

quaderni di assorestauro

**QA** stories

# ESCUELA EN OBRA

AÑO 01 | JUNIO 2016



# CURBAO



assorestauro



CENTRO DE FORMACIÓN PARA  
LA RESTAURACIÓN Y EL DISEÑO

Calle de Sant Ignazio, Lhabana Vieja, Cuba



Quaderni di Assorestauro



CUBA 01  
AÑO 01 | JUNIO 2016

edited by  
Andrea Grilletto  
Chiara Falcini

Graphic Project



Blumorgana | Viviana Maria Lucia Volpini  
[info@blumorgana.it](mailto:info@blumorgana.it)

© copyright 2016  
Assorestauro Servizi Srl

ISSN 2499-1864 (Print)  
ISSN 2499-1503 (Online)

# índice

---

## Presentación QA Stories n. 01

Alessandro Zanini | *Presidente Assorestauro*..... pag. 4

Presentación MISE ..... pag. 6

Presentación ICE ..... pag. 6

Presentación AR ..... pag. 7

## PROYECTO

### El Centro de Formación para la Restauración y el Diseño

Andrea Griletto | *Coordinador operativo Assorestauro* ..... pag. 9

El proyecto REDI ..... pag. 14

## ESCUELA EN OBRA

### El proyecto de conocimiento: análisis estructural

Alessandro Bozzetti | *Coordinador*..... pag. 29

### Análisis, pruebas y monitoreo en el sector edil

Cristiano Russo | *SPC srl - Studio Progettazione e Controlli*..... pag. 30

### Inspección de estructuras de madera en obra

Massimo Mannucci, Riccardo De Ponti | *LegnoDoc srl* ..... pag. 38

### De la fase cognoscitiva al modelado a los elementos finalizados para el análisis estructural de edificios de mampostería

Pasquale Crisci, Gennaro Di Lauro, Gianfranco Laezza | *Aires Ingegneria* ..... pag. 44

**D**esde hace años pensamos que, como asociación, tendríamos que mirar a la realidad cubana, pero sin duda no hemos pensado llegar a este punto en el año 2016.

El proyecto REDI (Restauración y Diseño), fuertemente respaldado por el Ministro Carlo Calenda y con el apoyo del ICE, es sin duda el más ambicioso y complejo de los proyectos en los que hubiese participado nuestra asociación en su breve existencia.

Es debido a varias razones, no siendo ciertamente la primera de ellas la distancia física entre Italia y Lhabana Vieja.

Es principalmente debido a la complejidad del proyecto, el período en el que se desarrolla y el número de instituciones, asociaciones y empresas involucradas en el mismo.

La misma actividad de coordinación y planificación en Italia ha requerido y necesitará en el futuro cercano, mucho esfuerzo y empeño. La ayuda de Muebles FederLegno es esencial y estratégica para el éxito del proyecto.

Luego está el indispensable respeto cultural de la realidad cubana, en el sentido de que las diferentes etapas del proyecto y las conexiones tienen que encontrar un punto de comprensión y síntesis del modo de operación italianos y las nuevas y diferentes necesidades cubanas.

Luego, se debe tener en cuenta no sólo la distancia, lo que sin duda contribuirá a alargar el tiempo, ya que el objetivo y las diferencias naturales de las prácticas de construcción italianas y tradiciones deberán encontrar un punto de encuentro respetuoso para la realidad cubana, pero al mismo tiempo lograr soluciones que sean replicables en el futuro. Esto no nos preocupa porque, a lo largo de los años, nuestras empresas han aprendido a comunicarse con los diferentes socios extranjeros, siendo estos evidentes problemas una oportunidad agradable y familiar de intercambio, en lugar de representar un terreno de confrontación.

Por lo tanto, el proyecto REDI del complejo San Ignacio en Cuba es el más hermoso y emocionante reto para nuestras empresas, miembros desde el año 2006, siendo el primer año de vida de Assorestauo.

Todo esto fue posible gracias a la voluntad del MICE, el apoyo del ICE, su confianza, su autoestima y la firme creencia de toda la utilidad para el «Sistema Italia» de promoción internacional del sector de la restauración, conservación del patrimonio artístico y de los monumentos. Sector último de excelencia mas sin embargo, por desgracia para nuestras empresas, de las primeras en ser afectadas por los ciclos económicos desfavorables.

Ha pasado un año desde que el actual ministro Carlo Calenda haya sido el primero en creer en este proyecto, encontrando en su contraparte cubana Eusebio Leal, Historiador de la Ciudad de Lhabana, el mayor nivel de disponibilidad y entusiasmo.

El inicio no fue difícil, ya que el equipo italiano encontró de inmediato a unos funcionarios de la oficina cubana extremadamente serviciales y cooperativos.

A pesar de lo enredado y consolidado del proyecto, en los últimos meses debido a un diálogo y una colaboración cada vez más estrecha y constructiva, ha llevado a la construcción de los primeros resultados tangibles.

En primer lugar, durante la misión del comienzo de julio de 2016, se presentó el diseño final del complejo de San Ignacio, documento obviamente compartido en su totalidad, punto de partida de la fase de ejecución que comenzará de inmediato.

En este proyecto hemos logrado alcanzar una síntesis, entre el respeto de una casa

histórica y de gran valor, su ubicación en el punto central del precioso casco antiguo de La Habana y la voluntad italiana de integrar y embellecer esta propiedad con las últimas innovaciones tecnológicas para edificaciones monumentales.

Y de igual manera que los sistemas de eficacia energética, refrigeración, iluminación, domótica, multimedia se incluyen e integran con este tradicional edificio de arquitectura cubana, lo que representa para Cuba una novedad que esperamos sea un ejemplo y motivación para posteriores aplicaciones.

Además de esto, Assorestauo ha consolidado un modo de operación en su tradición de proyectos internacionales, teniendo en cuenta el papel de la formación y el intercambio de experiencias como un pilar fundamental de su trabajo.

A pesar de que el memorando de entendimiento compartido entre el Gobierno italiano y la OCH condicionan que las actividades comenzarían después de la inauguración del complejo luego de la finalización, ya durante la fase de diseño en común vimos que había mucho espacio y la oportunidad de permitir formas más complejas y profundas de intercambios y colaboración.

Así que empezamos por algunos aspectos estructurales, en particular, el complejo de estructuras horizontales de madera de San Ignacio, que se han convertido el primer taller temático de información y formación de técnicos cubanos en el lugar del proyecto que ya ha sido abierto.

Debemos de hacer: trabajar en paralelo con los avances del proyecto, lo que debe estar asociado con un tiempo de intercambio de la información y educación con nuestros amigos cubanos. Sólo de esta manera se reforzará un lenguaje común y daremos pleno significado y función a la transferencia de materiales innovadores y las tecnologías de vanguardia italianas. Decidimos juntos que iniciaremos un programa de diez talleres que acompañarán paso a paso la realización del proyecto.

También deseamos de que esta etapa deje una impresión duradera y que no se limite exclusivamente al centro REDI de San Ignacio.

Por esta razón, Assorestauo decidió publicar una nueva serie de libros, además de cuadernos de control de calidad, que hasta ahora han marcado los eventos y las diversas iniciativas internacionales durante estos años. Las nuevas «QA Stories - Cuba» no son sólo instrumentos de descripción, sino también de futura referencia y ayuda para los amigos cubanos, quienes podrán consultar el contenido editorial de estas contribuciones para poder replicar en otros contextos todas las innovaciones realizadas en este hermoso proyecto, que estamos comenzando de la mejor manera.

**Alessandro Zanini**  
*Presidente Assorestauo*





## *Ministero dello Sviluppo Economico*

### **MISE** | Ministerio de Desarrollo Económico

Entre las funciones del Ministerio del Desarrollo Económico revisten una particular importancia las Políticas para la internacionalización de las empresas y la promoción en el extranjero de los productos italianos. En lo más específico se trata, entre otros temas, de políticas que se sustentan en: facilitación de los intercambios comerciales con el exterior (Trade Facilitation); directrices y propuestas de política comercial en el ámbito de la Unión Europea, acuerdos comerciales multilaterales y cooperación económica bilateral con Terceros Países; promoción de nuevas inversiones italianas en el extranjero y acciones para la atracción de nuevas inversiones extranjeras en Italia; activación de los mecanismos europeos de defensa comercial (instrumentos antidumping, antisubvenciones, cláusulas de salvaguardia).



**ITALIAN TRADE AGENCY**

**ICE** - Agenzia per la promozione all'estero e l'internazionalizzazione delle imprese italiane

1926 **90** 2016

### **ICE** | Agencia para la promoción en el extranjero y la internacionalización de las empresas italianas

Agencia Italiana para el Comercio Exterior es la organización del Gobierno italiano que promueve la internacionalización de las empresas italianas, de acuerdo con las directivas del Ministerio de Desarrollo Económico, del Ministerio de Relaciones Exteriores y del Ministerio de Economía y Finanzas. La Agencia facilita las relaciones económicas y comerciales italianas con los mercados externos, con el fin de desarrollar la internacionalización de las empresas italianas, la comercialización de los bienes y servicios italianos en los mercados internacionales, y de promover la imagen del producto italiano en el mundo. La Agencia ofrece servicios de información, asistencia y consultoría a las empresas italianas que operan en el comercio internacional y promueven la cooperación en los sectores industrial, agrícola y agroalimentario, en la distribución y en el sector terciario, con la finalidad de incrementar la presencia de las mismas en los mercados internacionales. En su actividad, ICE-Agenzia opera en estrecha colaboración con las regiones, la organización de las cámaras de comercio, las organizaciones empresariales y los otros sujetos públicos y privados interesados, dando un sentido de guía y dirección estratégica en materia de promoción y internacionalización de las empresas.

# assorestau<sup>ro</sup>

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
 italian association for architecture, art and urban restoration

**ASSORESTAURO** | Asociación Italiana para la restauración arquitectónica, artística y urbana  
*Presidente:* Alessandro Zanini  
*Coordinación operativa:* Andrea Griletto | [andrea.griletto@assorestau<sup>ro</sup>.org](mailto:andrea.griletto@assorestau<sup>ro</sup>.org)

## ¿Quién es Assorestau<sup>ro</sup>?

Es la primera asociación italiana entre los productores de materiales, herramientas y tecnologías, y suministradores de servicios y empresas especializadas, nacida en 2005 para representar el sector nacional de la restauración y la conservación del patrimonio material. Assorestau<sup>ro</sup> es el punto de referencia nacional e internacional para aquel que desee afrontarse al mundo de la conservación italiana, entendida en el modo más amplio posible, como síntesis de las más variadas disciplinas que en ella convergen, de profesionalidades especializadas, de tecnologías y un creciente espíritu empresarial. Un sector que, si se analiza en su totalidad, representa un fuerte componente de mercado y tiene importantes influencia en el sector turístico, industrial y bio/edilicio.

## ¿Cuáles son los objetivos de Assorestau<sup>ro</sup>?

Como representantes de productores de materiales, herramientas, tecnologías, empresas especializadas, proyectistas y suministradores de servicios para el análisis, levantamiento y divulgación del sector de la restauración, Assorestau<sup>ro</sup> otorga a las empresas asociadas los servicios de información, asistencia, asesoría y formación ya sea de forma directa o a través de sus socios, con el fin de dar coherencia y unidad a las diversas almas del sector a nivel nacional e internacional.

Como Asociación de Categoría Nacional para el sector de la Restauración, Assorestau<sup>ro</sup> coordina, tutela y promueve los intereses del sector productivo de competencia y representa, en Italia y el extranjero, las posiciones comunes en plan técnico, económico y de imagen, a través de actividades enfocadas al ámbito de los objetivos de encuadramiento del sector, información y comunicación, tutela de los intereses (en plano económico, de imagen, de evolución normativa del sector), investigación, desarrollo y promoción.

## ¿Qué cosa hace Assorestau<sup>ro</sup>?

Las finalidades asociativas se vuelven explícitas a través de múltiples actividades que promueven la profesionalidad en el sector de la restauración, de la fase diagnóstica y proyectual hasta la ejecución en obra, pasando por la producción de tecnologías y materiales, aún con fuertes connotaciones tecnológicas de innovación, y con el soporte de Instituciones, Universidades, Organismos de Tutela de Bienes Culturales y el ICE Agenzia para la promoción en el extranjero y la internacionalización de las empresas italianas.

Entran en esta tipología de acción las actividades promocionales nacionales (convenios y seminarios formativos, ferias del sector, cursos y otros similares), e iniciativas promocionales y de imagen en términos internacionales (misiones al extranjero, formación, encuentros b2b, obras de restauración) que ven en primera fila las empresas asociadas, a las cuales se les ofrece la oportunidad de internacionalización y estudio de mercados extranjeros a través de proyectos cofinanciados por entes nacionales e internacionales.

# PROYECTO





Coordinador operativo  
Andrea Griletto

# El Centro de Formación para la Restauración y el Diseño

Creación de un espacio dedicado a la cooperación Italo-Cubana para temas de Restauración y Diseño, con finalidades formativas y divulgativas de las nuevas metodologías y lenguajes, materiales, tecnologías y acercamientos operativos a las dos disciplinas.

El centro de Formación para la Restauración y el Diseño tiene la función de crear un terreno fértil para la estructuración de reportes comerciales de las empresas italianas a través de un proceso de intercambio y formación de técnicos y operadores cubanos. El centro se dedica prevalentemente a:

- \_ Contribuir al desarrollo del sector y de la filial de la restauración y el diseño en territorio cubano;
- \_ Incrementar la formación profesional con la finalidad de uso en el sector de la restauración y el diseño;
- \_ Favorecer la transmisión y la difusión de los conocimientos técnicos y de las actitudes profesionales en el campo de la restauración, con particular referencia a la profundización y el uso de nuevas tecnologías, herramientas, materiales y metodologías típicas del sector en Italia;
- \_ Crear un espacio dedicado a las excelencias del Made in Italy y a los operadores del sector de ambos países, comprendido como exposición permanente de las técnicas, tecnologías, materiales, instrumentaciones y servicios de innovación de la filial de la restauración y el diseño involucrados en el proyecto. El Centro podrá hospedar eventos, exhibiciones, y talleres dedicados a los sectores de la restauración urbana, diseño, arquitectura de interiores y otras disciplinas de punta del Made in Italy, concordadas con la parte cubana;
- \_ Realizar actividades colaterales que tengan como tema central la restauración y la reutilización de la arquitectura, como el tema de la restauración urbana y el diseño (arquitectura de interiores / reutilización / adecuación de espacios internos) coordinadas operativamente por las asociaciones nacionales de referencia, en colaboración con otras asociaciones interesadas en el proyecto, en razón de sus competencias sectoriales específicas.

La cooperación con el prestigioso ente de la Oficina del Historiados de la Habana Vieja (OHcH), consagrado por la firma de un MOU bilateral suscrito por el Ministro del Desarrollo Económico, Carlo Calenda, y el Historiador de la Habana Vieja, Eusebio

Leal Spengler, prevé la disposición por parte de la OHcH de un edificio situado en la Calle San Ignacio, en fase de restauración, que conformará el Centro; el proyecto de colaboración se actúa en dos fases operativas diversas:

## **FASE 1 | EQUIPAMIENTO DEL CENTRO Y LA ESCUELA EN OBRA**

- \_ Colaboración entre la parte italiana y cubana en el equipamiento del Centro por lo que concierne a su adecuación funcional y de instalaciones, al mobiliario y el suministro de las tecnologías.
- \_ Inicio de un proceso de intercambio y formación en temas específicos afrontados durante la restauración y el equipamiento del centro con sesiones teóricas y prácticas de desarrollarse directamente en obra.

## **FASE 2 | ACTIVIDADES DEL CENTRO**

- \_ Desarrollo de un programa de actividades centradas en temas de formación e intercambio para los dos sectores prevalentes de la Restauración y el Diseño.
- \_ Realización de una serie de eventos y exposiciones directamente unidos a los dos sectores prevalentes.
- \_ Participación de importantes realidades asociativas italianas, ya integradas en el proceso de intercambio iniciado por el Gobierno Cubano (InArch, LegaCoop,...) y otras realidades asociativas o empresariales.
- \_ Creación de una sede permanente que pueda dar soporte a las empresas italianas interesadas en abrir o desarrollar el mercado cubano;

## **FASE 1 | EQUIPAMIENTO DEL CENTRO Y LA ESCUELA EN OBRA**

---

### **I. Arquitectura y diseño interior (Arquitectura y diseño)**

#### **PROYECTO DE ADECUACIÓN FUNCIONAL**

El proyecto de arquitectura prevé la creación de espacios dedicados a recibir las funciones prevalentes del centro: recepción, exposición, comunicación y trabajo.

El diseño propuesto prevé una planta baja dedicada al público con funciones de recepción, relaciones con muestras y eventos, acceso a una pequeña biblioteca y mediateca a temas del proyecto y una cineteca y un área multifuncional en el patio trasero. La primera planta a su vez tiene una vocación un poco más privada y está dirigida a erogar servicios de formación, coworking y los espacios de oficina y sala de reuniones dedicados exclusivamente al servicio de las empresas.

El diseño arquitectónico prevé además la inserción de nuevos elementos murales para la redefinición de los servicios higiénicos y la creación de un espacio dedicado a la cocina y la inserción de nuevas estructuras arquitectónicas en madera laminar que sostendrán la tensoestructura que cubre la cineteca que estará en el patio a función de enmascarar las zonas de instalaciones.

## EL PROYECTO DE MOBILIARIO INTERNO

El concepto del proyecto prevé una solución en grado de crear un connubio entre lo ya existente y la nueva construcción, recuperando la memoria histórica y al mismo tiempo estando en grado de evocar nuevos escenarios. Contaminación de culturas que miran al pasado y conservan los aspectos más expresivos, exaltando la belleza. Una unión entre historia y nuevas tecnologías, entre tradiciones e innovación.

El diseño italiano se inserta en el proyecto a través de productos icónicos, de lenguaje contemporáneo y al mismo tiempo tecnológicamente innovativos, que mejoran la calidad de los ambientes internos.

Los espacios se pensaron para ser eclécticos y transformarse en base a las necesidades, con gran libertad de uso. Los materiales y los acabados de los productos exaltan la arquitectura y se vuelven parte de ella.

La nueva configuración del Centro de Formación permite subdividir las actividades en dos niveles:

- \_ En planta baja encontramos ambientes que consienten el desarrollo de actividades como muestras expositivas, la lectura y consulta de libros y revistas, eventos de promoción, consulta de video a través de la mediateca;
- \_ En planta alta ambientes que consienten actividades de co-working, a través de espacios abiertos, aula magna y las oficinas operativas del centro.

## II. Proyecto de estructuras y refuerzo estructural (Estructura)

El proyecto estructural está orientado al dimensionamiento de todos los elementos arquitectónicos en madera laminar que connotan el patio y portan la tensoestructura. Una vez evaluada la relevancia de los efectos del viento en la tensoestructura en un clima de tipo tropical y las normativas cubanas que imponen no utilizar las estructuras murales perimetrales del patio, comunes a otros edificios, como puntos de anclaje, la fase proyectual a presentado un interesante nodo tecnológico a resolver.

Las fases preliminares del proyecto han evidenciado además algunas fragilidades en la estructura de madera de las estructuras horizontales que han abierto un nuevo ámbito de cooperación relativo al refuerzo estructural. Después de una profundización conjunta en el análisis de las estructuras de madera actuales surgió la necesidad de proveer un refuerzo a los entresijos de la sala de reuniones que, en virtud de nuevas cargas de proyecto, resultaron no adecuados.

Utilizando un acercamiento conservativo, se optó entonces por la inserción de estructuras en madera laminar que colaboran con los entresijos de obra, coadyuvando a una red de tensores metálicos que garantizan la plena colaboración entre nuevas y viejas estructuras.

## III. Instalación de climatización y tratamiento del aire a bajo impacto energético (Mecánica)

La instalación de climatización propuesta se orientó hacia un sistema de alta eficacia energética que garantice el control continuo de las condiciones de humedad y temperatura, garantizando un confort habitacional con condiciones de ejercicio óptimo. El modelo propuesto se aleja mucho de las usanzas locales de climatización que al

contrario se basan en sistemas on/off, interviniendo en la producción de aire frío a necesidad y creando un fuerte desequilibrio térmico entre interior y exterior por la duración de la permanencia o uso de un espacio.

La instalación de acondicionamiento del aire ambiental propuesto es del tipo a expansión directa en una de sus evoluciones más recientes, comúnmente definida a volumen refrigerante variable. El gas refrigerante R410 utilizado es una de las versiones más ecológicas del mercado.

Las unidades externas son modulares y su funcionamiento es tal que garantizan una acción modulante gracias a sus compresores con motores comandados a inversión, siguiendo el funcionamiento en continuo de la solicitud de frío de la instalación interna, adaptándose a un mínimo del 10% al 100% de la instalación con la posibilidad de superar a cargas de pico aún mayores.

Las unidades internas de acondicionamiento de tipo canalizado son proyectadas en modo de servir a cuatro zonas climáticas internas subdivididas en dos plantas, dos en la planta baja y dos en la primera planta. Los conductos de aire asumen, entonces, una función de elemento arquitectónico que por vez primera se introduce en un edificio histórico en Cuba. Al acondicionador de la sala de recepción se le unirá una unidad ambiente para soportar las cargas extremadamente variables de este ambiente de paso. En modo similar, la sala de conferencias de la primera planta, sujeta a una multitudes variables y concentradas en el periodo de uso, se servirá de una unidad ambiente para soportar las cargas, mientras la unidad canalizada será usada particularmente para el tratamiento de aire de renuevo.

#### **IV. Instalación hidrosanitaria (Hidrosanitaria).**

La reconstrucción de los servicios higiénicos y la inserción del local a uso de cocina ha impuesto la integración del sistema hidráulico de abducción y descarga que fue proyectado y previsto con materiales y tecnologías italianas en lo que respecta a las tuberías y las bombas de elevación.

#### **V. Instalación eléctrica y de iluminación (Electrica)**

##### INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Toda la instalación eléctrica se pensó con tecnologías italianas integrables al sistema domótico propuesto para la gestión del edificio. Además de las dotaciones técnicas y tecnológicas, la instalación se concibió como parte integral del diseño arquitectónico del edificio, utilizando distintas líneas de producto en función a los ambientes, de su función y del mobiliario con un acercamiento que prevé incluso las dotaciones tecnológicas como parte de la arquitectura.

##### INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

La instalación de iluminación, que se articula con una prevalencia de elementos técnicos integrados a las necesidades de elementos decorativos, fue precedida de un extenso estudio luminotécnico que garantiza el confort visual en una óptica de ahorro energético. Todos los elementos adoptan una tecnología LED y están definidos en

base a las funciones elegidas para los distintos ambientes, representando una amplia gama de productos funcionales.

## **VI. Sistema de gestión y control domótico (sistema domótico, comunicaciones, detección de incendios e intrusos)**

La inteligencia del edificio y la posibilidad de dialogar a distancia con los técnicos cubanos habilitados para la gestión y mantenimiento del edificio, o a distancia remota por parte de los técnicos italianos se garantiza por la integración de un sistema domótico que pueda controlar los escenarios funcionales del edificio ya sea bajo el perfil de la iluminación o por la instalación técnica, garantizando un nivel de presentación óptimo y verificando en tiempo real las características de presentación de los sistemas propuestos.

## **VII. Instalación fotovoltaica (eléctrico /sistema fotovoltaico [paneles solares])**

toda la instalación de gestión energética del edificio, sea de climatización o de iluminación y dotación informática del centro, será asistida por una amplia instalación de producción de energía fotovoltaica posicionada en las faldas de la cubierta que miran al sur, este y oeste. Esta instalación fotovoltaica garantiza una producción media de alrededor de 10KW/hora en grado de garantizar una producción anual de energía equivalente al 50% del consumo medio previsto. La unión de los sistemas a alto rendimiento y la producción de energía eléctrica que puede ser utilizada de forma inmediata en el lugar o adquirida por el gestor energético local, garantiza un ahorro energético aproximado al 70% respecto a los estándares locales.

## **VIII. Instalación de recuperación de agua de lluvia (hidrosanitario / sistema de recuperación y reutilización del agua de lluvia)**

Con la óptica de entregar un edificio eficaz bajo el perfil de la instalación ambiental, de acuerdo con los colegas cubanos, se estudió un sistema de recuperación de agua de lluvia para uso sanitario, en modo de poder reducir lo más posible el uso del agua de la red local, que, de por sí, presenta carencias en algunos periodos del año. Esta integración ha solicitado el suministro por parte italiana de todos los sistemas de recuperación y canalización del agua de lluvia del patio interior al nivel de la cubierta hasta los tanques de recuperación y los sistemas de bombeo.





## TEAM

*Financidor*  
**MISE** | Ministerio de Desarrollo Económico



*Ministero dello Sviluppo Economico*

*Actuador*  
**ICE** | Agencia para la promoción en el extranjero y la internacionalización de las empresas italianas



*Socios Cubanos*  
**OHC** | Oficina del Historiador de la Ciudad de La Habana



*Socios Operativos*

**ASSORESTAURO** | Asociación Italiana para la restauración arquitectónica, artística y urbana  
Presidente: Alessandro Zanini  
Coordinación operativa: Andrea Giletto | [andrea.giletto@assorestauro.org](mailto:andrea.giletto@assorestauro.org)

**FEDERLEGNOARREDO** | Federación italiana de la industria de madera y muebles  
Presidente: Roberto Snaidero  
Coordinación operativa: Francesco Baudassi | [francesco.baudassi@federlegnoarredo.it](mailto:francesco.baudassi@federlegnoarredo.it)  
Concept design: Iris Keci | [iris.keci@federlegnoarredo.it](mailto:iris.keci@federlegnoarredo.it)



## EMPRESAS PARTECIPANTES

**ASSORESTAURO** | proyecto arquitectónico y diseño de interiores  
**FEDERLEGNOARREDO** | diseño de interiores y elementos de mobiliario  
**GBC ITALIA** | sostenibilidad y certificación ambiental

**EDILTECNICA** | coordinación del proyecto

**AERMEC** | máquinas de enfriamiento para climatización  
**ARCHEORES** | estudio estratigráfico del edificio  
**CRISTELLOTTI E MAFFEIS** | coordinación de las actividades de restauración  
**GEOGRÀ** | encuesta escáner láser Y modelado 3D  
**GIUWAL GLASS** | puertas y cerramientos (ventanas) internas  
**IGUZZINI** | elementos eléctricos y cuerpos de iluminación  
**ITALSERRAMENTI** | cerramientos (ventanas) externos  
**KME** | cables de aislamiento mineral  
**MAPEI** | materiales para restauración  
**OCM CLIMA** | canalización y tuberías para la instalación de climatización  
**PIMAR** | estructuras de piedra  
**REALE RESTAURI** | restauración de los sistemas de iluminación históricos  
**SISTEM COSTRUZIONI** | estructuras en madera laminar  
**STONE PINE** | instalación fotovoltaica.  
**STUDIO AERREKAPPA** | instalaciones y domótica  
**STUDIO SPC ENGINEERING** | consolidación estructural  
**STUDIO TECNICO P.D.M. PROGETTI** | proyecto de instalaciones de climatización ambiental  
**VIMAR** | elementos técnico-eléctricos y domótica

**ALIAS** | suministro de mobiliario para el área de co-working  
**DRIADE** | suministro de mobiliario de estancia para el área de recepción  
**FANTONI** | mobiliario de mostradores  
**FONTANARTE** | suministros de iluminación decorativa  
**LAGO** | mobiliario de cocina  
**KARTELL** | suministro de mobiliario de exteriores para patio externo.  
**MAGIS** | suministro de mobiliario del aula magna  
**MANERBA** | suministro de mobiliario de oficina.  
**MOROSO** | suministro de mobiliario de estancia para el área de recepción  
**TECNO** | suministro de mobiliario para biblioteca y mediateca  
**TEUCO GUZZINI** | suministros sanitarios y decoración de baño.  
**WAY** | escritorio de recepción y estructuras de exposición.

assorestaura



SPC s.r.l.

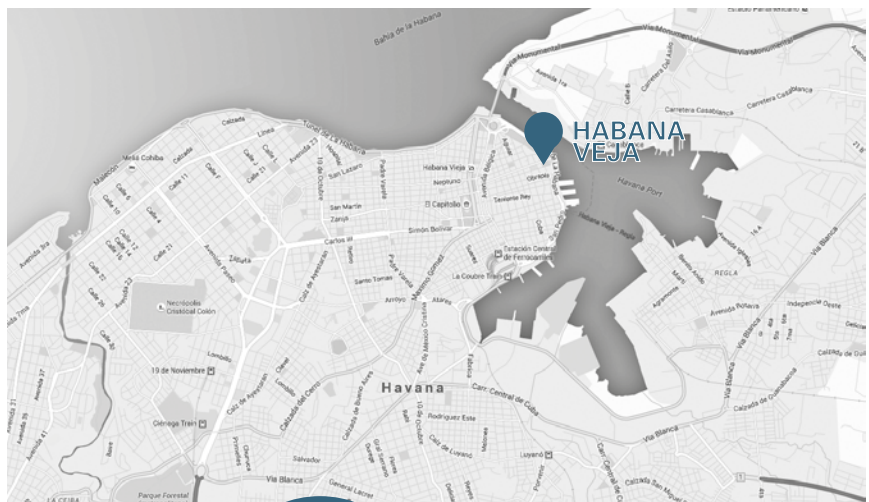


FontanaArte



## LOCALIZACIÓN

REPÚBLICA DE CUBA | La Habana





## EL EDIFICIO | ESTADO DE COSAS

**CALLE SAN IGNACIO** | encuesta arquitectónica y trabajos de restauración

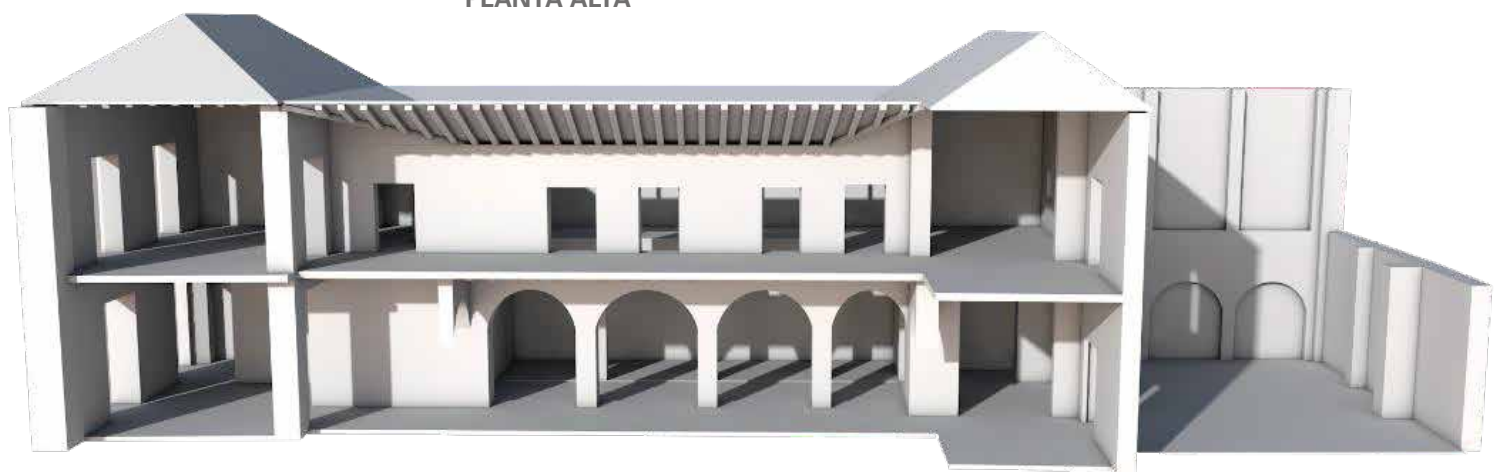
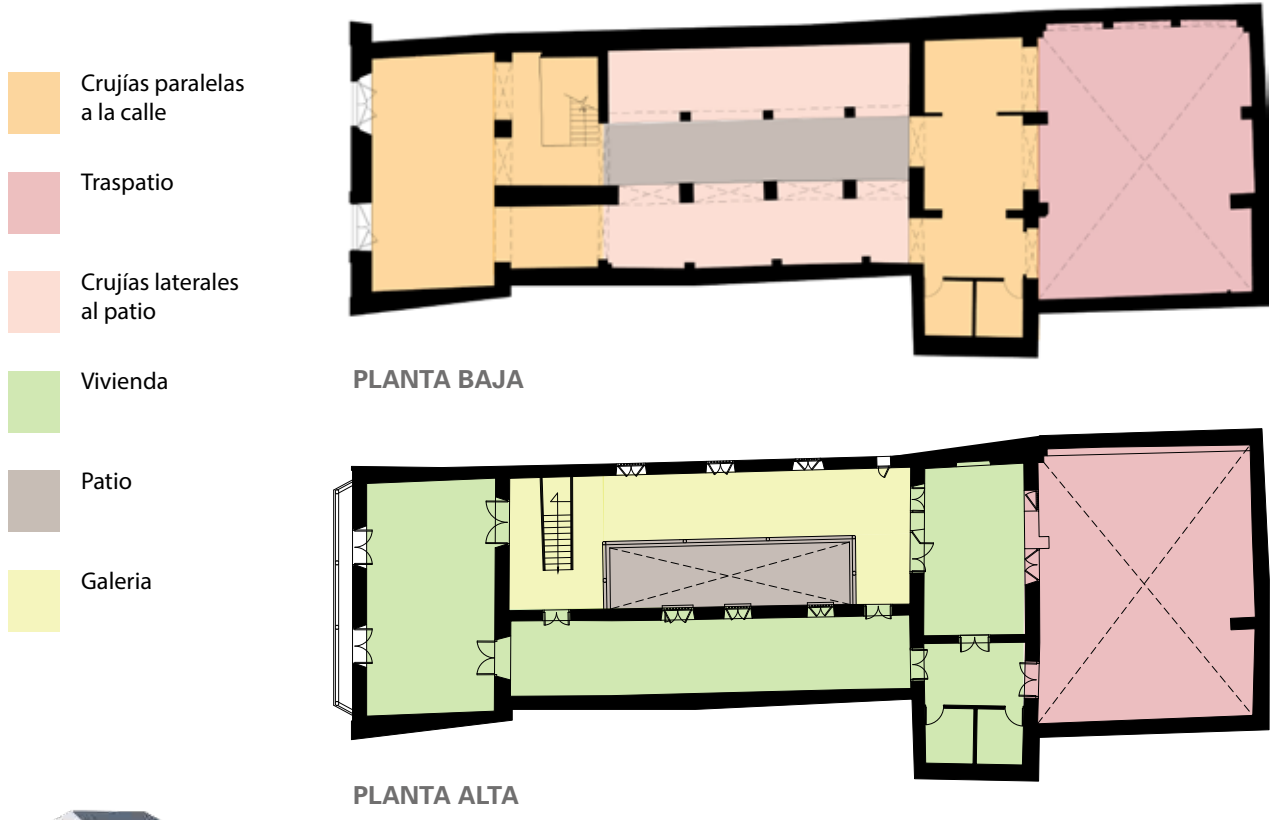


## EL EDIFICIO I DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

### CALLE SAN IGNACIO I encuesta arquitectónica y trabajos de restauración

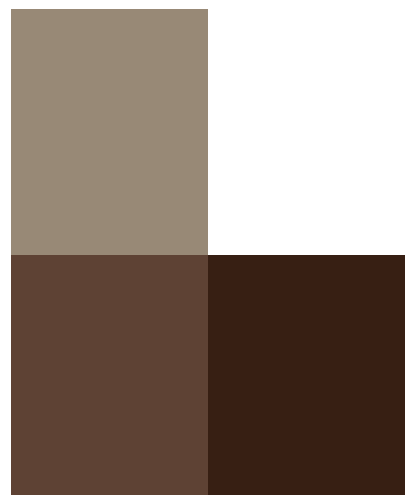
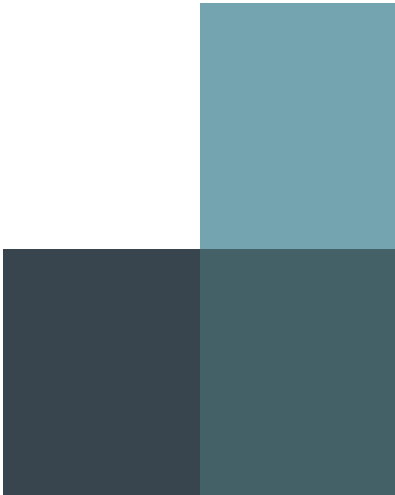
La casa mantiene el esquema de la vivienda colonial cubana, es decir dos crujías paralelas a la calle, dos laterales al patio, un patio rectangular con el eje mayor en el sentido de la profundidad del solar, y una obra travesa dividiendo el patio y traspatio, este último dedicado a servicios con una serie de construcciones de menor importancia.

La Planta baja dedicada a las actividades del dueño y la Planta alta a vivienda, en esta última se reproduce el mismo esquema que en casas de una sola planta, como si estuviese montada sobre un almacén. En la crujía lateral derecha al patio se encontraban las habitaciones, al menos tres. En la crujía lateral izquierda al patio, hai una galería abierta de pies derechos de maderas.



## MATERIALES Y COLORES

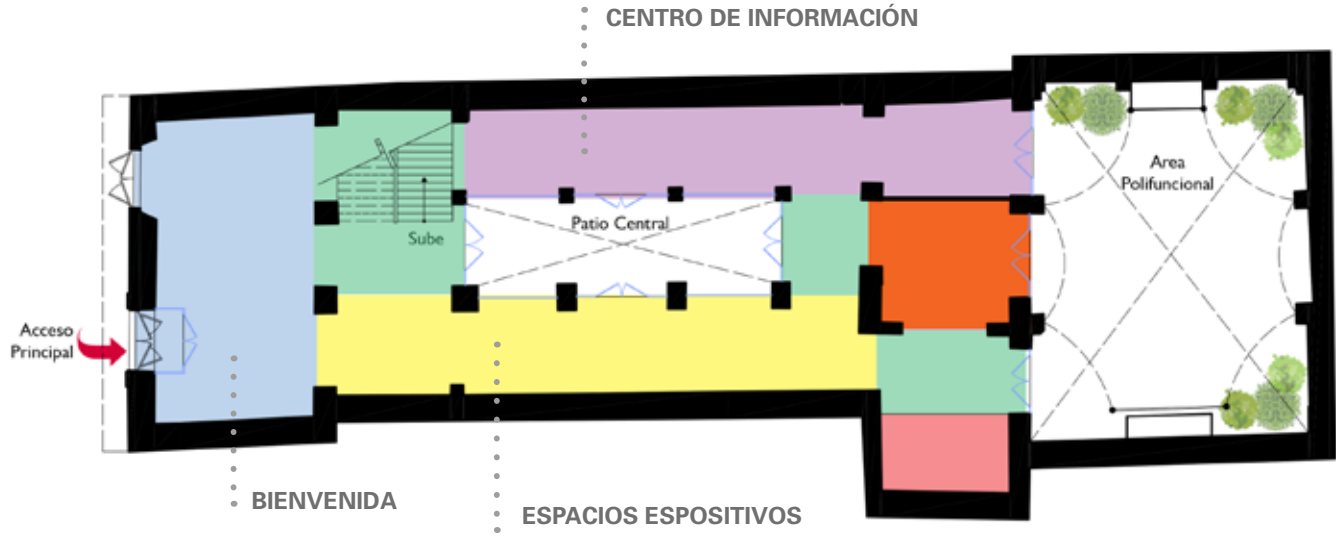
### CALLE SAN IGNACIO | acabados y colores



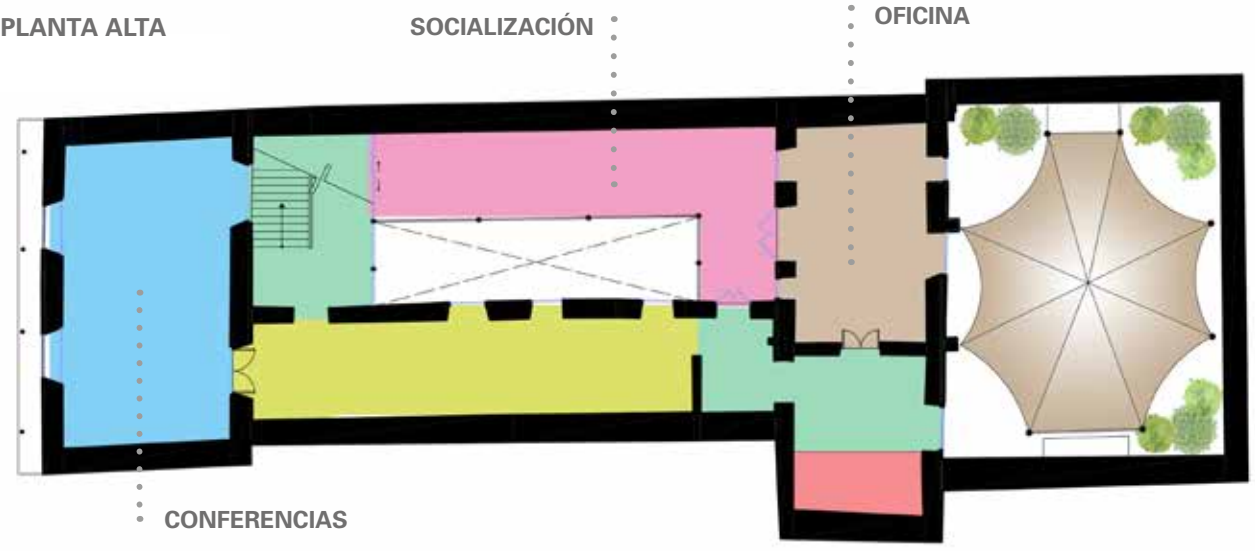
## EL EDIFICIO - PROYECTO ARQUITECTÓNICO

CALLE SAN IGNACIO | adaptación funcional y de las instalaciones

PLANTA BAJA



PLANTA ALTA



- |   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
|  Recepción y vestíbulo de acceso |  Areas auxiliares |  Sala de Exposiciones |  Baños (a diseñar) |  Biblioteca y Mediateca |
|  sala de conferencias            |  Cocina y Comida  |  aula tecnológica     |  oficina           |  area de socialización  |



01/20

02/20



**SECCIÓN**

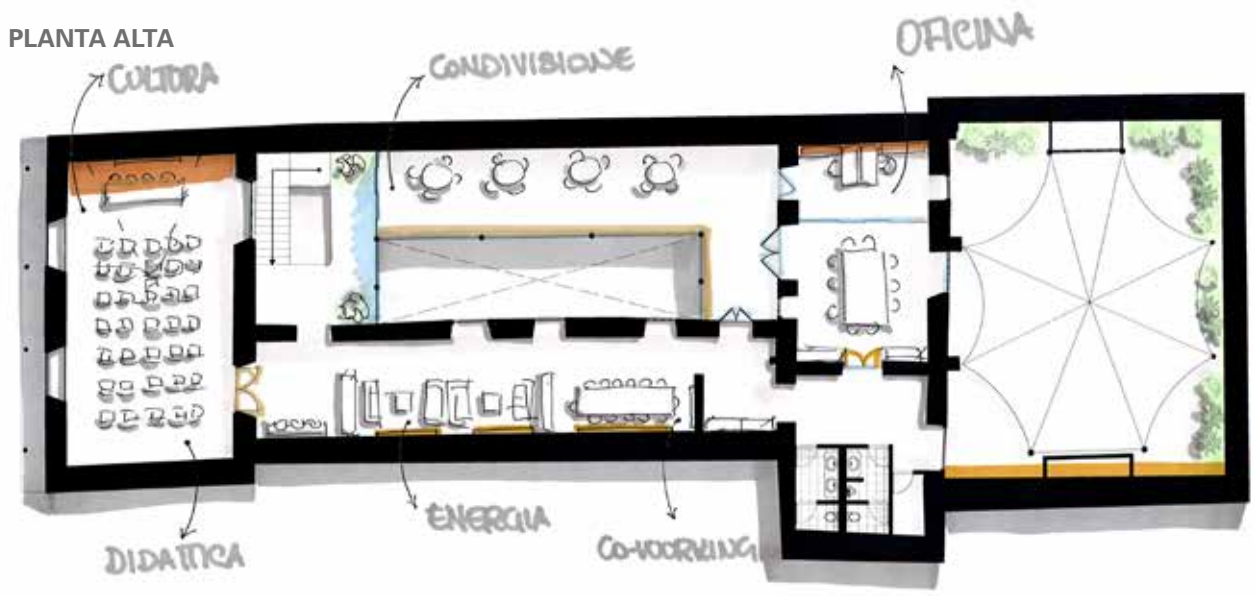


**VISTA DE LA SALA DE EXPOSICIÓN**

## CONCEPTO

CALLE SAN IGNACIO | concepto de diseño de interiores

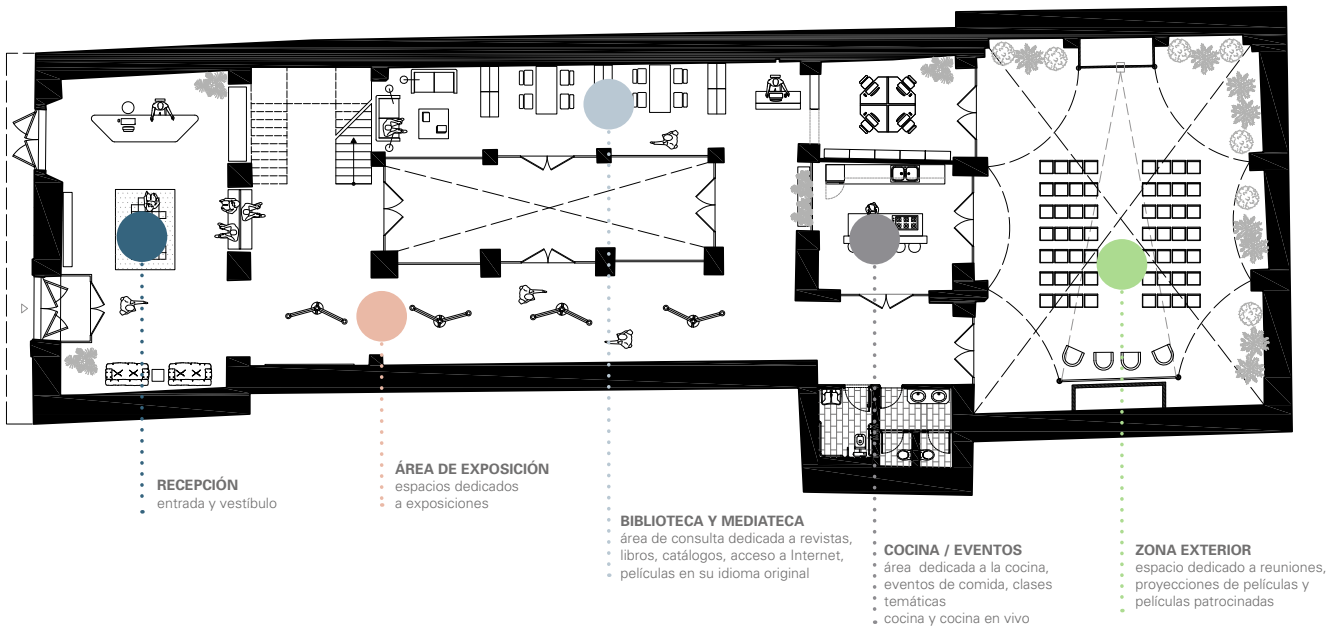
PLANTA BAJA



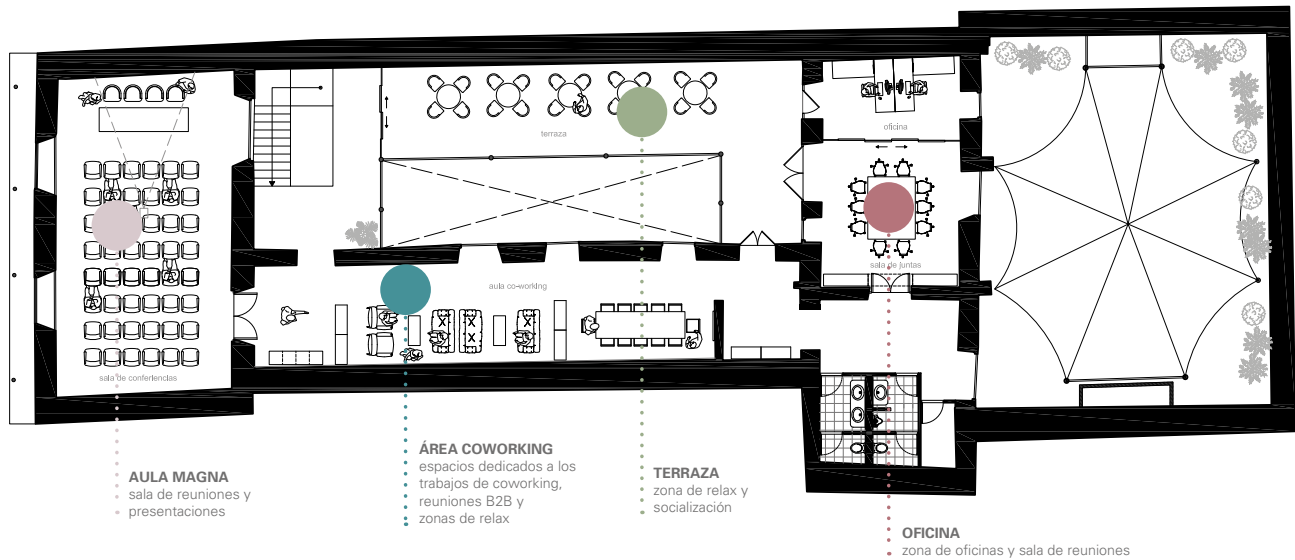
## DISEÑO DE INTERIORES

Centro Tecnológico de Restauración y Diseño | diseño arquitectónico y de interiores

### PLANTA BAJA



### PLANTA ALTA



## DISEÑO DE ILUMINACIÓN

Centro Tecnológico de Restauración y Diseño | diseño arquitectónico y de iluminación





## DISEÑO DE ILUMINACIÓN

**Centro Tecnológico de Restauración y Diseño** | diseño arquitectónico y de iluminación

RECEPCIÓN



EXPOSICIÓN



BIBLIOTECA



AUDITORIUM



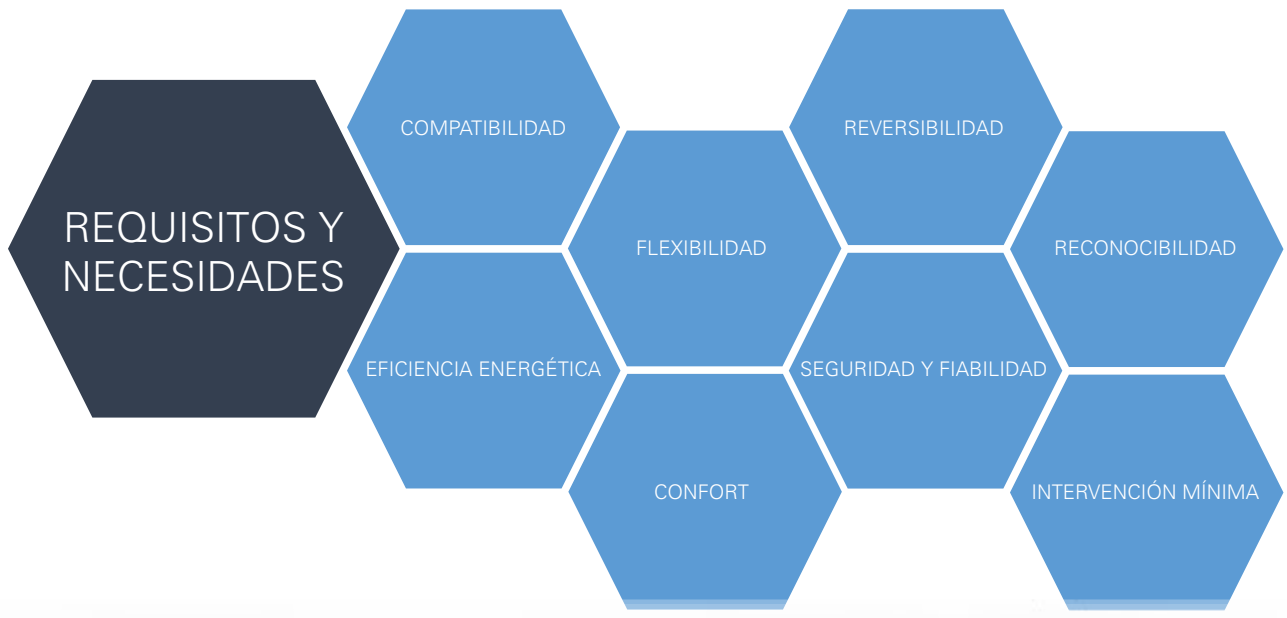
**N178.715**  
Underscore bobina 5m  
LED 19,2W/m  
1680lm/m 3000K CRI90  
MWP3 interfaz DALI



**P633.715**  
Escenario pequeño en binario 45°  
LED 20W  
2000lm 3000K CRI90  
Unidad de alimentación DALI

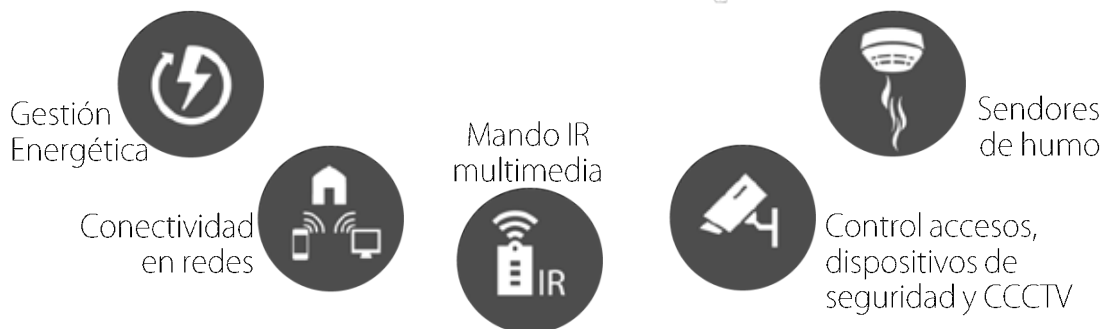
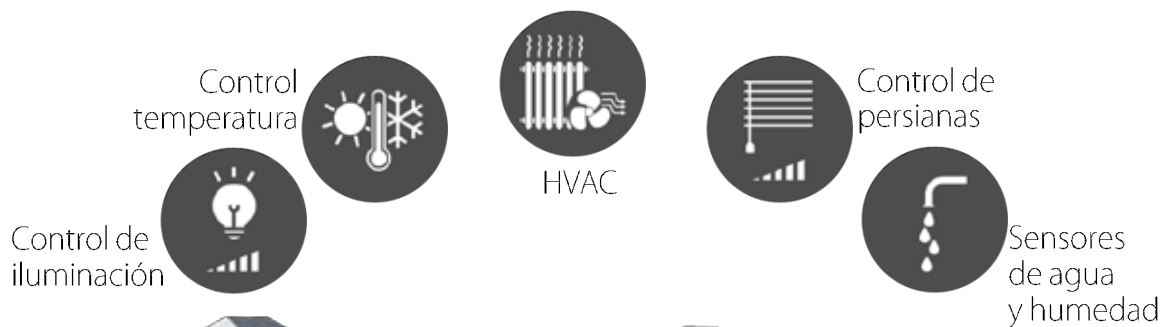
## EL EDIFICIO - DISEÑO SOSTENIBLE

CALLE SAN IGNACIO | control desde cualquier parte del mundo



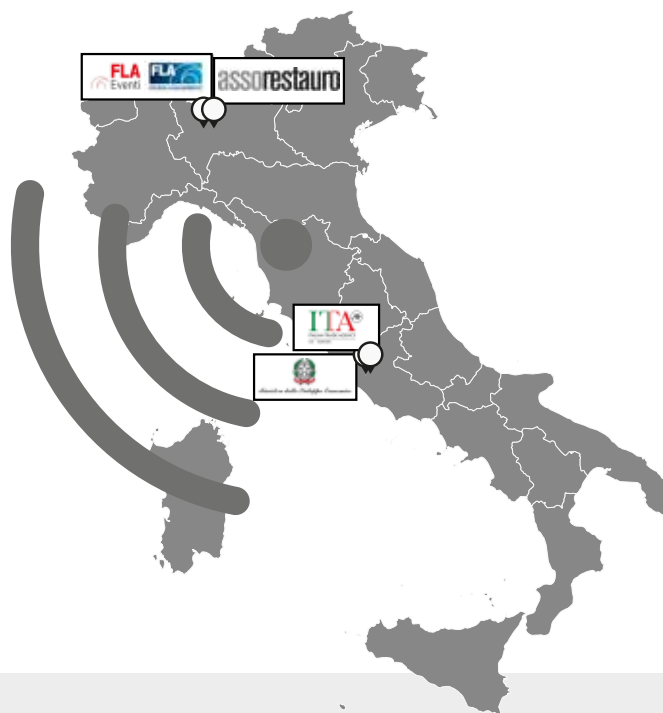
## EFICIENCIA ENERGÉTICA

## CONFORT



## FLEXIBILIDAD

## SEGURIDAD Y FIABILIDAD



# ESCUELA EN OBRA



Coordinador  
Alessandro Bozzetti

# El proyecto de conocimiento: análisis estructural

El objetivo de la consolidación estructural del patrimonio cultural en general y en particular de los edificios y monumentos históricos, es la de evaluar el nivel de seguridad. El enfoque es definir un camino de conocimiento en la evaluación del nivel de seguridad y del diseño de cualquier intervención.

El objetivo, por tanto, es el de definir un juicio sobre la seguridad y la conservación (garantizado por la intervención estructural) lo más objetivo posible y, especialmente, lo más cercano a la realidad.

Está claro que para expresar este punto de vista se debe contar con herramientas que permitan el análisis de la vulnerabilidad, evaluación de riesgos y el diseño de las intervenciones. Cuando se propone, por ejemplo, la reducción del riesgo sísmico de un edificio, es importante tener en cuenta que, frente a un evento sísmico probable que podría dar lugar a un daño determinado a nuestro edificio, la ejecución de nuestro proyecto representa una cierta intervención. En el sentido, una vez realizada esta acción, nuestra invasión ya es historia.

Esto debería hacernos reflexionar mucho sobre la expresión del juicio contra la seguridad y el riesgo del edificio en cuestión, con una acción concreta.

El edificio histórico tiene que ser mirado como un todo orgánico que incluye la forma en que fue construido, los elementos arquitectónicos, acabados, decoraciones, las plantas, el sitio en el que se coloca y su significado particular.

Por tanto, es evidente que un buen proyecto de consolidación no se puede alcanzar sin la convergencia de una serie de disciplinas que logran una buena investigación histórica, un control exhaustivo y preciso con un énfasis en la geometría, la estructura, la composición y la conexiones, un muy buen conocimiento y familiaridad con los materiales y elementos estructurales del arte de la construcción del período en que el edificio fue construido y cómo éstos han evolucionado con el tiempo, las características originales de fábrica, los cambios que se produjeron con el tiempo debido a los daños anteriores, la actividad humana o el envejecimiento de los materiales.

Todo esto se puede lograr a través de la investigación, teniendo en cuenta que la ejecución de una campaña integral de investigación podría ser excesivamente invasivo. Por lo tanto, es necesario definir un camino de conocimiento que representaría un compromiso justo y en el pleno respeto a todas las expresiones del edificio en su estado actual, al mismo tiempo que ofrezca toda la información para que la intervención sea capaz de reducir la vulnerabilidad y el riesgo sobre el mismo.

El propósito de este primer taller, se centrará en el conocimiento directo de las características estructurales del edificio, el análisis y la definición de cualquier elemento bajo tensión, las conexiones entre los diversos elementos estructurales, las condiciones de las conexiones, as manifestaciones de la inestabilidad y degradación y en particular, la definición de este tipo de investigaciones para poder lograr un adecuado conocimiento de las propiedades mecánicas de los materiales y la forma en que puedan caracterizar la modelización de elementos finitos, para conseguir una buena base para un análisis exitoso, adecuado y respetuoso de las intervenciones del proyecto.

Autor  
Cristiano Russo

SPC s.r.l.  
STUDIO  
PROGETTAZIONE  
E CONTROLLI

mail@spc-engineering.it  
www.spc-engineering.it

# Análisis, pruebas y monitoreo en el sector edil

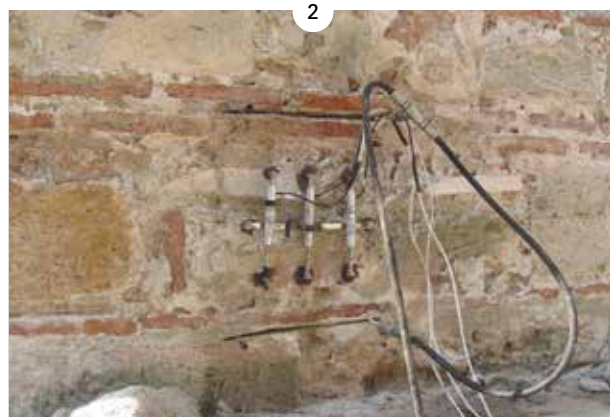
Antes de introducir las distintas pruebas que pueden ser realizadas en las estructuras murales, quisiera hacer una breve premisa referida a los motivos que deberían estimular a un cliente a ejecutar dichas pruebas. Aun hoy, de hecho, la importancia de una proyectación correcta y sucesiva ejecución de los análisis no es suficientemente clara para muchos clientes.

Muchas de las tecnologías utilizadas en el sector edil se derivan de la medicina (ver georadar, videoendoscopio, ultrasónicos, líquidos de contraste, etc.) además este paralelismo entre el cuerpo humano y un edificio, cuando se habla de análisis estructurales no se da por descontado. Seguramente todos habremos debido someternos a visitas medicas y a una posterior fase de análisis de laboratorio (en el sector edil diremos análisis de sitio), con el objetivo de comprender de mejor manera las causas de nuestro malestar e intervenir en el mejor modo posible. Bien, en el sector edil todo esto no se da por descontado y se debe reafirmar constantemente. Frecuentemente se prefiere proceder a la ejecución de costosas intervenciones de consolidación y renunciar, más o menos a sabiendas, a una correcta fase de diagnóstico. La idea de gastar dinero, que no es directamente invertido en una cosa concreta, no forma parte de la cultura de muchos clientes.

En los últimos años la normativa ha buscado compensar esta anomalía también para reducir variantes y los consecuentes incrementos en costos durante el desarrollo de la obra, que una correcta fase diagnóstica podría haber evitado, introduciendo el concepto de Niveles de Conocimiento (LC1, LC2 y LC3). Por ello, mientras más alto sea el nivel de conocimiento de una construcción existente, adquirido incluso a través de una oportuna fase diagnóstica, mucho mejores serán los beneficios en términos

1. Examen endoscópico al interior de un muro de tobapri in non Etrum strata

2. Prueba de compresión a rotura mediante martinetes planos dobles





3. Análisis ultrasónica ejecutada en una muestra de hormigón antes de la prueba de compresión a rotura

4. Prueba de carbonatación

5. prueba de compresión a rotura

económicos (posibilidad de utilizar en fase proyectual los Factores de Confianza más bajos).

Por lo tanto, una correcta fase diagnóstica deberá ser adecuadamente proyectada por los mismos profesionistas que se ocuparán del análisis estructural (y no de la sociedad que realizará las pruebas, que al máximo podrá tener un rol de asesoría experta), y deberá tener como objetivo la adquisición de todos los parámetros realmente útiles al sucesivo análisis de cálculo. Hoy la tecnología pone a nuestra disposición medios siempre más confiables y el verdadero problema consiste en el balance de costo-beneficio con respecto al monumento.

Con esta premisa, y con la experiencia que en el futuro habrá un mayor conocimiento de la necesidad de ejecutar una correcta fase diagnóstica, se muestra una rápida presentación de los análisis ampliamente utilizados en el sector edilicio.

## PRUEBAS IN SITU Y EN LABORATORIO

### PRUEBAS SOBRE LAS ESTRUCTURAS MURALES

- \_ Análisis videoendoscópico
- \_ Estado de tensión y resistencia a compresión mediante martinets planos
- \_ Resistencia al corte de los muros
- \_ Valoración de la resistencia de los morteros mediante pruebas de penetración dinámica
- \_ Análisis sónico para la verificación de la homogeneidad de los muros
- \_ Análisis con georadar.

### PRUEBAS EN ESTRUCTURAS DE CEMENTO ARMA

- \_ Pruebas para la caracterización mecánica del hormigón mediante:
  - Sonda Windsor
  - Análisis ultrasónico
  - Análisis esclerométrica
  - Prueba de pull-out
  - Profundidad de carbonatación
- \_ Muestreo de hormigón mediante taladro a corona diamantada
- \_ Pruebas de laboratorio en muestras de hormigón para la determinación de las características químico, físicas y mecánicas.



6



7



8

6. Aplicación de puentes estensiométricos en un elemento de acero para la verificación del estado de tensión del elemento en obra

7. Ejecución de un sondeo geotécnico con muestreo doble

8. Ejecución de una prueba de laboratorio en una muestra de toba

## PRUEBAS EN ESTRUCTURAS DE ACERO.

- \_ Pruebas mediante líquidos penetrantes para la determinación de defectos superficiales.
- \_ Análisis magnetoscópico para la investigación de grietas profundas y de imperfecciones.
- \_ Análisis químico – metalográfico (micrografía, microscopía electrónica S. E. M., ataque químico y análisis EDS en las fracturas, verificación de la soldabilidad)
- \_ Pruebas de tracción y flexión a temperatura ambiente
- \_ Verificación de la pareja de apriete de las uniones atornilladas mediante llave dinamo-métrica
- \_ Análisis ultrasónica / especimétrica.

## PRUEBAS EN TERRENOS

- \_ Sondeo a extracción continua de muestras (simple o doble) con muestreo no disturbale.
- \_ Pruebas de resistencia y deformación in situ.
- \_ Análisis para la caracterización geotécnica, pruebas de resistencia y deformación en laboratorio.
- \_ Prospección en foro mediante sonda televisiva miniaturizada.

## SISTEMAS DE MONITOREO Y CONTROL DE LOS EDIFICIOS

### SISTEMAS DE MONITOREO PARA EL CONTROL DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS FÍSICOS

- \_ Sistemas de monitoreo de tipo estático y dinámico para el control del andamio en el tiempo de algunos parámetros físicos
- \_ Verticalidad de paredes, torres y campanarios
- \_ Apertura de lesiones
- \_ Temperatura y humedad relativa
- \_ Desplomes verticales
- \_ Esfuerzos de tracción en las cadenas
- \_ Tensión en elementos estructurales
- \_ Presiones de contacto
- \_ Niveles de falda
- \_ Movimientos de pendientes, escarpes y detecciones

### NIVELACIÓN DE PRECISIÓN Y CONTROL DE LA VERTICALIDAD.

- \_ Medidas topográficas para el control de la verticalidad de los edificios.
- \_ Nivelación de precisión para la verificación de desplomes en el tiempo.



9. Sistema automático de adquisición de datos para el control de las fases de encordado de las barras dywidag utilizadas para la precompresión axial de las estelas de Axum)

10. Carga de las barras de precompresión radial de la estela de Axum y control de las tensiones mediante extensómetros a puente entero unidos a un sistema de adquisición de datos

11. Nivel óptico con lámina pian paralela para la medición de las deformaciones verticales

12. Control de los desplomes de un entrepiso durante las fases de demolición controlada de una pared

13. Prueba de tracción en una barra de fibra de vidrio para el anclaje de racimos rocosos

14. Prueba de carga en un entrepiso en acero

15. Sistema de medición de las deformaciones, constituido de transductores de desplazamiento unidos a un sistema de adquisición y elaboración de datos)

16. Ejecución de una prueba de carga en compresión de pilotes de gran diámetro

## PRUEBAS DE CARGA ESTÁTICAS Y DINÁMICAS.

### PRUEBAS DE CARGA ESTÁTICAS Y DINÁMICAS.

- \_ Pruebas de carga mediante gomas a agua. Medición de las deformaciones con transductores de desplazamiento y sistemas de adquisición de datos en grado de proporcionar en tiempo real las curvas de carga-deformación
- \_ Pruebas de carga a contraste
- \_ Pruebas de rasgadura para la verificación de los anclajes del andamiaje
- \_ Pruebas dinámicas en edificios y viaductos mediante exaltación natural (viento, sismos, tráfico) o por circunstancias externas (vibración, impactos controlados)



## SISTEMAS DE MONITOREO Y CONTROL DE MONUMENTOS

### SISTEMAS DE MONITOREO PARA EL CONTROL DE LAS FASES DE DESARTICULACIÓN DE LA ESTELA DE AXUM-ROMA

18. Vista de la estructura en la fase precedente a la primera desarticulación



19. Vista de la estructura durante la fase de la segunda desarticulación



20. Estructura lista para el corte en la base mediante hilo diamantado



21. Martinete de empuje dotado de anillo de seguridad y transductor de desplazamiento para el control de las deformaciones



22. Grupo de manifolds completos con manómetros y transductores de presión para el control de cargas aplicadas en todos los martinetes





23



24



25



26

23. Puentes extensiométricos para el control automatizado de las fuerzas inducidas en las barras dywidag de precompresión transversal

24. Sensores inclinométricos del tipo servoacelerométrico para el control de la inclinación de la estela en la fase de desarticulación

25. Particular de los transductores posicionados en correspondencia de la junta a desarticular, respectivamente en la estructura metálica y en la piedra de la estela

26. Fase de aplicación de la carga transversal mediante martinetes forados de 500 KN dispuestos en los ángulos opuestos de la estela

## SISTEMAS DE MONITOREO DINÁMICO DURANTE LAS FASES DE TRANSPORTO AÉREO DE LA ESTELA DE AXUM-ROMA

27. Fases de levantamiento y carga de la porción intermedia

28. Particular de los puentes extensiométricos utilizados para el control de la tensión longitudinal de las barras dywidag

29. Acelerómetros triaxiales para el control de la aceleración a la que se sometió la estela durante las fases de aterrizaje y despegue

30. Fase de carga de sillar de base al interior del Antonov 124-100

31. Porción intermedia almacenada al interior de la zona de carga





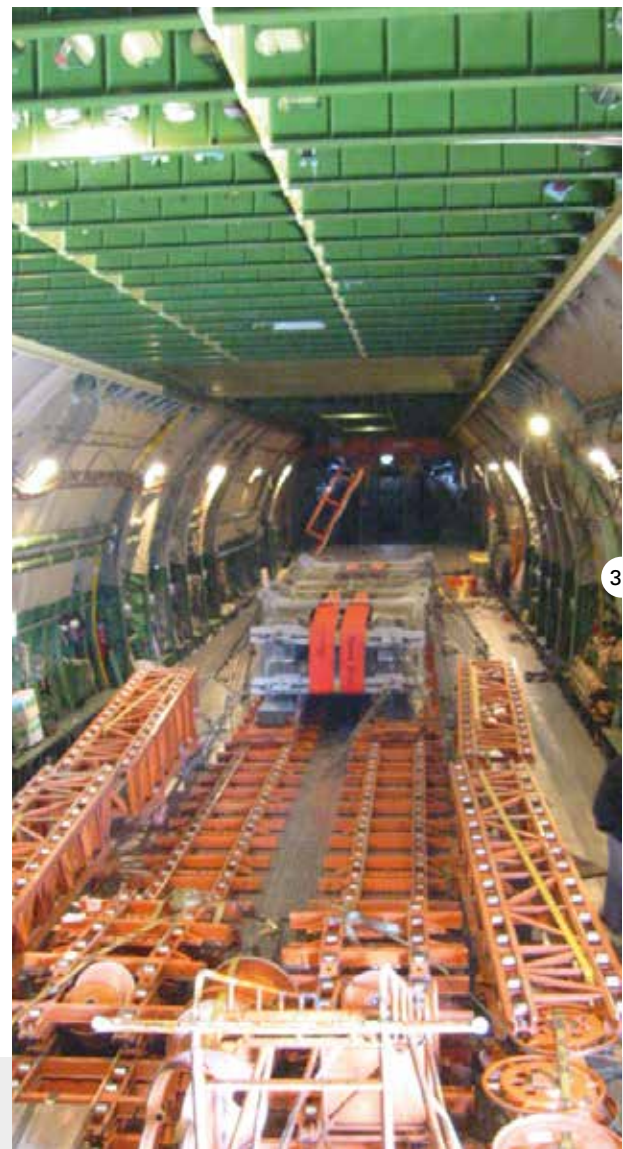
28



29



30



31

Autor  
Massimo Mannucci  
Riccardo De Ponti



LEGNODOC Srl  
info@legnodoc.com  
www.legnodoc.com

# Inspección de estructuras de madera en obra

*Procedimiento y casos aplicativos*

1. La Basílica de la Natividad de Belén durante los trabajos de restauración

2. Detalle de la cubierta – parte superior de la cercha

## Iglesia de la Natividad, Belén (2013-2015) Proyecto internacional de Restauración

Cliente: Piacenti SpA

En dos fases temporales diversas se ejecutó un análisis diagnóstico detallado de las estructuras de madera de la cubierta y del sistema del entablado interno, preliminar a la elaboración del proyecto ejecutivo de la intervención de restauración estructural. Las inspecciones se ejecutaron de acuerdo a la norma técnica italiana UNI 11119:2004, la cual prevé una adecuada inspección visual a distancia cercana de cada una de las partes de las estructuras combinada con la ejecución "in situ" de pruebas no destructivas. En particular, la inspección incluyó el levantamiento detallado de las estructuras (uniones, secciones, etc., incluyendo aquellas no aparentes), la identificación de la especie maderable, la clasificación de acuerdo a la calidad mecánica, la evaluación de la degradación eventualmente presente. El análisis ha permitido evidenciar todas las características tecnológicas de las estructuras y de la carpintería necesaria para establecer la verificación estática en modo riguroso y confiable, además de todas las situaciones de degradación, manifiestas y ocultas, el conocimiento detallado de aquello que era necesario para establecer un adecuado plan de las intervenciones que posteriormente fueron proyectadas y realizadas.



3. Detalle de la cubierta – apoyo del bastidor a la cercha



3

4. Uniones entre elementos de la cercha



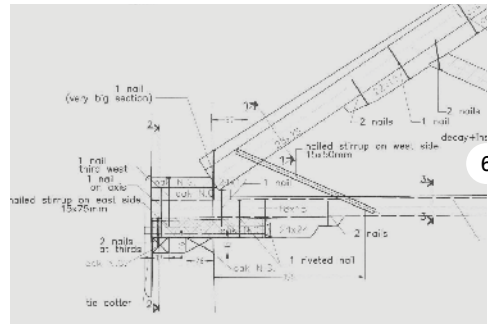
4

5. Detalle de la cubierta – soportes a muro con cadenas con borde externo de madera



5

6. Restitución gráfica del detalle



6

7. Degrado biológico de la cercha en apoyos a muro

8. Degrado biológico de la cercha en ménsulas (caries)



7



8

9. Inspección diagnóstica – técnica resistográfica (prueba en puntal de cercha)

10. Inspección diagnóstica – técnica resistográfica (prueba en ménsula de la cercha)



9



10

11. Inspección diagnóstica – técnica resistográfica (prueba en elemento del entablado)

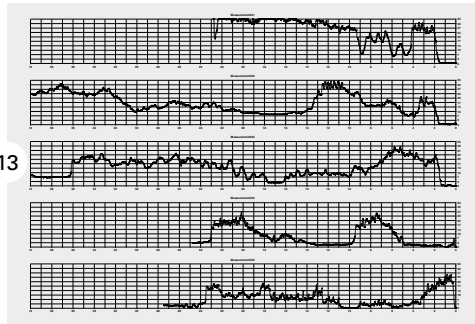


11

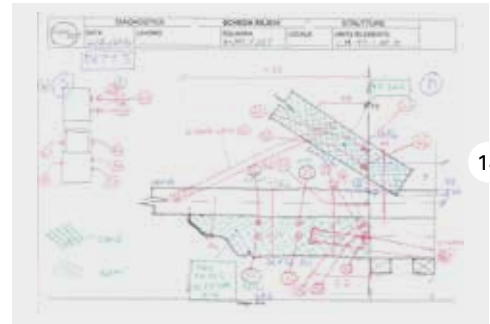


12

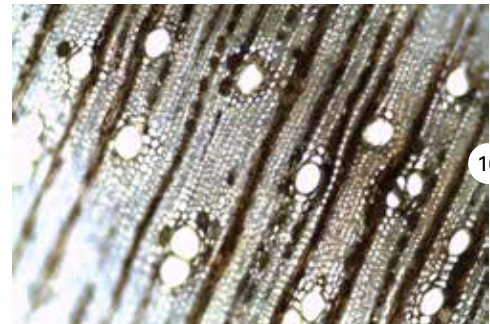
13. Perfiles resistográficos



14. Ejemplos de anotaciones y recolección de datos en cuaderno de obra



15. Identificación de la especie maderable al microscopio



16. La madera vista en microscopio

17. Iglesia de S. Francisco: pilar inspeccionado

18. Análisis sónico: martillo sónico

19. Análisis sónico: acelerómetro

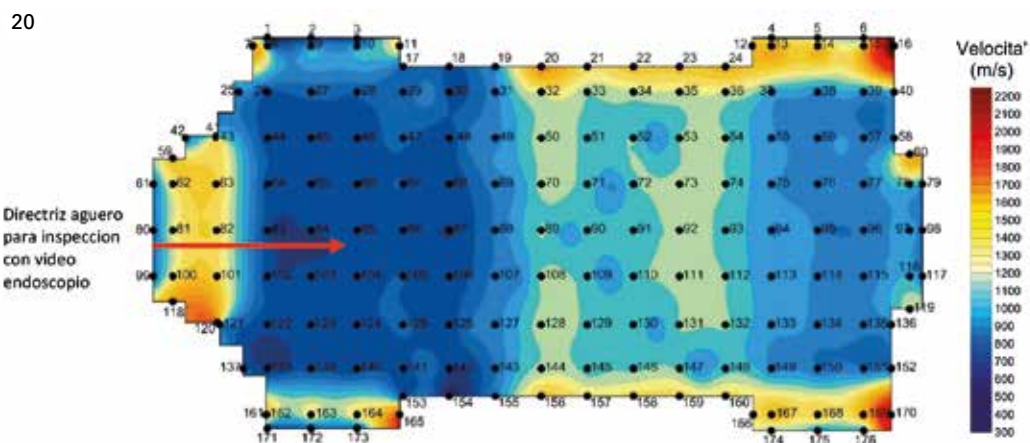
## Técnicas diagnósticas complementarias para localizar elementos de madera no aparentes

La conservación de los edificios históricos se fundamenta en estudios siempre más detallados de las características constructivas de las construcciones arquitectónicas. Las investigaciones conducidas en 2 de las 12 iglesias coloniales situadas en el centro de Santiago de Cuba han rebelado la presencia de elementos de madera ocultos al interior de las estructuras murales o cubiertas por los acabados en yeso. Se condujeron verificaciones estructurales mediante una particular configuración de la técnica sónica por transparencia (tomografía simplificada), basada en trayectorias de prueba ortogonales/cruzadas con el objetivo de identificar interrupciones en la





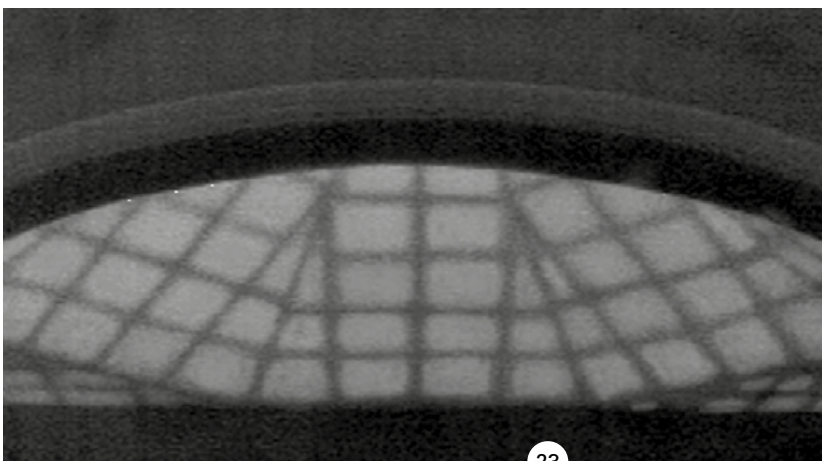
20. Mapa de distribución de las velocidades sónicas. En azul oscuro se evidencia una cala de la velocidad de las ondas sónicas de compresión, debido a la interrupción de los materiales: el muro reviste un horcón de madera



21. Video endoscopio

22. Imagen de la video inspección que demuestra la presencia real de madera dentro el pilar

23. Iglesia de San Luis Obispo, El Caney: imagen térmica (izquierda) y visible (derecha) se aprecia la estructura oculta muy parecida al alfarje de estilo mudéjar



sección de los pilares de los muros debidas a la presencia de horcones de madera. Para una correcta calibración del método propuesto, se condujeron inspecciones limitadas con videoendoscopio en los pilares, en base a los resultados obtenidos durante las pruebas sónicas.

Las estructuras en madera no aparente, aunque estaban ocultas por los acabados en yeso, se estudiaron mediante técnica termográfica, explotando las altas temperaturas ambientales y las diferentes propiedades termofísicas de la madera con respecto a los muros.

24. Vista superior del ex complejo hospitalario de San Agustín – Modena

## Ex hospital S. Agustín MODENA (2013)

Cliente: Candini Arte srl

25. Apoyo de cercha degradado

26. Desconexión entre elementos de cercha (puntal-flecha)

27. Degrado del puntal de cercha

El análisis se ejecutó en el ámbito de un proyecto de reestructuración del complejo exhospitalario por cambio de uso. Este análisis se ocupó de todas las estructuras de madera presentes – entresijos y cubiertas – aparentes y ocultas, identificando la tipología y las características principales. Localmente se ejecutaron análisis más detallados enfocados en la caracterización tecnológica de la madera y en su estado de conservación, también a través de la ejecución de pruebas “in situ” no destructivas (pruebas resistográficas). El análisis permitió hacer conocer al cliente un cuadro general de la situación desde el punto de vista de las tipologías estructurales presentes, de su consistencia y distribución, de su estado de conservación general y particular, útil para la definición de las elecciones proyectuales y para la elaboración del proyecto ejecutivo.



28. Inspección diagnóstica – ejecución de prueba resistográfica en viga oculta de entrepiso



28

29. Inspección diagnóstica – ejecución de prueba resistográfica en viga oculta de entrepiso

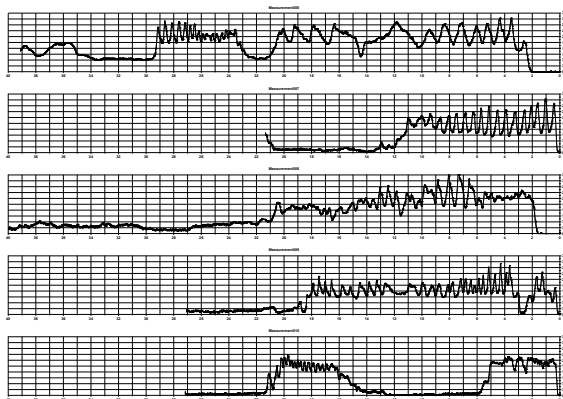


29

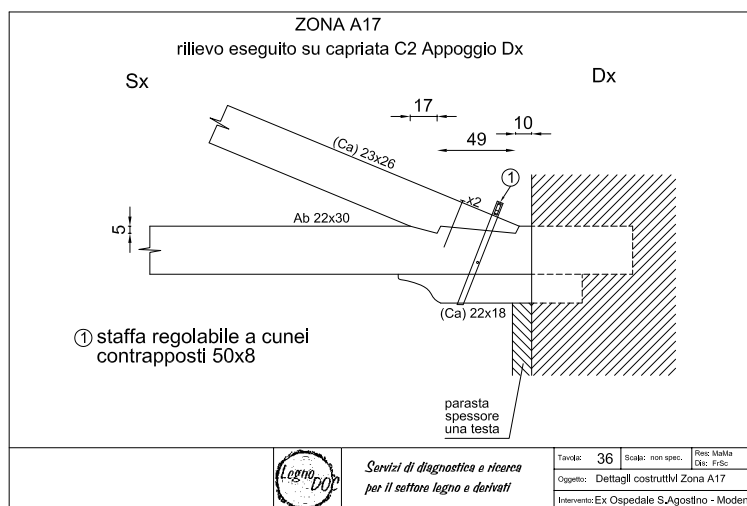
30. Perfil resistográfico

31. Restitución gráfica de los resultados relativos al apoyo de una cercha

30



31



Autor  
Pasquale Crisci  
Gennaro Di Lauro  
Gianfranco Laezza



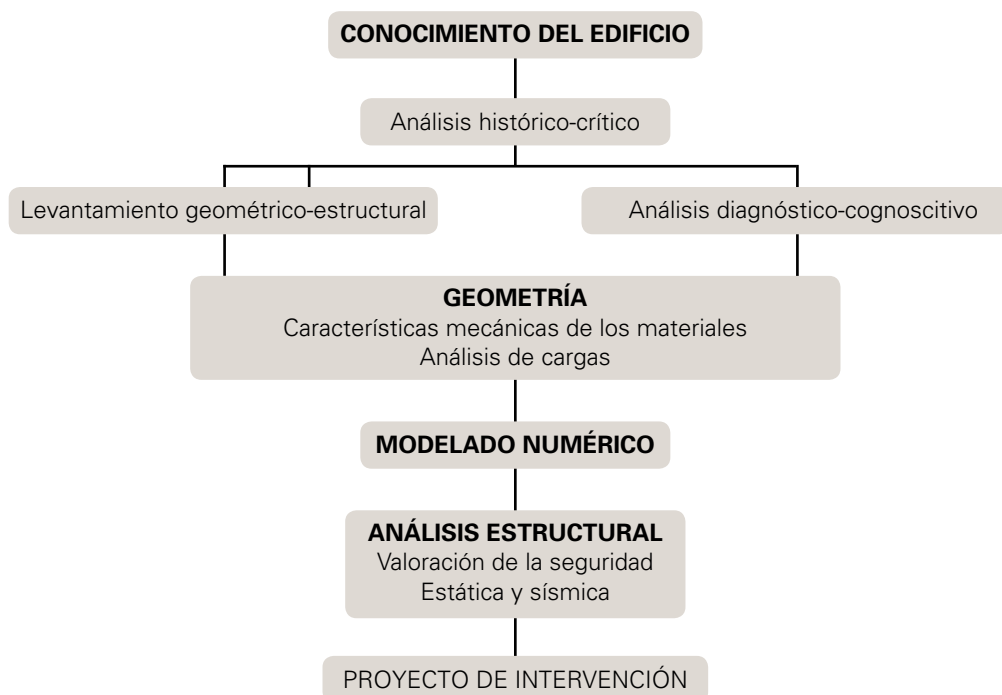
www.airesingegneria.it  
info@airesingegneria.it

# De la fase cognoscitiva al modelado a los elementos finalizados para el análisis estructural de edificios de mampostería

## Introducción

Para preparar el análisis estructural de un edificio existente y el proyecto de intervención:

- \_ Conocimiento de la obra,
- \_ Modelado numérico del sistema resistente



## Conocimiento del edificio

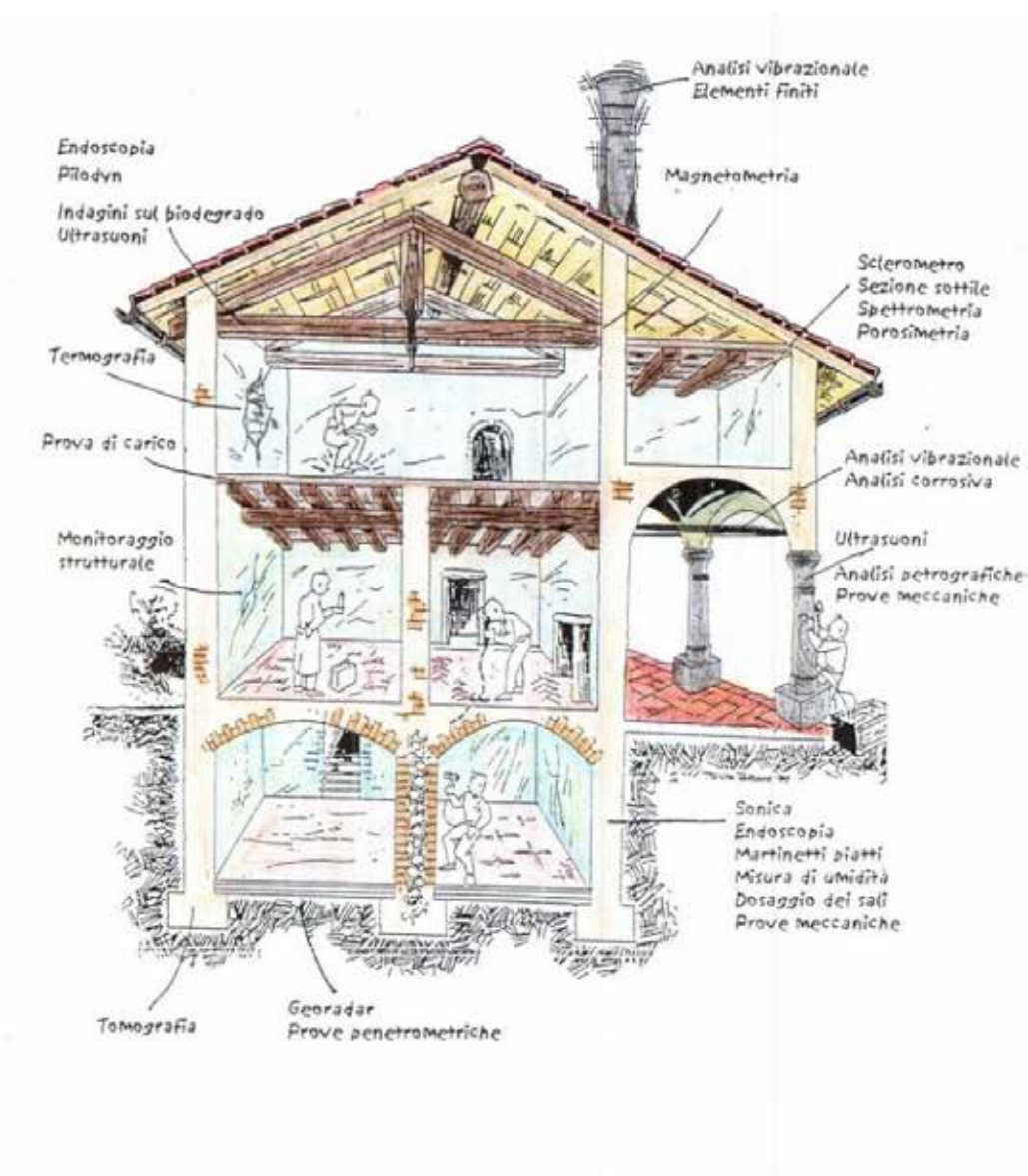
La fase del análisis diagnóstico-cognoscitivo asume un rol indispensable para la definición de las sucesivas operaciones de modelado, análisis y proyectación de las intervenciones.

Por lo tanto, resultan muy importantes los resultados suministrados por las distintas técnicas de análisis.

Los distintos métodos prueba permiten conocer con un grado de confianza suficientemente elevado las características mecánicas de los materiales in situ suministrando los parámetros indispensables para la formulación de un modelo de funcionamiento de la estructura en su totalidad.

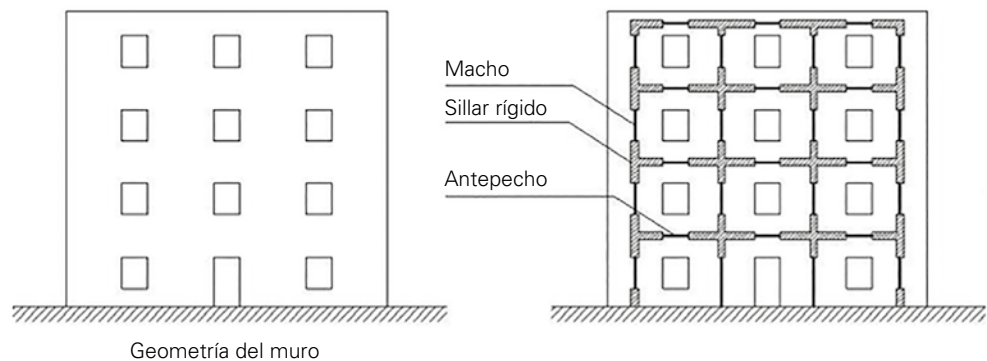
El estudio de las intervenciones a implementar en los edificios existentes es una operación muy delicada, ya sea por la naturaleza particular del problema mismo, que por la incerteza que acompaña el conocimiento de los materiales y la confianza de los resultados de los análisis y de los procedimientos de cálculo.

Es necesario entonces que los datos recolectados con los estudios sean, por calidad y cantidad, completamente representativos de las características de la obra.

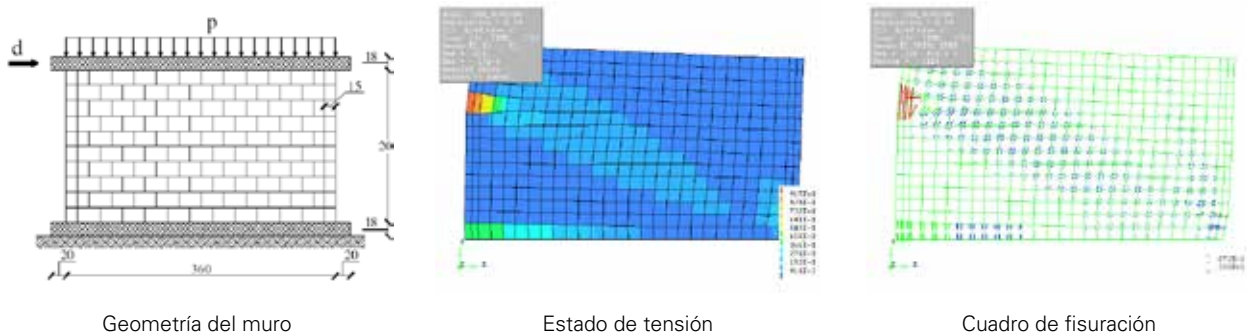


## Modelado numérico

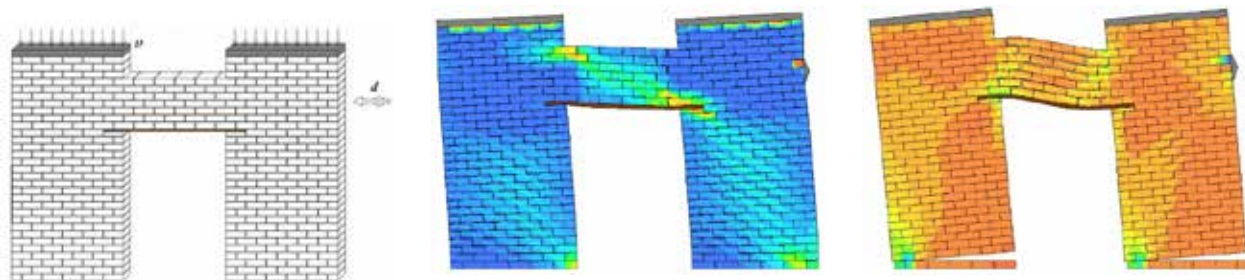
Análogamente, el procedimiento de modelado y de análisis de las estructuras es sumamente delicado. En base a los datos recolectados con los estudios (características geométricas, de materiales y de detalles constructivos) se nos presenta el objetivo de simular de la forma más realística posible el comportamiento estructural en comparación con las cargas verticales y con las acciones horizontales de los sismos. Muy diversos son los procedimientos de modelado que pueden encontrarse en la literatura. Seguramente aquellos más utilizados para el análisis de mecanismos locales de colapso y aquellos globales, se basan en modelos simplificados de tipo a macroelementos los cuales, reduciendo el número de grados de libertad del problema, simplifican el proceso de input y el del output con relativa interpretación de los resultados. Pertenecen a esta categoría, por ejemplo, aquellos métodos que se basan en la esquematización del muro de mampostería como un bastidor equivalente en el cual puntales y travesaños se constituyen respectivamente de paneles machos y vigas de antepecho. Los elementos machos y los elementos de antepecho vienen modelados como elementos viga dotados de rigidez axial, de flexión y de corte. Los nodos de intersección entre machos y antepechos se consideran infinitamente rígidos y resistentes. La crisis de un muro de mampostería por efecto de las acciones horizontales es causada generalmente por la rotura de los paneles que se vuelven más vulnerables por la progresiva pérdida de fuerza de los antepechos.



Se pueden también utilizar métodos a elementos finales más sofisticados que requieren el uso de estrategias de macro-modelado y micro-modelado. En el ámbito del macro-modelado el muro de mampostería generalmente se esquematiza a través de elementos finales (bidimensionales o tridimensionales) que describen el comportamiento mecánico de la mampostería como un material continuo, homogéneo e isótropo.



Los procedimientos de micro-modelado de detalle, se basan en el modelado de componentes individuales que conforman el total de mampostería; en particular vienen modelados los ladrillos y los morteros con elementos continuos. El comportamiento del elemento total viene después regulado por elementos específicos con un comportamiento no lineal que describen las propiedades mecánicas de la interfaz mortero-ladrillo.



Geometría del muro

Estado de tensión

Cuadro de fisuración

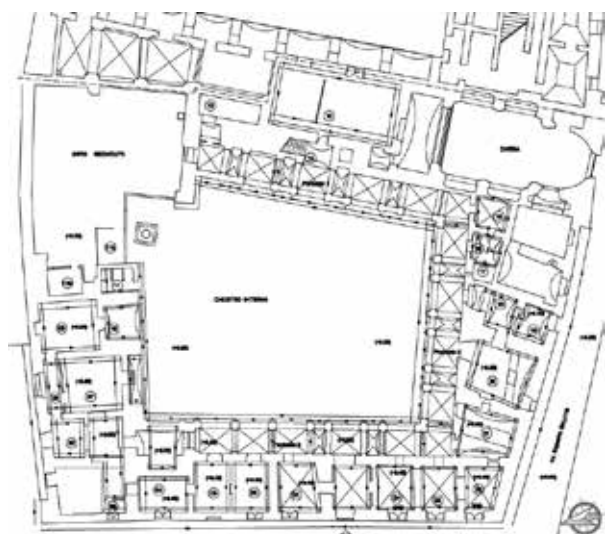
## Complejo del Espíritu Santo Aversa (CE) - Italia

La campaña de estudios y análisis del comportamiento estructural se llevó a cabo en el ámbito del proyecto de adecuación funcional del un ex convento a destinarse como residencia universitaria.

### ANÁLISIS HISTÓRICO-CRÍTICO

El complejo del Espíritu Santo está ubicado en el corazón de la ciudad normanda de Aversa, en la ampliación del siglo XII entre el primer y el segundo anillo radial, en proximidad de la Catedral y del complejo de obispos, sede de las Clarisas de S. Francisco establecidas en Aversa por vez primera en 1562.

Después de la unidad de Italia (1868) el complejo conventual se suprime y es destinado a un Gimnasio. Después de la segunda guerra mundial algunos locales fueron



Planta



Vista externa



1

1. Patio central y porticados internos.

2. Iglesia del Espíritu Santo

3. Prueba con martinete plano doble.

4. Análisis endoscópico

reparados, reconstruyendo las cubiertas, recuperando los muros y sustituyendo los cerramientos y pavimentos.

Con la deslocalización de las escuelas, el complejo que no tenía mantenimiento por falta de uso fue cedido de la municipalidad al ADISU que lo destinó a una residencia universitaria.

El edificio está vinculado de acuerdo al Código de Bienes Culturales italiano.

### LEVANTAMIENTO GEOMÉTRICO-ESTRUCTURAL

Se procedió al levantamiento plano-altimétrico del edificio, con la sucesiva restitución gráfica de plantas, secciones y particulares constructivos.

### ANÁLISIS DIAGNÓSTICO-COGNOSCITIVO.

La campaña de análisis consistió en la ejecución de pruebas enfocadas a la identificación de la tipología constructiva y a la caracterización mecánica de los materiales, además de los detalles constructivos de mampostería, bóvedas, cimentación y entresijos.

Toda esta información se fundamenta para la definición del modelo numérico de cálculo.





5. Prueba de compresión diagonal

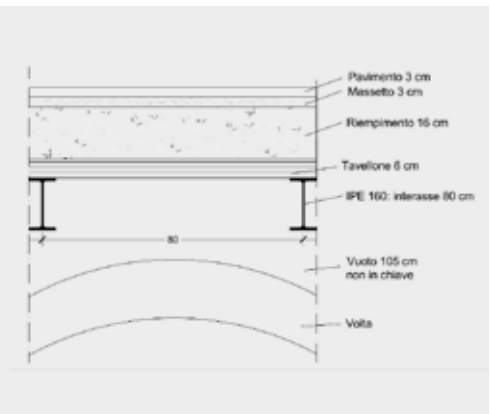
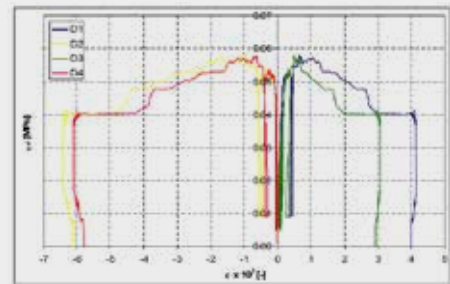
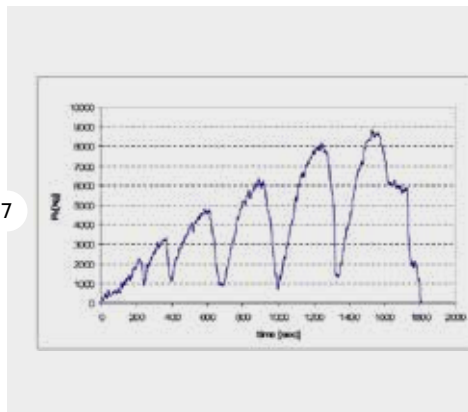
6. Corte a vista

7. Prueba de compresión diagonal: historia de carga

8. Prueba de compresión diagonal: diagrama de tensión-deformación

9. Corte a vista en un entrepiso en fierro sobre una bóveda

10. Corte a vista en cimentación



**Prueba de compresión diagonal en sitio – Metodología de prueba.** La prueba de compresión diagonal tiene el fin de determinar la resistencia y la rigidez al corte de los paneles de mampostería. La prueba se codifica por la norma ASTM E 519-81 y generalmente es realizada en paneles cuadrados de 120 x 120 cm de dimensión. En la versión in situ, el panel se aísla de los muros que lo rodean mediante cuatro cortes realizados con hilo diamantado o sierra circular. La prueba en sitio se diferencia de la de laboratorio por la parte inferior del panel, que se mantiene sujeta a la mampostería del muro; análisis teóricos y numéricos han indicado que tal sujeción, al menos en fase elástica tiene una influencia mínima en los resultados.

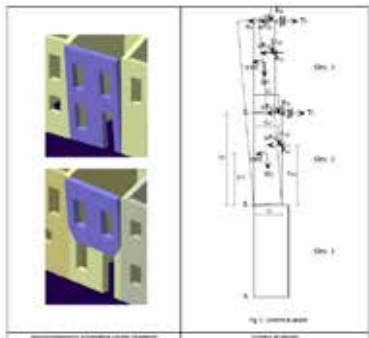
Las herramientas de prueba consisten en una serie de elementos metálicos dispuestos a dos ángulos de una de las diagonales del panel. En uno de estos dos ángulos se posiciona un martinete hidráulico que reacciona entre los dos elementos metálicos, de los cuales, el interno se apoya al ángulo del panel y el externo se une mediante barra de acero al elemento metálico colocado en el ángulo opuesto al primero. Se realiza entonces un sistema cerrado en el cual el martinete estimula al panel a lo largo de la diagonal. El panel está instrumentado con 4 transductores de desplazamiento dispuestos a lo largo de las diagonales en ambos lados, a fin de medir las deformaciones de carga.

## IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA.

Características mecánicas de la mampostería	
Parámetros	valor
$f_m$	36,3 daN/cm <sup>2</sup>
$\tau_o$	0,63 daN/cm <sup>2</sup>
E	10.500 daN/cm <sup>2</sup>
G	3.600 daN/cm <sup>2</sup>
W	16 KN/m <sup>3</sup>

## ANÁLISIS DE CARGAS

VOLTA A BOTTE							
PESO PROPRIO - PERMANENTI STRUTTURALI							
	Peso unità di [kN/m <sup>3</sup> ]	Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Altezza [m]	Peso [KN/m <sup>2</sup> ]	Peso [KN]	Peso [KN]
Tufo	16,0				5,10		
Riempimento 30 cm	16,0	1,00	1,00	0,30	4,80		
Rinfianco	16,0				7,00		
<b>TOTALE</b>					<b>16,90</b>	<b>201,53</b>	<b>40,31</b>
						<i>in c.t.</i>	<b>40,35</b>
PERMANENTI NON STRUTTURALI							
	Peso unità di [kN/m <sup>3</sup> ]	Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Altezza [m]	Peso [KN/m <sup>2</sup> ]	Peso [KN]	Peso [KN]
Intonaco	16,00	1,00	1,00	0,02	0,32		
Massetto	15,00	1,00	1,00	0,00	0,00		
Pavimento					0,40		
<b>TOTALE</b>					<b>0,72</b>	<b>8,59</b>	<b>1,72</b>
						<i>in c.t.</i>	<b>1,75</b>
VARIABILI							
					[KN/m <sup>2</sup> ]	[KN/m]	
Cat. A - Alberghi / Residenze					<b>3,00</b>	<b>1,50</b>	



## MODELADO NUMÉRICO

El modelado de elementos finitos dirigido al análisis del comportamiento estructural del edificio se llevó a cabo en cumplimiento de la Directiva 2011, que establece, para los fines de la evaluación de la seguridad, tres diferentes niveles de análisis exhaustivos de verificación.

En el caso específico, la complejidad estructural del sistema requiere el uso de los tres niveles de verificación.

En particular, se llevaron a cabo los siguientes procedimientos:

**Verificación de la resistencia global simplificada - LV1;**

**Verificación de los mecanismos de fallo local - LV2;**

**Verificación de la resistencia global precisa - LV3.**

### NIVEL LV1

El análisis global simplificado se ejecutó para conocer el estado actual, el método simplificado "VM – Valoración de la vulnerabilidad de edificios en Mampostería". La resistencia global del edificio se evaluó para cada planta como una sumatoria de las resistencias al corte de los muros de mampostería individuales.



Nivel LV2 –  
representación  
esquemática de  
muro en inclinado y  
esquema de cálculo

### NIVEL LV2

Los análisis de mecanismos locales de colapso se llevaron a cabo de acuerdo al punto C8A.4 de la Circular NTC. Gracias a un análisis atento de la geometría del edificio, fue posible identificar macroelementos susceptibles a inestabilidad e hipotizar los relativos mecanismos locales. En particular, se individuaron y analizaron los siguientes mecanismos de colapso: inclinación simple de muro monolítico, inclinación compuesta de cuña diagonal, rotura por flexión vertical, ecc.

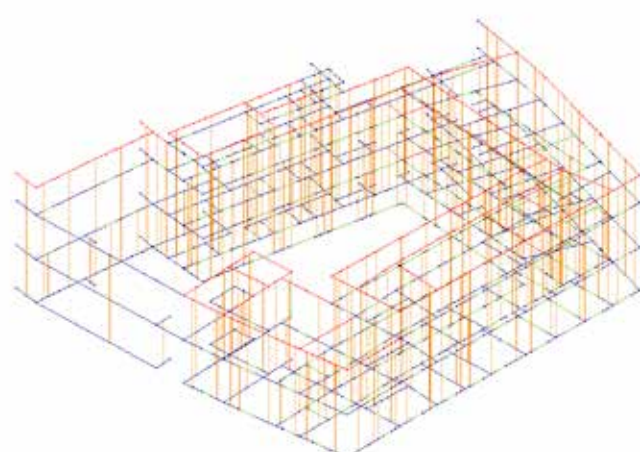
### NIVEL LV3

Los análisis numéricos globales y sus relativas verificaciones se condujeron bajo el modelo a bastidor equivalente utilizando el método de análisis estático no lineal – pushover de acuerdo al procedimiento presentado por la NTC 2008 y su relativa circular 617/2009. Particular atención se puso al hecho de que el edificio se encontrara en un complejo edilicio. Se analizaron y tomaron en cuenta todas las interferencias con las construcciones antiguas.

La evaluación de la seguridad se condujo respetando el Cap. 8 de las "NTC", para el "Estado Límite Último – SLU (por sus siglas en italiano)", con referencia al "Estado Límite de Daño – SLD (por sus siglas en italiano)" y al "Estado Límite de Operatividad – SLO (por sus siglas en italiano)".



Nivel LV3 – vista global del modelo



Nivel LV3 – vista FEM de la estructura – Modelo a bastidor equivalente

quaderni di assorestauro

# QA stories

JUNIO 2016 | CUBA 01



## assorestauro®

Via Londonio 15 - 20154 Milano - Italy  
Tel/Fax +39 02-3493.0653  
segreteria@assorestauro.org  
www.assorestauro.org