

# El Palacio de Cristal de Joseph Paxton

## Innovación con éxito y sorprendentes datos

**Arq. Guillermo Marshall**

Consultor Especialista en fachadas y cerramientos de edificios  
**Estudio Marshall & Asociados SA**  
Estudiommarshall.com



Hoy en día, a veces nos parece que nos “cuesta” demasiado construir un edificio por mas racional o simple que sea. Cuanto mas un edificio innovador o inclusive un componente innovador, involucra mucho tiempo, esfuerzos, cuidados y convoca a muchísima gente.

La innovación en arquitectura como en muchas otras cosas, involucra riesgos, y es una invitación para que algo salga mal. Pero no quiere decir que la innovación necesariamente lleve a las fallas.

La historia del Cristal Palace es un fascinante ejemplo, de innovación que no deja de sorprendernos cuando uno se entera de algunos detalles de su historia y de sus características.

Esta historia se sitúa en el Reino Unido de Gran Bretaña, a mediados del siglo XIX, en momentos en del primer periodo del largo reinado de la Reina Victoria. Gran Bretaña ya era dueña de los mares del planeta, y sus posesiones y actividades comerciales estaban en pleno despliegue.

Su autor, Joseph Paxton nació en 1801 en Bedfordshire, Inglaterra, hijo de un granjero, jardinero desde muy joven, fue superintendente de jardines en Chatsworth, en la finca del Duque de Derbyshire.

Su primer proyecto fue un invernadero de 4000 m<sup>2</sup>, una maravilla de su época, a partir del cual, Paxton fue considerado ingeniero en la practica y en el espíritu aunque sin titulo oficial.

Fascinado con las estructuras de la naturaleza, precisamente una fuente de inspiración fue la estructura de los nenúfares, es planta acuática tan elegante. Uno de sus éxitos como cultivador fue el desarrollo de nenúfares de inmensas hojas y hermosas flores a partir de gajos obtenidos de Kew Gardens (Jardines reales) plantados de semillas traídas de Guyana Británica en 1837 y cultivados en su invernadero luego de repetidos fracasos en Kew Gardens. Paxton bautizo a estas flores Victoria Regia (en honor a la reina Victoria) hoy Victoria Amazónica.

Paxton demostró la resistencia de la estructura de nervaduras de las hojas ubicando a su pequeña hija sobre una de las hojas flotantes que media 1,5 metros de diámetro. Fácilmente soportó su peso sin hundirse y pronto se transformó en una moda, fotografiarse sobre los nenúfares. Paxton

observó, que esta hoja enorme, debía su resistencia y rigidez, al modelo geométrico de las costillas (nervios) y traversas en su reverso y los tomo como un modelo.

El resultado fue una "casa de nenúfares" (Invernadero) de unos 15m x 20m con un techo de vidrio descansando sobre vigas de madera apoyadas en vigas de hierro sobre columnas de hierro.

Este liviano y aireado edificio eventualmente dio la idea para el Crystal Palace que iba a medir 122m x 548m y albergar 100.000 (cien mil) muestras en la Gran Exposición de Trabajos de la Industria de todas las Naciones, (tal como se la llamó oficialmente), que se iba a realizar en Londres en 1851.

El mundo de la tecnología estaba listo para construir el Crystal Palace.

El gobierno británico en 1845 había derogado un viejo impuesto al consumo de vidrio (que tenía su origen en la época de las guerras napoleónicas), eliminando cualquier impedimento fiscal para utilizar los 300.000 paños de vidrios que usaría el edificio.

El Reino Unido en ese momento producía 5 millones de toneladas de hierro fundido y forjado al año. Aproximadamente 1000 veces la cantidad que se necesitaba para el edificio. (Se usaron 4500 toneladas, lo que aun era una cantidad enorme).

Era época de importantes y cuantiosos proyectos de arquitectura-ingeniería. Aunque la escala del Crystal Palace era mayor, la experiencia de ingeniería ganada en durante el desarrollo del sistema británico de ferrocarriles, que incluyó cientos de puentes de hierro, proveyó del conocimiento necesario sobre la resistencia de esos materiales. (a pesar de que a esa fecha los puentes estaban fallando a un ritmo alarmante, tanto que se designó a una comisión real a fin de verificar el uso del hierro como material de ingeniería, y finalmente se terminó aprobando su uso para estructuras estáticas, no sometidas las cargas dinámica de los ferrocarriles).

De cualquier manera, la Gran Exposición vino a estar albergada en el Crystal Palace recién a ultima hora.

### **Nace el proyecto de la Exposición Universal**

El Príncipe Alberto inmediatamente aprobó la idea de la Gran Exposición Universal y su ubicación en el Hyde Park ( enorme parque en el centro de Londres). A inicios de 1850 el mismo Príncipe Alberto, al frente de la Comisión Real para promover el proyecto llamó a concurso para un edificio de 18.000 m<sup>2</sup>. La Comisión no encontró aceptable a ninguna de las 245 propuestas presentadas y procedió a "canibalizar" las propuestas presentadas, con lo que consideró los mejores detalles presentados y producir su diseño propio. Práctica que, lamentablemente, aún hoy en día algunos clientes siguen utilizando.

En junio se publicó una imagen del proyecto en el Illustrated London News y rápidamente se reprodujo en el Times. La critica describió al proyecto como una "vasta pila de ladrillos" que terminada, nunca iba a ser retirada y se transformaría en una mutilación permanente al Hyde Park. Se iban a necesitar mas de 15 millones de ladrillos y la construcción de una cúpula de 60 metros de diámetro (considerablemente mas grande que la de la Catedral e St. Paul) y los materiales de mezcla y revoque no iban a secar a tiempo para la apertura, a la sazón a menos de un año de distancia.

Mientras tanto la Exposición en si misma y su ubicación eran debatidas en el Parlamento. Había todo tipo de opositores, desde los xenófobos, y temerosos de temas menos comerciales como por ejemplo las enfermedades que irían a traer los visitantes extranjeros hasta ambientalistas, entre

ellos el Coronel Sibthorp, un proteccionista que ya se había opuesto al proyecto de bibliotecas publicas, entre otras cosas porque "no le gustaba leer" y cuya principal argumento era un pequeño bosque de olmos que iba a tener que ser talado.

Por suerte la razón primó en el Parlamento y las protestas de Sibthorp y sus simpatizantes fueron neutralizadas, aunque el tema del impacto ambiental nunca desapareció del todo.

### **Paxton presenta su idea**

Paxton no participó del concurso inicial pues, según sus propias palabras, el Comité iba a seleccionar un diseño adecuado sin su ayuda. Pero estaba desilusionado con los planes oficiales que eran discutidos mas o menos públicamente y se preguntaba si no era demasiado tarde para presentar su propuesta. A pesar de que contactó a la Comisión solo dos semanas antes de la fecha de decisión final, Paxton los persuadió que le admitieran una presentación.

El encargo fue obtenido el 11 de junio de 1850. Ese día Paxton se encontraba lejos de Londres, en una reunión en Gales por la construcción del Britannia Bridge y se dice que fue durante esa reunión que dibujó sus famosos croquis (sobre un papel secante, hoy usamos servilletas para las grandes ideas) de lo que iba a ser el Crystal Palace.

Al principio el Comité recibió burlonamente el proyecto de Paxton, pero gradualmente fue ganando soporte. Y luego de una imagen publicada en el Illustrated London News el 6 de julio, el Comité rápidamente abandonó su proyecto y aceptó unánimemente el proyecto ferro-vítreo de Paxton.

Entre las ventajas estaba la extrema simplicidad del edificio, la velocidad a la cual se podía armar, la ausencia de paredes internas y el hecho que los materiales podían ser reutilizados.

El tema de los olmos seguía latente y Paxton agregó un transepto central a su diseño original para albergar los arboles de 18 metros de alto.

El precio acordado para erigir y luego dismantelar el edificio fue de 79.800 libras siendo los materiales propiedad del contratista. El precio final incluyendo modificaciones como la del transepto central fue de 200.000 libras. Aun así, esto es aproximadamente 2,5 libras por metro cuadrado de superficie cubierta, lo que es una ganga aun para el siglo diecinueve.

### **La obra**

El cerco de obra se instaló en agosto, con las mismas placas que luego se utilizarían como pisos y galerías.

El proyecto preveía su fin para enero de 1851, lo que daba 20 semanas para cerrar el edificio con inmensas cantidades de hierro y vidrio.

El 26 de septiembre luego de nivelar piso, hacer fundaciones y instalar drenajes, se instaló la primer columna de hierro.

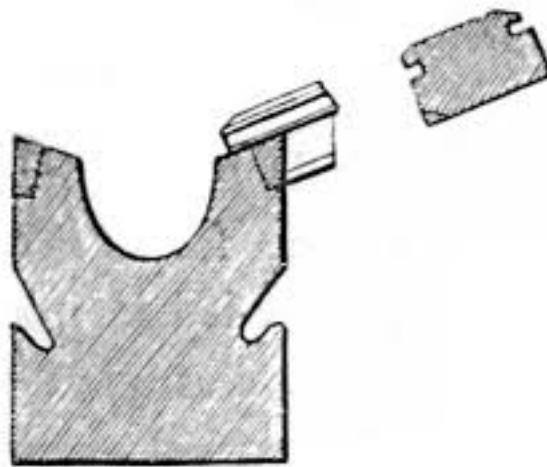
La construcción prosiguió muy rápido. En una noche iluminada por fuegos artificiales, Paxton asombrado y satisfecho observó como dos columnas y tres vigas eran instaladas por dos hombres en solo 16 minutos!

Lo que iba a ser el primer gran y verdaderamente significativo edificio construido con metal y vidrio se iba a construir en 17 semanas!
---

La regularidad matemática de las proporciones del Crystal Palace ayudó a simplificar la construcción.

Paxton determinó la unidad básica de medida del edificio no por ninguna sección áurea estética sino por los requerimientos del espacio de exposición y por una limitación tecnológica fundamental: En 1850 las hojas de vidrio de más de 4 pies de largo (1.22m) no solo eran costosas de fabricar, sino difíciles de instalar. Estos paños de vidrios se instalaron sobre un diseño de suaves crestas y valles que no solo era agradable sino que proveía buen drenaje.

Para simplificar la construcción, los trabajadores instalaban los vidrios moviéndose sobre carros montados en ruedas que rodaban por unos canales dentro de las "Canaletas Paxton". Estas canaletas estaban en los valles y recogían lluvia y condensación y la llevaban a las columnas huecas de hierro que también servían de drenajes.



La Canaleta Paxton

Las canaletas se dispusieron cada 8 pies, coincidiendo con la combinación de dos paños de vidrio inclinados. Aproximadamente el triple de esa dimensión, o sea 24 pies era la conveniente longitud de vigas de hierro forjado y sus columnas de soporte. Esta medida de 24 pies (7,3 m) fue la unidad base para la escala de la planta de todo el Crystal Palace.

Las vigas tenían aproximadamente 90 cm de alto, pero siguiendo el estilo de Paxton de vincularlas a las columnas no solo en su parte alta sino también en su base mas baja proveía una gran rigidez frente a la acción del viento y otras fuerzas laterales.

Las técnicas de construcción así como el diseño, ayudaron a acelerar el proceso de construcción. por ejemplo, los obreros usaban maquinas especiales desarrolladas por Paxton, para cortar varias barras de madera simultáneamente de una misma plancha, canteando su bordes al mismo tiempo. Hacían los agujeros para los clavos por medio de taladros que se movían por una maquina a vapor.

No solo a los ambientalistas les preocupaba la depredación del Hyde Park, entre los funcionarios de salud estaban preocupados por enfermedades y por los sanitarios, y además de los que se preocupaban por incendios, confort y crímenes entre los millones de visitantes esperados estaban los que simplemente les preocupaba que el edificio fuera seguro.

### **Los ensayos. La seguridad**

Los operarios ensayaron todas y cada una de las vigas de hierro forjado cuando llegaban a obra usando una prensa hidráulica hecha al efecto y alcanzaron un grado de control de calidad rara vez alcanzado (Inclusive hoy en día)

Mientras tanto las críticas continuaron durante la construcción, el viento y el granizo iban a derrumbar el edificio, o que el calor y la humedad lo iban a hacer inhabitable durante el verano londinense. Nada de eso ocurrió, aunque fue famosa en su época un parodia en una publicación de la época, donde un pepino relataba lo que era estar en un edificio de vidrio en un día del húmedo verano londinense. Pero el Cristal Palace resistió y probó ser tan fresco (gracias a las lonas suspendidas sobre el techo y louver ajustables en las paredes) y tan seco (gracias a las "canaletas Paxton") como uno deseaba.

La seguridad siempre fue una preocupación generalizada, por ejemplo, los pasillos elevados fueron también muy criticados por inseguros, poco tiempo antes de la inauguración. Después de todo, durante esa época, uno de cada cuatro puentes de hierro del ferrocarril, fallaban, y los puentes suspendidos, se derrumbaban bajo el paso de los soldados que marchaban sobre ellos.

Es muy interesante conocer los detalles de los ensayos y pruebas que se hacían en medio de un clima de críticas y de reales fracasos en las obras de ingeniería. Pruebas de carga, que en general se hacían utilizando cientos de obreros como elemento de carga en distintos grados de movimientos, y que por otra parte, mas de una vez fueron presenciadas por la mismísima Reina Victoria.

## **Decoración y Mantenimiento**



El Crystal Palace fue único no solo en los detalles estructurales, sino también en su mantenimiento y decoración. El piso por ejemplo, estaba construido con paneles con un espacio de media pulgada entre ellos para que el polvo y basura pudiera caer o ser barrido y evacuado en las juntas preservando un aspecto limpio y sin polvo. Al principio se había pensado en maquinas para barrer el polvo en esas juntas, pero luego se desistió pues se vio que los vestidos largos de las señoras cumplían ese fin. Se contrató a pequeños muchachos para que se arrastraran bajo los paneles de piso para recolectar los papeles que podrían constituir un riesgo de incendio.

Toda la decoración y detalles ornamentales estuvieron bajo la dirección de Owen Jones, conocido como "Alhambra" Jones por sus grandes conocimientos de las arquitectura morisca.

Para pintar los elementos estructurales, Jones aplicó su "ciencia del color". No a todos sus contemporáneos les gustó, pero es difícil juzgarlo hoy pues las imágenes originales de la época, pintadas a mano se han decolorado, pero quedan testimonios verbales.

El azul pálido fue el color predominante en los elementos verticales (probablemente para enfatizar el concepto de espacio abierto) las partes de abajo de cada viga fueron pintadas en rojo intenso, el mismo color de las pantallas contra las cuales se exhibían muchos de los productos. El amarillo para los detalles moldeados. Debe haber sido una paleta de colores bastante impactante. Un toque adicional de color lo dieron las miles de banderas de todas las naciones puestas en mástiles en la periferia del techo.

Si hay algo que no funcionó bien en el Crystal Palace, nadie lo recuerda. Un periódico de la época dijo de Paxton: "lo construyó más inteligentemente de lo que sabía"

El Crystal Palace fue un éxito más allá de las esperanzas y expectativas de la gente. El propio edificio se robó la atención del show.

### **La inauguración y su uso**

El 1 de mayo de 1851 la reina Victoria inauguró la Gran Exposición con toda la pompa y circunstancia.

Más de 6 millones de personas visitaron la exposición durante los 141 días que permaneció abierta (cerraba los domingos) el día de mayor ocupación hubo más de 100.000 visitantes con 90 mil a un mismo momento.

No hubo pánico en ningún momento. La Reina Victoria asistió 50 veces a la expo antes que cerrara el 15 de octubre 1851.

Conclusión de su vida útil. Fin del proyecto

A pesar que el Crystal Palace se suponía debía ser desmantelado una vez concluida la Expo para que el Hyde Park volviera a su estado original, los funcionarios consideraron seriamente dejarlo como estaba. Algunos querían transformarlo en un jardín de invierno adonde la gente pudiera caminar y cabalgar en los horribles días del largo invierno londinense. El costo de adaptar el edificio para uso permanente versus desmantelarlo e instalarlo en otro lado fueron detalladamente comparados. Se recibieron varias propuestas para reubicarlo. Entre las más audaces figuraba la de la Prospect Tower que consistía en construir una torre de 300 metros de alto usando las columnas y vigas del Crystal Palace. Iba a tener un reloj de 15 metros de diámetro con números de tres metros de alto y los diseñadores estaban seguros que el vidrio exterior iba a soportar los vientos. Esta visión del moderno rascacielos estaba adelantada 100 años sino estructuralmente, por lo menos estéticamente. De cualquier manera hubiera impactado en la tecnología de los elevadores de 1850 y seguramente no hubiera podido alcanzar el éxito estructural del Crystal Palace.

### **Su trascendencia**

El Crystal Palace prefiguró el rascacielos verdadero en muchas maneras. La construcción modular, ingeniosamente rigidizada para resistir el viento es la esencia de los modernos edificios altos. y la innovadora manera de que las paredes cuelguen como cortinas de discretos anclajes en lugar de funcionar como paredes de soporte el principio de curtain wall moderno.

El Crystal Palace inspiró mucha de la arquitectura moderna así como la idea de las grandes exposiciones internacionales se desparramó rápidamente por el mundo. En 1853 en New York se realizó la feria mundial en la cual Elisha Otis demostró un nuevo dispositivo de seguridad para los elevadores. Se elevó en una jaula hasta peligrosas alturas sobre el piso y ante una audiencia asustada, cortó la cuerda de soporte. El dispositivo activado por gravedad frenó la caída. Este fue

un hito fundamental en la ingeniería mecánica que junto con la ingeniería estructural del Crystal Palace fue esencial en el desarrollo del rascacielos.

El Crystal Palace fue el primer gran y significativo edificio hecho en metal y vidrio, el primer gran edificio en usar paredes exteriores que no proveían resistencia estructural y el primer edificio construido usando unidades prefabricadas y estandarizadas que se despachaban al sitio para una instalación rápida.

El edificio también es un símbolo del buen "construction management" la cantidad de materiales que tuvieron que ser comprados, ordenados, fabricados, despachados, transportados, procesados e instalados fue enorme, inclusive para los estándares de hoy.

Conocer estos detalles de la historia de este magnifico edificio, no deja de sorprenderme comparando con las dificultades, plazos y tortuosas gestiones que lleva hoy día construir un edificio.

#### **Algunos números que no dejan de sorprender:**

- plazo aprobación del proyecto 30 días
- plazo de ingeniería 80 días
- plazo de ejecución de obra 17 semanas .
- dimensiones exteriores 120 m x 550 m
- superficie cubierta 75.000 m<sup>2</sup> (66.000 en planta baja)
- costo total = 200.000 libras
- costo por m<sup>2</sup> = 2,5 libras
- 4500 toneladas (4,5 millones de kgs) de hierro fundido + forjado.
- 300.000 paños de vidrio.
- medida típica de vidrio: 1220mm x 2440mm
- 38 km de canaletas
- 17.000 m<sup>3</sup> de madera
- 6.000.000 visitantes
- ocupación máxima simultánea 90.000 visitantes.