

## EL INGENIERO RESTAURADOR Y LOS EDIFICIOS DE NUEVA YORK

### THE PRESERVATION ENGINEER AND THE BUILDINGS OF NEW YORK

Gabriel Pardo Redondo<sup>a</sup>, Donald Friedman<sup>b</sup>, Berta de Miguel Alcalá<sup>c</sup>

a, b. Ingenieros / Engineers, Old Structures Engineering.

c. Arquitecto restaurador / Architectural conservator and New York Branch Manager at Vertical Access.



1. El Woolworth Building durante su construcción en 1912 / Woolworth Building during construction in 1912. Manhattan. Library of Congress. Prints & Photographs Division, George Grantham Bain Collection, LC-B2-2416-5.

**Palabras clave:** Primeros rascacielos, estructuras históricas modernas, Nueva York, conservación del patrimonio

La ciudad de Nueva York reúne una de las mayores concentraciones de edificios históricos construidos entre 1850 y 1940 en el mundo, siendo un enclave único del patrimonio arquitectónico moderno. Estos edificios, muchos de ellos de gran altura, se realizaron con diseños, materiales y técnicas actualmente en desuso. El papel del ingeniero restaurador combina el conocimiento de las estructuras y edificios históricos con las técnicas modernas de análisis y diseño estructural, con el fin de mantener, adaptar y restaurar de la manera más respetuosa y eficiente posible los edificios que constituyen el alma de la ciudad de Nueva York. El presente artículo expone el trabajo del ingeniero restaurador en la ciudad de Nueva York con una introducción sobre la tipología de edificios históricos más comunes, así como una breve presentación de los proyectos de restauración, agentes participantes, objetivos, financiación, etc. Por último se exponen dos casos de estudio.

\*Texto original: inglés. Traducción al castellano: Autores

**Keywords:** Early Skyscrapers, Historic Modern Structures, New York, Preservation

*New York City gathers one of the highest concentrations of historic buildings built between 1850 to 1940 in the world, being one of the hubs for the modern architecture heritage. These buildings, some of them among the tallest, were built with design systems, materials and construction techniques which are no longer in use. The role of the preservation engineer combines the knowledge of the historic structures and buildings with the modern techniques of structural analysis and design. With the goal to maintain, adapt, and restore in the most respectful and efficient way the buildings which shape the soul of New York City. This article aims to present the work of the preservation engineer with an introduction of the typology of the historic buildings most often found in the city, as well as exposing a brief regarding the restoration projects, the professionals, the goals, the funding, etc. Lastly two case studies are exposed.*

\*Original text: English. Spanish translation: Authors

Cuando la palabra “conservación” o “restauración” viene a la mente, la tendencia es imaginar iglesias románicas, castillos medievales o palacios renacentistas. No es muy común imaginar edificios históricos construidos con estructuras de acero de 20 plantas o más de altura. Ésta es la esencia de los edificios de la ciudad de Nueva York, donde la conservación del patrimonio está dirigida a un peculiar y diverso grupo de edificios modernos.

Los proyectos de intervención y restauración en la ciudad de Nueva York combinan diferentes tipos de profesionales y disciplinas. Los arquitectos, arquitectos especializados en restauración, ingenieros de instalaciones e ingenieros de estructuras son las figuras más comunes que se pueden encontrar, aunque también en ocasiones se requieren especialistas como asesores de impermeabilización, especialistas siderúrgicos, especialistas en corrosión,

ingenieros geotécnicos o ingenieros especializados en apuntalamientos, por citar algunos ejemplos. Cada uno de los arquitectos e ingenieros de estructuras y de instalaciones son responsables de su propio trabajo y cada uno presenta sus planos y pliegos directamente al ayuntamiento sin mediación de colegios profesionales. Al contrario de varios países, como el caso de España, donde el arquitecto es el máximo responsable del proyecto de restauración, en la ciudad de Nueva York su papel en el proyecto puede variar enormemente desde arquitecto líder un asesor o, simplemente, no existir si el proyecto no lo precisa.

En este contexto aparece el ingeniero restaurador o *preservation engineer*, que es un ingeniero especializado en restauración y edificios históricos cuyo punto fuerte es analizar y entender las estructuras antiguas para repararlas o reforzarlas. La mayoría de edificios en

la ciudad de Nueva York fueron construidos entre 1850 y 1940 con una gran variedad de materiales y un sinnúmero de patentes de sistemas estructurales desarrollados entre finales del siglo XIX e inicios del siglo XX.

El presente artículo tiene dos objetivos principales. El primero presentar el trabajo del ingeniero restaurador en la ciudad de Nueva York. Y el segundo es sensibilizar del interés cultural de las estructuras históricas como un valor inherente e intrínseco de los edificios históricos.

### UNA PINCELADA HISTÓRICA

Los orígenes de la ciudad de Nueva York se remontan a los primeros asentamientos holandeses de la zona en el primer cuarto del siglo XVII. Este pequeño asentamiento, llamado Nueva Amsterdam, estaba situado en la punta sur de la isla de Manhattan y estaba delimitado por una empalizada

When the work “preservation” comes to mind the tendency is to picture Romanesque churches, medieval castles, or renaissance palaces. It is unusual to imagine historic buildings made of steel rising 20 stories from the ground. This is the essence of the New York City buildings, where the preservation of architectural heritage is directed towards a unique and diverse assortment of modern buildings.

Preservation projects in New York City combine different types of professionals and disciplines. Architects, architectural conservators, mechanical engineers and structural engineers are the most typical, although some projects may include specialists such as waterproofing consultants, metal specialist, corrosion special-

ists, geotechnical engineers, and shoring specialists among others. Architects, structural engineers, and mechanical engineers are responsible of its own work and they file their part of the project under its own liability. Unlike other countries where the architect is the maximum responsible of a restoration project here his or her role may vary from being the leading architect, to a consultant, or just being inexistent if no architectural work is required.

In this context appears the preservation engineer, a structural engineer specialized in preservation and historic buildings whose specialty is analyzing and understanding old and historic structures to repair or strengthen them. Most of the historic buildings in New York City

were built between 1850 to 1940 with a great variety of materials and a countless number of patented structural systems developed in the late 19th Century and early 20th Century.

This paper aims two objectives. One is to expose the work of the preservation engineer in the particular case of New York City. And the second is to raise awareness of the cultural value of historic structures as an intrinsic part of historic buildings.

### HISTORICAL BACKGROUND

The origins of the city of New York date back to the Dutch settlement in the first quarter of the seventeenth century. This small settlement, named New Amsterdam, was located at the south tip of the island and was delimited



2. Vista aérea de la ciudad de Nueva York en 1856.
2. View of the city of New York in 1856.

Fuente / Source: N. Currier, P. & Parsons, C. (ca. 1856) City of New York / sketched and drawn on stone by C. Parsons. New York: Published by N. Currier. [Image] Retrieved from the Library of Congress, <https://www.loc.gov/item/90715981/>.

3. Edificio del Crystal Palace construido en 1853 en Nueva York.
3. The 1853 New York Crystal Palace.

Fuente / Source: The Miriam and Ira D. Wallach Division of Art, Prints and Photographs: Print Collection, The New York Public Library. "New York Crystal Palace ...." The New York Public Library Digital Collections. <http://digitalcollections.nypl.org/items/5e66b3e8-c3f8-d471-e040-e00a180654d7>.

4. El Tribune Building (1874).
4. The Tribune Building (1874).

Fuente / Source: Hunt, Richard Morris, Architect, photographer by Holmes, S. A. , 1819 Or. [Tribune Building, New York City / S. A. Holmes, New York]. [after, 1875] Image. Retrieved from the Library of Congress, <https://www.loc.gov/item/2010649584/>.

5. Fotografía del frente de la ciudad de Nueva York en 1900 desde el río Hudson.
5. New York City from the Hudson River in 1900.

Fuente / Source: Geo. P. Hall & Son, C. C. (1900) [New York City, 1900]. [Image] Retrieved from the Library of Congress, <https://www.loc.gov/item/2007661108/>.



2



3



4



5

de madera a modo de muro de protección, donde actualmente se encuentra la calle de Wall Street. La ciudad fue pacíficamente entregada a Gran Bretaña en 1664, cambiando el nombre al actual Nueva York. Después de la Guerra de la Independencia (1775-1783) la ciudad empezó a crecer desde su enclave original, al sur de la isla, hacia el norte de acuerdo al plan urbanístico en retícula aprobado en 1811. Desde principios del siglo XIX la ciudad tuvo un papel importante en la industrialización y economía del país; una prueba de ello es la celebración en 1853 de la Exhibición Internacional de Todas las Naciones albergada en la ciudad con su edificio estrella, el New York Crystal Palace. El Crystal Palace (fig. 3) fue el primer edificio de gran envergadura construido con estructura metálica en Estados Unidos (Gayle & Gayle, 1998). La época dorada de la ciudad (1870 – 1890)

aceleró la construcción de edificios en una ciudad que demandaba, tanto viviendas para un gran número de inmigrantes como también negocios. Los primeros edificios en altura, de diez plantas o más, fueron el edificio Tribune (1874) (fig. 4) con 70 m de altura y el edificio Washington (1882) con 46 m de altura. Éstos marcaron el punto de inicio del rápido desarrollo de los rascacielos que tendría su boom entre finales de siglo XIX y principios del XX. A finales del año 1900 había en todo Estados Unidos 443 edificios con 10 plantas o más. En 1907, tan solo 7 años después, había 568 edificios de 10 plantas o más solamente en la ciudad de Nueva York (The American Architect, 1907).

### EDIFICIOS PROTEGIDOS

En la ciudad de Nueva York hay actualmente más de 33.000 edificios catalogados como protegidos, muchos de los cuales están situados en los

114 distritos protegidos y 20 distritos históricos protegidos (Landmark Preservation Commission, 2016). El organismo responsable de la designación de edificios o barrios históricos o protegidos es la Landmark Preservation Commission (LPC) fundada en 1965 después de las protestas sociales contra la demolición de edificios singulares de la ciudad como la espléndida Penn Station diseñada por la firma McKim, Mead & White (fig. 6). La LPC es la responsable de proteger y regular los edificios y barrios de la ciudad con valores arquitectónicos, históricos y culturales relevantes. También supervisan y aprueban cualquier intervención en estos edificios y barrios, revisan los planos, los materiales, los nuevos volúmenes, la estética, etc. Sin la previa aprobación de la LPC un proyecto no puede ser aprobado por el Departamento Edificio de la ciudad y por lo tanto no puede solicitar el permiso de obras.

on the north side by a wooden wall, where Wall Street is now located. The city was peacefully transferred to the British in 1664, changing the name to the current New York. After the War of Independence (1775 – 1783) the city started to grow at a fast pace from the original city towards the north based on the grid street plan of 1811. Since the first half of the 19th century the city had an important role in the industrialization and economy of the country; proven of this is the hosting of the International Exhibition of All Nations in 1853, and the construction of its masterpiece, the New York Crystal Palace (fig. 3), the first large building constructed with a metal structure in the United States (Gayle & Gayle, 1998). The Gilded Age (1870 – 1890) speeded

up the construction process for a city demanding housing for a large number of people, along with lucrative business. The first tall buildings such as the Tribune (1874) (fig. 4) 70 meters high, or the Washington Building (1882) 46 meters high, marked the starting point of the rapid development of the high-rise buildings which had its peak at the end of the 19th century and beginning of the 20th century. At the end of 1900 there were 443 building 10 stories or taller in all the country. In 1907 there were 568 building 10-stories or taller only in New York City (The American Architect, 1907).

### LANDMARK BUILDINGS

In New York City there are more than 33.000 landmarked buildings most of

which are located in the 114 landmark districts and the 20 historic district extensions (Landmark Preservation Commission, 2016). The association responsible for the landmark designation is the Landmark Preservation Commission (LPC) founded in 1965 after the social protest against the demolition of the splendid Penn Station designed by the firm McKim, Mead & White (fig. 6). The LPC is responsible for protecting New York City's architecturally, historically, and culturally significant buildings and sites, and regulating them once they're designated. The LPC supervises the drawings, materials, and new volumes of an intervention in a landmark building or district. Without the approval of the LPC a project that affects a landmark cannot be ap-



## FINANCIACIÓN

Según la LPC y la experiencia de los autores, la mayoría de los edificios protegidos pertenecen a personas o empresas privadas. El coste de un proyecto de restauración en un edificio protegido se financia por sus propietarios o empresas inmobiliarias de inversión, por lo que el proyecto de restauración se convierte en la gran mayoría de ocasiones en una inversión económica. En contrapartida, la escasez generalizada de fondos públicos destinados a la conservación del patrimonio no suele ser suficiente para reparar o incluso mantener los edificios protegidos de titularidad pública. Esto deja la salvaguarda de edificios históricos en manos de propietarios privados con grandes fortunas. Los eventos y galas para recaudar fondos están a la orden del día en la sociedad neoyorquina y placas o rótulos con los nombres de los donantes se pueden encontrar en bibliotecas, edificios, estatuas e incluso bancos de Central Park.

proved by the Department of Buildings (DOB) in order to get the work permit.

## FUNDING

According to the LPC and our own experience, the majority of the landmark buildings are private-owned. The expense of a restoration project in a landmark building is funded by the owner or real-estate investment firms, so that the restoration of the building becomes in most cases an economic investment. In the same line, the low public budget for preservation is, in general, insufficient to restore or even preserve the historic public-owned buildings and structures. This leaves the preservation of the buildings to private money funds. The fund

## LAS ESTRUCTURAS DE LOS EDIFICIOS HISTÓRICOS

En términos generales las estructuras de edificios históricos de la ciudad se pueden clasificar en tres grupos dependiendo de los materiales empleados y su cálculo. Las estructuras pueden ser no calculadas, obsoletas o arcaicas. Una estructura no calculada es aquella construida sin ningún tipo de análisis racional y con el único pensamiento en su diseño que seguir las reglas tradicionales y empíricas de la época. Una estructura obsoleta es aquella calculada mediante un análisis racional según los códigos y normativas de la época en que se construyó que, sin embargo, no cumple los estándares y códigos actuales. Una estructura arcaica es aquella calculada siguiendo los estándares y códigos de la época que todavía cumple con los estándares actuales, aunque fue construida con materiales o sistemas constructivos desfasados o en desuso.

raising campaigns are well established in the New York society, and plaques and signs with the donors' names are found in libraries, buildings, statues, and even benches of Central Park.

## HISTORIC BUILDING STRUCTURES

In broad terms the historic structures of the New York City building are classified in three groups depending on their materials and design. The structures can be undesigned, obsolete, or archaic. An undesigned structure was built without any type of rational analysis, and without too much thought on its design more than to meet the traditional standards and empiric experience. An obsolete structure was designed by a rational analysis

La clasificación anterior engloba diferentes tipos de edificios: por ejemplo, los edificios con muros de carga o los edificios con estructura de fundición, ambos serían clasificados como estructuras no calculadas. Los primeros edificios con estructura metálica serían clasificados como estructuras obsoletas y los primeros rascacielos serían clasificados como estructuras arcaicas. A continuación se expone una clasificación y una breve explicación de los tipos de edificios históricos más comunes en la ciudad de Nueva York.

- Edificios de muros de carga (fig. 7). Este tipo de edificios fueron construidos con muros de fábrica de ladrillo sin refuerzo que variaban su espesor a lo largo de la altura del edificio. En este tipo de edificios dos de los muros soportaban las cargas de los forjados mientras que los otros dos solamente soportaban su propio peso. Los forjados se realizaban con viguetas de madera espaciadas aproximadamente 40 cm.

meeting the requirements and codes of the time it was constructed, however it does not longer meet the current standards or codes. An archaic structure was designed to meet the standards and code of its time and still meets the current codes, although it was constructed with materials or construction systems no longer in use.

The previous classification comprises different types of buildings, for instance the bearing wall buildings and cast iron buildings would be classified both as undesigned structures. The early-metal-frame buildings would be classified as obsolete structures. And the early-steel-skeleton buildings would be classified as archaic structure.

Los edificios eran generalmente de baja altura y se construyen hasta inicios del siglo XX. El diseño de su estructura no seguía principios de ingeniería sino más bien los estándares definidos en los códigos edificatorios de la época, que estaban basados en diseños empíricos y tradición constructiva (Fryer, 1887). Estos edificios solían tener un ratio altura-anchura pequeño por lo que la rigidez de los muros exteriores era suficiente para estabilizar el edificio.

- Edificios con fachadas de fundición (*cast-iron facade buildings*) (figs. 8, 9 y 10). Este tipo de edificios se definen por la utilización de elementos de fundición o hierro colado como columnas, vigas o dinteles, principalmente en sus fachadas. Se volvieron populares entre las décadas de 1850 y 1870 por tres motivos principales: mayor luz en los espacios interiores, mayor rapidez de ejecución y mayor seguridad frente al fuego (Friedman, 2010a). El uso de estos edificios era industrial, comercial

Below there is a summary and a brief explanation of the most common type of historical buildings in New York City.

- Bearing wall buildings (fig. 7). This type of buildings are made of unreinforced self-standing brick bearing walls of different thickness along their height. In a typical building of this kind two of the exterior walls are bearing walls supporting the floor loads, while the other two walls are self-standing and do not support floor loads. The floor framing are most often made of timber joists spaced approximately 40 cm. This type of structures are generally low-rise buildings built until the beginning of the 20th Century. Their design did not follow an engineering process but the standards given in the

o para pequeñas manufacturas, aunque en la actualidad se cotizan al alza como apartamentos y oficinas en barrios como el SoHo. Los edificios tenían generalmente cinco o seis plantas de altura, con una esbeltez o ratio altura-anchura generalmente baja. No se pueden llegar a clasificar como edificios con estructura metálica sino más bien como una versión mejorada de edificios de muros de carga, donde las fachadas exteriores han sido substituidas por una estructura metálica. Debido a la baja rigidez de las conexiones entre vigas y columnas de fundición y a la reducción de masa en los muros exteriores, estos edificios eran sensibles a fuerzas horizontales.

- Primeros edificios con estructura metálica. Entre 1880 y 1900 se combinaron las técnicas constructivas tradicionales con nuevas tecnologías constructivas dando como resultado tipos de estructuras singulares y diversos con el objetivo de satisfacer la demanda de edificios en altura. Su construcción

building codes of the time which were based on empiric design and traditional construction (Fryer, 1887). These buildings have a low height-to-width ratio and the stiffness of the exterior walls are capable to stabilize the building.

- Cast-iron facade buildings (figs. 8, 9 & 10). These types of buildings are defined by the use of structural cast-iron elements such as columns, lintels, or beams. They became popular between 1850 and 1870 because of three principal advantages: more sun-light inside the building, higher speed of erection, and safety against fire (Friedman, 2010a). They were used in industrial, commercial, or manufacturing buildings, although now they are highly prized as apartments and

6. Sala principal de espera de la Penn Station en Nueva York construida en 1915 y demolida en 1963.  
6. New York Penn Station, main waiting room. The building was built in 1915 and was demolished in 1963.

Fuente / Source: Historic American Buildings Survey, Cervin Robinson, Photographer. May 10, 1962, Waiting room from northwest. Library of Congress. <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/hhh.ny0411/photos.119994p>.

7. Puck Building (1885), Manhattan. Edificio de muros de carga. Fotografía: Gabriel Pardo Redondo.  
7. Puck Building (1885), Manhattan. Brick bearing wall building. Photography: Gabriel Pardo Redondo.



6



7





8



9



10

correspondía por tanto a una evolución en el campo de la ingeniería estructural, aunque no estuvieran debidamente estudiados conceptos como las fuerzas horizontales de viento o los efectos de momentos secundarios. Existen dos tipologías de edificios en esta clasificación, las estructuras de jaula metálica (*cage construction*) y las estructuras híbridas.

- Las estructuras de jaula (*cage construction*) (fig. 11) se popularizaron alrededor de 1880 para edificios con más de seis plantas de altura (Friedman, 2010b). Estas estructuras eran una combinación de estructura metálica en su interior, utilizando acero, hierro forjado o hierro de fundición y muros autoportantes de albañilería en sus muros exteriores. Los muros exteriores estaban exentos de la carga de los forjados. Dada la flexibilidad de las conexiones entre las vigas y las columnas y el escaso uso de

offices in areas like SoHo. They are generally five or six story tall, with low slenderness ratios. They cannot be classified as metal-structure buildings but rather an upgraded version of the bearing wall buildings with metal-structure facades.

Due to the lack of rigidity in the beam-to-column connections, and the reduction of the mass in the walls, these buildings are sensitive to horizontal forces such as wind or seismic.

• Early metal frame buildings. Between 1880 and 1900 a combination of traditional construction with new technology construction gave as a result different and unique type of structure to fill the demand for taller buildings. Their construction corresponds to an evolution in the structural engineering design although concepts as wind forces or secondary

diagonales y cruces de arriostramiento, los muros exteriores de albañilería actuaban como estabilizadores de la estructura frente a cargas horizontales, aunque no estuvieran probablemente calculados. En 1904, tras el colapso del edificio de apartamentos Darlington (59 W 46th Street) con la muerte de veinticinco personas, las estructuras de jaula dejaron de ser utilizadas.

- Estructuras híbridas, que no tienen un patrón que las defina porque su diseño y construcción dependían de la creatividad de los arquitectos e ingenieros. Un buen ejemplo de este tipo de estructuras es el Tower Building (fig. 12), un edificio de 11 alturas con una anchura de tan solo 6,5 m construido en 1889 en el número 50 de Broadway. Las seis plantas inferiores de esta estructura híbrida se realizaron con estructura metálica de columnas de fundición y vigas de hierro forjado. Las cinco plantas superiores se realiza-

effects were not properly encountered. The buildings may be classified as cage construction, and hybrid structures.

- Cage construction buildings (fig. 11). This type of structures became popular around 1880 for building taller than six stories (Friedman, 2010b). The structure is a combination of metal structure in the interior, using steel, wrought iron, or cast iron and self-supporting masonry walls on the exterior walls. The exterior walls are released from floor loads. The flexibility of the beam-column connections and the scarce use of diagonal bracing left the lateral stability to the exterior masonry walls, which might not be engineered. In 1904 the Cage system stopped to be used after the collapse of the Darlington Apartments (59 W 46th Street) with the death of twenty-five people.



ron con estructura de muros de carga. Su gran esbeltez (ratio altura-anchura 6:1) se palió con un sistema de diagonales de arriostramiento en toda su altura a modo de cercha Warren de diagonal única. La parte superior realizada de muros de carga estabilizaba la estructura contra el vuelco bajo la carga de viento, por lo que se demuestra que la estructura había sido racionalmente diseñada (Friedman & Pardo Redondo, 2014).

- Estructuras con esqueletos de acero (figs. 13 y 14) empezaron a construirse en la década de 1890, prácticamente idénticas a las modernas estructuras metálicas. Todos los elementos de la estructura principal, pilares, vigas, diagonales, etc. estaban realizados con acero laminado. El acero laminado empezó a ser accesible después de que Andrew Carnegie fundara la fábrica Edgar Thomson Steel Works en 1873. El precio, la variedad de formas, la rapidez

de ejecución y la mayor resistencia del acero frente a otros metales lo convirtieron en el elemento estructural óptimo para los grandes edificios que se proyectaban en la ciudad. En un primer momento, los forjados se realizaban con bovedillas cerámicas (fig. 15), losas de hormigón reforzado con mallazos en forma de catenaria, losas de hormigón pobre o losas de hormigón sobre chapa metálica grecada. Las fachadas de estos edificios no eran parte de la estructura por lo que se convertían en fachadas cortina ancladas a las vigas perimetrales de cada planta. Las conexiones entre los elementos estructurales se resolvían principalmente con roblones (fig. 16 hasta la aparición de los tornillos de alta resistencia en 1960 (AISC, 1987). La estabilidad frente a cargas horizontales de viento se resolvía bien mediante conexiones rígidas, diagonales o muros de hormigón.

- Hybrid structure buildings. There is not a pattern to define this type of structures because they were designed and built out of the creativity of the architects and engineers. A good example of this is the Tower Building (fig. 12), an 11-story tall 6.5 meter wide building constructed in 1889 at 50 Broadway. The hybrid structure was made of metal structure with cast-iron columns in its six lower stories, and from the seventh floor up the structure changed to a bearing-wall system. Due to the high slenderness (height-to-width ratio 6:1) a cross bracing system was installed in the form of a single diagonal Warren truss running in all its height. In addition, the weight of the brick-bearing walls in the top stories stabilized the building against overturning moments showing that this structure

was a rational-designed construction (Friedman & Pardo Redondo, 2014).

- Steel skeleton buildings (figs. 13 & 14). Steel skeleton structures started in the 1890s and they differed little to the modern steel-skeleton structure seen nowadays. The structural elements, beams, columns, diagonals, etc, composed the main structure and were made of rolled steel. The rolled steel beams became accessible after Andrew Carnegie opened the Edgar Thomson Steel Works in 1873; the price, the variety of shapes, the speed of erection, and the higher strength led to use steel over wrought iron or cast iron. The floor infill was first resolved with terra-cotta blocks (fig. 15), concrete draped-mesh slabs, cinder concrete slabs, or later with concrete slabs over metal deck. The facade became merely cur-

8. Vista de la calle Greene Street en el barrio del SoHo, Nueva York, con los característicos edificios con fachadas de fundición.

8. Cast-iron building in Greene Street, SoHo, New York.

9. Haughwout Building, 490 Broadway (1857), Manhattan. Edificio con fachada de fundición.

9. Haughwout Building, 490 Broadway (1857), Manhattan. Cast-iron building.

10. Edificio con fachada de fundición construido en 1870 en la calle Broadway, barrio del SoHo, Nueva York.

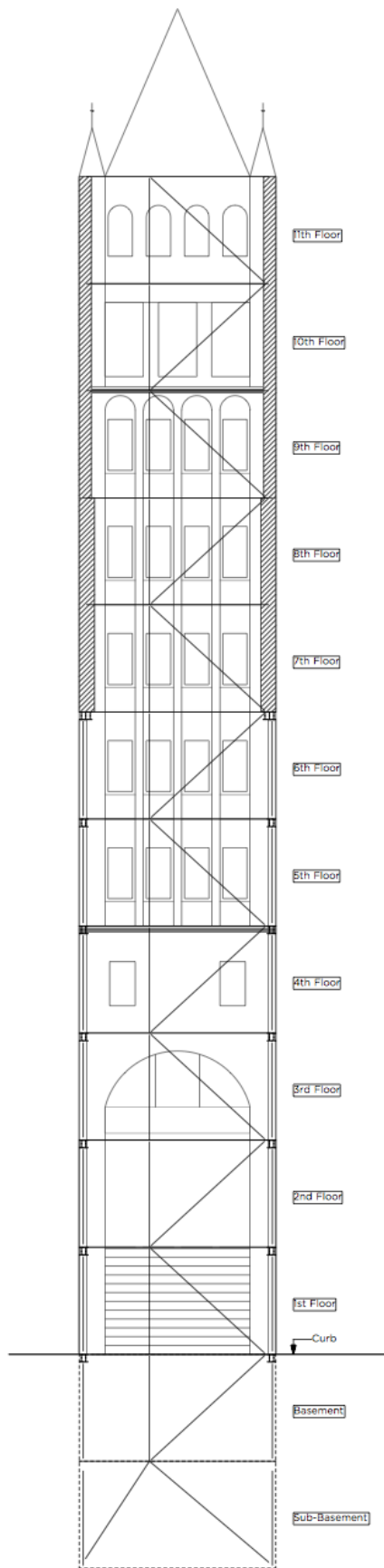
10. Cast iron building in Broadway, SoHo, New York, built in the 1870's.

11. The Potter Building (1886) en Nueva York. Edificio con sólidos muros exteriores de ladrillo, hasta un metro en la planta baja, y estructura metálica en su interior.

11. The Potter Building (1886), New York. Brick bearing wall building with interior metal structure. The exterior walls are a foot thick in the lower floors.

Fotografías / Photographs: Gabriel Pardo Redondo.





## REFUERZO, REUTILIZACIÓN Y ADAPTACIÓN DE ESTRUCTURAS HISTÓRICAS

Los edificios históricos en la ciudad de Nueva York se construyeron siguiendo los códigos y métodos de diseño de la época. Por esta razón, para entender sus estructuras y diagnosticar cuáles son los problemas es imprescindible conocer aproximadamente la fecha de construcción del edificio. Una manera eficaz de enfocar una intervención en la estructura de un edificio existente debería incluir los siguientes pasos.

1. Determinar el año aproximado de construcción del edificio.
2. Inspección *in situ* y evaluación.
3. Investigación histórica y de archivos.
4. Análisis preliminar del edificio.
5. Ensayos y tests.
6. Análisis estructural.
7. Diseño de refuerzos.

(1) El punto de partida para entender la estructura del edificio es situarlo en el

tain walls supported by spandrel beams at each floor and was not longer part of the structural resisting system. The connections were typically made with rivets (fig. 16) until the general use of the high-strength bolts starting in the 1960s (AISC, 1987). The stability against wind forces was resolved by rigid connections, by cross bracing, or by concrete shear walls.

## REINFORCEMENT, REUSE, & ADAPTION OF HISTORIC STRUCTURES

As seen throughout this paper the historic buildings in the city differ from the classical historic buildings. The buildings followed the codes, or the method of design of the time. For this reason it is essential to know when it was constructed to understand its structure to diagnose what the prob-

tiempo averiguando aproximadamente su fecha de construcción. Con ello se pueden determinar las cargas de diseño originales, la normativa empleada, si existía, e incluso el tipo de materiales utilizados. Una herramienta accesible para obtener la información básica de un edificio es la página web del Departamento Edificio de la ciudad de Nueva York . Sobre un mapa todos los edificios de la ciudad están registrados aportando datos como el año de construcción, el nombre del propietario, si está protegido, el registro de sobrecargas de uso utilizados a lo largo de la vida del edificio, los trabajos realizados, las multas y sanciones, etc. La fecha de construcción es un buen punto de partida, aunque es necesario realizar inspecciones *in situ* para confirmar cualquier supuesto inicial.

(2) Un segundo paso debería estar encaminado hacia el examen *in situ* mediante una inspección visual y catas para evaluar el daño, los fallos o roturas, las de-

lems are. An efficient way to approach an intervention of the building structure should include the following steps:

1. Determination of the approximate year of construction of the building.
2. Field investigations and assessment.
3. Historical and archival research.
4. Preliminary analysis of the building.
5. Testing.
6. Structural Analysis.
7. Design of repairs.

(1) The starting point to understand a building structure is to know the approximate year of construction. With that it can be determined the design loads, the formulae used in the design, the building codes used, if any, and even the type of materials used. A useful, and easily accessible, tool to obtain basic information



formaciones y cualquier otra patología que pueda tener la estructura (fig. 17).  
(3) Una investigación histórica se hace necesaria para conocer qué tipo de normativa se manejó, cuáles fueron los métodos de diseño utilizados, y cualquier cambio o modificación importante a lo largo de la historia del edificio. Si el edificio tuviera planos originales, éstos serían de gran utilidad para conocer las cargas, dimensiones, detalles, etc. En el país existen investigadores profesionales especializados en rastrear edificios y planos a través de diferentes archivos.  
(4) Al analizar el edificio se debe tomar en consideración que las ordenanzas hasta la mitad del siglo XX eran generalmente más cautelosas que las actuales. Por ejemplo, en Nueva York la sobrecarga de uso para oficinas era de 3,6 KPa en 1901 y la tensión admisible del acero laminado era de 110 N/mm<sup>2</sup>.

La ordenanza actual de la ciudad (2014 NYC BC) establece una sobrecarga de

of the building is the New York City Department of Buildings (DOB) website. On a map all the buildings of the city are tagged providing information such as year of construction, owner's name, type of protection, history of the live loads and use, works done in the building, work violations, etc. The year of construction is a good starting point, however on-site confirmation is a must to confirm the initial assumptions.

(2) A second step should be towards an in-situ investigation by visual inspections and representative probes to assess damages, failures, deflections, and any other condition the structure might have (fig. 17).

(3) A historical research is required to know what type of codes were applied,



13

14



15

16



12. Sección constructiva del edificio Tower Building (1889) con el arriostramiento vertical en forma de cercha tipo Warren. Estructura híbrida.

12. Cross section of the Tower Building (1889) with the vertical bracing in the shape of a Warren truss. Hybrid structure.

Plano realizado por / Plan by: Gabriel Pardo Redondo.

13. Edificio Woolworth Building construido en 1913. Edificio con estructura de acero.

13. Woolworth Building (1913). Steel skeleton building.

Fotografía / Photography: Berta de Miguel Alcalá.

14. Municipal Building (1914) situado en One Centre Street en la ciudad de Nueva York. Edificio de estructura de acero.

14. Municipal Building (1914) at One Centre Street, New York City. Steel skeleton building.

Fotografía / Photography: Berta de Miguel Alcalá.

15. Fotografía en sección de un sistema de forjados conocido como "terracotta flat arch floor", el cual consistía en un entreligado de bóvedillas cerámicas que actuaban como un arco plano.

15. Photography showing a cross section of a terracotta flat arch floor.

Fotografía / Photography: Donald Friedman.

16. Dos hombres instalando los roblones de un empalme de una columna durante la construcción del Empire State Buiding en 1931.

16. Two workers installing rivets in the construction of the Empire State Buiding in 1931.

Fuente / Source: The Miriam and Ira D. Wallach Division of Art, Prints and Photographs: Photography Collection, The New York Public Library. "Two workers securing a rivet" The New York Public Library Digital Collections. 1931. <http://digitalcollections.nypl.org/items/510d47d9-a935-a3d9-e040-e00a18064a99>.



17. Fotografía de una inspección mediante cuerdas en la fachada de un edificio histórico de la Quinta Avenida en la ciudad de Nueva York. Al fondo el Fuller Building también conocido como el Flatiron Building construido en 1902.

17. Visual inspection of the facade of a historic building in Fifth Avenue, New York. In the background the Fuller Building, also known as the Flatiron Building built in 1902.

Fotografía / Photography: Berta de Miguel Alcalá.

18. Expansión por oxidación de una viga de acero en un edificio histórico de principios de siglo XX en Nueva York.

18. Expansion by corrosion of steel beam in a historic building built at the beginnings of the 20th century in New York.

Fotografía / Photography: Gabriel Pardo Redondo.



17



18

uso para oficinas de 2,4 KPa y una tensión admisible del acero de 138 N/mm<sup>2</sup>. Esto es debido a que en la actualidad existe un mayor conocimiento de las cargas aplicables y una mejor comprensión del comportamiento de los materiales. No obstante, se debe tener precaución al considerar ordenanzas pasadas, ya que esta cautela de antaño no siempre está garantizada. Por ejemplo, se ha descubierto que las fórmulas utilizadas en el pasado para dimensionar las columnas de fundición no son correctas y pueden dar como resultado capacidades más altas que lo que realmente pueden soportar (Paulson et al, 1996).

(5) A tenor del tamaño de la intervención, el tipo de materiales y las nuevas solicitudes para la estructura, es recomendable realizar ensayos para verificar la capacidad, tipología y estado de los materiales y elementos en partes repre-

what were the methods of design, and any important change or modification in the building history. If the building had original drawings they are very helpful to know the loads, dimensions, details, etc. Professional researchers are available to track building drawings in the different archives.

(4) When analyzing the building it must be taken into account that previous building codes until the mid of the 20th Century were generally more conservative than the current codes. For instance, in New York City the live load for offices in 1901 was 3.6 KPa and the allowable stress in steel was 110 N/mm<sup>2</sup>.

Under the current code the live load for offices is 2.4 KPa, and the allowable stress in similar steel is 138 N/mm<sup>2</sup>. This is due to a current broader knowledge in the applicable loads, and a greater understand-

sentativas de la estructura. Los ensayos más utilizados son de tipo semidestructivo como la extracción de probetas testigo para averiguar la resistencia a tracción de los metales y su composición para saber si son soldables; el ensayo con gatos planos para estimar las cargas admisibles, módulo de elasticidad o cargas actuales en muros de albañilería; inspección visual y microscópica para evaluar elementos de madera; extracción de probetas de hormigón; la pistola de Windsor para determinar resistencia del hormigón, etc. Entre las técnicas no destructivas de evaluación (NDE) se utilizan: por ejemplo el georradar (GPR) para averiguar espesores y refuerzo de los elementos de hormigón, los ultrasonidos para evaluar la integridad del elemento, los detectores de metales, etc. (6) Una vez se recoge toda la información de los pasos anteriores es momento

ing of the behavior of the materials. Nevertheless, care must be taken on applying old codes since the conservativeness is not always the case. For instance the formulae used in the past to calculate cast-iron columns were found to be incorrect and gives higher capacities than allowable (Paulson et al, 1996).

(5) Depending on the size of the intervention, materials, and the new requirements for the structure, it is highly recommended to perform tests to verify the capacity, type and conditions of the materials on representative parts of the structure. The typical tests used are semi-destructive such as the coupon test to determine the yield strength and weldability of the steel or metal; the flat-jack test to determine the admissible capacity, the modulus of elasticity, or the current loads on masonry walls; visual and microscopic evaluation of

de realizar un análisis estructural completo con los valores y dimensiones reales. Los programas de análisis por elementos finitos (FEM) son de gran utilidad para analizar edificios antiguos. Sin embargo, los métodos tradicionales como los numéricos, analíticos e incluso gráficos, tienen también sus ventajas ya que serían seguramente los métodos utilizados por sus diseñadores originales. Al realizar un análisis similar al original se consigue una mejor comprensión de la estructura y su diseño. (7) El diseño de las reparaciones y refuerzos varían bastante dependiendo del tipo de intervención y el tipo de edificio. Hay ocasiones que tras una profunda investigación y análisis del edificio el edificio resulta lo suficientemente resistente para soportar las nuevas solicitaciones y, por tanto, el ahorro económico en innecesarios re-

fuerzos es sustancial. Uno de los mayores retos del refuerzo de estructuras antiguas es adaptarlo para resistir esfuerzos sísmicos. Nueva York no está situada en una zona de alto riesgo sísmico y los edificios no tenían requerimientos contra sismo hasta el código de 1995 (NYC's Risk, 2016). Dado que muchos de los edificios de la ciudad están protegidos, las modificaciones que se pueden realizar son limitadas, como sobreelevaciones o ampliaciones en planta que respetan el edificio original. Las ordenanzas actuales de la ciudad establecen que las nuevas sobreelevaciones o ampliaciones deben diseñarse para resistir los esfuerzos de sismo. Sin embargo, según la nota técnica TPPN 4/99 del Departamento de Edilicios, el edificio existente no tiene por qué ser reforzado para resistir cargas sísmicas si éstas no superan

en más de un 20% las cargas sísmicas previstas en las ordenanzas contando con la nueva sobreelevación del edificio. Esto en algunas ocasiones aboca a la paradoja de realizar una estructura diseñada para resistir esfuerzos sísmicos situada encima de un edificio que no fue diseñado para resistirlos.

## CASOS DE ESTUDIO

### 38 Greene Street, Nueva York

El edificio situado en 38 Greene Street (fig. 19) es un edificio de 5 plantas con dimensiones en planta de 25x30 m construido en torno a 1870 en el barrio del SoHo. La estructura del edificio está realizada con muros de carga de ladrillo y dos líneas de columnas interiores espaciadas 7,7 m. Las columnas son de fundición en la planta baja y en el sótano y de madera en las plantas superiores. Los forjados

timber elements; extraction of concrete cores; the Windsor Probe test for concrete, etc. Non-destructive evaluation tests are also used such as the ground penetration radar (GPR) to determine thickness and reinforcement in a concrete element, ultrasounds to determine the integrity of the element, metal detection, etc.

(6) Once all the information is gathered in the previous steps it is the time to perform a complete structural analysis with real values and dimensions.

Finite Element Methods (FEM) software are of great use for analyzing old buildings. However traditional methods such as numerical, analytical and graphical, are also advantageous since they were the methods most likely used by the original engineer. By doing a similar analysis than the original gives a better understanding of the structure and its design.

(7) The design of the repairs varies greatly depending on the type of intervention and the building. Even in some cases after a thorough investigation and analysis the structure turns out to be strong enough to support the new requirements and therefore the economic savings are substantial. One of the most challenging parts of the reinforcement of an old building is to adapt the structures to resist seismic forces. New York is not within a high seismic-risk zone and the structures were not required to comply with seismic provisions until the 1995 NYC Building Code (NYC's Risk, 2016). Since many buildings in New York are landmarked, and therefore protected, the modifications are limited and new extensions and top additions are a common practice. The current New York City Building Code states that the new additions have to comply with the seismic

provisions. However under the provisions of the DoB's Technical Policy and Procedure Notice 4/99 (TPPN 4/99), the existing building does not have to be reinforced to comply with the seismic provisions if the seismic forces in the existing building do not increase by more than 20% taking into account the new addition. That sometimes leaves the paradox to design a new seismic-resistant top structure over an existing structure which is not.

## CASE STUDIES

### 38 Greene Street, New York City

38 Greene Street (fig. 19) is a 5-story-tall 1870's historic building in the SoHo neighborhood with a 25x30 meters footprint. The structure of the building is made of exterior brick bearing walls and two lines of interior columns spaced 7.7 meters. The columns are made of cast iron in the first

están realizados con viguetas y vigas de madera de una sección considerable. La estructura del edificio se puede clasificar como una estructura no calculada. El uso original del edificio era de manufactura con una sobrecarga de uso original de entre 4,8 y 7,1 KPa. Su uso actual es comercial en la planta baja y oficinas en el resto de plantas, con unas sobrecargas de uso de 4,8 KPa y 2,4 KPa respectivamente.

El nuevo proyecto de intervención consiste en la incorporación de dos plantas en la parte superior del edificio para unas nuevas oficinas. La nueva estructura se ha diseñado con un esqueleto de acero con forjados de hormigón sobre chapa colaborante grecada dada su ligereza y posibilidad de espacios abiertos con el mínimo número de columnas. Además, la losa de hormigón que reemplaza el forjado de cubierta del edificio original

se ha diseñado para actuar como un diafragma rígido que distribuye las cargas horizontales de una manera más suave al edificio existente ya que está anclada a los cuatro muros exteriores.

En la inspección visual y las catas realizadas, el edificio no presentaba señales de fallos o sobrecargas. En este caso, los planos originales no se pudieron encontrar.

El análisis inicial con las nuevas cargas mostraba que el edificio existente era capaz de soportarlas con una intervención limitada, porque la sobrecarga de uso original era mayor que la nueva sobrecarga de uso más las cargas de la nueva sobreelevación. El análisis sísmico comparando la estructura existente con y sin la sobreelevación resultaba que con la inclusión de la nueva sobre elevación el momento total de vuelco y el máximo cortante en su base

no sobrepasaban el 20% de los valores del edificio sin sobreelevación. Por tanto, según la nota técnica TPPN 4/99 estaba permitido construir la nueva sobreelevación sin necesidad de reforzar el edificio original frente a sismo.

Aunque las cargas totales verticales eran menores que las originales se albergaban dudas de la capacidad real de las columnas de madera y de fundición, que debían soportar la nueva sobreelevación. Generalmente las columnas de madera no se calculaban en esa época, y las columnas de fundición podrían haberse calculado con fórmulas que se han demostrado erróneas. Se realizó pues una investigación visual y microscópica de las columnas de madera para determinar su especie y clasificación estructural. En las columnas de fundición se realizaron tres taladros de 0,5 cm de diámetro en la base, a mitad altura y en la parte superior

and basement floors, and of timber in the upper floors. The floor framing is made by heavy timber joists and beams. The building is classified as an undesigned structure. The original use was manufacturing, with a live load between 4.8 KPa to 7.1 KPa. Its current use is commercial on the ground floor and offices in the upper floors, respectively live loads of 4.8 KPa and 2.4 KPa. The new project comprises a top addition of two floors for new offices. The new structure will be a steel framing with concrete slab over metal deck given its lightness, its possibility of open spaces with minimum columns. In addition, the concrete slab, which replaces the existing roof, is designed to act as a rigid diaphragm to distribute the horizontal forces from the new addition to the existing building in a careful way since it will be continuously connected to the four exterior walls.

In the visual inspections and initial probing, the building structure did not have signs of failures or overloading. In this case original drawings of the building were not found. The initial analysis of the new loads from the new addition showed that the existing building would be capable to support them with little repairs and reinforcement. This is because the original live loads were higher than the new live loads plus the addition. The seismic analysis comparing the seismic forces in the existing building with and without the new addition revealed that the overturning moment and base shear did not increase by more than 20%. Therefore, per the provision TPPN 4/99 it is allowed to construct the top addition without seismic-retrofitting the original building.

Even though the new vertical loads were smaller than the original loads,

there was concern about the real capacity of the timber and cast-iron columns because timber columns were not typically designed in the past. In addition the cast-iron columns might have been designed with mistaken formulae. A visual and microscopic inspection was conducted in the timber columns to determine the specie and grade. In the cast-iron columns three ½ cm diameter drills were performed at the bottom, mid and top of the columns to determine thickness and its consistency to check for eccentricities that might have been created by the old methods of fabrication. The structural analysis with the values obtained by the testing showed that the timber columns would be overstressed by 25% above its allowable capacity. The analysis of the cast-iron columns showed that they would be overstressed around



de la columna para determinar el espesor de las paredes y verificar su consistencia para tener en cuenta las excentricidades por defectos de fabricación.

El análisis estructural con los valores obtenidos de los ensayos mostraban que las columnas de madera estarían sobrecargadas un 25% por encima de su capacidad admisible cuando se consideraban las nuevas solicitaciones. El análisis estructural de las columnas de fundición mostraba que estarían sobrecargadas un 5% por encima de su capacidad admisible. La sustitución de las columnas de madera por elementos más resistentes no era viable dado que las plantas del edificio están en uso y tenían que seguir en uso durante la construcción. Se decidió pues instalar nuevas columnas realizadas por perfiles de acero en “U” a cada lado de las columnas de madera que soportarían las cargas de la nueva estructura (fig. 20). Por tanto,

la carga en las columnas de madera no se vería afectada por las nuevas solicitaciones y podrían conservarse.

Por otro lado se decidió que para las columnas de fundición la sobrecarga era admisible dado que por un lado el International Existing Building Code (IEBC) da como válida una sobrecarga del 5% en elementos estructurales existentes (IBC, 2012) y, por otro, que las columnas no presentaban ninguna señal de sobrecarga o fallo lo que significa que han funcionado adecuadamente durante los últimos 140 años.

En este caso, gracias a un buen entendimiento de la historia del diseño de estructuras, un buen conocimiento de la historia del edificio y una investigación *in-situ*, se determinó la capacidad portante de la estructura dando como resultado refuerzos estructurales solamente en partes concretas del edificio.

5% above its allowable capacity. The replacement of the timber columns was not a viable option given that the floors were currently occupied and they had to remain occupied during the construction. It was decided then to install new columns made of steel channels on both sides of the existing timber columns to take the new loads (fig. 20). In that way the load in the existing columns would not be increased by the new addition and could remain.

On the other hand, for the cast-iron columns it was decided that the excess in capacity was acceptable since the International Existing Building Code (IEBC) allows existing structural elements to be 5% overstressed (IBC, 2012), and the columns did not have signs of failures or distress which means they have been working properly for the last 140 years.

In this case thanks to a good understanding of the history of the design, good knowledge of the building past, and in-situ testing, the capacity of the structures was determined. The structural reinforcement was therefore only in a few selected elements.

#### 15 Park Row, New York City

The Park Row Building (fig. 21), also known as the Ivins Syndicate Building, became the tallest commercial building in the world upon its completion in 1899, keeping such record until 1908. This 119 m (29-story) tall structure was a collaboration between the architect R.H. Robertson and the engineer Nathaniel Roberts. It is a great example of late 19th century skyscraper engineering which obtained New York City Landmark status in 1999. Its structure is resolved



19

19. Edificio situado en 38 Greene Street construido alrededor de 1870, en la isla de Manhattan, Nueva York. Edificio de muros de carga con columnas de fundición y de madera.

19. 38 Greene Street, SoHo, New York, built in the 1870's. Brick bearing wall buildings with cast-iron and timber columns.

Fotografía / Photography: Gabriel Pardo Redondo.



20

20. Nuevas columnas de acero consistentes en dos perfiles en "U" instaladas a cada lado de las columnas de madera para soportar las cargas de la sobreelevación del edificio 38 Greene Street.  
20. New steel columns by two "U" profiles installed on each side of the wooden columns to support the new extension of the building 38 Greene Street.  
Fotografía / Photography: Gabriel Pardo Redondo.

21. Edificio en Park Row 15 en construcción en 1898, Manhattan, con estructura de acero.

21. 15 Park Row Building in construction in 1898, Manhattan. Steel skeleton building.

Fuente / Source: Library of Congress. Prints & Photographs Division, LC-USZ62-41748.

### 15 Park Row, Nueva York

El edificio situado en 15 Park Row (fig. 21), también conocido como el Ivins Syndicate Building, construido en 1899, fue el edificio comercial más alto del mundo hasta 1908. La estructura que se eleva del terreno 119 m y 29 plantas fue diseñada por el arquitecto R. H. Robertson y el ingeniero Nathaniel Roberts. Es un gran ejemplo de la ingeniería de rascacielos de finales del siglo XIX que fue declarado edificio protegido en 1999. Su estructura se concibió con un esqueleto de acero de columnas, vigas de acero, diagonales de arriostramiento verticales y horizontales, forjados de bovedilla cerámica plana y cimientos construidos sobre 3.500 pilotes de madera. Este tipo de estructura se podría clasificar como una estructura arcaica.

El proyecto consiste en la adaptación del edificio de oficinas para uso residencial. El proyecto comprende la renovación del lobby histórico y la adaptación de las plantas altas del rascacielos y sus ca-

with steel-skeleton framing consisting in detailed built-up columns, steel beams and girders, vertical and horizontal braces, floors made of terra cotta flat arch slabs, and in the foundations the whole building sits upon more than 3500 timber piles. This type of structure is classified as an archaic structure. The project is an adaptive reuse from an office building to a residential building. It involves the renovation of the historic lobby, as well as the use of the top floors of the skyscraper and the two characteristic twin cupolas as residential spaces. The interventions planned will provide a contemporary use of the space while meeting current building codes' requirements.

racterísticas cúpulas a espacios residenciales. La intervención proveerá un uso contemporáneo del espacio a la vez que cumplirá con las ordenanzas actuales. Con el fin de intervenir de la manera más compatible y eficiente, resulta fundamental un buen conocimiento del sistema estructural, de su diseño y de su estado actual, además de una profunda investigación histórica y de inspecciones *in situ*. En este caso en particular, dado que se trata de un edificio emblemático de la época, se ha encontrado abundante información que incluye los planos originales a través de publicaciones de arquitectura e ingeniería de la época. El edificio se ha mantenido y ha estado en uso continuamente y en el estudio previo no se encontraron indicios de fallos o daños estructurales.

Por otro lado, el cambio de uso del edificio reduce la sobrecarga de uso, de la sobrecarga original de 3,5 KPa para oficinas a los 1,9 KPa actuales para viviendas, lo que se traduce en que la es-

In order to intervene in the most compatible and efficient way, good knowledge on the structural system, its layout and current condition has been of great importance, requiring deep historical research and on site investigations. In this particular case given that the building was an outstanding building, extensive documentation, including part of the original drawings, were found engineering and architectural publications. The building has been maintained and in use throughout its life and no signs of damage or distress were found in the visual inspections and initial probing.

On the other hand the change of use in the building reduces the live loads, going from the original 75 psf (3.5 KPa) for offices



estructura del edificio está sobredimensionada para los estándares actuales. Esto permite una cierta holgura para albergar nuevas cargas y solicitaciones así como modificaciones con mínimos refuerzos. El tipo de acero utilizado en el edificio fue “acero medio” según se la documentación encontrada.

En el análisis estructural, los componentes y materiales utilizados a finales del siglo XIX ha sido el punto de partida del diseño de los refuerzos de todas las nuevas adiciones que incluyen: la renovación de los ascensores existentes, la sobreelevación de los casetones de cubierta y el diseño de un nuevo casetón, nuevos forjados para rellenar el hueco de los ascensores abandonados, la sustitución de dos escaleras existentes y la creación de dos escaleras nuevas de uso doméstico. El refuerzo de la estructura existente ha consistido principalmente en añadir secciones de acero en forma de T soldada a las alas inferiores de las vigas de acero que presentaban tensio-

nes y flechas mayores a las admisibles. Este caso de estudio muestra que con una buena comprensión de la estructura del edificio acompañado de una adecuada investigación histórica, el refuerzo de la estructura existente se puede minimizar con el consecuente ahorro en tiempo y coste.

## REFLEXIÓN

En el presente artículo se ha expuesto una clasificación de los diferentes tipos de edificios históricos existentes en la ciudad de Nueva York, así como una metodología eficaz para entender sus estructuras y reforzarlas. Para garantizar una adecuada comprensión de la estructura del edificio es esencial clasificar el tipo de estructura, saber cuándo fue construido, realizar una investigación histórica del edificio, verificar cualquier descubrimiento mediante catas y, por último, y más importante, realizar un adecuado análisis estructural. Los dos casos de estudio expuestos

to 40 psf (1.9 KPa) for residential. Which translates that the building would be over-designed per the current standards. This allows leeway for additional loads and modifications with little reinforcement of the original structure.

The type of steel used in the building was “medium steel” as found in the existing documentation . A structural analysis of the existing structure, taking into consideration the components and materials used in the late 19th century, has been the starting point of the design of all new structural additions: the renovation of the existing elevator; the extension of the stair bulkhead and the design of a new one; the infill of abandoned existing shafts at different levels; the re-

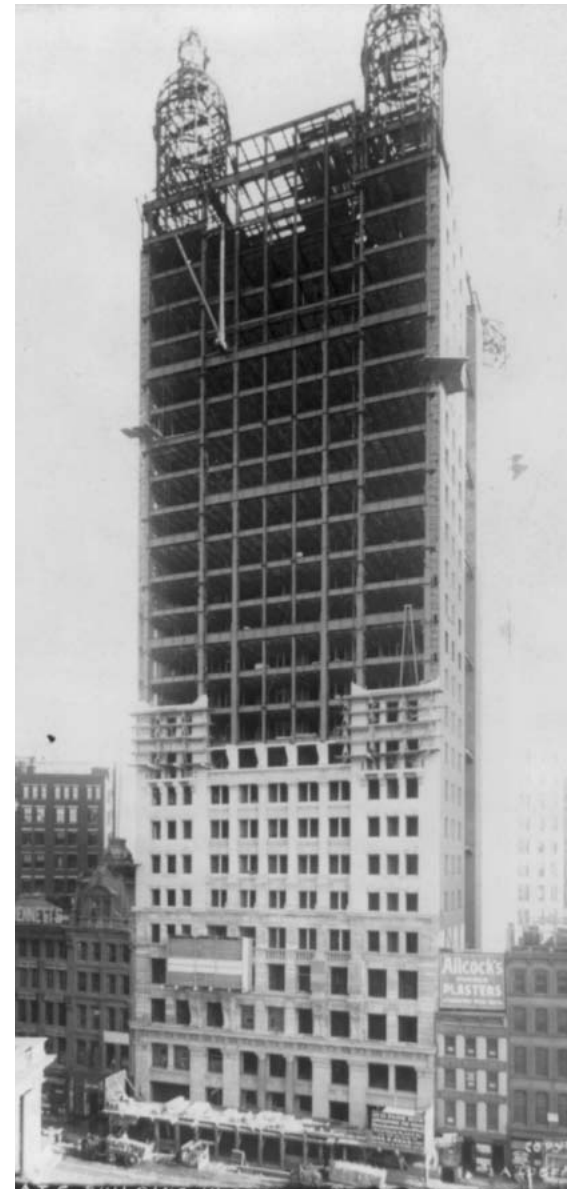
placement of two existing stairs and the insertion of two new ones for domestic use. The reinforcement of the existing structure has consisted in installing new steel “T” sections welded to the bottom flange of the beams which showed over-stress due to the new loads.

This case study shows that by a good understanding of the building structure and with an adequate archival research, the reinforcement of the existing structure is minimized with the consequent save in time and cost.

## REFLECTIONS

In this paper a classification of the types of historic buildings in New York City and an effective methodology to understand

21






aportan claros ejemplos de cómo aplicar esta metodología. En el primer caso un robusto edificio de albañilería parecía ser capaz de soportar las nuevas solicitaciones de una sobreelevación según la información histórica. Sin embargo, un cuidadoso análisis estructural junto con ensayos *in situ* reveló que algunas partes de la estructura necesitaban reforzarse. En el segundo caso, una meticulosa investigación histórica y de archivo junto con inspecciones *in situ* de verificación permitió un profundo entendimiento de la estructura del edificio y sus materiales, pudiendo minimizar los refuerzos.


El trabajo del ingeniero restaurador dista bastante del diseño de nuevos edificios. Por ejemplo, trabajar en edificios existentes significa que la libertad de elección es en ocasiones muy limitada. Los

ingenieros restauradores deben evaluar la estructura existente partiendo del conocimiento de cómo fue construida, cómo se calculó, cuál es su historia, y cómo funciona en su estado actual. Es posible que estas estructuras históricas no estuvieran calculadas en su origen por lo que el ingeniero restaurador debe basar sus decisiones en la información histórica, la propia experiencia y la ingeniería moderna para asegurar la conservación del edificio y mantenerlo en servicio al mismo tiempo que respetar su historia.

Las estructuras históricas representan la historia del diseño estructural, la evolución de los materiales y ordenanzas, y el logro desafiante de los edificios modernos. Estas estructuras son tan importantes históricamente como la arquitectura de los edificios que sustentan y por ello deben de ser objeto de protección. 

and reinforce them is exposed. In order to guarantee an adequate understanding of the building structure it is essential to classify the type of structure, to find when it was built, to do an archival research on the building, to verify the findings on site, and lastly and more important, to perform a proper structural analysis. The two exposed case studies clarify how to apply this methodology. In the first case study the robust masonry building seemed capable to support additional loads according to the historical data. However, a careful analysis and testing revealed that certain parts of the structure needed to be reinforced. In the second case, a meticulous archival research and field verification led to a deep understanding of the building structure and thus minimizing the repairs. Preservation engineering is quite different than designing new structures.

For instance, working on an existing building means that the freedom of choice is, occasionally, very limited. The preservation engineers must evaluate the existing structure by understanding how it was built, how it was designed, what is the history behind, and how it works now. Historic structures may not be originally calculated or engineered, and the preservation engineer must make the necessary judgements based on historical data, expertise, and modern engineering to ensure preserving the building and keeping it in service and at the same time respecting its history.

Historic structures represent the history of the structural design, the evolution of the materials, and the accomplishment of the modern defiant buildings. They are as historically important as the buildings they support and that is the reason why they should be protected. 

22. Fotografía de la estación del City Hall en Nueva York diseñada y construida en 1904 por Rafael Guastavino mediante bóvedas tabicadas de ladrillo.

22. City Hall subway station in New York. It was designed and built by Rafael Guastavino in 1904 using catalán tile vaults.

Fuente / Source: Detroit Publishing Company Photograph Collection. Library of Congress. Prints & Photographs Division, LC-D4-17293.



22

## BIBLIOGRAFÍA / REFERENCES

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (AISC) 1987. "Guide to Design Criteria for Bolted and Riveted Joints. Second Edition." American Institute of Steel Construction, p. 2.

GAYLE, M. & GAYLE, C. 1998. Cast-Iron Architecture in America. The Significance of James Bogardus. New York & London: W.W. Norton & Company, p. 130.

FRIEDMAN, D. 2010a. Historical Building Construction. Design, Materials & Technology. New York: W.W. Norton & Company, p. 37.

FRIEDMAN, D. 2010b. Historical Building Construction. Design, Materials & Technology. New York: W.W. Norton & Company, p. 61.

FRIEDMAN, D. & PARDO, G. 2014. "New York's Tower Building: Structural Analysis of a Proto-Skyscraper". Proceedings of the SAHC 2014 – 9th International Conference on Structu-

ral Analysis of Historical Constructions. Mexico.

FRYER, W. J. (ed.) 1887. "Laws relating to buildings in the city of New York". The Record and Guide, p. 477.

INTERNATIONAL BUILDING CODE 2012. "Additional gravity loads". Article 1103.2 of the 2012 IBC.

NYC Emergency management & NYC Department of City Planning 2014. "NYC's Risk Landscape: A Guide to Hazard Mitigation". New York: Putting Words to Work, p. 137.

PAULSON, C., TIDE, R., & MEINHEIT, D. 1996. Modern Techniques for Determining the Capacity of Cast-Iron Columns. ASTM International STP 1258, pp. 186-200.

N.A. 1907. "Notes and Clippings" The American Architect (n1668) volume 92, December 14, 1907. New York: Flat Iron Building, p. 200.

Otras fuentes / Other Sources:

Landmarks Preservation Commission, 2016, <http://www.nyc.gov/html/lpc/html/about/about.shtml>.

## NOTAS/ NOTES

1. <http://www.oasisnyc.net/map.aspx>.

2. Normativa de Nueva York de 1901, p. 111 / 1901 New York City Building Code, p. 111.

3. "Medium steel" se refiere a un acero con una capacidad última de tracción entre 266 a 302 KN, con un límite elástico de no menos que la mitad de la capacidad última. Información publicada en *Engineering News*, Vol. 39. 27 de enero de 1898, p. 61. / Medium steel refers to steel with a 60,000 to 68,000 lb ultimate tensile strength, with an elastic limit of not less than half of the ultimate strength. Information published in *Engineering News*, Vol. 39. January 27, 1898, p. 61.