developed in all his works through a succession of sketches that gradually expand on theoretical principles and creative ideas, generating forms that define individual choices, creating a fluid articulation of lines and evocative plasticity (Figures 2-4). In his design drawings, the fast stroke develops the harmonious, conceptual and morphological continuity sought between architecture and the environment, through forms that follow the natural conformation of places. This balance, the synthesis of a painstaking and sensitive study, becomes even richer when he uses colour to evoke the meanings and movements of the energy flows associated with each environment by the Feng shui approach, seeking a clear connection between closed and open spaces. These are sketches from which his emotional involvement, discernible in the movements of the drawing, emerges, outlining with consequentiality the development of thought, immersed in the relationship established with the site, seeking to understand its essence and improve it by means of design. The link proposed by Mondini, of continuity between sketching, knowledge and ideas for intervening on what already exists, is echoed in the words of another leading international architect, Alvaro Siza, when he says: “Every one of my drawings would like to rigorously capture a tangible moment of a fleeting image in all its nuances; to the extent by

which one is able to grasp this elusive quality of reality, the drawing will emerge more or less clearly and the more vulnerable it is the more it will be precise” (Maggiore, 2011, p. 55). In Siza’s sketches, the quick stroke configures the refined formal essentiality of both his designs and the places he observes carefully, pausing to define certain details that outline their architectural and environmental features and atmospheres instantly, including the presence and movements of human figures. The continuity of the strokes in his drawings is described as “astounding, inclusive” by Francesco Dal Co (Dal Co, 2015, p. 61), who adds “With a confidence that is hard to imitate, Siza breaks down the world and the moments of his life into figures. So successful is the dominance he exercises over line that his sketches can be compared to those of the greatest contemporary artists”. This way of expressing his “vision of the world” is also highlighted in the critical reading that Maria Cristina Loi assigns to the drawings by the Portuguese architect, acknowledging that, with his sketches, he creates “improvised and spontaneous exchanges with places and things regarding the theme of construction and its physicality” (Loi, 2011, p. 14). Exchanges which Alvaro Siza dictates according to his own personal approach but which can be identified, more generally, in the equally personal ways of seeing, understanding and graphically interpreting the man-made environment, according to the typical language of architects. Considering in particular the sketch of what exists, we can see how the drawing conveys, in a strictly personal way, the way of grasping specific aspects, and interpreting them, also influenced by perceptual factors that determine variable arrangements. A relationship between drawing and places, which changes from man to man, depending also on the moment, on that instant that strikes the soul and creates strong sensations, taking shape in representations in which visual and environmental weights are ranked in a close relationship between materiality and immateriality. This phase of design is now more crucial than ever to the interpretation and transmission of the special aspects on which to focus attention, creating narratives that are open to multiple readings according to the purposes for which the spatial unit is observed, from its conservation to its transformation for compatible uses. These readings clarify the balance established between the draughtsman, the subject, the setting, the overall graphic composition (with the more or less present definition of details), involving the expression of each individual stroke or colour. Sketching therefore allows us to see things that exist and which may be right in front of our eyes, but which, due to lack of attention or an inability to take the time to discover them, “we see for the first time” when we draw them. The sketch does not therefore have a mere documentary and descriptive value, but must also guide us to grasp aspects of the environment that are not necessarily material, through graphic vibrations that cause emotional vibrations to reverberate. This makes it a way of scrutinising the world around us along with the inner world as well, as documented

in the history of art and architecture. This attitude is found, for example, in the sketches of Guido Davico, a Turin-based architect who has always united drawings of the places he visits with design, reviving them and transmitting not only the images but also the emotions generated during a contact lasting perhaps only a few hours. His sketches are distinguished by an essential, incisive and marked sign, which outlines the contours of the shapes that dominate the environmental volumetric configuration; they often describe the relationship between architecture and the environment, personalising it as a living relationship between man and nature. When he depicts an overview of Orvieto for example, with decisive brown pastel, he defines the skyline of the main nucleus and the consequentiality of the natural scenery that frame it in depth, making it the protagonist; the layout of the drawing is then supplemented by soft pencil marks that outline the volumes of the individual buildings and the textures of the cultivated plots, completing the overall image. In addition, wavy blue pastel strokes evoke movements in the sky and help enhance the city's skyline, characterised by the irregular volumetry in which a number of identifying buildings stand out. This is a drawing in which every element contributes to capturing the peculiarities of the landscape with the imprint of an architect, through an interpretation that refrains from going into detail but aims to engage the observer immediately with its figurative directness (Figure 5). Another of his drawings, centred on the ruins of the castle of Avigliana, in the province of Turin, uses an even more synthetic and essential language: a single fine stroke made with a felt-tip pen outlines the main features of the building and the natural environment around them, conveying their close connection, both visually and with history. This connection is interpreted by the sketch in graphic movements that structure its diagonal development, defining a process of almost natural continuity, in which a few strokes outline the masses, differences in level and textures of the terrain, as well as the few selected references which hint at the small town on the right (Figure 6).

Representative analogies, which devolve the interpretation of the place to a design by masses of built volumes, are found in another case, which depicts the historical centre of Semur-en-Auxois in Burgundy (Figure 7). It is a live sketch that Davico resumed in the studio, with a graphic guise in which he adds colours to the charcoal scratches with which he often "signs" his drawings, in order to emphasise the masses that characterise the overall image. The rough draft of the horizontally developed sketch is revisited, creating a composition that acquires dynamism due to the visual strength with which the outline of the rampart, previously only hinted at, is treated. A dynamism that is amplified in the two-way flow created by the disjointed succession of little houses, finding respite in the plastic conformation of the nature around, which expands the overall vision: a few signs and colours create an immediate dialogue, based on just a few elements with a strong visual impact. Another example by the same author, in which

the live sketch is followed by a reinterpretation in which acrylic colours lead to new visual balances in the drawing, concerns Sénanque Abbey in Provence (Figure 8). The initial representation, created using felt-tip pen alone, describes the features of the main wing, framed by the contours of nature all around. His revisitation simplifies the architectural aspects, favouring the environmental description; a description emphasised chromatically, in which the characteristic expanse of lavender and the landscape expand in depth, becoming the protagonists. An interpretation, in the second case, in which colour becomes the key element to accentuate a specific aspect, prevailing over the graphic sign that essentially defines the masses and sets the perspective frame. Differing from the previous drawings of landscapes is a sketch by Guido Davico, in which he structures a graphic composition with suggestions referring to medieval ecclesiastical architecture, which he selects as identifying references of the Auvergne (Figure 9). The charcoal strokes outline an interweaving of the shapes of façades, bell towers and a stained-glass window, where the colours support their characters, proposing the contrast between the soft, gloomy tones of the building and the sky and the saturated shades that compose the decorative score of the glass. In this case, the drawing is an interpretation guided by a very personal slant, in which the various elements are extrapolated from their real context and assembled to evoke, as a whole, sensations reminiscent of the atmospheres typical of that part of France. With regard to the type of approach to sketching now being examined, I would like to refer once again to some statements that have emerged from today's debate on freehand drawing, in which aspects that can be traced back to the examples described here are identified and, more generally, precise interpretations are once again emphasised, particularly with regard to intangible values in the relationship between graphic expression, man and the environment. It is precisely in the words of Brunetto De Batté that its relevance can be seen, when he states: "Despite the unbridled development of making sense of a possible reality through the portrayal of something realistic (performed by vedutists in the past and today by renderists), the silent tradition of recounting fragments of theory continues, wherein one finds arguments of looking-thinking, pencil in hand, [...] reinterpretations of history in suspended details, abacuses of articulate solutions" (Trucco & Lucentini, 2021, p. 15). The concept is amplified, and comes close to Guido Davico's graphic interpretation of Auvergne, through the words of Enzo Ceglie when he writes: "The architect who imagines emulates the poet! He stages a thought and attempts the rewriting of a poetic suggestion. He tries to establish an emotional correspondence between the places he imagines, the architecture he dreams of and his observation of the real world. Thoughts, in the form of signs" (Trucco & Lucentini, 2021, p. 44).

I find my personal approach to sketching in these words, which is why I conclude this essay with a drawing of my own, in which built forms and suggestions entwine in a balance



between the tangibility and intangibility typical of a place, even for the single moment in which one has experienced it.

It is the market in Piazza Santa Giulia in Turin, a place which, in the morning, interacts with the large empty space in front of the church of the same name in this historical part of the city.

Like other markets in the city and in Piedmont which I have had the opportunity to study in research coordinated by Dino Coppo and Anna Osello (Coppo & Osello, 2006, 2007), the stalls and the resulting movements transform the environment, filling it with voices, sounds and colours: characters that are not always tangible, which I wanted to put down on paper sheet in order to relive and convey their liveliness and emotional involvement (Figure 10). While the line drawing outlines the physical relationship between the urban space, architecture, the market and people, in the watercolour version, I wanted to interpret the colourful and joyful atmosphere created by the stalls and the products on sale, by the flow and meeting of people, by the hubbub and the smells that characterise the environment, with a musicality, both acoustic and visual, effused beyond the tangible boundaries, of which watercolours becomes the interpreter.

### *Conclusions*

If the tradition of freehand drawing (as demonstrated by theoretical approaches and practical applications) still persists today as an irreplaceable narrative tool for the architect, it is because, as Tullio Pericoli states “in the hand there is wisdom, and, at the same time, sometimes, the burden of wisdom” (Pericoli, 2014, p. 18). The basic concept is further amplified in today’s debate by the confirmation that “The hand has a wisdom that comes from the awareness of the environment and its degrees of freedom, so the sketch today has even more exploratory value within the cultural clouds of the contemporary world” (Il disegno a mano libera, 2017, p. 4). This is a world to be understood and discovered in all its complexity, of which drawing, as Francis D.K. Ching, among others, teaches in his writings, helps bring into focus the special characteristics, always taking perceptive factors into consideration (Ching, 2018). These factors are key to the determination of pondered or spontaneous choices made by the draughtsman, leading to an understanding of elements of places and architecture that are not always visible, but which make them appear so. Freehand drawing allows us to collect and convey a multitude of multifaceted aspects of reality or of our thoughts, which, along with visible forms and aspects, express cultural approaches and intangible aspects, which is why it continues to be a unique tool today.

It is the same approach to sketching that, creating a link between past and present, is found in the iconic words of Viollet-le-Duc when he states: “don’t forget, not even for a moment, to practise the language of drawing, which is not only the best description, but teaches you to see”. (Viollet-le-Duc, 1992, p. 143).

[1] Mondini, a lecturer at the Politecnico di Torino, boasts various acknowledgements of his work, some of which international, such as his collaboration, as a freelancer, with Estudio Lamela in Madrid for the tender for the design of the Intesa San Paolo skyscraper in Turin, later realised by Renzo Piano.

[2] This work, which extends from the analysis of the existing landscape to environmental impact assessments, configuring new urban scenarios, reveals the link between Mondini’s various interests and working approaches, which flow into his designs and assessments as an expert in Surveying. For further information, see the document presenting the work Valutazione degli impatti sul paesaggio, for the municipality of San Casciano in Val di Pesa, for “Variante al P.R.G. vigente ai sensi del comma 9, art. 40 della L.R. n° 5/95, Variante Stianti”, by Giulio Mondini.

[3] A designer for more than fifty years, he has pursued his profession with the creation of buildings from scratch as well as the renovation and redevelopment of historic rural buildings. While on holiday and especially while travelling, he has devoted himself to imprinting personal suggestions on his drawings, winning numerous painting prizes


Articolo

## Sistemi di documentazione per scavi archeologici preventivi: piattaforme GIS per la gestione dello scavo del Santa Margherita a Pavia

*Documentation systems in rescue archaeology: GIS platforms for the management of Santa Margherita excavation work in Pavia*


Francesca Picchio<sup>1</sup>, Francesca Galasso<sup>2</sup>, Giulia Porcheddu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Assistant Professor, PhD, Polytechnic University of Turin (Italy)  
pia.davico@polito.it

<https://orcid.org/0000-0002-1451-8383> 

<sup>2</sup>PhD candidate

francesca.galasso@unipv.it, University of Pavia, Italy

<https://orcid.org/0000-0003-0264-2755> 

<sup>3</sup>Msc in Building Engineering and Architecture

giulia.porcheddu01@universitadipavia.it, University of Pavia, Italy

DOI: <https://doi.org/10.56205/mim.2-1.4>

Recibido  
30/09/22

Aprobado  
12/10/22

Publicado  
28/10/22

Mimesis.jsad  
ISSN 2805-6337



EDITORIAL  
Environment & Technology  
Foundation

### Abstract

*This paper discusses methodological aspects by illustrating the first products of a research project developed as part of a collaboration agreement between the DICAr - Department of Civil Engineering and Architecture of the University of Pavia and the enterprise GEA s.r.l. Archaeology, for the documentation of the archaeological excavations in the former Santa Margherita Institute in Pavia (Italy). The activities, carried out by the experimental laboratories DAda-LAB and PLAY, regarded the documentation of the archaeological evidences, dating back to the 4th century AD, brought to light by the interventions of conversion and remodelling of the historical and architectural complex. The need to produce documentation apparatus to support the excavation activities is boosted by the fragility of the archaeological site, apparently meant to disappear to allow space for the construction of an underground car park.*

*The research aims to develop a methodology for the organisation of the data acquired in the multiple excavation campaigns, the production of databases useful to archaeologists for the chronological interpretation of the excavation, the detection of archaeological emergencies and the development of an information system that combines models and databases. Since March 2022, data acquisition campaigns have been undertaken to progressively survey the phases of excavations. Data sheets were then developed for stratigraphic units and deposit units, and an effective GIS system was developed to represent the complex nature of the site by making clear the relationships between the stratigraphic units. The first results of the research outline a methodological process that leads to the development of a digital 'container' in which it becomes possible to include the data collected during the campaign by reducing the time gap between acquisition, recording, processing and synthesis of information.*



### *Abstract*

Il presente contributo affronta questioni metodologiche illustrando i primi prodotti di una ricerca sviluppata all'interno di un accordo di collaborazione tra il DICAr – Dipartimento di Ingegneria Civile ed Architettura dell'Università di Pavia e la società GEA s.r.l. Archeologia, per la documentazione degli scavi archeologici nell'Ex Istituto Santa Margherita di Pavia (Italia).

Le attività, condotte dai laboratori sperimentali DAdA-LAB e PLAY hanno riguardato la documentazione delle evidenze archeologiche, risalenti fino al IV secolo d.C., messe in luce da interventi di trasformazione e rimodellazione del complesso storico e architettonico.

L'esigenza di produrre apparati documentari a supporto delle attività di scavo è incentivata dalla precarietà del sito archeologico, apparentemente destinato a sparire per lasciare spazio alla costruzione di un parcheggio interrato.

La ricerca prevede lo sviluppo di una metodologia per l'organizzazione dei dati acquisiti nelle molteplici campagne di scavo, la produzione di database utili agli archeologi per l'interpretazione cronologica dello scavo, il rilevamento delle emergenze archeologiche e lo sviluppo di un sistema informativo in grado di coniugare modelli e banche dati. Da marzo 2022 sono state avviate campagne di acquisizione dati finalizzate a rilevare progressivamente le fasi di scavo condotto in emergenza. Sono state poi elaborate schede per unità stratigrafiche e unità di deposito ed è stato sviluppato un sistema GIS efficace a rappresentare la complessità del sito esplicitando le relazioni che intercorrono tra le unità stratigrafiche.

I primi risultati della ricerca delineano un processo metodologico che conduce allo sviluppo di un "contenitore" digitale nel quale diviene possibile inserire i dati raccolti in fase di campagna riducendo il divario temporale tra acquisizione, registrazione, elaborazione e sintesi delle informazioni.

**Palabras clave:** rilievo digitale, GIS 3D, archeologia preventiva, unità stratigrafiche, Santa Margherita a Pavia.

### *Introduzione*

La comprensione dei segni che, stratificati, raccontano la storia di un edificio o di un determinato contesto e la loro conseguente trasmissione in contenuti univoci e facilmente accessibili, costituisce oggi una delle principali sfide verso cui si muovono gli ambiti della rappresentazione e della comunicazione digitale. Documentare e trasformare le componenti del patrimonio costruito in dati utili alla sua gestione e salvaguardia fa parte di un processo di digitalizzazione che, grazie allo sviluppo tecnologico, si rinnova costantemente, proiettando il racconto del patrimonio culturale verso nuovi orizzonti e sviluppi narrativi. (Parrinello et al., 2017) . Anche per i contesti archeologici, le metodologie impiegate per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati si modificano e si trasformano grazie alle possibilità offerte dal digitale. Le rinnovate finalità che motivano oggi una campagna di rilievo e di documentazione sono supportate da dati sempre più accurati dal punto di vista quantitativo e qualitativo, esplicitati da database pianificati e organizzati secondo specifici modelli di analisi.

Così, la potenzialità descrittiva dei contesti archeologici si manifesta nella realizzazione di modelli e duplicati digitali che promuovono scenari paralleli e modalità di fruizione alternative (Galasso et al., 2021).

<sup>1</sup>La torre gentilizia appartenente a Catone Sacco (Rosso P., 200) e l'oratorio risalgono al 1571. A partire dalla cartografia storica disponibile (Martini, 2021) è stata dedotta l'evoluzione dell'edificato fino al 1662; tali trasformazioni sono state poi effettivamente riscontrate durante i lavori di assistenza archeologica. Non è possibile ricostruire la storia del complesso dal 1662 al 1784 quando, dopo 118 anni, il Santa Margherita inizia ad assumere la sua forma definitiva, grazie ad una serie di annessioni/nuove costruzioni fino al 1953. Il complesso nel 1858 diviene una casa d'accoglienza per prostitute pentite, poi Istituto per Malati di Petto nel 1922, infine nel 1980 "Istituto di Cura Santa Margherita" con funzione di ospedale geriatrico che verrà mantenuta fino al 2004, anno in cui l'edificio rimane in stato di abbandono.

<sup>2</sup>L'accordo di collaborazione tra il DICAr – Dipartimento di Ingegneria Civile ed Architettura dell'Università di Pavia e la società GEA s.r.l. Archeologia, per la documentazione degli scavi archeologici nell'Ex Istituto Santa Margherita di Pavia (Italia), ha visto la partecipazione dei laboratori sperimentali DAdA-LAB e PLAY.

Tali processi documentali divengono fondamentali soprattutto quando si tratta di siti che vertono in condizioni di fragilità, sottoposti a diversi rischi che possono comprometterne la persistenza. Rientrano tra questi gli elementi portati in luce da scavi preventivi, che prevedano poi la scomparsa delle evidenze archeologiche in favore di interventi edilizi. Gli scavi archeologici che si trovano oggi all'interno del complesso Santa Margherita a Pavia (Figura 1) costituiscono un caso emblematico di un sito archeologico notevolissimo, supporto fondamentale per la comprensione dell'evoluzione del tessuto urbano, destinato in larga parte a sparire. L'imponente complesso edificato, che corrisponde all'evoluzione dell'Istituto "Pio Ricovero Santa Margherita" del 1458, è posto al limite del centro storico in prossimità del Ticino. Le diverse trasformazioni<sup>1</sup> subite negli anni hanno portato quest'area, nel 2006, a divenire oggetto di un progetto per residenze con annesso parcheggio interrato per il quale si è resa necessaria un'azione di scavo nell'area di pertinenza.

Durante tali attività sono emerse evidenze archeologiche di rilievo che hanno comportato l'avvio di indagini archeologiche preventive, bruscamente interrotte nel 2010. Il cantiere ha quindi subito un periodo di arresto e il complesso è rimasto per lungo tempo in stato di abbandono, compromettendo lo stato di conservazione dei ritrovamenti, rimasti esposti.

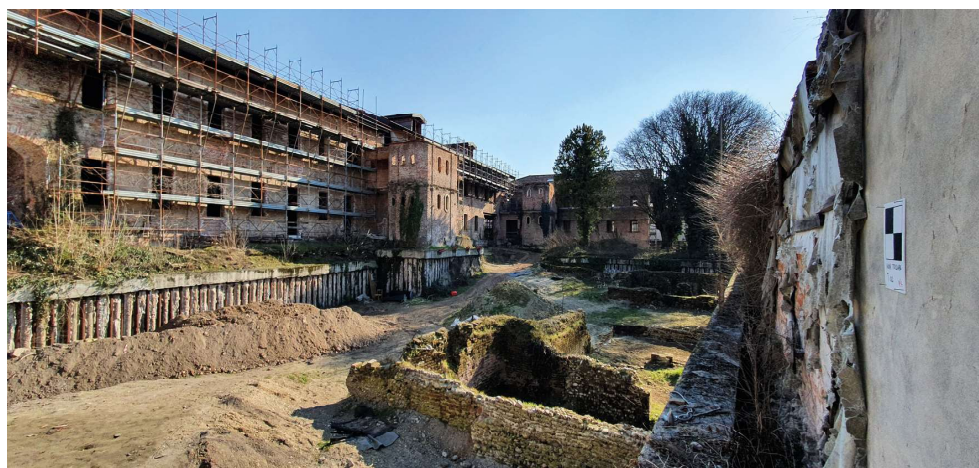
Nel 2021 l'edificio, ormai fatiscente, viene acquistato da una nuova società interessata ad un suo recupero, promuovendo l'avvio di una nuova campagna di documentazione archeologica. La ricerca si inserisce in questo contesto delicato, cercando di favorire e velocizzare le meccaniche conoscitive sull'area, sfruttando il digitale per ottenere letture multiscalarari e multilivello utili ad una comprensione sistematica di quanto gli archeologi rinvenivano.

La necessità di digitalizzare in tempi ristretti e con elevato livello di affidabilità quello che, per necessità di scavo, sarebbe andato perduto durante le attività del cantiere, ha condizionato le scelte operative e metodologiche per perseguire gli obiettivi della sperimentazione. Registrare con accuratezza la stratigrafia dello scavo parallelamente alla sua trasformazione diviene un'esigenza fondamentale che muove verso la costruzione di una documentazione narrativa "dinamica" del sito archeologico (Roosevelt et al., 2015).

Questa necessità, unita all'urgenza di tenere memoria di quanto scoperto (Figura 2), ha visto la società "GEA archeologia", responsabile delle attività di scavo preventivo sul sito, avvalersi del supporto tecnico del laboratorio sperimentale di ricerca DAdA-LAB dell'Università degli Studi di Pavia<sup>2</sup>. A partire dal 2021 è stata avviata la digitalizzazione dello scavo e le azioni condotte sono state

Figura 1. L'Ex Istituto Santa Margherita a Pavia. A partire dal 2010 il cortile del complesso ospedaliero è stato interessato da azioni di scavo per una sua conversione in nucleo abitativo.

*Figure 1. The former Santa Margherita Institute in Pavia. Since 2010, the courtyard of the hospital complex has been the subject of excavation work for its transformation into a residential unit.*





orientate alla definizione di strategie per lo sviluppo di un sistema informativo digitale utile a garantire la salvaguardia della memoria delle attività di cantiere e l'immagine delle strutture emerse nell'intera area del sito archeologico.

*Archeologia preventiva: un problema di integrazione e gestione dei dati*

I siti archeologici collocati nelle aree interessate dai processi di urbanizzazione diventano un'importante testimonianza storica dell'evoluzione delle interazioni ambientali che si sono susseguite nel corso dei secoli. Fino alla metà del XX secolo, l'archeologia urbana era quasi del tutto rilegata al casuale ritrovamento di evidenze archeologiche, senza che da esso venissero sviluppate vere e proprie metodologie scientifiche di raccolta e analisi dei dati<sup>3</sup>.

Oggi, gli scavi effettuati in emergenza sono da considerarsi come vere e proprie campagne di documentazione finalizzate alla conoscenza, alla salvaguardia e alla catalogazione del dato archeologico. La documentazione in situ delle unità stratigrafiche, condotta dagli archeologi, si appoggia a rilievi e ridisegni delle strutture che vengono implementati con dati fotografici e con schede di sintesi che prevedono l'inserimento di appunti grafici e testuali. Tali procedure analogiche trovano un gap tra il momento di analisi condotto in situ e la necessaria fase di sintesi connessa con la lettura complessiva degli apparati murari. Le schede analogiche richiedendo tempi di compilazione relativamente lunghi e non essendo propriamente utili ad una lettura organica dello scavo, finiscono perlopiù per essere compilate in un secondo momento e cessano di essere parte del processo di acquisizione dati. La catalogazione delle unità stratigrafiche e la

<sup>3</sup> Per una completa ed esaustiva ricerca sull'argomento, cfr. Gelichi, (2002). Ricerca archeologica. Lo scavo nei contesti urbani. In AA.VV., Treccani 2000. Il mondo dell'archeologia, vol. 2, Roma 2002.

<sup>4</sup> Le schede US, redatte sulla base delle disposizioni del MiBACT, presentano dei campi di descrizione generali, da compilare manualmente e senza nessuna indicazione su come e quali informazioni riportare. La loro voluta generalità, dovuta al fatto che non vi è una distinzione tra unità stratigrafiche murarie, di deposito o superfici in sé, non consente una descrizione ottimale delle peculiarità che caratterizzano ogni scavo archeologico, rendendo così la descrizione molto frammentaria.

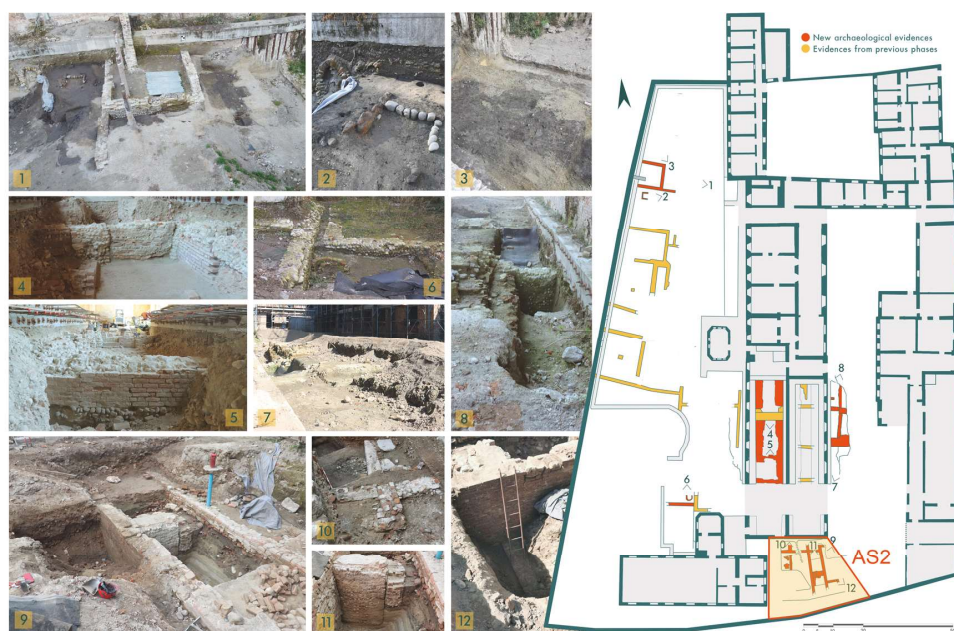


Figura 2. Le evidenze rinvenute a partire da agosto 2021. A sud del complesso è evidenziato il saggio di scavo AS2, sul quale è stata applicata la sperimentazione metodologica.

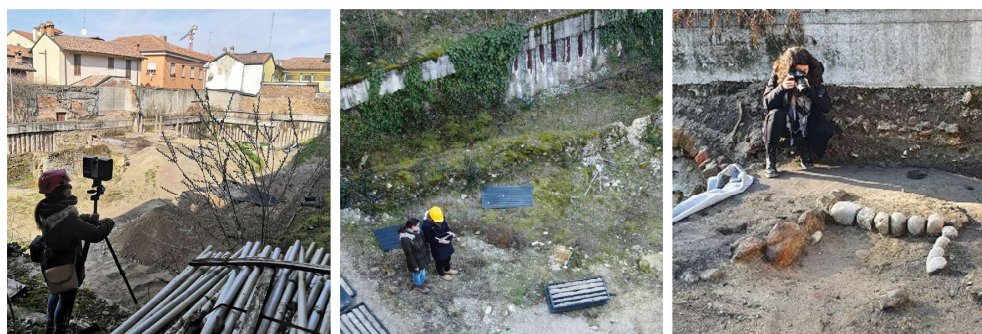
*Figure 2. The evidence uncovered starting from August 2021. South of the complex is highlighted the excavation essay AS2, on which the methodological experimentation was applied.*

loro descrizione, integrata sovente a posteriori avvalendosi dei disegni e delle fotografie prodotte durante la campagna di scavo, è supportata da schede cartacee pre-strutturate che non sempre si adattano ad un'organizzazione organica e funzionale all'archiviazione della mole di informazioni rilevate<sup>4</sup>. Specialmente negli scavi di emergenza le informazioni così acquisite divengono la principale testimonianza sia di quanto rinvenuto che delle diverse fasi di lavoro, descrivendo, nel susseguirsi dei documenti prodotti, il modificarsi dell'area archeologica in continua trasformazione. Con l'evolversi delle tecnologie, le procedure legate alla documentazione dello scavo e alla catalogazione dei dati hanno subito un

drastico cambiamento non solo per quanto concerne le metodologie applicate, ma anche riguardo agli strumenti utilizzati, non più analogici e disgiunti, ma digitali e integrabili tra loro. La grande quantità di dati che caratterizza qualsiasi indagine archeologica e la pervasiva presenza della tecnologia in ogni aspetto della vita quotidiana hanno condotto ad un uso estensivo dei sistemi digitali per la documentazione, la gestione e la catalogazione dei dati dello scavo archeologico, consentendo di sviluppare nel tempo un approccio interdisciplinare finalizzato alla comprensione esaustiva dei dati (Laurenza & Putzolu, 2001; Barbaro et al., 2014, Bertocci et al., 2018). Grazie alle metodologie di rilievo integrato tra sistemi digitali Laser Scanner Terrestri e le tecniche di fotogrammetria SfM, la lettura delle stratigrafie risulta maggiormente organica ed efficace, fornendo la possibilità di ricostruire volumi di scavo, superfici e strutture nello spazio tridimensionale (Dell'Unto, 2018; Marín-Buzón et al., 2021; Ferdani et al., 2021).

Figura 3. Le diverse attività di documentazione del complesso, da sinistra: rilievo Laser Scanner, fotogrammetria aerea (UAV), fotogrammetria da terra.

*Figure 3. The different documentation activities of the complex, from left: Laser Scanner survey, aerial photogrammetry (UAV), ground photogrammetry.*



Gli output tridimensionali che ne derivano consentono di ottenere una lettura altamente descrittiva, dalla quale comprendere e valutare una maggiore quantità di informazioni legate alle caratteristiche geometriche, cromatiche e materiche del manufatto archeologico (Parrinello et al., 2017). Nella pratica tradizionale, i modelli digitali vengono utilizzati per produrre ortofoto e disegni in pianta e in sezione, attraverso le quali è possibile ricavare relazioni temporali ed

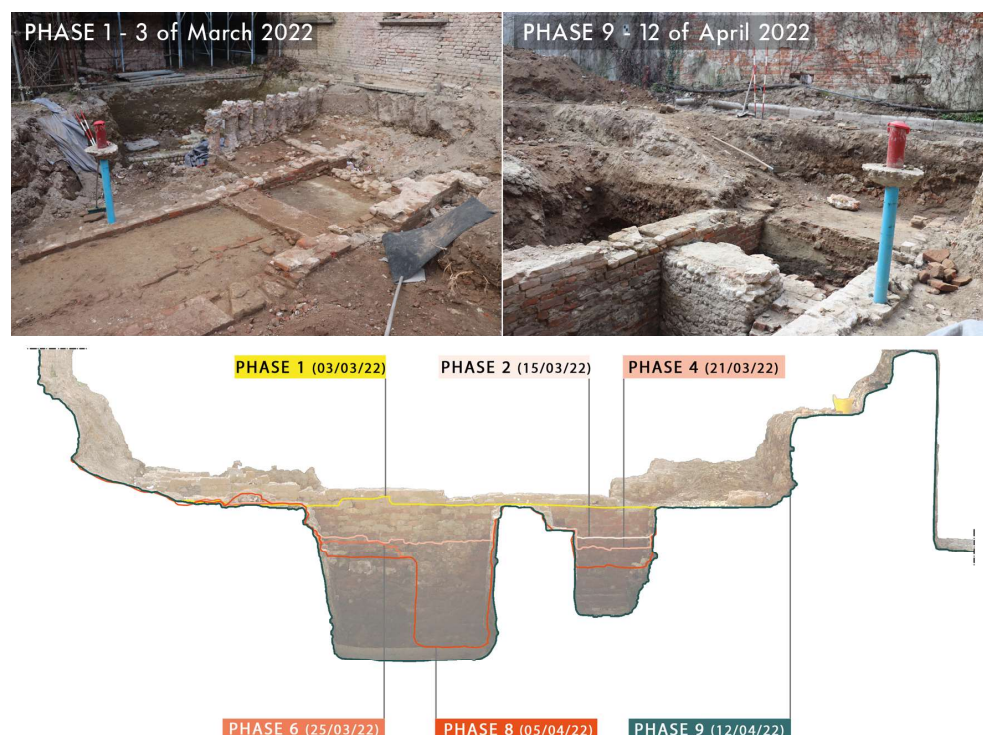


Figura 4. Lo stato dell'area AS2 durante la prima e l'ultima fase di scavo, con un particolare della sezione longitudinale dell'area, in cui sono evidenziate le diverse quote del terreno nelle principali fasi di scavo.

*Figure 4. The state of the AS2 area during the first and last excavation phases, in the longitudinal section of the area are highlighted the different ground levels surveyed during the main excavation phases.*



elaborare sequenze stratigrafiche (Carandini, 2010; Jensen, 2018). La possibilità di utilizzare i modelli 3D altamente descrittivi come contenitori digitali della documentazione di scavo si è tradotta nell'utilizzo di strumenti GIS. Sebbene l'idea di combinare modelli 3D e piattaforme GIS sia già teorizzata e diffusa (Parrinello et al. 2018, Dell'Unto et al., 2017; Gavryushkina, 2021; Dell'Unto, Landeschi, 2022), il problema principale consiste nella gestione del modello per la sovrapposizione di diverse unità stratigrafiche. Una rappresentazione sommaria per volumi semplificati delle apparecchiature murarie garantisce un certo grado di fruibilità del sistema informativo pur non fornendo una descrizione visiva sulle interazioni tra le unità stratigrafiche. Attraverso una rappresentazione più dettagliata, che può anche prevedere la componente cromatica di *texture* oltre ad una maggior complessità di superfici *mesh*, la gestione di dati vettoriali e raster necessita di una corretta organizzazione e ottimizzazione funzionale.

#### *Sviluppo di un workflow operativo per la gestione dei dati di scavo*

Per effettuare un rilievo speditivo, esteso ad un'area di oltre 5.000 mq (Figura 2), è stato indispensabile pianificare le azioni di documentazione immaginando di dover elaborare modelli tridimensionali morfometricamente affidabili delle diverse aree di scavo (AS). Sono stati così introdotti dei sistemi di riferimento al fine di scomporre l'intera area in porzioni circoscritte relative alle singole aree di scavo. I *target* e i capisaldi sono stati posizionati in modo da garantire la persistenza di punti di riferimento tra i diversi modelli della medesima area soggetta a variazioni di forma. Il rilievo digitale (Figura 3) è stato così condotto integrando dati provenienti da un rilievo estensivo dell'intero complesso per la georeferenziazione del database 3D generale<sup>5</sup> con un rilievo di maggior dettaglio per ciascuna fase di scavo<sup>6</sup>. Al fine di determinare un processo metodologico replicabile sull'intero complesso, le attività si sono concentrate su una porzione, assunta a pilota della ricerca, corrispondente con l'area di scavo AS2 (Figure 2-4). Il saggio, nonostante le dimensioni contenute, ha consentito di poter gestire un importante numero di informazioni derivanti sia dal rilievo sia dall'analisi stratigrafica. L'area AS2 presenta una complessità di stratificazioni, una densità di depositi e di strutture murarie sovrapposte afferenti a diverse epoche, che ha reso necessaria una documentazione continuativa, affidabile e puntuale. L'area è stata oggetto di numerose fasi di scavo, a cui sono seguite altrettante campagne di rilievo volte a documentare non solo le unità stratigrafiche in situ, ma anche l'evoluzione e lo sviluppo dell'attività di indagine stessa. I dati acquisiti sono stati elaborati ottenendo nuvole di punti e modelli tridimensionali utili sia alla produzione di elaborati a supporto dell'indagine stratigrafica, che allo sviluppo della piattaforma GIS e del sistema informativo. A partire dai modelli è stato possibile estrapolare una prima suddivisione analitica delle unità stratigrafiche, coerentemente con la classificazione prodotta da parte degli archeologi durante le campagne di scavo (Figura 5). In questo modo è stato possibile porre a confronto la documentazione esistente con i dati prodotti dalla ricerca, potendo verificare l'effettiva funzionalità del sistema proposto.

#### *Database digitale per il censimento delle unità stratigrafiche*

Le schede di unità stratigrafiche (US) sono state ideate sulla base di quelle ministeriali (MiBACT), redatte in collaborazione con gli archeologi impegnati nella ricerca. Le schede, da compilare in situ attraverso applicazione FileMaker Go (disponibile per iOS), sono state strutturate con contenuti informativi di

<sup>5</sup> Rilievo estensivo del complesso tramite strumentazione Laser Scanner Terrestre (FARO Cam 2 Focus S150), con l'integrazione di un dispositivo GPS per ottenere i dati per la georeferenziazione della nuvola globale; Rilievo estensivo delle aree di scavo del cortile esterno tramite acquisizione fotogrammetrica aerea, con strumentazione UAV (DJI Mavic mini 2);

<sup>6</sup> Rilievo di dettaglio delle aree di scavo e delle successive fasi di scavo attraverso fotogrammetria da terra (Canon 77D) e strumentazione Laser Scanner Terrestre.



Figura 5. I modelli fotogrammetrici delle fasi di scavo. In totale sono stati elaborati 9 modelli fotogrammetrici, sulla base dei quali è stato possibile avviare una fase di classificazione delle unità stratigrafiche e una prima lettura per fasi dello scavo.

*Figure 5. Photogrammetric models of the excavation phases. A total of 9 photogrammetric models were elaborated, on the basis of which it was possible to start a classification phase of the stratigraphic units and a first reading by excavation phases.*

dettaglio, secondo una logica compilativa che fosse la più rapida e semplice possibile.

Per agevolare la classificazione e rendere più speditiva la compilazione sul campo sono state progettate 2 schede campione (Figura 6): le schede dei depositi di terreno (U.S.D.) e le schede delle unità stratigrafiche murarie (U.S.M.). Sono stati predisposti menù a tendina e campi precompilati, in modo da uniformare la compilazione delle schede, agevolando in modo interattivo e intuitivo la strutturazione di un database omogeneo e completo. Ad ogni descrittore è stata associata una tipologia di dato (testo, immagine o dati numerici) e, a seconda della tipologia di contenuto, è stata attribuita una specifica interazione. La compilazione del database è stata così discretizzata in funzione delle *query* che possono avviare procedure di ricerca nella struttura della banca dati stessa.

Al fine di analizzare ed elaborare un protocollo di dialogo tra modelli 3D e database, i dati sono stati così integrati all'interno di un sistema informativo. Le schede, che costituiscono gli attributi del sistema informativo, sono state esportate sotto forma di tabelle, collegate direttamente alla tabella attributi dello strumento GIS. Dal software Filemaker sono state esportate le informazioni in tabella Excel (formato .xlsx), in modo tale che ogni riga corrispondesse alla singola scheda censita (USD e USM) e le colonne fossero i campi con i valori scelti durante la compilazione. Ogni scheda del database è identificata univocamente tramite i campi "US n°" e "Codice US", che sono univoci per





Figura 6. Le schede USD e USM elaborate tramite software Filemaker. Sotto: alcuni esempi delle schede compilate sul campo grazie all'applicazione Filemaker Go disponibile per iOS.

Figure 6. USD and USM sheets processed using Filemaker software. Below: some examples of the sheets filled in the field using the Filemaker Go application available for iOS.

ogni unità stratigrafica, a prescindere se di deposito (USD) o muraria (USM), al fine di assicurare la successiva corretta corrispondenza con i modelli 3D.

### Gestione dei modelli tridimensionali

La peculiarità di un GIS applicato ad un modello 3D risiede nella possibilità di contenere, visualizzare, gestire e analizzare informazioni spaziali e non spaziali utilizzando come supporto entità bidimensionali composte in strutture tridimensionali. Affinché il sistema risulti facilmente fruibile è necessario, tuttavia, porre attenzione alla dimensione, in termini di pesantezza del file, e alla complessità del modello digitale. I modelli devono poter essere supportati all'interno del sistema GIS e, allo stesso tempo, essere abbastanza dettagliati da offrire una rappresentazione quanto più verosimile delle unità stratigrafiche. Attributi geometrici e colorimetrici dipendono dalle mesh e dalle texture dei modelli ma una problematica riguarda la compresenza nello stesso spazio vettoriale di modelli relativi alla medesima porzione di rilevato in fasi di scavo tra loro successive. Ogni fase di scavo comporta la rimozione di alcune unità stratigrafiche o la messa in evidenza di nuove porzioni della stessa unità. È stato quindi necessario sviluppare una metodologia di modellazione che consentisse la sostituzione e/o l'implementazione di nuove porzioni di superficie modellata appartenenti alla stessa unità. Al fine di realizzare un prodotto che consentisse la rappresentazione tridimensionale in un ambiente georeferenziato è stato quindi studiato un workflow (Figura 7) per la modellazione dei volumi delle singole unità stratigrafiche secondo le seguenti fasi:

1. Referenziazione su software Agisoft Metashape grazie alle coordinate globali corrispondenti ai punti individuati sulla nuvola di punti ottenuta da rilievo Laser Scanner;
2. Esportazione in formato .obj mantenendo la texture vincolata alla maglia poligonale;
3. Importazione su software Meshlab per la modellazione delle singole unità stratigrafiche;
4. Decimazione fino al 50% dei poligoni della mesh, mantenendo la leggibilità delle caratteristiche morfometriche riducendo la dimensione del file;
5. Definizione delle singole unità stratigrafiche andando a selezionare la superficie di modello desiderata rispetto all'intorno. Rispettando la codifica e la nomenclatura

scelta nella fase di classificazione, tutti i modelli US sono stati organizzati in layers secondo le fasi di scavo di appartenenza. Prima dell'esportazione da Rhinoceros su piattaforma GIS, ai fini del corretto collegamento con il *database*, è stato necessario verificare, per l'intero database di modelli tridimensionali prodotti, la rispondenza alle specifiche esigenze derivanti dal collegamento, ovvero una corrispondenza biunivoca tra layer del modello 3D e le schede del *database*.

I modelli sono stati quindi esportati da Rhinoceros in formato .dae e successivamente importati in ArcGIS Pro e ArcScene (Figura 8).

6. Pulitura della mesh nell'intorno della singola US;

7. Sovrapposizione dei modelli omologhi relativi alle diverse fasi di scavo;

8. Codificazione dei modelli con il numero di unità stratigrafica;

9. Esportazione in formato .dae e verifica della nomenclatura assegnata;

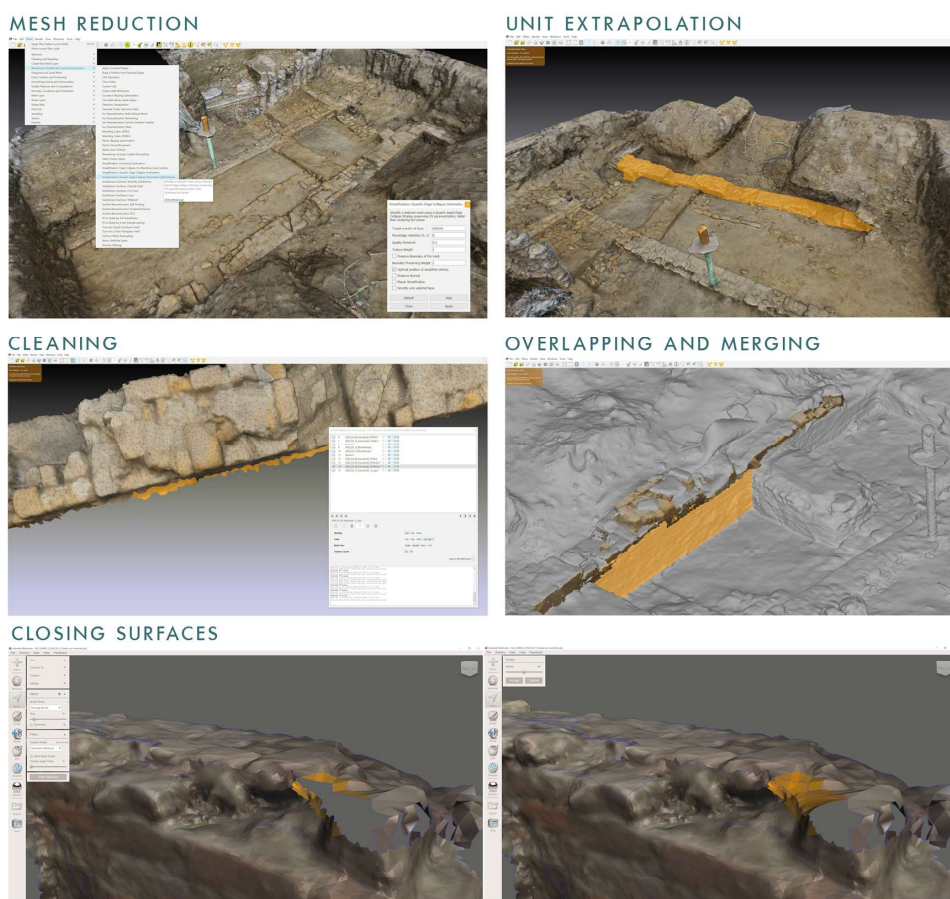
10. Importazione su software Rhinoceros;

11. Gestione delle unità in layers e gruppi secondo le fasi di scavo di appartenenza;

12. Esportazione .dae per la successiva importazione in ambiente GIS.

Figura 7. Sintesi del *workflow* di modellazione delle unità stratigrafiche a partire dai modelli tridimensionali ottenuti da fotogrammetria. La gestione dei modelli fotogrammetrici ha riguardato non solo l'estrapolazione delle superfici dalle diverse azioni di scavo, ma anche la risoluzione di eventuali problematiche legate alla pulizia e all'ottimizzazione della maglia poligonale.

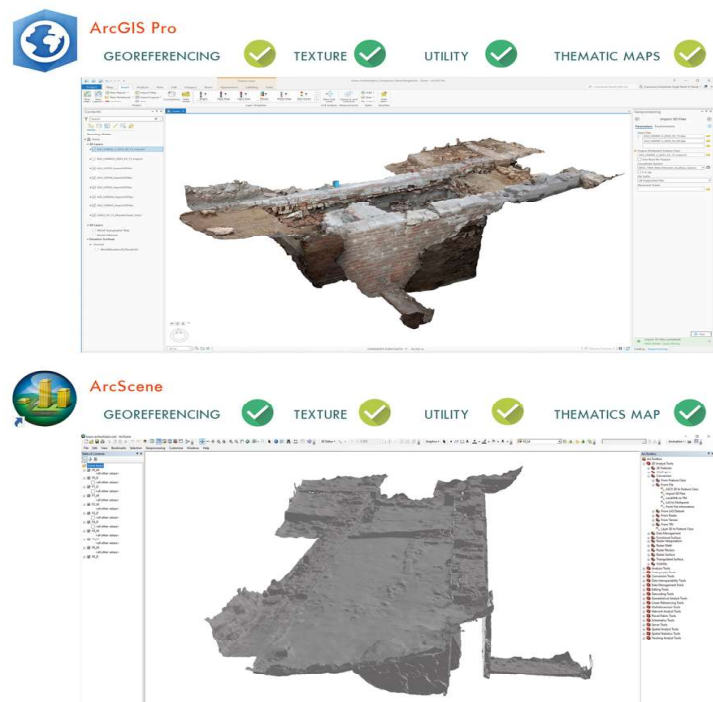
*Figure 7. Overview of the modelling workflow of the stratigraphic units from the three-dimensional models obtained from photogrammetry. The management of the photogrammetric models involved not only the extrapolation of the surfaces from the different excavation actions, but also the solving of any problems related to the cleaning and optimisation of the polygonal mesh.*



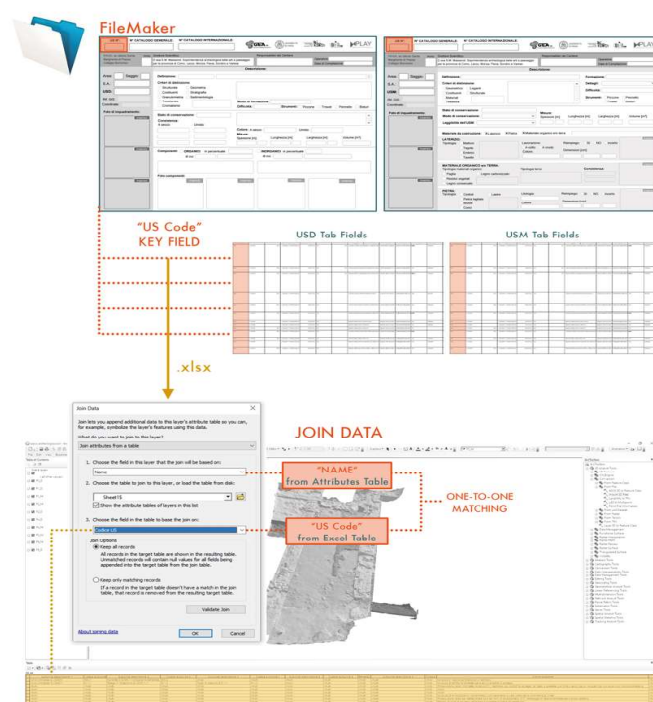
Rispettando la codifica e la nomenclatura scelta nella fase di classificazione, tutti i modelli US sono stati organizzati in layers secondo le fasi di scavo di appartenenza. Prima dell'esportazione da Rhinoceros su piattaforma GIS, ai fini del corretto collegamento con il *database*, è stato necessario verificare, per l'intero database di modelli tridimensionali prodotti, la rispondenza alle specifiche esigenze derivanti dal collegamento, ovvero una corrispondenza biunivoca tra layer del modello 3D e le schede del *database*.

I modelli sono stati quindi esportati da Rhinoceros in formato .dae e successivamente importati in ArcGIS Pro e ArcScene (Figura 8).

## IMPORT INTO GIS ENVIRONMENT



## DATABASE LINK



## Risultati

Il sistema GIS può essere interrogato in funzione della variabile temporale, corrispondente alle diverse fasi di scavo che popolano lo spazio vettoriale del modello e in relazione agli attributi che ciascuna unità riporta, ponendo query le cui risoluzioni sono visualizzabili anche in forma di mappe tematiche (Fig. 9). La selezione della specifica fase di scavo avviene attraverso la tabella dei contenuti dove è possibile controllare i layers che corrispondono alle successioni temporali di scavo. Spegnendo sequenzialmente i layers è possibile ripercorrere lo storico delle attività condotte in cantiere.

Tale modalità configura il sistema informativo in un “giornale di scavo digitale” consentendo la ricostruzione della sequenza fisica delle azioni compiute e permettendo una migliore analisi delle stratificazioni.

Ogni unità stratigrafica dà accesso ad un elenco di informazioni e metadati che corrispondono alle informazioni registrate in fase di compilazione sul campo. La possibilità di porre interrogativi a più unità, proprie degli strumenti GIS, consente di elaborare mappe tematiche sulla base dei descrittori omogenei e delle liste valori ad essi associati.

Le mappe generate sono la sintesi delle informazioni relazionate a uno qualunque dei campi del database di catalogazione, espresse contemporaneamente da tutte le entità del sistema.

## Conclusioni

La sintesi grafica possibile grazie al GIS permette di ottenere non solo informazioni qualitative (numero di entità che rispondono ad un determinato parametro), ma anche georeferenziate (possibilità di verificare visivamente nell'immediato la collocazione e la densità, rispetto alle varie aree, dei valori trovati).

Rispetto alle schede cartacee ed al rilievo diretto integrato dalla fotogrammetria 2D, il sistema informativo elaborato in questa ricerca ambisce ad offrire un valido contributo nell'ambito dell'analisi stratigrafica del sito: l'impiego di modelli tridimensionali associati ad un database digitale e compilabile sul campo

Figura 8. Prove di importazione dei modelli US in ambiente GIS (rispettivamente su software ArcGIS Pro e ArcScene) e workflow di unione del database tridimensionale e del database delle schede US.

Figure 8. Testing the import of US models into the GIS environment (on ArcGIS Pro and ArcScene software, respectively) and workflow for joining the three-dimensional database and the US sheet database.



comporta una descrizione dell'oggetto più accurata e una visualizzazione delle informazioni immediata ed intuitiva.

In questo senso, la quantità di informazioni ricavabili dalla singola scheda e dai modelli tridimensionali può davvero essere un utile strumento a sostegno di una interpretazione che non lasci spazio ad ambiguità ed errori.

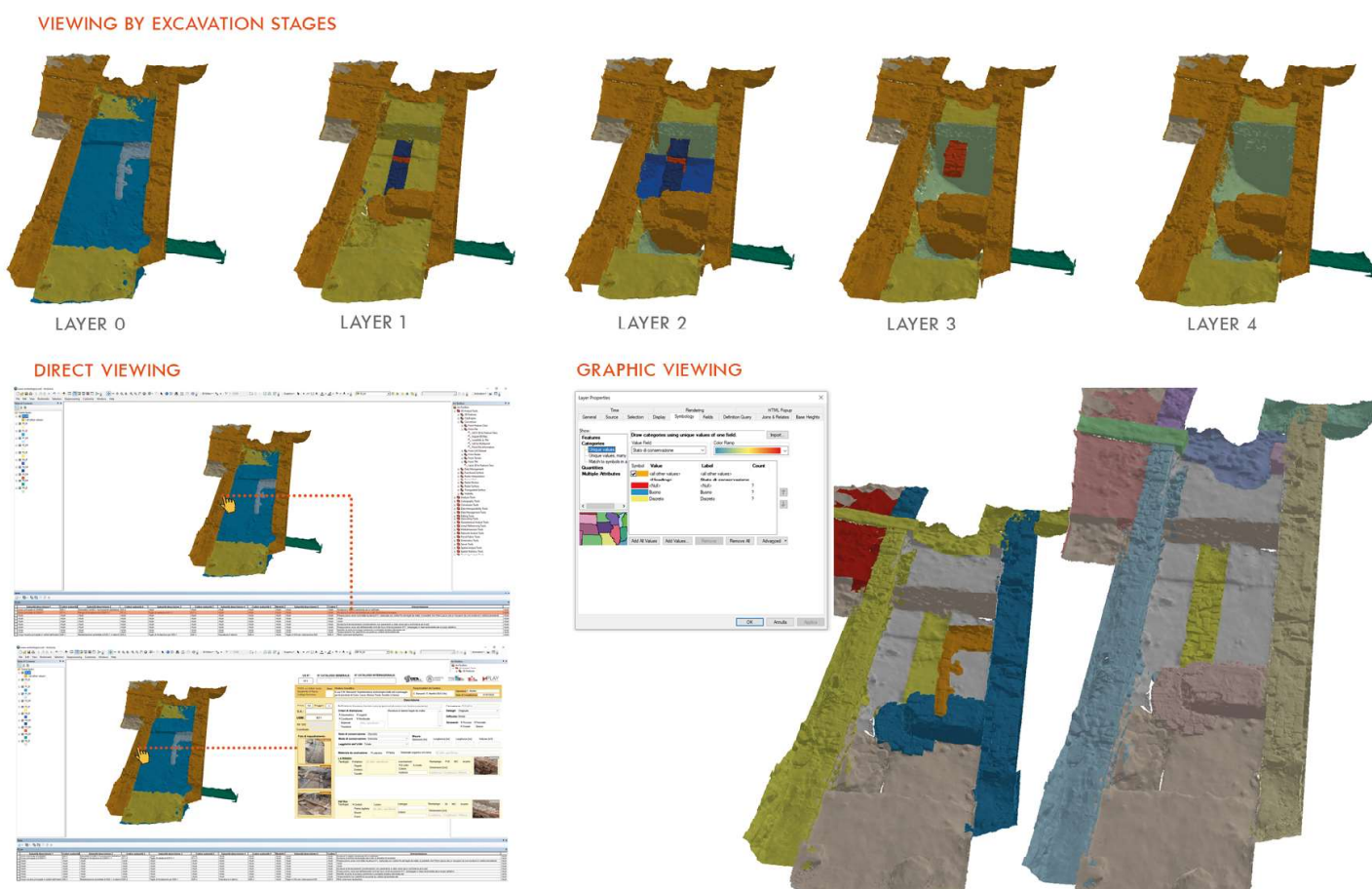
Il vantaggio ottenuto è chiaramente consistente in termini della lettura dello scavo rispetto all'utilizzo di una mappa bidimensionale (GIS 2D), in cui le informazioni relative ai rapporti tra le unità stratigrafiche e con esse, la possibilità di analisi, risultano spesso mancanti.

La presente ricerca, ancora in corso, pone già le basi per lo sviluppo di un progetto volto ottimizzare il "libretto digitale" di scavo, sperimentando sulle complessità gestionali di un intero cantiere archeologico le potenzialità degli strumenti digitali. Attraverso le meccaniche del disegno vengono così ridefinite le procedure operative, muovendo verso la strutturazione di sistemi informativi di tipo parametrico in grado di supportare il confronto e lo sviluppo di linguaggi tra tecnici anche con competenze eterogenee.

Come accade per il BIM in architettura (Eastman et al. 2011; Osello et al., 2016; Parrinello, Dell'Amico, 2021) lo scavo può diventare un modello interattivo di dialoghi e di messa a sistema di contenuti e dove i rinnovati segni grafici possono esprimere modelli rappresentativi e livelli di narrazione utili alla gestione, allo sviluppo e alla conservazione della memoria.

Figura 9. Modalità di visualizzazione e fruizione del sistema informativo: visualizzazione per fasi di scavo, visualizzazione per interrogazione diretta delle unità stratigrafiche e visualizzazione grafica secondo mappe tematiche.

*Figure 9. Modalities of visualisation and usability of the information system: visualisation by excavation phases, visualisation by direct query of stratigraphic units and graphical visualisation according to thematic maps.*





### Referencias

- Belardi, P. (2015). *Why Architects Still Draw. Due lezioni sul disegno d'architettura*. Melfi: Libria.
- Ching, F. D. K. (2018). *Design drawing*. Hoboken: Wiley.
- Coppo, D., Osello, A. (a cura di). (2006). *Il disegno di luoghi e mercati a Torino*. Torino: Celid.
- Coppo, D., Osello, A. (a cura di). (2007). *Il disegno di luoghi e mercati in Piemonte*. Torino: Umberto Allemandi & C.
- Dal Co, F. (2015). Il corpo e il disegno. Giulio Romano, Carlo Scarpa, Álvaro Siza. *Casabella. Il corpo e il disegno*. 856, pp. 53-111.
- Davico, P. (2019). *Il disegno per conoscere e raccontare l'architettura e l'ambiente*. Roma: WriteUp Site.
- Focillon, H. (1939, 2014). *Elogio della mano. Scritti e disegni*. Roma: Castelvecchi.
- Grütter, G. (2015). Disegno e immagine. La serie e il paradigma. Franco Purini e l'arte del disegno presso i moderni. *Ti con zero*, 51, 1-13.
- Il disegno a mano libera. Ricerca e invenzione. (05/2017). *Arduecittà. Italia World Magazine*. Architettura, Ricerca, Città.
- Loi, M. C. (2011). Alcune riflessioni sui disegni di Alvaro Siza e Steven Holl. *Il disegno di architettura*, 38, pp. 14-18.
- Maggiore, F. (2011). Interminati spazi. *Paesaggio urbano. Urban design*, 5.2011, pp. 50-55.
- Mondini, G. (a cura di). (1995). *Valutazione degli impatti sul paesaggio, per il Comune di San Casciano in Val di Pesa*, per la "Variante al P.R.G. vigente ai sensi del comma 9, art. 40 della L.R. n° 5/95, Variante Stianti.
- Pericoli, T. (2014). *Pensieri della mano*. Milano: Adelphi.
- Petetta, L. (2014). *Analisi, comprensione e critica dell'architettura non realizzata del '900 mediante il processo del ridisegno*, In Quattrini, R. (2014), pp. 189-198.
- Quattrini, R. (2014). *Disegnare l'architettura non costruita. Progetti di Mario Ridolfi tra le due guerre*. Roma: Aracne.
- Trucco, P., Lucentini, R. (a cura di). (2021). *Disegni d'autore. Una raccolta dell'Archivio di architettura*. Genova: Genova University Press.
- Viollet-le-Duc, E. (1879, 1992). *Histoire d'un dessinateur. Comment on apprend à dessiner. Storia di un disegnatore. Come si impara a disegnare*. Venezia: Edizioni del Cavallino.

## Documentation systems in rescue archaeology: GIS platforms for the management of Santa Margherita excavation work in Pavia

### *Introduction*

The comprehension of the traces that, stratified, tell the story of a building or a specific context - and their consequent transmission in unambiguous and easily accessible contents -, constitutes today one of the main challenges facing the fields of digital representation and communication. Documenting and transforming the components of the built heritage into data useful for its management and preservation is part of a digitisation process. Thanks to technological development, this process is constantly renewing itself, projecting the story of cultural heritage towards new horizons and narrative developments (Parrinello et al., 2017).

For archaeological contexts, the methodologies used for data acquisition and processing are changing and transforming due to possibilities offered by digital technology. The new purposes of a today's survey and documentation campaign are supported by data that are quantitative and qualitative accurate. These data are structured by databases organised according to specific type of analysis. Thus, the descriptive potential of archaeological contexts manifests itself in the realisation of models and digital duplicates that promote parallel scenarios and alternative modalities of fruition (Galasso et al., 2021).

Such documentation processes become crucial especially when dealing with sites that are in fragile conditions, subject to several risks that may compromise their preservation. This would include elements brought to light by rescue excavations, whereby the archaeological evidence would then disappear in favour of building interventions. The archaeological excavations, currently located within the Santa Margherita complex in Pavia (Figure 1) are an emblematic case of a significant archaeological site, a fundamental support for understanding the evolution of the urban fabric, which is mostly doomed to disappear.

The impressive building complex, which corresponds to the evolution of the 'Pio Ricovero Santa Margherita' Institute of 1458, is located on the edge of the historic centre near the Ticino River. The transformations [1] undergone over the years, in 2006 led this area to become the centre of a project for residences with an additional underground car park, for which excavation work in the area was necessary.

During these activities, significant archaeological evidence emerged that led to the starting of preventive archaeological investigations, which were suddenly interrupted in 2010.

The construction site then abandoned, and the complex remained in a state of neglect for a long time.

The state of conservation of the remains, which remained exposed, were compromised. In 2021, the now decaying building was bought by a new company interested in its restoration, promoting the beginning of a new archaeological documentation campaign. The research fits into this context,

aiming to facilitate and speed up the knowledge of the area.

This happens by exploiting the digital to obtain multiscale and multilevel analysis useful for a systematic understanding of what the archaeologists found. The necessity to digitise in a short time and with a high level of reliability what would have been lost during excavation activities influenced the operational and methodological choices to pursue the objectives of the experiment. Recording with accuracy the stratigraphy of the excavation according with its transformation becomes a fundamental need of the process, that moves towards the construction of a "dynamic" narrative documentation of the archaeological site (Roosevelt et al., 2015).

This need, combined with the urgency of keeping the memory of what was discovered (Figure 2), led the company 'GEA archaeology', responsible for the rescue excavation activities on the site, to seek the technical support of the experimental research laboratory DAdA-LAB of the University of Pavia [2]. Starting from 2021, the digitalisation of the excavation was undertaken, and the actions carried out were oriented towards defining strategies for the development of a digital information system useful for the preservation of the memory of the site activities and the image of the structures that emerged in the entire area of the archaeological site.

### *Rescue archaeology: a problem of integration and data management*

Archaeological sites placed in areas affected by urbanisation processes become important historical evidence of the evolution of environmental interactions over the centuries. Until the mid-20th century, urban archaeology was almost entirely relegated to the random discovery of archaeological evidence, without any real scientific methods of data collection and analysis being developed from it [3].

Today, excavations carried out in emergencies are to be considered as true documentation campaigns aimed at the knowledge, preservation and recording of archaeological data. The in situ documentation of stratigraphic units, conducted by archaeologists, relies on surveys and redesigns of structures. These data are implemented with photographs and summary sheets, that include graphic and textual notes. These analogical procedures find a gap between the moment of analysis, conducted in situ, and the necessary synthesis phase, connected with the overall reading of the wall structures. Since analogical sheets require relatively long compilation times and are not useful for an organic understanding of the excavation, they mostly end up being compiled at a second stage and no longer belong to the data acquisition process. The cataloguing of the stratigraphic units and their description is often integrated by making use of the drawings and photographs produced during the excavation campaign. Indeed, it is supported by pre-structured paper sheets that do not always adapt to an organic and functional organisation for archiving the amount of information gathered [4]. In rescue excavations, the information so acquired becomes the main evidence regarding both what was found and the several phases of the work. They describe

in the succession of documents produced, the changing nature of the archaeological area under transformation. With the evolution of technology, the procedures related to excavation documentation and data cataloguing have undergone a drastic change: this regards both the methodologies applied and the tools used, which are no longer analogical and disconnected, but digital and integrated with each other. The large amount of data that characterises every archaeological investigation and the increasingly pervasive presence of technology in every aspect of daily life have led to an extensive use of digital systems for the documentation, management and cataloguing of archaeological excavation data. The digital progress leads to the development over time of an interdisciplinary approach aimed at a comprehensive understanding of the data (Laurenza and Putzolu, 2001; Barbaro et al., 2014; Bertocci et al., 2018). Thanks to the integrated survey methodologies between digital Terrestrial Laser Scanner systems and SfM photogrammetry techniques, the reading of stratigraphies is more organic and effective, providing the possibility to reconstruct excavation volumes, surfaces and structures in three-dimensional space (Dell'Unto, 2018; Marín-Buzón et al., 2021; Ferdani et al., 2021).

The resulting three-dimensional outputs allow for a highly descriptive data interpretation. Starting from this, more information related to the geometric, chromatic and material characteristics of the archaeological artefact can be understood and evaluated (Parrinello et al., 2017).

In traditional practice, digital models are used to produce orthophotos and plan and section drawings, through which temporal relationships can be deduced and stratigraphic sequences elaborated (Carandini, 2010; Jensen, 2018).

The possibility of using highly descriptive 3D models as digital containers for excavation documentation has led to the use of GIS tools. Although the idea of combining 3D models and GIS platforms is already theorised and widespread (Parrinello et al. 2017, Dell'Unto et al., 2017; Gavryushkina, 2021; Dell'Unto, Landeschi, 2022), the main problem lies in the management of the model for overlapping different stratigraphic units. A rough representation for simplified volumes of the masonry units guarantees a specific degree of usability of the information system. This kind of representation, although, does not provide a visual description of the interactions between the stratigraphic units. Through a more detailed representation -which may also include the colour component of textures as well as a greater complexity of mesh surfaces - the management of vector and raster data requires proper organisation and functional optimisation.

#### *Development of an operative workflow for the management of excavation data*

In order to carry out a fast survey covering an area of more than 5,000 square metres (Figure 2), it was essential to plan documentation activities. The result of this actions was to elaborate morphometrically reliable three-dimensional models

of the different excavation areas (AS). Thus, reference systems were introduced in order to split the entire area into limited portions relative to the single excavation areas.

The targets and georeferenced points were positioned in such a way as to ensure the maintenance of reference points between the different models of the same area undergoing changes in shape. The digital survey (Figure 3) was thus carried out by integrating data from an extensive survey of the entire complex for georeferencing the general 3D database [5] with a more detailed survey for each excavation phase [6].

In order to define a methodological process that could be applied to the entire complex, the activities were focused on a portion, taken as the research pilot, corresponding to the excavation area AS2 (Figures 2-4).

Despite its small size, the excavation area was used to manage an important amount of information from both the survey and the stratigraphic analysis. The AS2 area presents a complexity of stratifications - a density of deposits and overlapping wall structures belonging to different centuries - which made it necessary to document them continuously, reliably and punctually.

The area was subject to numerous excavation phases, which were followed by the same number of survey campaigns aimed at documenting not only the stratigraphic units in situ, but also the evolution and development of the investigation activity itself.

The acquired data were processed, obtaining point clouds and three-dimensional models useful both for drawings to support the stratigraphic investigation, and for the development of the GIS platform and information system. From the models it was possible to draw an initial analytical subdivision of the stratigraphic units, in line with the classification produced by the archaeologists during the excavation campaigns (Figure 5). In this way, it was possible to compare the existing documentation with the data produced by the research, being able to verify the actual functionality of the proposed system.

#### *Digital database for the census of stratigraphic units*

The stratigraphic unit (US) sheets were designed on the basis of ministerial (MiBACT) guidelines, drafted in collaboration with the archaeologists involved in the research.

The sheets, to be filled out in situ through the FileMaker Go application (available for iOS), were structured with detailed information content, according to a compilation logic that was as quick and simple as possible.

Two sample sheets (Figure 6) were designed to facilitate classification and make compilation in the field faster: the sheets for soil deposits (U.S.D.) and the sheets for stratigraphic masonry units (U.S.M.). Drop-down menus and pre-filled fields have been provided in order to standardise the compilation of the sheets, facilitating the creation of a homogeneous and complete database in an interactive and intuitive way.

Each descriptor was associated with a type of data (text, image or numerical data) and - depending on the type of content

- a specific interaction was attributed. The compilation of the database was thus discretised according to the queries that could initiate search procedures in the structure of the database itself. In order to analyse and elaborate a dialogue protocol between 3D models and databases, the data was then integrated into an information system. The sheets, which constitute the attributes of the information system, were exported in tables, which were linked directly to the attributes table of the GIS tool. From the Filemaker software, the information was exported into an Excel table (format .xlsx), so that each row corresponded to the individual sheet recorded (USD and USM) and the columns were the fields with the values chosen during compilation. Each sheet in the database is uniquely identified by means of the fields 'US No.' and 'US Code', which are unique for each stratigraphic unit, regardless of whether it is deposit (USD) or masonry (USM), in order to ensure the correct match with the 3D models.

#### *Three-dimensional models management*

The peculiarity of a GIS applied to a 3D model lies in the possibility of containing, visualising, managing and analysing spatial and non-spatial information using two-dimensional entities composed in three-dimensional structures as support. For the system to be easily usable, however, attention must be paid to the size - in terms of file heaviness - and complexity of the digital model. The models must be able to be supported within the GIS system and, at the same time, be detailed enough to offer the most realistic representation of the stratigraphic units. Geometric and colorimetric attributes depend on the meshes and textures of the models. One issue concerns the coexistence in the same vector space of models relating to the same portion of the site in progressive excavation phases.

Each excavation phase involves the removal of some stratigraphic units or the highlighting of new portions of the same unit. It was then necessary to develop a modelling methodology that would allow the replacement and/or implementation of new portions of the modelled surface belonging to the same unit.

In order to develop a product that would allow the three-dimensional representation in a georeferenced environment, it was studied a workflow (Figure 7) for modelling the volumes of the individual stratigraphic units:

1. Referencing on Agisoft Metashape software thanks to the global coordinates corresponding to the target identified on the point cloud obtained from the Laser Scanner survey;
2. Export in .obj format keeping the texture tied to the polygonal mesh;
3. Import into Meshlab software for modelling the individual stratigraphic units;
4. Decimation of up to 50% of the polygons of the mesh, maintaining the clarity of the morphometric characteristics by reducing the file size;
5. Definition of individual stratigraphic units by selecting the desired model surface with respect to the surroundings;

6. Mesh cleaning around the individual US;
7. Overlapping of the homologous models from the different excavation phases;
8. Codification of the models with the stratigraphic unit number;
9. Export in .dae format and verification of the assigned file name;
10. Import to Rhinoceros software;
11. Management of units in layers and groups according to the excavation phases they belong;
12. Export .dae for later import into a GIS environment.

Respecting the coding and file name chosen in the classification phase, all US models were organised into layers according to the excavation phases to which they belonged. Before exporting from Rhinoceros to the GIS platform - in order to correctly link the entire database of three-dimensional models produced - it was necessary to verify that they correspond the specific requirements to be linked: a bi-univocal correspondence between the layers of the 3D model and the sheets of the database. The models were then exported from Rhinoceros in .dae format and subsequently imported into ArcGIS Pro and ArcScene (Fig. 8).

#### *Results*

The GIS system can be queried according to the time variable - corresponding to the different excavation phases that populate the model's vector space - and in relation to the attributes that each unit reports, by making queries whose outcomes can also be viewed in the form of thematic maps (Fig. 9).

The selection of the specific excavation phase can be made through the content table where it is possible to check the layers that correspond to the excavation time sequences.

By sequentially switching off the layers, it is possible to retrace the history of the activities conducted on site. In this way, the information system can be seen as a 'digital excavation journal' that allows the reconstruction of the physical sequence of the actions performed and enable a better analysis of the stratifications. Each stratigraphic unit gives access to a list of information and metadata that correspond to the information recorded during fieldwork. The possibility of querying several units - typical of GIS tools - allows to elaborate thematic maps on the basis of homogeneous descriptors and associated value lists. The maps generated are the synthesis of the information related to any of the fields in the classification database, expressed simultaneously by all the entities in the system.

#### *Conclusions*

The graphic synthesis possible thanks to GIS allows to obtain not only qualitative information (number of entities responding to a given parameter), but also georeferenced information (possibility of visually verifying the location and density, with respect to the



various areas, of the values found). Compared to paper sheets and the direct survey by 2D photogrammetry, the information system elaborated in this research aims to offer a valid contribution to the stratigraphic analysis of the site. The use of three-dimensional models - associated with a digital database that can be filled in the field - provides a more accurate description of the object and an instant and intuitive visualisation of the information. The amount of information obtained from the single sheet and the three-dimensional models can indeed be a useful tool to support an interpretation. In this sense, this kind of analysis really can reduce ambiguities and errors. The advantage obtained is clearly consistent in terms of the reading of the excavation compared to the use of a two-dimensional map (2D GIS) where often there is no information regarding the relationships between stratigraphic units and so the possibility of analysis.

The research, still in progress, is the base for the development of a project aimed at improving the excavation “digital booklet” by testing the potential of digital tools on the management realities of an entire archaeological site.

Through drawing, operational procedures are thus redefined. Moving towards the organisation of parametric information systems, they are capable of supporting the comparison and development of languages among technicians even with heterogeneous skills. As it happens for BIM in architecture (Eastman et al. 2011; Osello et al., 2016; Parrinello, Dell’Amico, 2021) the excavation can become an interactive model of dialogues and content systemisation, where the renewed graphic signs can express representative models and levels of narration useful for the management, development and preservation of memory.

[1] The noble tower belonging to Catone Sacco (Rosso P., 2000) and the oratory date back to 1571. From the available historical cartography (Martini, 2021), the evolution of the building up to 1662 was deduced; these transformations were then actually found during the archaeological assistance works. It is not possible to reconstruct the history of the complex from 1662 to 1784 when, after 118 years, the Santa Margherita began to take on its definitive form, thanks to a series of annexations/new buildings until 1953. In 1858, the complex became a home for repentant prostitutes, then an Institute for Chest Sicknesses in 1922, and finally in 1980 ‘Istituto di Cura Santa Margherita’ with the function of a geriatric hospital, which was maintained until 2004, when the building was abandoned.

[2] The collaboration agreement between the DICAr - Department of Civil Engineering and Architecture of the University of Pavia and the company GEA s.r.l. Archaeology, for the documentation of archaeological excavations in the former Santa Margherita Institute in Pavia (Italy), involved the participation of the experimental laboratories DADA-LAB and PLAY.

[3] For a comprehensive and exhaustive research on the subject, see Gelichi (2002). Archaeological research. The excavation in urban contexts. In AA.VV., Treccani 2000. *Il mondo dell’archeologia*, vol. 2, Rome 2002.

[4] The US sheets, drafted based on MiBACT regulations, present general description fields, to be filled in manually and without any indication of how and what information to report. Their generality, due to the fact that there is no distinction between stratigraphic units of walls, deposits or surfaces, does not allow for an optimal description of the peculiarities that characterise each archaeological excavation, making the description extremely fragmented.

[5] Extensive survey of the complex by Terrestrial Laser Scanner tool (FARO Cam 2 Focus S150), with the integration of a GPS device to obtain the data for georeferencing the global cloud; Extensive survey of the excavation areas of the external courtyard by aerial photogrammetric acquisition, with UAV instrumentation (DJI Mavic mini 2);

[6] Detailed survey of the excavation areas and subsequent excavation phases using close-range photogrammetry (Canon 77D) and terrestrial laser scanning instrumentation.

Articolo

## La documentazione del patrimonio culturale perduto mediante fotogrammetria e intelligenza artificiale

*The documentation of lost cultural heritage using photogrammetry and artificial intelligence*

Francesca Condorelli

Assistant Professor, PhD, Free University of Bozen (Italy)  
francesca.condorelli@unibz.it  
<https://orcid.org/0000-0003-3786-4868> 

DOI: <https://doi.org/10.56205/mim.2-1.5>

### Abstract

Recibido  
29/10/22  
Aprobado  
19/12/22  
Publicado  
31/12/22

*This research aims to give an analysis and assessment through the extraction of metric information from historical images and to experiment with its potentialities in the heritage field with the aim of valorising historical iconographical documentation. In particular the paper deals with photogrammetry applied to historical images. A classification and a state of the art of historical archives material considering their possible use in metric documentation and thus suitable for photogrammetry is performed. A photogrammetric workflow is proposed to process historical images and the maximum metric quality level reachable by the photogrammetric processing is investigated. Two case studies in Paris were chosen: the UNESCO Heritage Tour Saint Jacques and the pavilions of Les Halles of the architect Victor Baltard. The two studies represent different situations of heritage because the tower was transformed over time but still exists and the pavilions were destroyed in 1971. Thus, it is possible to compare the different results obtained from the implementation of the workflow to the two case studies.*

Mimesis.jsad  
ISSN 2805-6337



EDITORIAL  
Environment & Technology  
Foundation



*Riassunto*

Questa ricerca si propone di fornire un'analisi e una valutazione attraverso l'estrazione di informazioni metriche da immagini storiche e di sperimentare le sue potenzialità nel campo dei beni culturali con l'obiettivo di valorizzare la documentazione iconografica storica. In particolare, il presente lavoro si occupa di fotogrammetria applicata alle immagini storiche. Viene effettuata una classificazione e uno stato dell'arte del materiale degli archivi storici, considerando il loro possibile utilizzo nella documentazione metrica e quindi adatto alla fotogrammetria. Viene poi proposto un flusso di lavoro fotogrammetrico per l'elaborazione di immagini storiche e viene analizzato il livello massimo di qualità metrica raggiungibile con l'elaborazione fotogrammetrica. Sono stati scelti due casi di studio a Parigi: la Tour Saint Jacques, patrimonio UNESCO, e i padiglioni di Les Halles dell'architetto Victor Baltard. Questi casi studio rappresentano due situazioni diverse del patrimonio, perché la torre è stata trasformata nel tempo ma esiste ancora, mentre i padiglioni sono stati distrutti nel 1971. È quindi possibile confrontare i diversi risultati ottenuti dall'applicazione del flusso di lavoro ai due casi di studio.

<sup>1</sup>Parte del lavoro descritto in questo Capitolo è stato anche precedentemente pubblicato nella tesi di dottorato di Condorelli, 2021.

**Parole chiave:** Fotogrammetria; Intelligenza Artificiale; Patrimonio Culturale, Immagini Storiche; Rilievo Metrico.

*Introduzione*

La documentazione<sup>1</sup> metrica dei Beni Culturali svolge un ruolo essenziale nel preservare la memoria e la conoscenza del passato e costituisce l'insieme di informazioni utili a pianificare qualsiasi tipo di intervento sui beni.

La documentazione è parte comune di tutte le azioni di conservazione, restauro e gestione perché fornisce tutte le informazioni necessarie per comprendere l'oggetto in questione e porta all'adozione delle migliori pratiche per le azioni da pianificare. Le informazioni documentali consentono la ricostruzione virtuale del bene indagato, che costituisce il punto di partenza per la progettazione degli interventi e per la conoscenza completa della situazione attuale e, eventualmente, delle condizioni dello stesso oggetto in epoche storiche diverse.

tutti i dati della documentazione rappresentano una preziosa fonte di conoscenza che può essere trasmessa alle generazioni future e utilizzata per azioni future (Stylianidis, 2019).

La conoscenza delle forme e delle dimensioni è uno dei dati di base della documentazione metrica, utile anche per individuare tutte le altre informazioni non metriche che aiutano la comprensione dei fenomeni fisici (ad esempio le malattie strutturali, ecc.). Le moderne tecniche di geomatica consentono di ottenere tutte queste informazioni metriche con una precisione definita e di estrarre i migliori risultati possibili tenendo conto della qualità dei dati primari utilizzati. Le tecniche integrate di geomatica permettono di definire informazioni metriche, architettoniche e strutturali; in particolare, molti lavori presentano la combinazione di tecniche TLS e fotogrammetriche per la ricostruzione tridimensionale e la valutazione dei cambiamenti e dell'evoluzione delle strutture indagate (Costantino, 2015).

Il rilievo metrico parte dalla raccolta di un numero significativo di punti con coordinate note in un sistema di riferimento stabilito e dalla successiva creazione di un modello 3D dell'oggetto rilevato.

La modellazione 3D richiede una profonda conoscenza del bene rilevato: per quanto riguarda i beni architettonici (sia singoli edifici che centri storici) la forte collaborazione con specialisti in Storia dell'Architettura è essenziale per interpretare e rappresentare correttamente gli elementi originali e gli interventi materiali avvenuti durante la vita del bene indagato.

Tra le varie tecniche geomatiche, la fotogrammetria riveste un ruolo fondamentale, in quanto consente di recuperare i dati metrici necessari alla comprensione geometrica dell'oggetto da documentare mediante immagini.

Grazie ai recenti sviluppi nell'acquisizione e nell'elaborazione dei dati fotogrammetrici mediante algoritmi SFM (Structure from Motion) e Multi View Stereo (MVS), è stato raggiunto un elevato livello di automazione e facilità d'uso di strumenti e software, che ha incoraggiato un numero sempre maggiore di ricercatori ed esperti nel campo dei Beni Culturali a utilizzare questa tecnica nel loro lavoro. Questi vantaggi consentono di estendere l'applicazione dei metodi fotogrammetrici ai diversi operatori che lavorano nel campo dei beni culturali, fornendo un adeguato strumento di analisi e studio finalizzato alla pianificazione degli interventi sul patrimonio storico.

Tuttavia, automatismo non significa autonomia e quindi, se è vero che da una qualsiasi serie di foto acquisite in modo vario e casuale è possibile ottenere una nuvola di punti 3D, non è detto che la qualità dell'output finale sia adeguata agli scopi prefissati.

I requisiti di precisione sono necessari per estrarre informazioni metriche e ottenere prodotti metrici definiti di alta qualità certificata, essenziali per la documentazione.

I ricercatori hanno mostrato maggiore interesse in questa direzione e numerosi studi hanno confrontato diversi strumenti di acquisizione e software di elaborazione in diverse situazioni e casi di studio. Questo continuo sviluppo offre anche l'opportunità di aggiornare approcci ben definiti per estrarre informazioni metriche dalle immagini.

#### *Questioni aperte e scopo della ricerca*


Se questa esigenza di valutazione della precisione e dell'accuratezza è importante per le nuove indagini, lo stesso approccio è necessario per i dati estratti dalle informazioni storiche. Infatti, una delle sfide più affascinanti è l'utilizzo non di nuovi dati ma di risorse conservate in archivi storici.

Elaborando immagini storiche, a parte alcuni casi lodevoli ma molto rari, le condizioni ottimali ottenibili con immagini acquisite ex-novo sono raramente presenti e quindi è tanto più necessario poter verificare il massimo risultato ottenibile in termini di accuratezza in modo ancora più rigoroso che nel caso di immagini acquisite appositamente per un rilievo fotogrammetrico.

Tuttavia, gli archivi sono potenti piattaforme per salvare tesori inestimabili dall'enorme potenziale informativo e svolgono un ruolo essenziale nella conservazione dei Beni Culturali. Oltre ai documenti scritti, vecchie fotografie e video, che si sono conservati nel tempo, sono in molti casi testimoni unici delle trasformazioni architettoniche e urbane.

Monumenti, edifici storici e paesaggi, che sono stati trasformati o distrutti nel corso del tempo, appaiono in esse e diventano l'unico modo per documentare i cambiamenti degli oggetti attualmente esistenti e delle parti non più visibili e per testimoniare lo stato degli edifici, delle parti di una città e dell'ambiente urbano in un momento specifico. Nel caso di beni non più esistenti, le fotografie e i filmati





storici sono le uniche fonti per recuperarne forme, dimensioni e ubicazione. Si tratta di un'opportunità che potrebbe supportare gli studi storici e aiutare in qualche modo le decisioni di restauro e conservazione.

In tutte le carte internazionali per la conservazione del patrimonio culturale, la fotografia è citata come uno dei modi migliori per documentare i beni culturali. Queste raccomandazioni sono sempre state interpretate come una necessità di documentazione fotografica, senza tenere conto del potenziale metrico delle immagini fotografiche e del beneficio che queste proprietà potrebbero fornire per le efficaci misure di documentazione necessarie prima di qualsiasi tipo di restauro. Albrecht Meydenbauer, un giovane architetto tedesco, divenne un pioniere nella valorizzazione dei Beni Culturali attraverso la fotogrammetria (Albertz, 2001).

Nel 1858 ebbe l'idea di utilizzare le immagini fotografiche per la documentazione metrica degli edifici. Era consapevole dell'imminente pericolo per i beni culturali ed era convinto che gli oggetti più importanti del patrimonio culturale dovessero essere registrati in un archivio dei beni culturali, in modo da poterli ricostruire anche in caso di distruzione. Le immagini fotogrammetriche erano il mezzo più efficace per raggiungere questo obiettivo e lui aveva combattuto contro molti ostacoli e critiche per affermare questo metodo di documentazione scientifica. Queste immagini sono state ampiamente utilizzate durante la ricostruzione della città di Berlino alla fine del secolo scorso.

#### *Stato dell'arte*

Negli ultimi anni, grazie agli sforzi di digitalizzazione di molti archivi, è aumentato l'interesse per le fotografie e i video storici come fonti preziose per lo studio dei Beni Culturali e la ricostruzione dello sviluppo storico. Il problema principale delle fonti storiche riguarda il tipo di supporto (cartaceo o digitale) e l'eterogeneità del materiale; in particolare per l'archivio cartaceo, sarà necessario considerare l'eventuale presenza di deformazioni delle dimensioni originali e di danni dovuti a una conservazione non corretta.

I recenti sviluppi nel campo dell'elaborazione delle immagini e della Computer Vision hanno portato a un rinnovato interesse per l'elaborazione di dati privi di proprietà essenziali per l'informazione metrica 3D, dando la possibilità, attraverso l'uso di opportuni algoritmi, di estrarre il contenuto metrico e di visualizzare il materiale e il contenuto di conservazione.

Questa ricerca si propone di esaminare la possibilità di estrarre informazioni metriche di edifici storici da fotografie e filmati storici per la loro ricostruzione virtuale in 3D. Per raggiungere questo obiettivo, vengono analizzate due questioni: la disponibilità di materiale d'archivio storico, spesso resa difficile da un'enorme quantità di dati non organizzati sul patrimonio storico, e le limitazioni nell'elaborazione di fotografie e filmati storici per la presenza di caratteristiche che rendono difficile l'implementazione della tecnica fotogrammetrica.

Grazie allo sforzo di istituzioni culturali come musei, gallerie e organizzazioni di gestione del patrimonio, che hanno investito molte risorse per digitalizzare e conservare le loro collezioni utilizzando tecnologie di acquisizione all'avanguardia, questo processo è stato spesso considerato un successo. Molteplici iniziative come repliche di alta qualità di oggetti culturali, visite virtuali ai musei, valorizzazione digitale, ecc. hanno sviluppato una nuova consapevolezza culturale e sistemica dell'importanza dei dati sul patrimonio culturale.

Con la recente diffusione dell'Intelligenza Artificiale (AI), sono state sviluppate

nuove tecniche come il Machine Learning (ML) e il Deep Learning (DL) che forniscono strumenti adeguati per i processi decisionali. In particolare, è possibile attraverso tali algoritmi classificare automaticamente una nuvola di punti evidenziando, ad esempio, diverse caratteristiche strutturali. In passato, l'arricchimento dei dati culturali era possibile solo utilizzando annotazioni manuali che non sfruttavano appieno le informazioni nascoste.

Oggi sono sorte nuove sfide per i ricercatori, per rendere più efficiente la conservazione digitale dei beni con tecniche di intelligenza artificiale per la classificazione e la generazione dei contenuti.

Uno degli aspetti di maggior successo della diffusione dell'IA è la sua applicazione in diverse discipline. L'Intelligenza Artificiale, infatti, coinvolge, ad esempio, l'informatica, l'ingegneria, l'arte, la medicina, la linguistica, ecc. La fusione dei campi disciplinari è anche il punto di partenza per un cambiamento culturale che non distingue più tra discipline umanistiche, scientifiche e artistiche. (Andrianaivo et al., 2019). Dato lo scarso coinvolgimento dei ricercatori in ambito umanistico nella progettazione di infrastrutture su materiali del patrimonio storico, l'applicazione di metodi di IA nei progetti urbani e architettonici può migliorare la partecipazione degli utenti finali di tali strumenti.

Infatti, per quanto riguarda il processo di documentazione e in particolare la raccolta di dati e informazioni sul patrimonio, può essere realmente migliorato se l'Intelligenza Artificiale viene combinata con tecniche ampiamente utilizzate nel campo del patrimonio, come la modellazione da TLS o i rilievi fotogrammetrici. Per questo motivo, la ricerca recente in questo campo ha visto un rapido sviluppo di tecnologie a supporto della gestione e dell'analisi dei dati del patrimonio storico. Grazie all'intelligenza artificiale, compiti come l'elaborazione di queste grandi quantità di dati e la riduzione dello sforzo umano possono essere automatizzati e quindi resi più efficienti.

La creazione di nuovi strumenti per l'utente finale di questi dati è un tema di ricerca interessante, soprattutto nel campo dei beni culturali. Infatti, il volume, le dimensioni e la varietà dei dati storici comportano alcuni fattori critici.

Il più importante di questi è la manodopera necessaria per organizzare e cercare i documenti. Per risolvere questo problema, l'applicazione dell'Intelligenza Artificiale offre la possibilità di migliorare gli archivi storici e il recupero delle informazioni sui Beni Culturali.

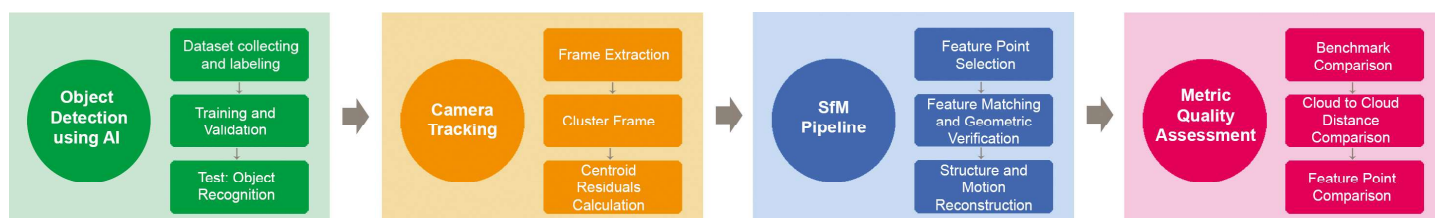
### Metodologia e risultati

La prima fase del flusso di lavoro mira a rendere automatica la ricerca di uno specifico patrimonio architettonico identificando e tracciando le caratteristiche dal video. Questa operazione è stata eseguita utilizzando una Rete neurale per il rilevamento degli oggetti addestrata per riconoscere automaticamente il monumento nel filmato.

Nella seconda fase del flusso di lavoro, tra tutti i fotogrammi rilevati dalla Rete Neurale vengono selezionati quelli adatti a essere elaborati con la fotogrammetria.

Figura 1. Lo schema del workflow proposto.

Figure 1. A sketch of the proposed workflow.





La selezione viene effettuata in base a specifici movimenti della telecamera all'interno della scena del video.

Solo le riprese effettuate da più punti di vista della stessa scena sono adatte al processo fotogrammetrico. La terza fase riguarda la ricostruzione fotogrammetrica del patrimonio con algoritmi open-source. Durante il processo vengono selezionati manualmente specifici punti caratteristici per garantirne la presenza nella nuvola di punti finale. Questo passaggio sarà molto utile durante la quarta fase di valutazione della qualità metrica del modello.

I risultati della ricostruzione 3D del patrimonio sono stati confrontati con un benchmark creato appositamente per valutare la qualità metrica del modello in base al tipo di movimento della telecamera utilizzata.

La valutazione è stata completata con la scala del modello attraverso i punti caratteristici selezionati durante il processo fotogrammetrico e il confronto con materiale esistente da cui estrarre informazioni metriche: una nuvola di punti, se presente, o disegni storici, ad esempio.

In entrambi i casi, la presenza di specifici punti caratteristici sia nella nuvola di punti risultante dal processo che nel materiale esistente è necessaria per il confronto metrico e la scala.

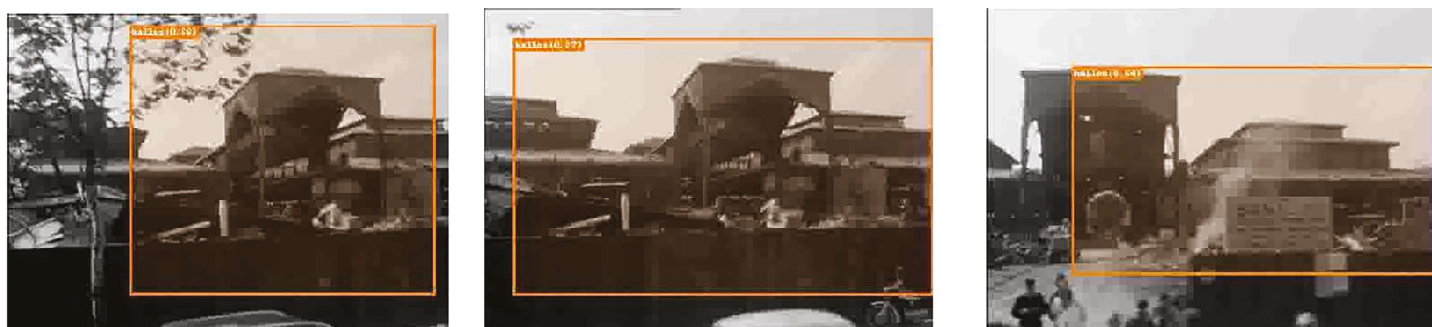
Per testare il flusso di lavoro, sono stati scelti due casi-studio a Parigi, il patrimonio UNESCO della Tour Saint Jacques e i padiglioni delle Halles di Baltard.

Figure: 2. Tour Saint Jacques Figura 3. Nuovo stato della torre Figura 4. Padiglioni delle Halles Figura 5. Demolizione delle Halles.

Figures: 2. *Tour Saint Jacques* Figure 3. *New state of the tower* Figure 4. *Pavilions of the Halles* Figure 5. *Demolition of the Halles*.

Figura 6. La prima fase del flusso di lavoro: l'identificazione e il tracciamento delle caratteristiche del video.

Figure 6. *Ideation sketch for a single-family villa in Civita Castellana, Giulio Mondini, 2005 approx.*





Questi casi studio rappresentano due situazioni diverse del patrimonio, perché la torre è stata trasformata nel tempo ma esiste ancora (Figure 2 e 3) e i padiglioni sono stati distrutti nel 1971 (Figure 4 e 5).

Per questo motivo, è possibile confrontare i diversi risultati ottenuti dall'applicazione del flusso di lavoro ai due casi di studio.

La Tour Saint Jacques è stata scelta per la messa a punto delle reti nella migliore situazione di un patrimonio ancora esistente, mentre Les Halles per testare gli algoritmi su un caso reale di architettura distrutta.

Le figure 6 e 7 mostrano che il metodo è riuscito a riconoscere l'inquadratura corretta per la modellazione fotogrammetrica, sia nel caso della torre che dei padiglioni. Gli esperimenti sono stati condotti utilizzando i cluster di High-Performance Computing (HPC) IBM Power9 del CINECA con NVIDIA v100. Grazie all'uso di questo hardware, i risultati mostrano che la riduzione del tempo necessario per elaborare un'immagine durante la fase di addestramento è di circa il 95% (0,3 s/immagine VS 9 s/immagine di un laptop di fascia media).

### Conclusioni

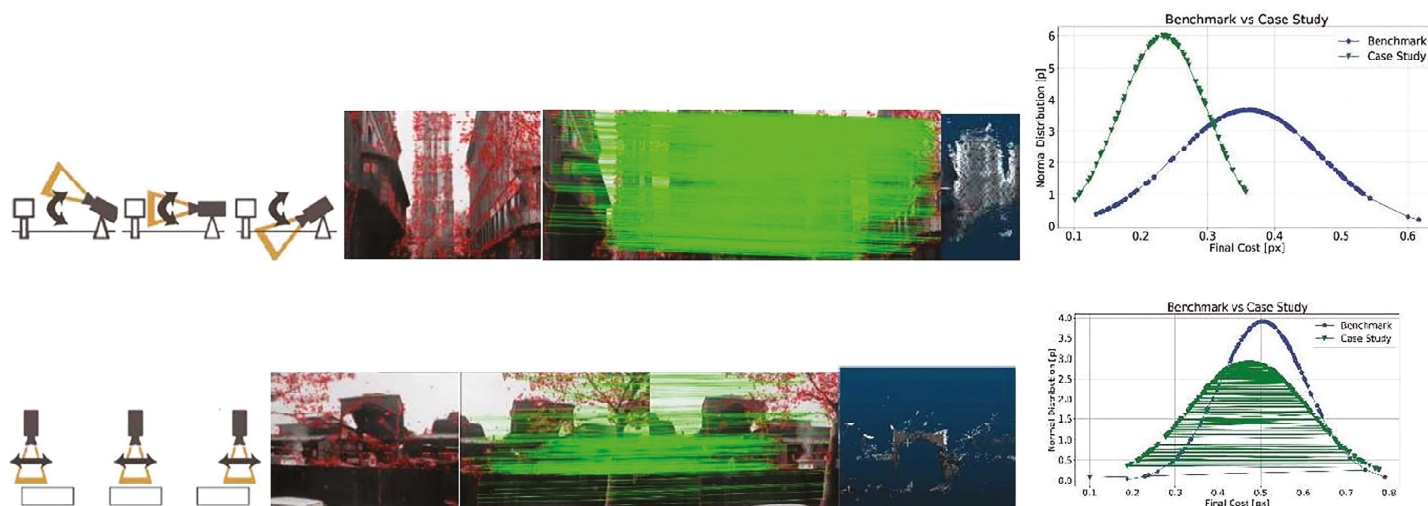
I risultati dimostrano che, combinando diverse informazioni provenienti da archivi storici come vecchi rilievi, progetti e fotografie di edifici, è possibile ottenere una ricostruzione tridimensionale, con una precisione accettabile. Questa ricerca si rivelerà utile per ampliare la comprensione di come l'uso del Machine Learning possa realmente migliorare e potenziare i metodi già noti per la documentazione del patrimonio perduto. Sono diverse le aree in cui questo studio offre un contributo originale nel campo dei beni culturali.


Oltre alla creazione di un nuovo strumento per la ricerca di materiale storico negli archivi grazie all'automazione di un compito manuale e al miglioramento del processo fotogrammetrico attraverso la selezione del materiale più adatto all'applicazione, la ricerca ha un grande impatto sulla protezione e la valorizzazione del patrimonio culturale da un punto di vista diverso.

La ricostruzione virtuale di Beni Culturali trasformati o perduti permette a storici e architetti di esplorare come erano in passato e di comprendere il loro sviluppo e lo stato originario di edifici e ambienti urbani. Per valorizzare l'archivio e sfruttare in modo innovativo le risorse archivistiche, l'uso del *Deep Learning* ha rafforzato i metodi noti di documentazione del patrimonio perduto. Ha avuto un impatto non solo sul miglioramento della piattaforma di archiviazione delle

Figura 7 La seconda, terza e quarta fase del flusso di lavoro: l'estrazione automatica del fotogramma con le coordinate delle bounding box che contengono il monumento, l'identificazione dei movimenti della fotocamera, la ricostruzione fotogrammetrica e la valutazione metrica della qualità.

Figure 7. The second, third and fourth step of the workflow: the automatic extraction of the frame with the coordinates of the bounding boxes that contain the monument, the identification of the camera motions, the photogrammetric reconstruction and the metric quality assessment.





immagini esistente, creando un sistema più efficiente e accurato per gli utenti delle risorse digitali (studiosi, educatori, studenti, musei, ecc.), ma ha anche offerto alcune importanti intuizioni sulla gestione e l'organizzazione delle informazioni storiche e sulla protezione del passato.

Queste informazioni sono estremamente utili per prendere decisioni e interventi sul patrimonio, per la gestione, i restauri e le analisi strutturali.

Nonostante i suoi limiti, lo studio contribuisce sicuramente a una maggiore consapevolezza nella valorizzazione dei dati dei Beni Culturali e dovrebbe essere ripetuto utilizzando diversi set di dati e condizioni di imaging.

L'approccio descritto in questo lavoro può essere applicato a diversi monumenti storici. Sono necessarie ulteriori ricerche per valutare l'efficacia della metodologia sperimentale e per estendere la sua applicazione ad altri casi di studio, in particolare al patrimonio perduto. Sarebbe interessante applicare la procedura ad altri monumenti distrutti per i quali la ricostruzione 3D da video storici è l'unica opzione possibile.

Un'altra interessante estensione futura di questo studio potrebbe riguardare la complessità dei dati storici. Ulteriori ricerche amplieranno la discussione sulle questioni aperte negli archivi storici e forniranno riferimenti per possibili soluzioni. Lo sviluppo di una struttura standard per i metadati relativi alle immagini storiche, ad esempio, consentirà di classificare e collegare le collezioni tra diverse banche dati e istituzioni.

Sfruttando i vantaggi della fotogrammetria e delle tecnologie di intelligenza artificiale, è stato possibile identificare e ricostruire virtualmente le tracce residue di monumenti e parti di città andate perdute o modificate nel tempo. Tuttavia, le potenzialità del metodo vanno oltre il semplice processo di documentazione di qualcosa di reale che è esistito nel passato.

La forza del metodo sta nel creare una base di informazioni e conoscenze per le generazioni future. Infatti, le immagini e i video che vengono ripresi ogni giorno semplicemente camminando per una città possono essere utilizzati in futuro per ricostruire il patrimonio culturale. Trovare nuovi modi per riscoprire il passato e trattare il materiale storico che diventerà una memoria per il futuro è la sfida principale affrontata in questa ricerca.

### *Riferimenti*

Ibertz, J. (2001). Albrecht Meydenbauer – Pioneer of photogrammetric documentation of the Cultural Heritage. In: *Proceedings 18th International Symposium CIPA 2001*, September 18 - 21, 2001, Potsdam, Germany.

Amato, F., Moscato, V., Picariello, A., Colace, F., Santo, M.D., Schreiber, F.A., Tanca, L. (2017). Big data meets digital Cultural Heritage: Design and implementation of scrabs, a smart contextaware browsing assistant for cultural environments. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)* Vol. 10 No. 1, 6 (2017).

- Andrianaivo, L. N., D'Autilia, R., and Palma, V. (2019). Architecture recognition by means of convolutional neural networks, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W15, 77–84, <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLII-2-W15-77-2019>, 2019.
- Baltard, V. (1863). Monographie des Halles centrale de Paris. *Archives de Paris*, ATLAS 97: INHA.
- Bitelli, G., Girelli, V.A., Marziali, M., Zanutta, A. (2007). Use of historical images for the documentation and the metrical study of cultural heritage by means of digital photogrammetric techniques, in: A. Georgopoulos (Ed.), Proceedings of CIPA, XXI Symposium, Athens, Greece. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVI5/C53, 8 pages.
- COLMAP, Johannes L. Schoenberger (2019). COLMAP - Structure-From-Motion and Multi-View Stereo. <https://github.com/colmap/colmap>.
- Condorelli, F. and Rinaudo, F. (2018). Cultural Heritage reconstruction from historical photographs and videos, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2, 259-265, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-259-2018>.
- Condorelli, F. and Rinaudo, F. (2019). Benchmark of metric quality assessment in photogrammetric reconstruction for historical film footage. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, Vol. XLII-2/W11, pp. 443-448, [doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W11-443-2019](https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W11-443-2019).
- Condorelli, F., Higuchi, R., Nasu, S., Rinaudo, F., and Sugawara, H. (2019). Improving performance of feature extraction in SfM algorithms for 3D sparse point cloud, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W17, 101–106, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W17-101-2019>, 2019.
- Condorelli, F., Rinaudo, F., Salvatore, F., Tagliaventi, S. (2020). A Neural Networks Approach to Detecting Lost Heritage in Historical Video, *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2020, 9(5), 297; <https://doi.org/10.3390/ijgi9050297>.
- Costantino, D., & Angelini, M. G. (2015). Three-dimensional integrated survey for building investigations. *Journal of forensic sciences*, 60(6), 1625-1632.
- Pepe, M., Alfio, V. S., Costantino, D., & Scaringi, D. (2022). Data for 3D reconstruction and point cloud classification using machine learning in cultural heritage environment. *Data in Brief*, 42, 108250.
- Llamas, J., Lerones, P.M., Medina, R., Zalama, E., Gómez-García-Bermejo, J. (2017). Classification of architectural heritage images using deep learning techniques. *Appl. Sci.* 2017, 7, 992, doi:10.3390/app7100992.
- Maiwald, F., Henze, F., Bruschke, J., and Niebling, F. (2019). Geo-information technologies for a multimodal access on historical photographs and maps for research and communication in urban history, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W11, 763–769, <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLII-2-W11-763-2019>, 2019.
- Meurgey, J. (1926). Histoire de la paroisse Saint-Jacques de-la-Boucherie; *Bibliothèque de l'École des chartes: Paris*, p. 347.
- Stylianidis, E. (2019). CIPA - Heritage Documentation: 50 Years: Looking Backwards, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W14, 1–130, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W14-1-2019>, 2019.



## The documentation of lost cultural heritage using photogrammetry and artificial intelligence

### *Introduction*

The Cultural Heritage [1] metric documentation plays an essential role in preserving memory and knowledge of the past and constitutes the set of information useful to plan any kind of interventions on assets. The documentation is a common part of all the preservation, restoration, and management actions because provides all the information necessary to understand the object in question and leads to the adoption of best practices for the actions to be planned. The documentation information allows the virtual reconstruction of today the investigated asset which forms the starting point for each design of interventions and for complete knowledge about the present situation and, in case, of conditions of the same object in different historical epochs. All the documentation data represent a valuable source of knowledge that can be passed on to future generations and used for future actions (Stylianidis, 2019).

The knowledge of shapes and dimensions are one of the basic data of metric documentation useful also to locate all other non-metric information to help the comprehension of physical phenomena (e.g. structural diseases, etc.).

The modern geomatics techniques allow obtaining all these metric information with a defined accuracy and by extracting the best possible results by considering the quality of the used primary data. The integrated techniques of geomatics make it possible to be able to define metric, architectural, and structural information; in particular, many works present the combination of TLS and photogrammetric techniques for three-dimensional reconstruction and evaluation of changes and evolution of the investigated structures (Costantino, 2015). The metric survey starts from the collection of a significant number of points with known coordinates in a established reference system and the subsequent creation of a 3D model of the surveyed object. The 3D modelling requires a deep knowledge of the surveyed asset: as far as architectural assets (both single buildings and historical centres) the strong collaboration with specialists in History of Architecture is essential to correctly interpret and represent the original elements and the material interventions that occurred during the life of the investigated asset.

Among the various geomatic techniques, photogrammetry plays a fundamental role, since it allows the recovery of the metric data necessary for the geometric understanding of the object to be documented using mages.

Thanks to recent developments in the acquisition and processing of photogrammetric data using SFM (Structure from Motion) and Multi View Stereo (MVS) algorithms, a high level of automation and ease of use of tools and software has been achieved, which has encouraged more and more researchers and experts in the field of Cultural Heritage to use this technique in their work. These advantages make it possible

to extend the application of photogrammetric methods to the various operators working in the field of cultural heritage by providing an adequate tool useful for analysis and study aimed at planning interventions on historical heritage

However, automatism does not mean autonomy, and therefore, while it is true that from any series of variously and randomly acquired photos it is possible to obtain a 3D point cloud, it is not necessarily the case that the quality of the final output is adequate for the intended purposes.

Accuracy requirements are necessary to extract metric information and obtain metric products defined as certified high quality, which is essential for documentation.

### *Open Issues and motivation*

If this need for precision and accuracy assessment is important for new surveys, the same approach is necessary for the data extracted from historical information. In fact, one of the most fascinating challenges is the use not of new data but resources stored in historical archives.

Processing historical images, apart from some praiseworthy but very rare cases, the optimal conditions obtainable with images acquired ex-novo are rarely present and therefore it is all the more necessary to be able to verify the maximum result obtainable in terms of accuracy even more rigorously than in the case of images specially acquired for a photogrammetric survey. However, archives are powerful platforms for saving invaluable treasures of enormous informative potential and play an essential role in the conservation of Cultural Heritage. In addition to written documents, old photographs and videos, which have been preserved over time, are in many cases unique witnesses to architectural and urban transformation. Monuments, historic buildings, and landscapes, that have been transformed or destroyed over time, appear in them and they become the only way to document changes of currently existing objects and parts that are no longer visible and to testify the state of buildings, parts of a city and urban environment at a specific time. In the case of assets that no longer exist, historical photographs and films footage are the only sources to recover their forms, dimensions and locations. This is an opportunity that could support historical studies and help in some way with restoration and conservation decisions. In all international charters for the conservation of Cultural Heritage, photography is mentioned as one of the best ways of documenting cultural assets. These recommendations have always been interpreted as a need for photographic documentation, without taking into account the metric potential of photographic images and the benefit that these properties could provide for the effective documentation measures required before any kind of restoration.

Albrecht Meydenbauer, a young German architect, became a pioneer in the valorization of Cultural Heritage through photogrammetry (Albertz, 2001).

In 1858 he had the idea to use photographic images for the metric documentation of buildings. He was aware of the

imminent danger to cultural assets and was convinced that the most important Cultural Heritage objects should be recorded in a Cultural Heritage Archive so that it could be reconstructed even if it was destroyed. Photogrammetric images were the most effective means to achieve this goal, and he had fought against many obstacles and criticisms to establish it as a method of scientific documentation. These images were widely used during the reconstruction of the city of Berlin at the end of the last century.

#### *State of the art*

In recent years, thanks to the digitization efforts of many archives, the interest in historical photographs and videos as valuable sources for the study of Cultural Heritage and the reconstruction of historical development has increased. The main problem with historical sources relates to the type of medium (paper or digital) the heterogeneity of the material; in particular for the paper archive, it will be necessary to consider the possible presence of deformation of the original dimensions and damage due to improper storage.

Recent developments in the field of image processing and Computer Vision have led to a renewed interest in processing data with a lack of essential properties for 3D metric information, giving the possibility through the use of appropriate algorithms to extract the metric content and to visualize the material and conservation content.

This research aims to examine the possibility to extract metric information of historic buildings from historical photographs and film footage for their 3D virtual reconstruction. To reach this objective, two issues are analysed: the availability of historical archives material, often made difficult by an enormous quantity of unorganized data on historic heritage, and the limitations in processing historical photographs and film footage by the presence of characteristics that make difficult to implement photogrammetric technique.

Thanks to the effort of cultural institutions such as museums, galleries and heritage management organizations in investing a great deal of resources to digitize and preserve their collections using state-of-the-art acquisition technologies, this process has often been considered a success. Multiple initiatives such as high-quality replicas of cultural objects, virtual museum tours, digital valorisation, etc. have developed a new cultural and systemic awareness of the importance of data on Cultural Heritage. With the recent spread of Artificial Intelligence (AI), new techniques such as Machine Learning (ML) and Deep Learning (DL) have been developed that provide appropriate tools for decision-making processes. In particular, it is possible such algorithms to automatically classify a point cloud highlighting, for example, different structural. In the past, cultural data enrichment was only possible using manual annotations that did not fully exploit the hidden information. Today, new challenges have arisen for researchers to make the digital preservation of assets more efficient with Artificial Intelligence techniques for content classification

and generation. One of the most successful aspects of the spread of AI is its application in several disciplines. Artificial Intelligence, in fact, involves, for example, computer science, engineering, art, medicine, linguistics etc. The blending of disciplinary fields is also the starting point for a cultural change that no longer differentiates between humanities, science and art disciplines. (Andrianaivo et al., 2019).

Since the lack of involvement of the researcher in the humanities in the design of infrastructures on historical heritage material, the application of AI methods in urban and architecture projects can improve the participation of the final users of such tools.

In fact, for what concerns the documentation process and in particular the collection of data and information about heritage, can really be improved if Artificial Intelligence is combined with techniques widely used in the heritage field such as modeling from TLS or photogrammetric surveys.

For this reason, recent research in this field has seen a rapid development of technologies to support the management and analysis of historical heritage data. Through Artificial Intelligence, tasks such as processing these large amounts of data and reducing human effort can be automated and thus made more efficient. The creation of new tools for the end-user of these data is an interesting research topic, especially in the field of Cultural Heritage. Indeed, the volume, the size and the variety of historical data lead to certain critical factors. The most important of these is the manpower required to organize and search for the documents. To solve this problem, the application of Artificial Intelligence offers the possibility to enhance historical archives and the retrieval of information on Cultural Heritage.

#### *Methodology and results*

Considering these open issues, in this research a workflow (Figure 1) is presented to process historical images and to assess the metric quality of the reconstruction combining Deep Learning techniques with photogrammetry. Deep Learning is used for the retrieval of primary data used as input material. The standard Structure-from-Motion (SfM) pipeline used to reconstruct lost cultural heritage.

The first step of the workflow aims to make automatic the research of a specific architectural heritage identifying and tracking features from the video. This was performed using an object detection Neural Network trained to automatically recognize the monument in the film footage. In the second stage of the workflow, the frames suitable to be processed with photogrammetry are selected from all the frames detected by the Neural Network. The selection is performed according to specific camera motions within the scene of the video. Only the shots taken from multiple points of view of the same scene are suitable for the photogrammetric process.

The third step concerned the photogrammetric reconstruction of the Heritage with open-source algorithms. During the process specific feature points are manually selected in order

to guarantee their presence in the final point cloud. This step will be very useful during the fourth step of the metric quality assessment of the model.

The results of the 3D reconstruction of the Heritage were compared with a benchmark specifically created to evaluate the metric quality of the model according to the type of camera motion used. The assessment was completed with the scale of the model through the feature points selected during the photogrammetric process and the comparison with existing material from which extract metric information: a point cloud, if present or historical drawings, for example. In both cases, the presence of specific feature points in both point cloud resulted from the process and the existing material is necessary for the metric comparison and scale.

To test the workflow, two case-studies in Paris were chosen, the UNESCO Heritage of the Tour Saint Jacques and the pavilions of the Halles of Baltard. These case studies represent two different situations of the heritage because the tower was transformed over time but still exists (Figure 2 and 3) and the pavilions were destroyed in the 1971 (Figure 4 and 5). For this reason, it is possible to compare the different results obtained from the implementation of the workflow to the two case studies. The Tour Saint Jacques is chosen for the tuning of the networks in the best situation of a heritage that still exists, and Les Halles to test the algorithms on a real case of an architecture which has been destroyed. *fotogrammetrica e la valutazione metrica della qualità*. The experiments were conducted using the CINECA High-Performance Computing (HPC) clusters IBM Power9 with NVIDIA v100. Thanks to the use of this hardware, the results show that the reduction of the time required to process an image during the training stage is about 95% (0.3 s/image VS 9 s/image of a mid-range laptop).

### Conclusions

The results show that combining different information from historical archives such as old surveys, projects and photographs of buildings, a three-dimensional reconstruction is possible, with acceptable range of precision. This research will prove useful in expanding the understanding of how the use of Machine Learning could really improve and boost well-known methods for the documentation of lost heritage.

There are several areas where this study makes an original contribution in the field of Cultural Heritage. Besides the creation of a new tool for searching for historical material in archives thanks to the automation of a manual task and the improvement of the photogrammetric process by selecting the right material for the application, the research has a great impact on the protection and valorisation of Cultural Heritage from a different point of views.

The virtual reconstruction of transformed or lost Cultural Heritage allows historians and architects to explore how it was in the past and to understand its development and the original state of buildings and urban environments.

In order to enhance the archive and innovatively exploit archival resources, the use of Deep Learning actually strengthened known methods of documenting lost heritage. It gave an impact not only on improving the existing images archive platform creating a more efficient and accurate system for the users of digital resources (scholars, educators, student, museum etc.) but also offered some important insights into the management and organization of historical information and the protection of the past.

This information is extremely useful to make decisions and interventions on the heritage, for management, restorations works and structural analysis.

Despite its limitations, the study certainly contributes to greater awareness in the valorisation of Cultural Heritage data and should be repeated using different datasets and imaging conditions. The approach described in this work can be applied to different historical monuments. Further research is needed to evaluate the effectiveness of the experimental methodology and to extend its application to other case studies, especially lost heritage. It would be interesting to apply the procedure to other destroyed monuments for which 3D reconstruction from historical videos is the only possible option.

Another interesting future extension of this study could tackle the complexity of historical data. Further research will expand the discussion on open issues in historical archives and provide references for possible solutions.

The development of a standard structure for metadata concerning historical images, for example, will allow the classification and the link of collections across different database and institutions.

Taking advantages of photogrammetry and Artificial Intelligence technologies allowed the identification and the virtual reconstruction of remaining traces of heritage monuments and parts of a city that have been lost or changed over time. However, the potentialities of the method go beyond the simple process of documenting something real that existed in the past.

The strength of the method lies in creating the information and knowledge base for the future generation.

In fact, the pictures and the videos that are taken every day simply by walking through a city can be used in the future to reconstruct the Cultural Heritage. Finding new ways to re-discovering the past and dealing with the historical material that will become a memory for the future is the main challenge faced in this research.

[1] *Part of the work described in this Chapter has also been previously published in the PhD thesis by Condorelli, 2021.*