

A 12 AÑOS DE LOS SUCESOS DEL 11/9

Crónica de un atentado a la ingeniería (Parte II)

Eduardo de J. Vidaud Quintana

Ingeniero Civil/Maestría en Ingeniería.

Su correo electrónico es: evidaud@mail.imcyc.com

Ingrid N. Vidaud Quintana

Ingeniero Civil/Doctorado en Ciencias.

Su correo electrónico es: ingrid@fco.uo.edu.cu

Prosiguiendo con la tipología estructural de las denominadas Torres Gemelas, se puede comentar que la estructuración de pisos estaba conformada por losas de concreto ligero de 10 cm de espesor, sobre una lámina metálica acanalada, que a su vez se apoyaba en unas esbeltas armaduras de acero estructural (Figura 1), que en la mayor y menor dimensión tenían aproximadamente 18 y 12 m, respectivamente, y que se rigidizaban una con otras por medio de armaduras secundarias de arriostre. Dichas armaduras se conectaban en el perímetro en columnas alternas; exteriormente el apoyo se concebía sobre pequeñas ménsulas conectadas a las columnas de la fachada e interiormente en las columnas principales del núcleo. Los pisos anclados de esta manera ofrecían estabilidad a la fachada, impidiendo que ésta se moviera hacia el exterior, a la vez que también ayudaban a reducir el “balanceo” que se tiende a sentir en edificaciones de gran altura.

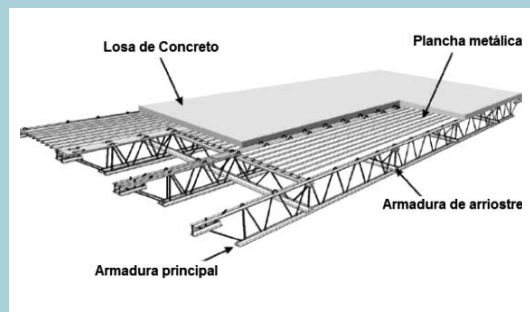
En las conexiones del sistema de piso y las columnas del perímetro se utilizaron amortiguadores viscoelásticos; que ayudaban a reducir el balanceo percibido por los ocupantes del edificio, y que fueron desarrollados por Leslie Robertson y el ingeniero canadiense Alan G. Davenport, de la Universidad de Ontario Occidental.

El sistema de amortiguación viscoelástico fue inventado y patentado para mejorar la componente dinámica inducida por la acción del viento sobre los edificios (ocasionalmente, en la ciudad de New York, las velocidades del viento pueden llegar hasta los 160 km/h), mediante la disipación de gran parte de la energía de ese movimiento. El propio Robertson, quien fue uno de los artífices de usar por primera vez los



Figura 1

Esquema de la estructura de piso concebida a base de armaduras.



Fuente: http://911encyclopedia.com/wiki/index.php/World_Trade_Center_Floor_Structure

Figura 2



Construcción del WTC en 1971.



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/World_Trade_Center

amortiguadores en un edificio para resistir los movimientos inducidos por el viento, aseguró que con estos amortiguadores se podían controlar los desplazamientos laterales sin tener que utilizar grandes volúmenes de acero estructural.

Por otra parte, entre el piso 107 y la cima de cada edificio se dispuso una armadura diseñada para soportar una gran antena de telecomunicaciones; sin embargo, solamente se dispuso ésta sobre la torre norte, la cual fue agregada en 1978. Este sistema consistía en seis armaduras a lo largo del eje longitudinal del núcleo y cuatro a lo largo del eje transversal, las que unían el núcleo central con el entramado perimetral del edificio. Este sistema de entramado permitía la redistribución de la carga entre el perímetro y las columnas centrales, a la vez que soportaba la antena de transmisión.

Para reducir peso, las columnas y armaduras fueron recubiertas con una espuma resistente al fuego, lo que dio como resultado una estructura relativamente liviana, propensa a balancearse ante acciones de viento. Por esta razón, durante el proceso de diseño se realizaron pruebas en túnel de viento para establecer los esfuerzos ante vientos huracanados, a los que estarían expuestos los edificios una vez construidos. Davenport y Robertson construyeron para ello un modelo del bajo Manhattan a escala 1:500; que incluyó el WTC y se insertó en el túnel de viento más sofisticado de la época, ubicado en la Universidad Estatal de Colorado. Asimismo, el núcleo se protegía de paneles de yeso muy eficaces ante incendios, pero que por su propia naturaleza tenían el inconveniente de ser poco resistentes ante cargas de impacto.

Por otro lado, aunque las gemelas parecían idénticas desde el exterior, Robertson descubrió que podía fortalecer aún más la resistencia al viento de las torres, mediante la rotación de una de ellas a 90°, con lo que se protegían contra la acción del viento mutuamente; en general, al ser los núcleos rectangulares y las plantas generales cuadradas, de alguna manera, se garantizaba una mayor rigidez lateral de las edificaciones alrededor de al menos una de las dos direcciones ortogonales; lo que sin dudas resultó muy efectivo.

Para comenzar la construcción por Tishman Realty & Construction Company, la Autoridad Portuaria comenzó a adquirir propiedades en el emplazamiento del WTC en marzo de 1965. Los trabajos de demolición comenzaron el 21 de marzo del año 1966; despejando trece manzanas de edificios de baja altura en el distrito urbano de Radio Row.

Comenzaron los trabajos de excavación para la construcción del complejo el 5 de agosto de 1966; excavando material por encima de los 900 mil m³ de tierra y roca. Este material extraído fue utilizado en 93 mil m² de relleno en el río Hudson, cerca del lugar del WTC para expandir la costa de Manhattan frente a West Street; en lo que posteriormente se convirtió en el sitio del Battery Park City, en el lado oeste del Bajo Manhattan.

Por los años 60, cuando se concibe el proyecto del WTC, el sistema de edificaciones de Nueva York exigía que los edificios tuviesen seis escaleras (una a prueba de fuego), y un vestíbulo que dejara salir el humo en caso de incendio. Estos requisitos volverían la estructura del WTC muy pesada y costosa, privando además a los edificios de considerable espacio para alquilar. Este sistema exigía además que la protección contra el fuego durase por lo menos durante tres horas de fuego intenso; además de tener concebida una protección extra de concreto para proteger al acero estructural. Lo anterior se consideró imposible de realizar para estas Torres debido a su gran altura.

Hacia 1968, un acuerdo entre las autoridades de Nueva York y Nueva Jersey consiguió derogar este sistema de construcción vigente desde 1933, por uno nuevo que abarataba los costos y ampliaba el espacio alquilable. Se puso entonces en marcha el proyecto con la exigencia de apenas tres escaleras sin necesidad de escalera de emergencia, ni placas de concreto, lo que abarataba la construcción y aumentaba el espacio alquilable dentro del edificio. Este nuevo sistema exigía que la protección contra el fuego durase por lo menos dos horas de fuego intenso, y no necesitaba la protección de concreto al acero que sostenía el edificio.

La construcción de la Torre Norte del World Trade Center se inició en agosto de 1968, y la Torre Sur en 1969. El uso extensivo de componentes prefabricados ayudó a acelerar el proceso de construcción y los primeros inquilinos pudieron mudarse a la Torre Norte en diciembre de 1970 y a la Torre Sur en enero de 1972.

La Torre Norte se completó en diciembre de 1972 y la Torre Sur fue finalizada en julio de 1973 (Figura 2). A poco más de 10 años de construcción, las gemelas fueron culminadas en 1973, celebrándose la inauguración el 4 de abril de ese mismo año ante trabajadores, autoridades y el entonces presidente de los Estados Unidos, Richard Nixon. Las Torres Gemelas eran los primeros edificios diseñados para soportar el impacto de un Boeing 707, el mayor avión de la época, afirmaron los ingenieros y arquitectos a cargo.

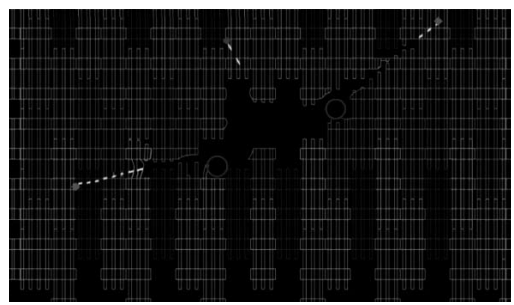
Al decir del propio Ing. Robertson, el diseño y la estructura fueron maravillosos, fue una época en que muchos jóvenes de todo tipo de ingeniería y arquitectura se unieron para crear un nuevo tipo de edificio, fue muy excitante, desafiante y se necesitó de muchísimo esfuerzo para conseguirlo.

Para que se tenga una idea de la magnitud del proyecto, en las Torres Gemelas se estima que se usó un total de 200 mil toneladas de acero, 425 mil m³ de concreto, 300 mil m² de superficie acristalada, que se usaron en más de 43 mil ventanas, 198 elevadores con una capacidad media de 55 personas, 71 escaleras automáticas, 12 mil kilómetros de cables eléctricos, 198 kilómetros de conductos de calefacción y refrigeración, así como 930 mil m² de oficinas. Debajo de los edificios torre se hallaba una estación del metro, que hoy opera todavía; y que en el proyecto del futuro WTC contará con una terminal diseñada por el eminente arquitecto español Santiago Calatrava.



Figura 3

Gráfica que ilustra la silueta de uno de los aviones, incrustada en la fachada de una de las torres del WTC.



Fuente: <http://www.smartplanet.com/blog/design-architecture/a-decade-after-911-new-innovations-in-skyscraper-design/584>

EL Atentado y las Investigaciones.

En la mañana del 11 de septiembre de 2001 dos aviones terroristas Boeing 767 de American Airlines (AA) y United Airlines (UA), colisionaron contra las torres en ataque suicida (Figura 3); abriendo una profunda brecha en la estructura tubular y desencadenando intensos incendios y muy elevadas temperaturas. Fuentes oficiales confirmaron entonces que se trataba de un atentado de la organización islámica terrorista Al Qaeda.

Ese día los suicidas secuestraron primero, el Vuelo 11 de AA, que cubriría el trayecto Boston-Angelino; partiendo desde el Aeropuerto Internacional Logan. Este Boeing 767 se estrella a las 8:46 de la mañana en

la fachada norte de la torre norte, entre las plantas 93 y 99, a una velocidad de 710 km/h. Diecisiete minutos más tarde, una aeronave similar de UA impacta en la fachada suroeste de la Torre Sur a 870 km/h; esta vez entre las plantas 77 a 85.

Instituciones de prestigio, como la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés) declararon en mayo de 2010 que el diseño del WTC fue correcto, y atribuyó el colapso total a la combinación de diferentes factores excepcionales que escapaban del control de los constructores. FEMA coincide en que las fallas inducidas por los elevados niveles de temperatura en las columnas principales de los edificios, conformaron el factor desencadenante del colapso progresivo.

Asimismo, el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST, por sus siglas en inglés) completó otra investigación en septiembre de 2005 donde al igual que FEMA reivindicó el diseño del WTC. El NIST hizo hincapié en el papel de los incendios por casi siete horas, señalando que los pisos caídos tiraron hacia dentro las columnas perimetrales; iniciando así, de manera inevitable, el colapso progresivo de cada una de las torres.

Por otra parte, investigaciones preliminares mostraron que la combustión del queroseno hizo insuficiente la protección convencional contra incendios en los perfiles de acero. La explosión de las aeronaves terminó por dañar considerablemente la estructura del núcleo en ambos edificios; razones que fueron manejadas por la prensa como las causas fundamentales del desplome de ambas estructuras, al venirse abajo los pisos inmediatos a los pisos de la colisión y con ellos todos los pisos superiores, que aplastaron en su caída el resto de los pisos de ambas torres.

Especial importancia tuvo la situación de inestabilidad que presumiblemente se suscitó en los elementos del sistema vertical resistente de los edificios, como una consecuencia de la pérdida del arriostamiento que generaban los propios sistemas de piso que colapsaron, primero durante el evento, y luego por el fallo debido a la acción de las altas temperaturas, cuando por el propio incidente desaparecieron de manera local las protecciones, que contra estas acciones (altas temperaturas) tenían originalmente los elementos estructurales.

A pesar de que el derrumbe ha sido muy investigado por las instituciones y especialistas más prestigiosos, hoy en día el mundo sigue preguntándose las causas del colapso del WTC el 11/9 tras el trágico atentado.

El ataque terrorista es la causa que se ha manejado como el detonante de la destrucción del WTC de Nueva York en el año 2001; pero a pesar de ello han proliferado innumerables conjeturas, numerosas controversias y mitos en torno a estos hechos; unos soportados por opiniones de expertos, otros en evidencias forenses, en imágenes o relatos de testigos, simulaciones, entre otras más. Algunas respuestas, de hecho quedaron bajo los escombros.

Una breve síntesis de algunas de estas controversias y mitos se presentará en la tercera y última parte de este escrito, con el entendido, de que los autores no toman ningún partido sobre ellas, y que solo la opinión crítica, analítica y observadora del lector, luego de estudiar, entender y evaluar, la información existente, será la encargada de dictaminar lo sucedido en ese trágico día de septiembre del año 2001. **C**

"La explosión de las aeronaves terminó por dañar considerablemente la estructura del núcleo en ambos edificios; razones que fueron manejadas por la prensa como las causas fundamentales del desplome de ambas estructuras".

REFERENCIAS:

- <http://news.stanford.edu/news/2001/december5/wtc-125.html>, "Structural engineer describes collapse of the World Trade Center towers", Stanford Report, December 5, 2001.
- http://es.wikipedia.org/wiki/World_Trade_Center, "World Trade Center" vista Septiembre, 2013.
- http://911encyclopedia.com/wiki/index.php/World_Trade_Center_Floor_Structure, "World Trade Center Floor Structure", vista Septiembre, 2013.
- Microsoft Corporation, Microsoft Encarta 2009, 1993-2008.
- Robertson L. E., "Reflections on Punto de Encuentro, UPADI, Boletín mensual Agosto – Septiembre 2011, Año 3, No. 25.
- Robertson L. E., "Reflections on the World Trade Center". The Bridge, Vol. 32, No. 1. National Academic of Engineering. Spring 2002.