

Nueva York-Nueva Jersey

El colapso de las torres gemelas

Pablo Francisco Peña Carrera*

Antecedentes

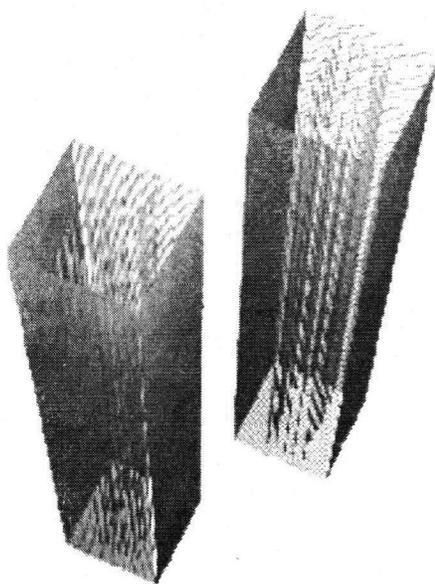
El World Trade Center era operado por sus propietarios: La Autoridad Portuaria de Nueva York y Nueva Jersey.

El proyecto arquitectónico del World Trade Center fue presentado en 1964, para ambos estados, consistía en dos torres de oficinas y cinco edificios más de menor altura. Los autores fueron Minoru Yamasaki Associates y Emery Roth & Sons.

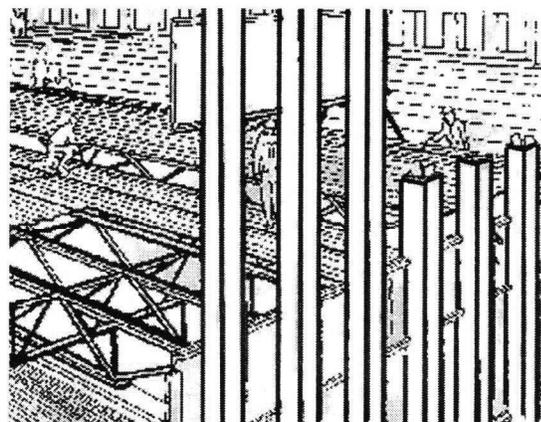
Dos años después se iniciaron los trabajos de excavación que alcanzaron 22.5 metros bajo nivel de calle, donde fue desplantada sobre roca la losa de cimentación de 2.1 metros de peralte. En abril de 1973, el conjunto de edificios fue inaugurado. *Leslie E. Robertson Associates* (LERA), fue la oficina encargada del diseño estructural de las torres.

La cimentación es un cajón de concreto armado con cinco niveles subterráneos de estacionamiento. El sistema estructural aplicado fue el denominado de tubo en tubo, formado por un tubo exterior a base de columnas de acero, de sección tubular cuadrada, de 45x45, colocadas a cada metro, a ejes, a lo largo de los cuatro costados y otro tubo en el interior formado por columnas también de acero que conformaron el núcleo de elevadores y servicios.

*Maestro en ciencias y profesor de la ESIA Tecamachalco.



Estructura de tubo en tubo de las torres del WTC.



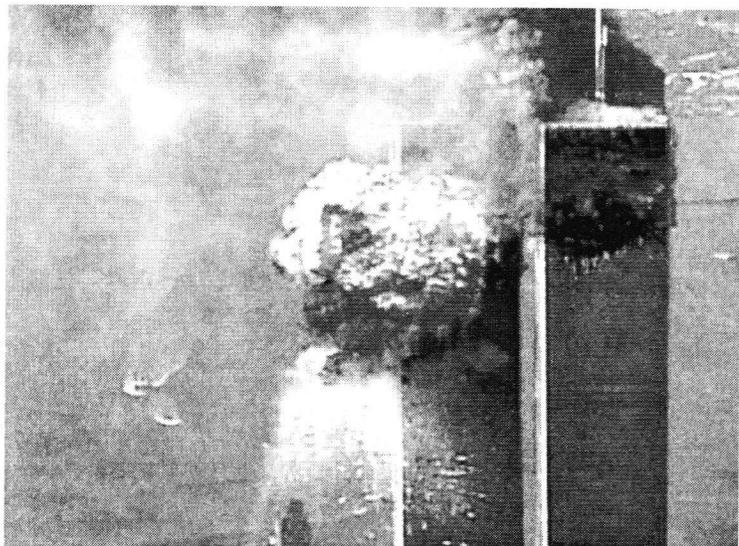
Detalle de la fachada que era un enrejado rígido, con columnas a cada metro.

Una placa de acero de 1.32 metros de peralte ligaba a las columnas para formar un marco rígido perimetral que era el ya mencionado tubo exterior, fundamental para resistir fuerzas laterales de viento y sismo, básicamente. Así como impactos de magnitud y energía cinética, equivalentes.

Historia mecánica

Las estructuras de las torres cotidianamente enfrentaban cargas de viento, y por lo que hace a cargas sísmicas existe el antecedente del temblor sentido en Nueva York en 1985, poco tiempo después de los temblores que afectaron a la capital mexicana. Hace años una de las torres sufrió el impacto de un coche-bomba, sin consecuencias.

Como es del dominio público, el día 11 de septiembre de 2001, a las 8:45, hora del este, un jet de pasajeros Boeing 767, chocó con la Torre Norte produciendo un boquete de más de 120 m² en la



NBC News.

agregar los efectos de la explosión sobre los elementos estructurales. El resto lo hizo el fuego; sabemos que el acero pierde más de la mitad de su resistencia a 600°C,¹ y que a los 700°C el esfuerzo de fluencia es 560 kg/cm².² Finalmente se funde a 1,500° C.³ Es de esperarse que al ocurrir el colapso se hayan alcanzado temperaturas mayores a los 800°C, lo cual ocurre al arder un edificio.⁴

Por lo que hace a la deformabilidad del acero, el módulo de elasticidad disminuye linealmente hasta una temperatura de 485°C en donde el valor se reduce de 2'000,000 a 1'450,000 kg/cm². A partir de 485°C la disminución es mucho mayor.⁵

fachada norte y afectando severamente al tubo estructural exterior en un área mayor a 600 m² incluida la superficie del boquete; la fachada este también fue seriamente dañada. Al impacto le siguió un incendio. Una hora y 45 minutos después, a las 10:28, la Torre Norte colapsó, en falla progresiva a lo largo de su eje vertical.

Ese mismo día, a las 9:03 hora del este, un segundo jet Boeing 767 impactó la fachada sur de la Torre Sur, explotando en el interior causando daño estructural severo y provocando un fuerte incendio. Una hora después, a las 10:05 la Torre Sur se derrumbó con un perceptible desplome de la parte superior del edificio. La parte inferior del mismo cayó casi a lo largo de su eje vertical, en forma progresiva. Los aviones Boeing 767 transportan hasta 225 pasajeros y poseen máquinas capaces de desplazar 179 toneladas de carga máxima, incluido el peso propio, a una velocidad de crucero de 850 km/hora. La capacidad de sus tanques de combustible es de 90,000. Suponiendo que el peso de los aviones fuese su velocidad del orden de 400 km/hora (111.11 m/seg) la energía cinética entregada a la estructura sería de 944 millones de kg-m, misma que fue disipada mediante el daño local ocurrido a los niveles afectados y el resto mediante las deformaciones laterales de las estructuras, las cuales, desde luego, vibraron con el choque.

¿Por qué colapsaron las torres gemelas?

Evidentemente los respectivos impactos no derrumbaron las torres, pero en los niveles afectados ocurrió daño estructural severo con pérdida de hiperestaticidad debido a la destrucción de elementos resistentes y de conexiones, principalmente del lado de las fachadas alcanzadas. A esto habría que

Una vez agotada la capacidad de carga de los elementos de acero de la estructura, los pisos superiores (más de 10 en la Torre Norte y más de 20 en la Torre Sur) cayeron impactando a los pisos inferiores, provocando así la falla progresiva que abatió a ambas torres, mismas que en el portal de arcos ojivales de sus fachadas, formados por la trayectoria mecánica de la estructura, exhibían una de las primeras manifestaciones posmodernas —el elemento de doble función reclamado por Venturi—,⁶ que es estructura y memoria (o referencia) histórica⁷ a la vez ©

1 Jurado Egea, José, *Hierro sublimado*, Revista Tectónica, Madrid, No. 9, septiembre-diciembre de 1998.

2 Tall, Lambert & Others, *Structural steel design*. John Wiley & Sons. New York, 1974.

3 Jurado Egea, José, *op. cit.*

4 <http://www.chaffee.net/fire/webdoc.4htm>. *The history of firefighting*. Marzo 04 de 2001

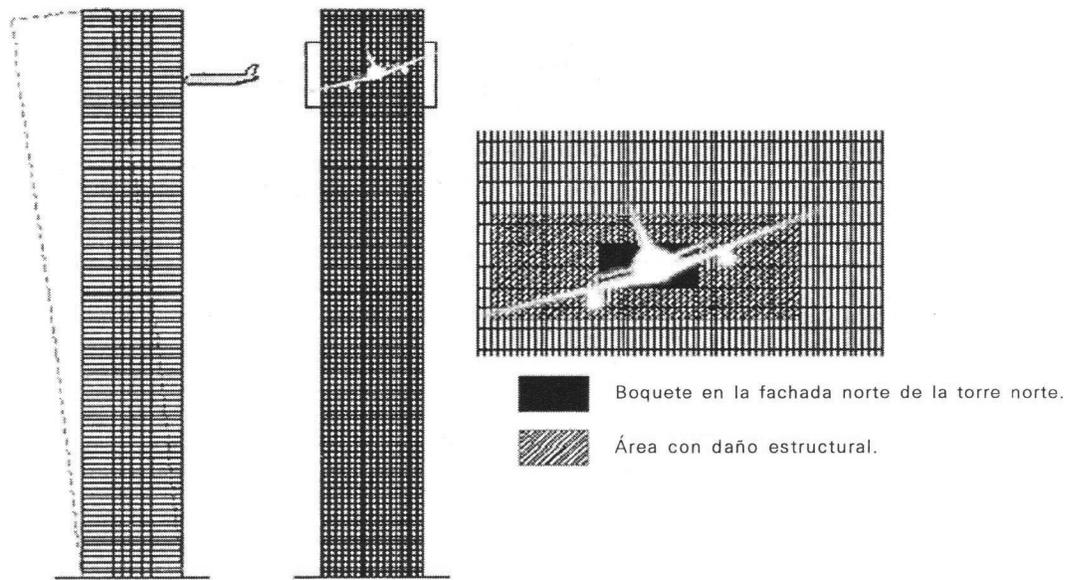
5 Bresler, Boris *et. al*, *Diseño de estructuras de acero*, Editorial Limusa Wiley, México, 1973.

6 Venturi, Robert, *Complexity and contradiction in architecture*, The architectural press, London, 1977.

7 Jencks, Charles, *The language of post-modern architecture*, Rizzoli, New York, 1981.



Foto: Amy Sancetta-AP, publicada en <http://www.washingtonpost.com>



Daños en la fachada norte, de la torre norte con pérdida de elementos estructurales.

