



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Engineering without engines

Autor/es

Nuria Rodríguez Gil

Director/es

Belinda López Mesa / Jaime Magén Pardo

ESCUELA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Año 2017



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D^a. Nuria Rodríguez Gil,

con nº de DNI 73413419-H en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
Engineering without engines, (Título del Trabajo)

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 23 de junio de 2017

Fdo:  _____

ENGINEERING WITHOUT ENGINES

FOSTER VS. BIG: DOS ENFOQUES HACIA LA SOSTENIBILIDAD

RESUMEN

El Trabajo Fin de Grado se plantea como un ejercicio de investigación sobre cómo afectan hoy en día las tecnologías a la sostenibilidad en la arquitectura a través de una serie de proyectos que incorporan la vanguardia tecnológica en el proceso de diseño de los edificios con un enfoque sostenible.

Esto nos lleva a analizar la sostenibilidad como un componente integrado en la propia arquitectura en lugar de tratarla como un agente externo o que se incorpora a posteriori, lo cual nos invita a reflexionar acerca de los principios más básicos de la sostenibilidad, aquellos que ya estaban presentes en las construcciones más primitivas y que se han aplicado a lo largo de toda la historia de la arquitectura. De esta forma, tomando como ejemplo de referencia la arquitectura vernácula y viendo cómo ésta ha evolucionado hasta nuestros días, se reflexiona sobre cómo podemos aplicar esos mismos conceptos hoy en día con la posibilidad de complementarlos y potenciarlos en vez de sustituirlos por las tecnologías, generando edificios sostenibles social, económica y ambientalmente.

Este análisis se llevará a cabo a través de una serie de obras de dos grandes estudios de arquitectura con una gran repercusión a nivel mundial, Foster & Partners y BIG (Bjarke Ingels Group), ya que se considera que ambos ejemplifican en su aproximación a la arquitectura los conceptos analizados, y a la vez, representan dos enfoques muy distintos a la hora de llevar a cabo estos principios así como en la forma de expresarlos, tanto con palabras como a través de la arquitectura.

Se analizarán tres proyectos de cada uno, todos ellos desde el punto de vista del comportamiento general del edificio, tratándolos como grandes mecanismos que funcionan de manera conjunta y que se integran en el entorno en el que se ubican tratando de aprovechar al máximo las oportunidades que éste les ofrece.

ENGINEERING WITHOUT ENGINES

FOSTER VS. BIG: DOS ENFOQUES HACIA LA SOSTENIBILIDAD

01 PUNTO DE PARTIDA	09
02 OBJETIVOS	12
03 METODOLOGÍA	12
04 NORMAN FOSTER. FOSTER & PARTNERS	13
Nuevo Parlamento alemán, Berlín, Alemania, 1992-1999	14
30 St Mary Axe, Londres, Reino Unido, 1997-2004	19
Biblioteca de la Universidad Libre de Berlín, Alemania, 1997-2005	24
05 BJARKE INGELS. BIG	29
SEM. Shenzhen Energy Mansion, Shenzhen, China, 2009	30
HUA. Hualien Residences, Hualien, Taiwán, 2009	33
AMF. New waste-to-energy, Copenhagen, Dinamarca, 2010	36
06 CONCLUSIONES	40
07 BIBLIOGRAFÍA	42
08 CRÉDITOS DE LAS ILUSTRACIONES	43

PUNTO DE PARTIDA 01

Este TFG surge a partir del documental "ABSTRACT" de BIG. "Abstract: the art of Design" es una serie documental original de Netflix, lanzada el 10 de febrero de 2017 y creada por Scott Dadich, en la cual cada uno de los capítulos es dedicado a diferentes artistas destacados en distintos campos del diseño.

En el episodio dedicado a Bjarke Ingels se explican una serie de proyectos paralelamente a la historia del arquitecto sin seguir ningún orden en particular. Lo que va articulando el discurso es la explicación de una serie de conceptos que definen el enfoque de su arquitectura. Uno de estos conceptos en particular es el que suscitó en mí especial interés, y el que da nombre a este trabajo: "Engineering without engines".

Partiendo de esa base, y visualizando otras charlas y conferencias (citadas en la webgrafía), pronto se pudo comprobar que estos conceptos, muy relacionados unos con otros, son la columna vertebral de las obras de BIG, y proporcionan a su vez una definición de cómo debería ser la sostenibilidad en la actualidad que se considera muy apropiada para el estudio de la relación entre la sostenibilidad, la arquitectura y la vanguardia tecnológica, pudiendo ser aplicables no solo a su propia obra sino también a proyectos de otros arquitectos, en este caso, Norman Foster.

La arquitectura tiene la capacidad de influir en muchos ámbitos distintos, lo cual supone una gran ventaja así como una enorme responsabilidad. Resulta fundamental conseguir que esta cualidad sirva para mejorar todos los factores a los que afecta y para ello, la arquitectura debe adaptarse a las circunstancias en las que se construye, no sólo las físicas sino también aquellas que no son tangibles, entendiendo el momento, sus posibilidades y sus principales problemas a resolver.

Hoy en día, resulta cada vez más imprescindible incorporar estrategias energéticas y de sostenibilidad en la arquitectura. El cambio climático es un problema que no podemos ignorar, y al cual hay que tratar de combatir. Los edificios, a lo largo de todas las fases de su ciclo de vida (producto, construcción, uso y fin de vida), son en gran medida responsables de las emisiones de GEI, por lo que la arquitectura debe actuar en consecuencia y tratar de conseguir edificios más eficientes y que supongan el menor impacto ambiental posible.

Frente a estas circunstancias, BIG propone el concepto de "Hedonistic Sustainability". Se trata de combatir la mala imagen del concepto de sostenibilidad, la cual se asocia en muchos casos a algo que supone un sacrificio, a tener que renunciar a ciertas comodidades, cogiendo menos el coche, encendiendo menos la calefacción... en definitiva, empeorando la calidad de vida.

En un momento en el que la sostenibilidad es algo tan necesario esta mala imagen es un grave problema, por lo que BIG trata de transformarla, explicando cómo las tecnologías limpias y la sostenibilidad, aplicada desde el inicio del proceso de diseño de los edificios, haciendo que estos

respondan de la mejor manera posible al clima y a las necesidades sociales, es precisamente la que puede generar muchas más posibilidades y mejorar la calidad de vida y el disfrute de la arquitectura en lugar de reducir las opciones.

Lo que hace la “sostenibilidad hedonista” es transformar completamente el movimiento de la sostenibilidad convirtiéndolo en algo juvenil, dinámico e igualitario. Demuestra que el diseño y la arquitectura pueden ser económicamente rentables así como ambientalmente sostenibles. Ser sostenible ya no implica tener que sacrificarse (Bjarke Ingels, 2011)

BIG toma como ejemplo la arquitectura vernácula para explicar las virtudes de aquella arquitectura que se pone al servicio del clima, de la manera más empírica e intuitiva, dejando en un segundo plano la forma y las decisiones estéticas y centrándose en lograr que la arquitectura trabaje conjuntamente con su entorno para lograr las mejores condiciones climáticas y de confort.

La arquitectura popular representa la adecuación perfecta entre el clima, las necesidades humanas y la construcción sostenible. La arquitectura bioclimática que conocemos hoy, puede considerarse como una evolución de esta arquitectura tradicional que ha tenido presente a lo largo de toda su historia la importante relación entre el clima y la arquitectura.



1. 1 Fotografía de asentamientos subterráneos en cráteres excavados cerca de Tungkwan (China).

En línea con este concepto de aprender de la arquitectura vernácula y de cómo de manera orgánica y en respuesta a las circunstancias aparecen arquitecturas de gran valor, no solo en cuanto a su eficiencia sino también en su forma, Bernard Rudofsky (1905-1988), arquitecto, crítico, profesor, diseñador e historiador, mediante su libro titulado “Arquitectura sin arquitectos”, trata de poner en valor estas arquitecturas anónimas, mostrando una serie de ejemplos en distintas regiones, en las cuales se encuentran maneras de usar los materiales locales y responder a las condiciones climáticas generando una gran variedad de vocabularios.

BIG pone sobre la mesa también, por otro lado, la importancia del gran avance que han sufrido las tecnologías en los últimos años, el cual está muy ligado a la arquitectura, proporcionándole medios y herramientas con los que antes no contaba. Estos medios deben apoyar a la arquitectura para que sea más sostenible y que responda mejor al clima, proporcionándole mayor eficiencia energética en

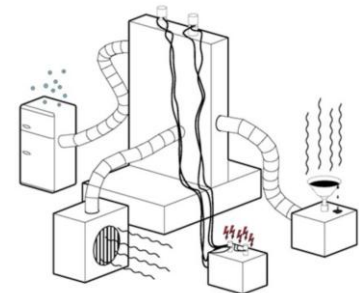
lugar de funcionar de manera independiente. Así, incorporando las tecnologías a las soluciones bioclimáticas más tradicionales, BIG habla de “Vernacular 2.0.”

“Con el incremento de las soluciones tecnológicas, la práctica de la arquitectura frecuentemente se separa del contexto cultural, social y medioambiental donde se construye. Los edificios se han vuelto sistemas cerrados, conectados a máquinas que les sirven de apoyo y que compensan los principios de diseño que se han ido olvidando con el paso del tiempo. Esto es particularmente cierto en el caso de los edificios altos, especialmente desde el incremento del “Estilo Internacional” de mediados del siglo 20. Tenemos mucho que “reaprender” de la arquitectura vernácula de las regiones en las que trabajamos, pero también tenemos que poner nuestros últimos avances tecnológicos a trabajar para realizar esos principios.”

(Bjarke Ingels, Abstract, 110, New York Conference, CTBUH, 2015)

La arquitectura moderna ha generado una gran cantidad de edificios que funcionan únicamente como contenedores que proporcionan el espacio necesario para albergar el programa, mientras que todos los aspectos climáticos y de acondicionamiento de estos espacios pasan a depender de sistemas mecánicos. BIG busca una nueva forma de entender los edificios, según la cual la propia forma del edificio, actuando de manera conjunta con estos mecanismos, genera un organismo completo, un metabolismo que fusiona lo vernáculo con lo tecnológico.

De esta forma, el concepto del que hablaba Rudofsky de “Arquitectura sin arquitectos” evoluciona dando lugar al concepto de “Engineering without engines”.



1. 2 Esquema representativo del funcionamiento energético de los rascacielos del Estilo Internacional.

Una vez establecido este concepto, BIG va más allá, tratando de que estos metabolismos funcionen no solo en sí mismos sino también de manera proactiva con su entorno, contribuyendo en la mayor medida posible con los aspectos sociales, generando actividad y otros efectos colaterales positivos. Sobre todo se centra en el caso de las grandes infraestructuras, carreteras puentes o centrales eléctricas, los cuales suelen suponer fracturas en las ciudades, zonas deprimidas, y barrios poco cohesionados, y trata de transformar estos problemas en virtudes, añadiendo a las infraestructuras valor añadido de los cuales pueda beneficiarse todo el área, tanto social como ambientalmente. A este último concepto lo denomina “Social Infrastructure”.

OBJETIVOS 02

El objetivo del TFG es encontrar arquitectos y sus proyectos que sean capaces de explicar, en base a cómo incorporan en la arquitectura las tecnologías en términos de sostenibilidad, el concepto de “Engineering without engines”, analizando los mecanismos integrados en los edificios que hacen que estos funcionen como si el edificio entero se tratase de una gran máquina en la que todos sus componentes están relacionados y se apoyan unos a otros.

Cada uno de los casos tratará de demostrar cómo a través de distintas formas de usar las tecnologías relacionándolas intrínsecamente con las estrategias naturales de sostenibilidad se pueden lograr edificios mucho más eficientes y en los cuales la incorporación de la sostenibilidad supone un incremento de la calidad de vida, el confort e incluso una mejora en las cualidades del propio diseño estético del edificio.

METODOLOGÍA 03

La metodología a seguir en el trabajo es seleccionar a dos arquitectos, identificar los proyectos en los que se observa el concepto de “Engineering without engines” más fielmente y analizar, entender y reflejar el funcionamiento de las estrategias bioclimáticas en estos proyectos.

La elección de los arquitectos se ha realizado recopilando primero una serie de arquitectos que se proclaman a sí mismos como arquitectos que tratan de llevar a cabo una arquitectura sostenible, que han realizado obras de gran envergadura y que han tenido repercusión internacional.

De esta forma, inicialmente identificamos como posibles arquitectos a analizar a Adrian Smith + Gordon Architecture, Richard Bauer, SOM, MRVDV, BIG y Foster & Partners.

De entre ellos nos quedamos con BIG por ser el autor de la expresión y con Foster porque representa en su trayectoria la adaptación a las nuevas tecnologías.

La elección de los proyectos se ha basado en el caso de BIG en su propia decisión, analizando los proyectos que él mismo usa para ejemplificar en sus charlas el concepto de “Engineering without engines”, y en el caso de Foster, dentro de sus proyectos de la fase tecnológica, aquellos que se considera que mejor se ajustan al concepto de edificios entendidos como organismos.

NORMAN FOSTER 04



Norman Foster nació en Manchester en 1935, estudió arquitectura en la Universidad de Manchester y después obtuvo una beca para continuar sus estudios en la Universidad de Yale. Cuando volvió a Inglaterra trabajó durante un tiempo con Richard Buckminster Fuller, el cual supuso una gran influencia en su obra, sobre todo en el diseño de las estructuras. En 1965, Foster fundó, junto con su esposa Wendy Cheesman, Richard Rogers, y Su Brumwell (la esposa de Richard Rogers), el estudio de arquitectos llamado "Team 4", el cual dos años más tarde pasó a denominarse como lo conocemos hoy en día: "Foster and Partners".

A Foster le caracteriza el estilo "High-tech", combinado además con temas de sostenibilidad y eficiencia en los cuales Foster ha sido pionero. El enfoque sostenible de sus proyectos hoy en día combina los últimos avances en tecnología de la construcción con técnicas adoptadas de la tradición local. Sin embargo, la sostenibilidad ha estado presente en obra de Foster desde sus comienzos, y es interesante analizar la evolución y cómo en sus primeros proyectos resolvía la búsqueda de la eficiencia energética basándose únicamente en estrategias naturales, y con el paso del tiempo, ha ido incorporando a lo largo de su trayectoria todas las tecnologías que tenía a su alcance en pos de la sostenibilidad.

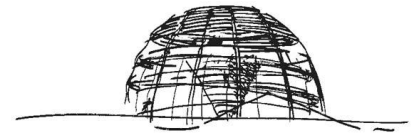
Como su admirado Buckminster Fuller, Norman Foster piensa en la Tierra como una nave que se desplaza por el espacio llevándonos a bordo, y de cuyo cuidado somos todos responsables. Si hay un hilo conductor que enhebra cincuenta años de profesión es precisamente la voluntad de hallar soluciones genéricas a problemas singulares, de manera que la innovación se ponga al servicio del uso eficaz de los recursos y la ocupación sostenible del planeta. (Luis Fernández-Galiano, 2013, p.5)

Foster representa un icono en la arquitectura, y su trabajo ha sido reconocido con numerosos premios, entre ellos el premio Pritzker en 1999 y el premio Príncipe de Asturias de las Artes en 2009.

A continuación se analizan tres proyectos de Foster: la cúpula del Reichstag, (Alemania), la torre de oficinas 30 St Mary Axe (Reino Unido) y la biblioteca de la Universidad Libre de Berlín (Alemania). En el análisis de cada uno de ellos se destaca la importancia del diseño integrado de los distintos aspectos del proyecto, la aplicación de tecnologías innovadoras así como el uso de recursos naturales, que da lugar a edificios con una alta eficiencia energética.

NUEVO PARLAMENTO ALEMÁN

Berlín, Alemania 1992-1999



4.1 Boceto cúpula del Reichstag

Desde el momento en el que se abordó el proyecto para remodelar el edificio del parlamento alemán, se tuvieron en cuenta principalmente cuatro temas: la importancia del bundestag como centro democrático, la comprensión de la historia que hay detrás del edificio, el compromiso con la accesibilidad pública así como el compromiso con el medioambiente.

El edificio, como la mayoría de este tipo de edificios históricos, cuenta con muros de mucho espesor y pocos huecos de ventanas. Esta estructura permite mantener el interior aislado del calor en verano, pero en invierno lleva mucho tiempo calentarlo. Debido a la gran inercia térmica, el Reichstag responde muy lentamente a los cambios de temperatura, lo cual es un problema y a la vez una oportunidad, ya que permite que se puedan explotar sistemas pasivos de control de la temperatura.



4.2 Fotografía Parlamento Alemán en 1898

En 1960, el Reichstag fue reconstruido sin tener en cuenta los factores medioambientales. Las calderas de gas producían cantidades muy elevadas de dióxido de carbono, y dependían de la red eléctrica nacional para sus instalaciones de aire acondicionado e iluminación.

De esta manera, se decidió realizar un proyecto que diese un giro radical a estas soluciones, convirtiendo el edificio en un manifiesto de cómo la sociedad puede satisfacer sus necesidades energéticas futuras, maximizando el uso de luz natural, energía solar, ventilación natural y quemando "bio-diesel" para crear un edificio público autosuficiente y no contaminante, el cual no solo produce de manera totalmente sostenible toda la energía que necesita para su consumo sino que llega incluso a abastecer a otros edificios con la energía sobrante.

El proyecto sufrió muchos cambios desde su concepción inicial, ya que el campo de actuación se fue reduciendo a lo largo de las distintas fases del concurso, obligando finalmente a mantener al completo la estructura del edificio antiguo, por lo que Foster plantea una solución simple y precisa en lo formal, centrándose en reconstruir la antigua cúpula incluyendo valores de claridad y transparencia a lo que representa este edificio en la sociedad alemana, y constituyendo un nuevo hito para Berlín.

4.3 Fotografía cúpula del Reichstag



La nueva cúpula actúa como central de energía fotovoltaica a la vez que resuelve la iluminación y ventilación natural en el espacio de la cámara y se ofrece como mirador de toda la ciudad de Berlín. Así, se plantea un edificio en el que tanto la electricidad como la climatización usarían en su totalidad energías renovables.

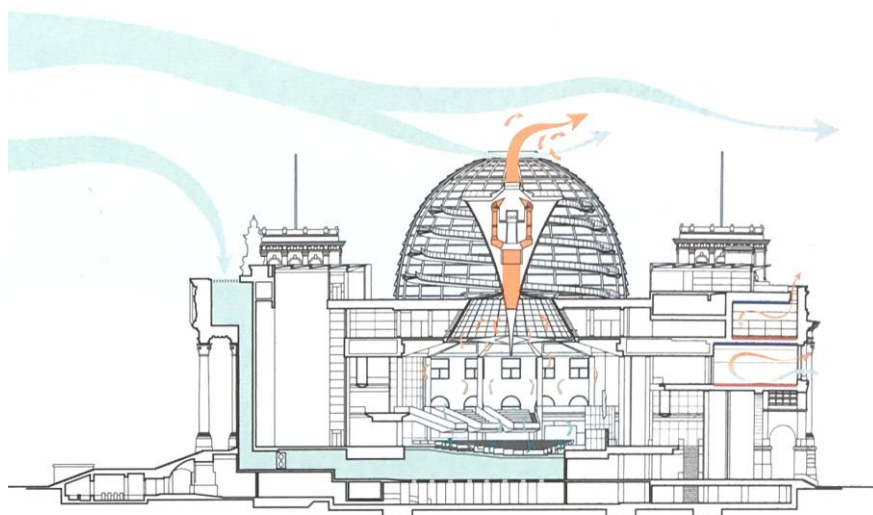
Un primer paso fue quitar el revestimiento interior de yeso y amianto aplicados en la reconstrucción de 1960, para volver a exponer la estructura pesada que permitiría explotar el potencial térmico del edificio, y partiendo de esa base, se empezaron a buscar formas para poder trabajar dentro de estos muros del siglo XIX, aplicando a la vez una estrategia energética en sintonía con los estándares contemporáneos.

4.4 Fotografía Foster durante la construcción



La estrategia que había seguido la reconstrucción del edificio en 1960 era cerrar todos los interiores al aire fresco y la iluminación natural de manera que el Reichstag dependía casi totalmente de dispositivos mecánicos. Por lo tanto, la nueva propuesta se centra en abrir el edificio de nuevo. Esto da lugar a dos temas muy ligados entre sí, y presentes en la mayoría de proyectos de Foster, que son la búsqueda de optimizar la iluminación y la ventilación natural. Para ello, en este proyecto, la cúpula y el cono ofrecen la clave en ambos casos.

Los conductos originales del edificio se abren de nuevo para que puedan desempeñar su papel, de manera que el aire fresco se recoge en la parte alta del edificio y es conducido hacia abajo, hasta entrar en un plenum de inyección situado debajo de la cámara. Desde ahí, sale de forma muy lenta a través de una malla perforada en el suelo, y es filtrado a través de una alfombra de tejido ligero. Una vez filtrado se expande lentamente por la cámara, y poco a poco va subiendo conforme se va calentando. Esto ofrece máximo confort a los ocupantes de la sala y minimiza las corrientes de aire y ruidos. Cuando el aire caliente sube, es recogido en el cono situado en el techo de la sala y sale por una boquilla ancha en la parte superior. El sistema funciona de manera natural, impulsado por el efecto chimenea que producen el cono y la cúpula así como por el efecto Venturi en el exterior, que contribuye en la extracción de este aire ascendente, además la abertura de la linterna está equipada con un alerón que fomenta el flujo de aire a través de la parte superior de la cúpula facilitando también el proceso de extracción y que sirve a la vez para proteger a los visitantes en la plataforma de visualización de los vientos adversos predominantes.



4.5 Esquema ventilación en verano

Dentro del cono, hay unos ventiladores mecánicos que ayudan a este proceso cuando se requiere. La energía para activar estos ventiladores así como el dispositivo de sombreado de la cúpula compuesto por una sombrilla móvil es generada por placas solares fotovoltaicas orientadas a sur en la cubierta. Además, se disponen unos intercambiadores de calor que permiten recuperar y utilizar una proporción del calor del aire de extracción antes de ser expulsado a través de la parte superior de la cúpula. La presión de aire dentro de la cámara puede ser monitorizada y la velocidad de extracción de aire ajustada en consecuencia para asegurar un ambiente cómodo en todo momento.

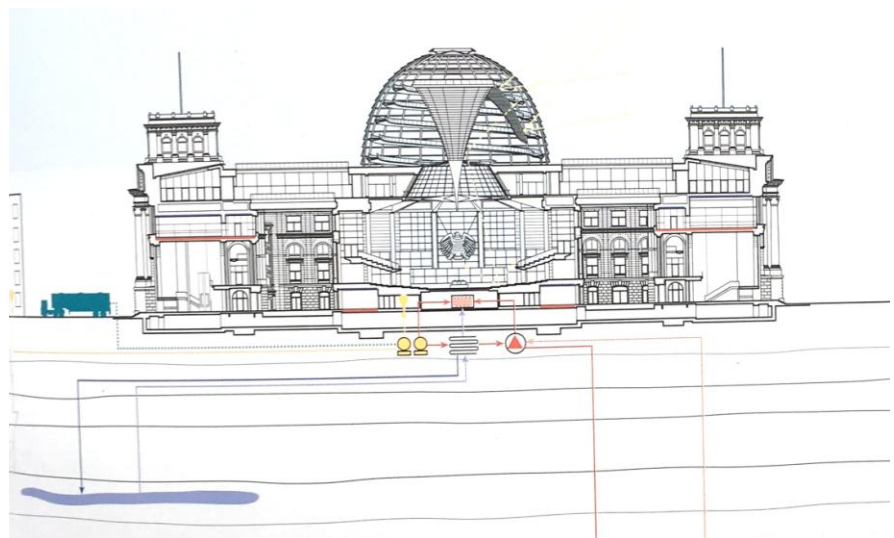
En cuanto a la iluminación, el cono con espejos dentro de la cúpula refleja la luz del día dentro de la cámara, mientras que la sombrilla móvil bloquea la ganancia solar y el deslumbramiento.

Debido a las constantes variaciones del número de personas que usan el edificio a cualquier hora, la estrategia de conservación de energía es muy flexible. Ésta cuenta con la inherente inercia térmica del

edificio para ofrecer una temperatura base confortable a partir de la cual se añaden los sistemas activos de calentamiento o enfriamiento cuando es necesario.

En el sótano del edificio hay unos generadores mixtos de calor y electricidad, los cuales queman aceite vegetal (bio-diesel) en lugar de carbón, un combustible natural completamente renovable, mucho más limpio y eficiente. El aceite vegetal puede ser considerado como una forma de energía solar, ya que la energía del Sol se acumula en las plantas de las que provienen las semillas con las que se hace el aceite (Biomasa). Además, las emisiones de dióxido de carbono se reducen considerablemente a largo plazo, ya que durante su crecimiento, estas plantas absorben la misma cantidad de dióxido de carbono que luego liberan en su combustión.

Este generador se apoya a su vez en un sistema geotérmico y en lugar de malgastar el exceso de energía, lo almacena y lo recicla, usando unos depósitos subterráneos de energía estacionales. Esto se realiza utilizando una instalación de refrigeración por absorción que aprovecha el calor excedente del cogenerador para producir agua fría para enfriar el edificio en verano, la cual será almacenada en un acuífero a unos 60 metros bajo tierra. Durante la refrigeración, el calor no se pierde, sino que es descargado como agua caliente a otro pozo, situado en este caso en un acuífero natural ubicado a más de 300 metros bajo tierra. Mediante una red de tuberías situadas bajo el suelo, el agua caliente en invierno y fría en verano se bombea en el edificio para proporcionar calefacción o refrigeración suplementaria.



4.6 Esquema climatización en invierno

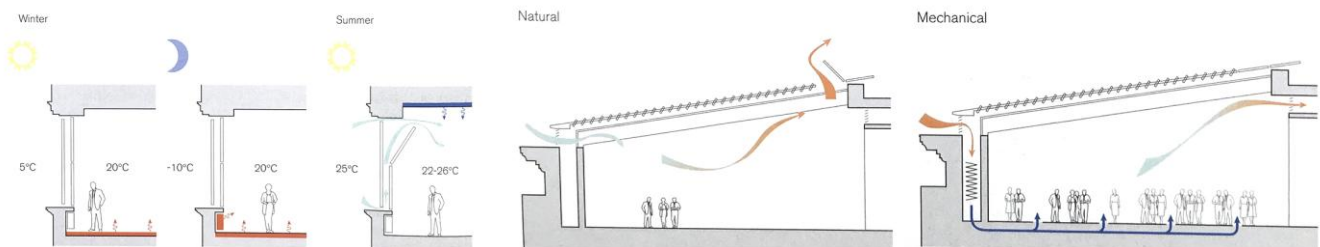
Las instalaciones mecánicas se proporcionan únicamente como respaldo, y los sistemas medioambientales de iluminación y ventilación tienen en cuenta las diferentes propiedades térmicas de las distintas partes del edificio adoptando distintas soluciones según sus condiciones ambientales y de ocupación.

En algunas salas, las ventanas originales son sustituidas por un sistema de "ventanas inteligentes", un montaje sofisticado de dos capas acristaladas. En la capa interior, aislada térmicamente, los paneles acristalados están diseñados para abrirse y para poder ser practicables tanto manualmente como automáticamente. La capa exterior, está laminada con un revestimiento protector e incorpora

ranuras de ventilación para admitir el aire desde el exterior. El vacío entre ambas, alberga un dispositivo de sombreado solar. La fachada doble también ofrece un alto grado de seguridad física para que las ventanas interiores se puedan dejar abiertas cuando sea necesario, especialmente para el enfriamiento nocturno.

De esta forma, en invierno ambas capas permanecen cerradas, y estos espacios se calientan mediante las tuberías de agua caliente que recorren los forjados, pudiendo complementarse con más calefacción cuando las temperaturas son muy bajas.

En verano la refrigeración se produce a través de los techos fríos, y existen dos estrategias de ventilación: cuando la ocupación de las salas no es muy alta, la ventilación se realiza a través de la doble piel, abriendo las ventanas interiores, mientras que cuando hay más riesgo de que las salas se sobrecalienten, las ventanas permanecen cerradas y se ventila a través del aire procedente de los forjados, enfriado gracias a las tuberías que los recorren, en este caso transportando agua fría.



4.7 Esquemas climatización en invierno y en verano

4.8 Esquemas ventilación en las salas de la ampliación

Las salas nuevas del tercer piso, al ser parte de la ampliación no cuentan con la misma inercia térmica que el resto del edificio, por lo que la estrategia es distinta. En este caso, las salas se protegen bloqueando la ganancia solar mediante vidrios inteligentes que solo admiten la luz de norte, y existen también dos estrategias de ventilación, una para situaciones de baja ocupación, en cuyo caso se trata de ventilación natural mientras que ésta será mecánica en los momentos de máxima ocupación, utilizando intercambiadores de calor tanto en la entrada de aire del exterior para enfriarlo como en su extracción, para aprovechar el calor antes de expulsarlo.

El diseño no consiste solo en la conservación de energía y la reducción del consumo. También se ocupa de la reducción de la cantidad de residuos en nuestro medio ambiente, transformando los productos de desecho en algo útil con estrategias de renovación que permiten que el edificio funcione como un metabolismo circular.

En términos ecológicos, el Reichstag ha demostrado como los edificios públicos pueden desafiar el statu quo: los grandes edificios no tienen que ser grandes consumidores de energía o grandes contaminantes. (Norman Foster, 2001, p.351)

30 ST MARY AXE, "GHERKING"

Londres, UK, 1997-2004



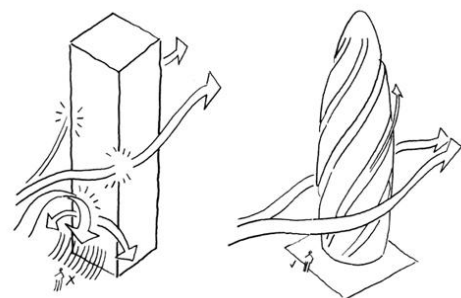
4.9 Boceto 30 St. Mary Axe

En 1997, la compañía Swiss Re le encargó a Foster el diseño de un rascacielos para albergar sus oficinas.

Para entender el funcionamiento de este edificio hay que entender el proceso de su generación, ya que el diseño que podemos ver hoy surgió gradualmente, revisando, analizando y proponiendo soluciones relacionadas con distintos temas en paralelo (el tamaño óptimo de las plantas, la eficiencia energética, las necesidades del programa y del cliente...). Además de este diseño extremadamente racionalizado, en este caso el cliente jugó un papel fundamental en el proyecto, apoyando y entendiendo la importancia de las decisiones climáticas tomadas, con una gran conciencia del problema del cambio climático y buscando ellos mismos que su edificio fuese un ejemplo en cuanto al rendimiento ambiental.

Una de las primeras decisiones fue la de hacer un edificio más alto y con menos superficie por planta, generando así en su base un espacio urbano el cual dio lugar al primer problema planteado: las corrientes de aire que suelen generarse en las bases de los rascacielos.

Las plantas circulares son más aerodinámicas que las cuadradas, causan menos turbulencias, corrientes y cambios de presión en el viento y a su vez optimizan la envolvente necesaria. Estos motivos fueron los que determinaron la forma circular del edificio. Pero esta forma traía a su vez otro problema, que era la dificultad de amueblar y distribuir el programa en estas plantas circulares.

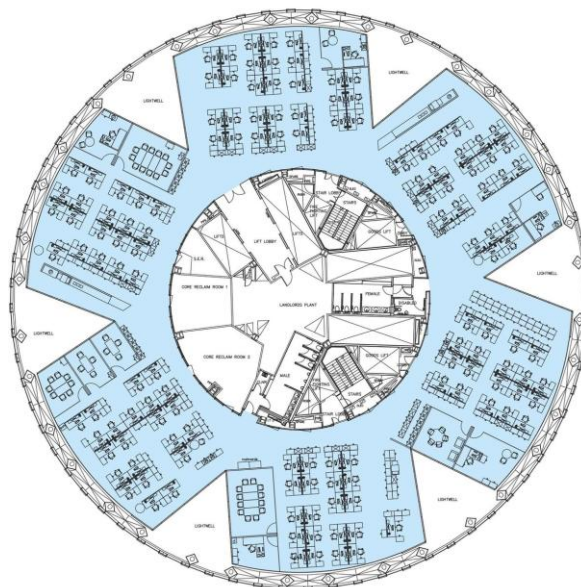


4.10 Bocetos forma general del edificio

La solución a la que se llegó, inicialmente con el propósito de conciliar estas geometrías circulares con algo rectilíneo que hiciese más fácil la organización, fue la que posteriormente trajo muchos otros beneficios para el proyecto, constituyendo una parte fundamental para las estrategias de ventilación e iluminación.

Lo que se hizo fue cortar en la planta una serie de triángulos que se van cerrando hacia el interior, y que así, en su perímetro generan espacios rectangulares en planta.

De esta manera aparecen unos grandes pozos triangulares a lo largo de toda la altura del edificio, que permiten llevar la luz natural a mucha más profundidad en el interior de las plantas. Esto permite además, colocar las oficinas celulares o los espacios que requieran estar más cerrados, a lo largo del borde de estos pozos sin obstruir las vistas a través del perímetro. Con esta solución se consigue uno de los principales objetivos que tenía la compañía Swiss Re, que era la de que todo el personal pudiese disfrutar de las vistas y la iluminación natural.



4.11 Esquema general de planta en el que se aprecian los grandes pozos triangulares por los que entra la luz.

Otra idea que emergió en paralelo fue la de afilar la parte inferior y la superior del edificio, dejando así aún más espacio libre en la base.

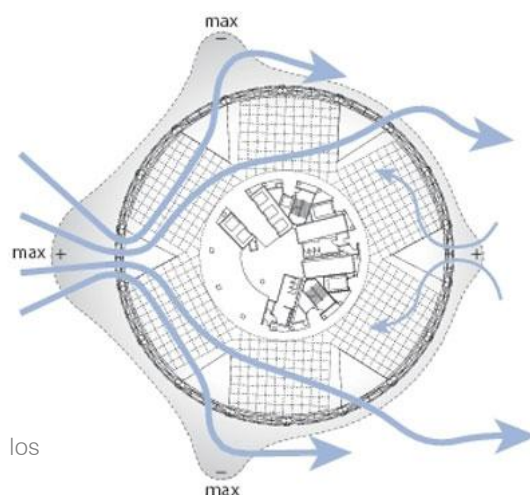
En cuanto a la parte superior, se decidió afilarla por motivos visuales, tratando de reducir su masa aparente y manteniendo la integridad con el resto de edificios en el "skyline".

A su vez, de esta manera, cuando te aproximas al edificio pierdes la noción de su altura, ya que desde abajo lo que ves es su parte intermedia, en la cual se alcanzan las mayores superficies en planta. Y lo más importante, esta forma permite la llegada de mucha más iluminación y Sol hasta el nivel de la plaza de acceso.

Una vez que la forma general estaba definida, el edificio se sometió a una revisión exhaustiva, metiéndolo en programas informáticos que analizaran el comportamiento del viento y las distintas presiones. Tras hacerlo, se reafirmó el potencial de la forma circular y las presiones en su perímetro, las cuales generan por si solas el impulso necesario para introducir el aire en los pozos triangulares del edificio, pero se detectó un problema en el funcionamiento de estos pozos, ya que al ser verticales, el efecto chimenea no era suficiente para impulsar este aire hacia dentro de las oficinas. Por lo tanto, la decisión que se tomó fue la de ir girando un piso por encima de otro, dando lugar a pozos en espiral, cuyas diferencias de presiones sí que serían las suficientes para atraer el aire fresco hacia ellos con suficiente fuerza para ventilar los espacios de oficina abiertos de forma natural. Además, en cuanto a la calidad de los espacios generados y las conexiones visuales, esta forma permite establecer muchas más relaciones, haciendo visibles los pozos de cada planta desde los pisos superiores e inferiores.

Así terminan de definirse estos elementos, que constituyen la principal estrategia ambiental del proyecto, desempeñando dos importantes funciones, por un lado actuando como amortiguadores ambientales y “pulmones” del edificio, ya que las oficinas pueden ser ventiladas a través de ellos aprovechando la temperatura intermedia entre el interior y el exterior de estos espacios y por otro resolviendo los problemas de iluminación en el centro de las plantas, disminuyendo así la necesidad de luz artificial.

La diferencia en la presión de aire alrededor del perímetro del edificio tiene el efecto de introducir el aire a través de algunas de las aberturas y extraerlo a través de otras. De esta manera, el aire fresco entra en estos pozos, y el aire viciado escapa, todo ello a través de ventanas de apertura triangular en el perímetro.

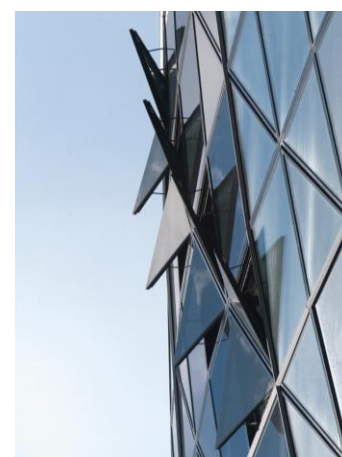


4.12 Esquema general de la ventilación natural a través de los pozos antes citados.

Este sistema funciona de manera natural excepto cuando las condiciones externas son demasiado calientes, frías, ventosas o húmedas. En tales condiciones, el sistema inteligente de gestión de edificios (BMS) cierra las ventanas y activa el aire acondicionado.

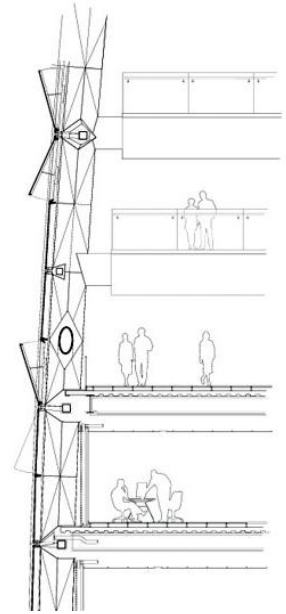
El sistema de aire acondicionado funciona únicamente como apoyo a los sistemas naturales cuando es necesario, y de manera progresiva. Cada espacio de oficina tiene su propia unidad de tratamiento de aire (siete en total por planta) y estas pueden funcionar de manera independiente, gracias a la división de los espacios que proporcionan los pozos perimetrales. Esto permite acondicionar sólo las partes del edificio que lo requieran en cualquier momento mientras que el resto del edificio permanece naturalmente ventilado.

El cerramiento está compuesto por dos tipos de piezas: una romboidal entre forjados y otra formada por dos sectores triangulares planos. Los pozos se cierran mediante el mismo sistema con unas piezas practicables y otras fijas, dejando que el edificio respire de forma lenta pero constante, con la diferencia de que en este caso se trata de vidrio de alto rendimiento teñido para el control solar y las aberturas triangulares están motorizadas.



4.12 Fotografía en detalle del cerramiento y las ventanas triangulares motorizadas.

Las piezas triangulares dejan una rendija entre sí, la cual sirve para incorporar aire fresco al espacio bajo los forjados de cada planta. Las bandas horizontales de los forjados llegan hasta el exterior de la envolvente disminuyendo su canto y convirtiéndose en estas ranuras que cuando es necesario aspiran o expulsan aire. A través de ellas, el sistema de aire acondicionado atrae el aire y lo distribuye a siete unidades ventilación, colocadas serpenteando por encima del techo. Estas unidades pueden calentar o enfriar el aire según sea necesario para distribuirlo posteriormente en los espacios interiores.

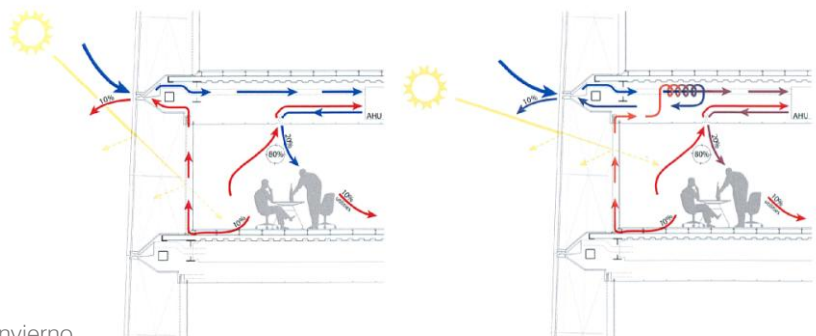


4.13 Sección constructiva.

En el interior, las oficinas están revestidas con vidrios de suelo a techo que maximizan la entrada de luz, pero que sin dispositivos externos de control del sol podría suponer sobrecalentamientos. La solución es disponer unas persianas motorizadas para sombrear esta capa interior acristalada. Cuando los sensores detectan que es necesario, el BMS baja las persianas en la cavidad y ajusta las lamas a una de las cuatro posiciones posibles según el ángulo de incidencia del Sol. (Solamente cuando no es esencial para el control solar los ocupantes en lugar de los BMS pueden operar las persianas). Estas persianas eliminan el 85 por ciento de la ganancia solar potencial y a la vez admiten el 50 por ciento de la luz.

Con la introducción de las persianas se genera, por un lado un espacio central de 1,2 metros que actúa como una zona de amortiguación térmica y por otro una cavidad entre la persiana y el vidrio interior, la cual forma parte del sistema de ventilación de las oficinas.

El aire fresco se introduce a través de las rendijas de los forjados en el exterior y es llevado a cada una de las unidades de tratamiento. Una vez distribuido en las oficinas, el 90% de este aire viciado se renueva volviendo a la unidad de tratamiento mientras que el 10% se introduce por una cavidad en el suelo y es conducido al hueco entre las persianas y el vidrio. Ahí el aire se calienta, y en verano se extrae, mientras que en invierno, antes de extraerse se reconduce con ayuda de un ventilador hacia un intercambiador que aprovecha su calor antes de expulsarlo.



4.14 Estrategias de climatización en verano e invierno.

En estas condiciones, las temperaturas internas se mantienen entre 20 y 26 grados. Si los sensores de cada una de las oficinas detectan que la temperatura sube por encima de 26 grados, el aire acondicionado se enciende incluso aunque las ventanas permanezcan abiertas. Sólo cuando las temperaturas externas superan los 28 grados, el BMS sella el edificio y acondiciona el aire en su totalidad.

En invierno, cuando las temperaturas externas están entre 5 y 12 grados puede permanecer naturalmente ventilado, pero puede necesitar algo de calefacción. Por debajo de 5 grados, el edificio está sellado, siendo ventilado y calentado mecánicamente.

En la delicada bóveda que encierra los tres últimos niveles de la torre las estrategias son un poco distintas ya que es más susceptible al sobrecalentamiento, por lo que para controlar el sol y el resplandor, la capa exterior del doble acristalamiento está revestida de color gris con una capa de alto rendimiento en su cara interna para excluir el 83 por ciento de la luz incidente. Además, en estas plantas se introducen también suelos refrigerados y se añade una sombrilla de seguimiento controlada por ordenador, parecida a la que se usa en la cúpula del Reichstag, para sombrear el sol directo a pesar de que entra ya disminuido gracias al acristalamiento teñido de la cúpula.

En cuanto al diseño de la estructura, denominada “diagrid”, que acompaña a los pozos girando también en espiral, se trata de un sistema estructural rápido de construir y eficiente, muy ligero y a la vez muy rígido, que es capaz de soportar todas las cargas horizontales, dejando al núcleo únicamente la función de soportar las cargas verticales, permitiéndole de esta manera que disminuya su tamaño y que cada uno de los tres núcleos de escaleras y ascensor lleguen a una altura distinta, pudiendo aprovechar el espacio que estos ocupan cuando es necesario, a medida que el área de las plantas disminuye.



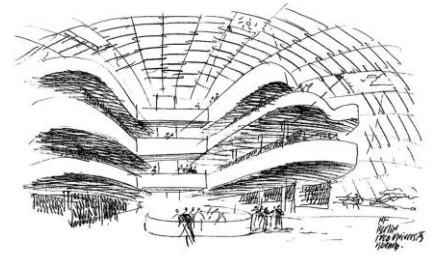
4.15 Fotografía del proyecto en fase de construcción.

Finalmente el resultado es un edificio que funciona como un organismo eficiente, que respira a través de las aberturas en su piel, formando una espiral de luz y ventilación, que utilizado de manera óptima, puede ser ventilado naturalmente sin calentar o enfriar durante el 40 por ciento del año, logrando un 50 por ciento de ahorro de energía respecto a unas oficinas convencionales de estas características con aire acondicionado.

La gran fuerza del proyecto es el grado en el que cada aspecto del programa –social, estructural, medioambiental, espacial –es fundamental para el conjunto. En su totalidad, representa la realización de las aspiraciones que han estado presentes en el trabajo de Foster durante muchos años. (Kenneth Powell, 2004, p.513)

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD LIBRE DE BERLÍN

Berlín, Alemania, 1997-2005



4.16 Boceto del interior de la biblioteca.

La creación de la Universidad Libre de Berlín en 1948 marcó el renacimiento de la educación liberal después de la Segunda Guerra Mundial y desde entonces ha ocupado un papel central en la vida intelectual de la ciudad. El proyecto de Foster incluye la remodelación de su edificio original, la restauración de la fachada y la creación de un nuevo volumen para la biblioteca de la Facultad de Filología.

El campus fue diseñado como un “mat-building” en 1963 por Candilis, Josic, Woods y Schiedhelm, y la primera fase se completó en 1973. La fachada de acero cortén fue desarrollada por Jean Prouvé siguiendo el sistema de proporciones “Modular” de Le Corbusier. Este material, utilizado con los espesores adecuados, genera un óxido superficial que protege de la corrosión, sin embargo, las esbeltas secciones diseñadas por Prouvé pronto comenzaron a aquejar los primeros problemas técnicos. Además de estos problemas de deterioro, los paneles del revestimiento estaban muy poco aislados, por lo que el interior era muy frío en invierno y llegaba a temperaturas altísimas en verano. El techo tampoco estaba aislado de manera adecuada y había filtraciones. Y por último, como era típico en esa época, el amianto estaba muy presente en la construcción y debía ser eliminado, por lo que, finalmente, se tomó la decisión de realizar una profunda rehabilitación.

En 1997 se hizo un concurso en el que se pedían propuestas de restauración de los antiguos “cubos oxidados” y la generación de una nueva biblioteca para la facultad de filología. Foster & Partners ganó el concurso en gran medida por el respeto con el cual se proponía tratar a los edificios originales, restaurándolos y reciclando todo lo posible la estructura, o sustituyendo algunas partes por otras nuevas que pudiesen adaptarse y unirse bien a las antiguas.

El equipo propuso dos ubicaciones alternativas para la biblioteca, una en un parking existente al lado de los edificios originales y la otra escondida en un patio creado quitando y recolocando de manera selectiva algunas partes del edificio existente. El jurado apoyó firmemente esta segunda solución.



4.17 Vista aérea del emplazamiento dentro del campus.

La restauración de los “cubos oxidados” presentó grandes retos técnicos, y además la nueva construcción debía cumplir con códigos edificatorios mucho más estrictos que la original. Foster decidió seguir con el mismo patrón del revestimiento de Prouvé, con las proporciones del modulator, en un material con mayor durabilidad pero que mantuviese un color oscuro similar al corten. Finalmente se eligió un tipo de bronce, producto de la mezcla entre cobre y peltre, ya que se consideró que cumplía con los criterios que se requerían y costaba solo un 10% más que el aluminio.

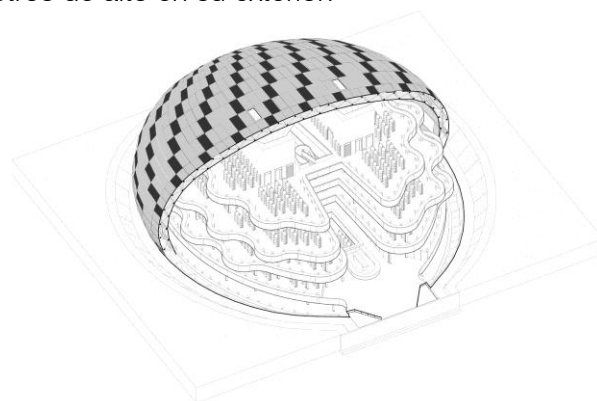
El proceso de eliminar el amianto, que empezó en 1999 requirió quitar los techos originales y sustituirlos por otros con condiciones acústicas similares.

Se tuvieron que tomar también medidas para remediar los problemas sociales que sufría la universidad, que eran principalmente la vulnerabilidad al crimen y la dificultad de orientarse a través del campus. La solución fue reorganizar las circulaciones generando un pasillo central principal en medio de los tres pasillos longitudinales, a partir del cual cada facultad tenía ya claramente definida su entrada frontal, controlada por una recepción.

La entrada a la nueva biblioteca también se localizó a través de este eje principal y el espacio para construirla fue creado a partir de la unión de seis patios del campus.

Para usar mejor el espacio del patio, la biblioteca tenía que generarse en más de una planta, pero no debía ser demasiado alta para que no fuese visible desde fuera de la universidad. Inicialmente la biblioteca era rectangular en planta, por lo que casi llenaba toda la superficie del patio. Pero esta solución resultó ser problemática, ya que no proporcionaba ninguna perspectiva a la biblioteca y a su vez tampoco permitía ni iluminación ni vistas a las partes del edificio contiguas al patio.

Conforme el diseño fue avanzando los rincones del volumen empezaron a erosionarse gradualmente, para poder crear espacio en los rincones del patio para la luz y las vistas. Finalmente la planta acabó siendo un óvalo, con un sótano y tres plantas sobre la planta baja, todas ellas envueltas por un techo en forma de una especie de cúpula aplanada de 19 metros de alto en su exterior.

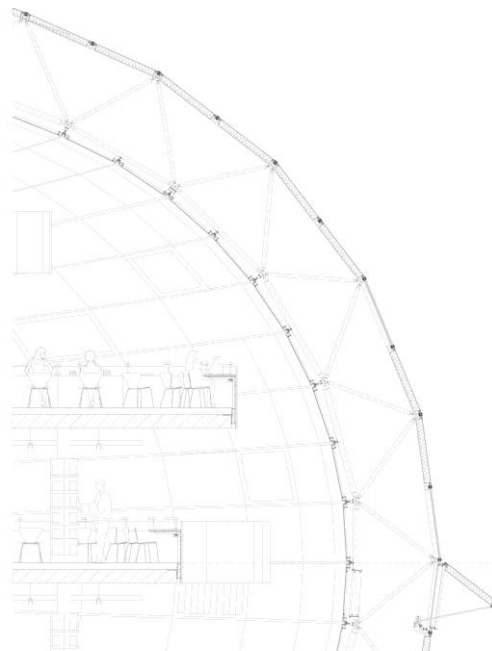


4.18 Axonometría.

Esta forma trajo grandes ventajas al proyecto. Admite la luz natural y encierra el máximo volumen con la menor superficie de cerramiento, lo cual después fue fundamental ya que el presupuesto era bastante ajustado.

Los costes de funcionamiento del edificio también se redujeron, una vez más gracias a la iluminación y ventilación natural para alcanzar una mayor eficiencia energética. Para ello, la cúpula juega un papel fundamental, especialmente la cámara ventilada que se encuentra entre los paneles de la piel exterior y el techo de material traslúcido.

De esta forma, los cuatro niveles de la biblioteca están contenidos dentro de un cerramiento doble con forma de burbuja, que se apoya sobre una estructura triangulada de perfiles tubulares de acero. La capa exterior alterna paneles de aluminio y de vidrio mientras que el interior está revestido con placas de fibra de vidrio combinadas con una membrana traslúcida. Esta piel interna filtra la luz del día y crea una atmósfera de concentración, mientras que una serie de aberturas puntuales introducen destellos de luz. Las estanterías se sitúan en el centro de cada planta, rodeadas por escritorios de lectura que recorren su perímetro. El perfil sinuoso de los forjados genera una secuencia en la que cada escritorio avanza o retrocede respecto al resto, creando espacios de trabajo amplios y luminosos.



4.19 Sección constructiva.

Desde el basamento emerge un hueco a través de las plantas que va ensanchándose y que contiene la escalera principal. Las plantas altas retroceden respecto a este hueco, haciendo la escalera visible para hacer más fácil la orientación, así como enmarcando el control e información en la planta baja, enfatizando la simetría del edificio. Este espacio a su vez alarga la “encimera” perimetral creando espacios de trabajo con vistas controladas de los conductos verticales que juegan un papel fundamental en la ventilación de la biblioteca.

En cuanto a la materialidad de la envolvente, la concha exterior está formada por paneles de aluminio con aislamiento de pvf2 y por unidades puntuales de doble acristalamiento. Estas unidades forman el 30% de la superficie y están situadas, tras varios estudios computacionales, estratégicamente para permitir una iluminación óptima dentro e impedir la luz directa. Tanto los paneles opacos como los acristalados pueden abrirse, operados por motores eléctricos bajo el control del BMS, permitiendo que el aire entre o se escape.



4.20 Perfil sinuoso del forjado.

La piel interior está hecha con paneles blancos traslúcidos de tejido de fibra de vidrio. En algunos de ellos se insertan láminas de EFTE, permitiendo vistas del exterior y percepción de la estructura entre las dos pieles. Esta piel interior permite que el aire pase a través de ella y, junto con la piel exterior, forma una cavidad a través de la cual el aire asciende por el efecto chimenea.

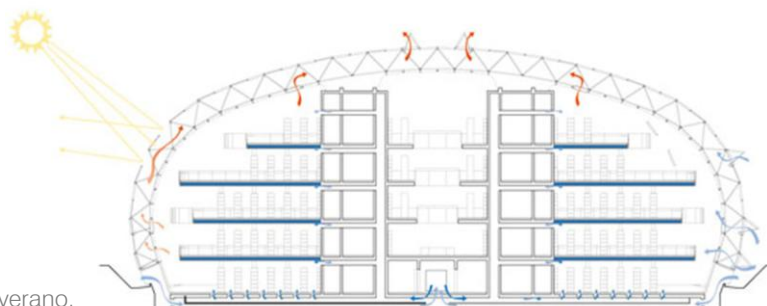
Algunos de los paneles acristalados en la piel exterior están colocados para dar comienzo al ciclo de ventilación natural y reforzar los patrones del movimiento de aire.

Se disponen también pequeñas instalaciones meteorológicas alrededor del campus que detectan si vienen fuertes vientos o lluvia, en cuyo caso el BMS cierra los paneles.

En la estrategia energética de la biblioteca es fundamental por un lado la doble piel de la envolvente, la cual introduce luz natural difusa y permite la circulación del aire potenciando la ventilación natural, así como la inercia térmica que proporcionan los forjados de hormigón armado, los cuales contribuyen al sistema de climatización. Los sistemas naturales están complementados por otros mecánicos, al mando una vez más del sistema computarizado de gestión de edificios (BMS). Este sistema es muy sofisticado teniendo en cuenta el bajo coste del edificio, y consigue ahorrar hasta un 35% de energía en comparación con edificios similares.

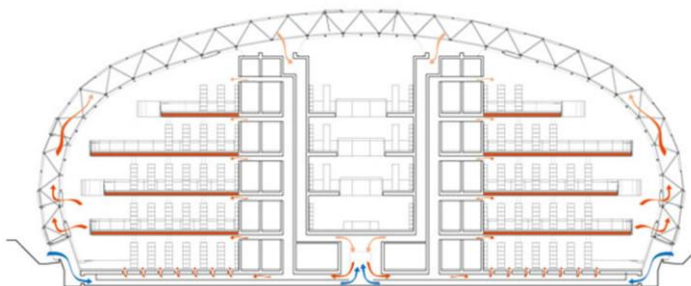
El sistema de climatización consiste en una serie de conductos embebidos en el interior de la estructura de hormigón, que actúa como acumulador térmico y cuando se dan condiciones extremas en invierno o en verano pueden enfriarse o calentarse con agua fría o caliente que pasa a través de estos tubos. Las pesadas losas de hormigón de los forjados de por sí tienen una alta inercia térmica y ayudan a suavizar las fluctuaciones de temperatura.

Por debajo de la losa del sótano hay un espacio en el cual entra aire fresco a través de paneles perforados alrededor de su perímetro. En verano, este aire fresco asciende por los conductos de ventilación que hay en el núcleo llegando a todas las plantas, (habiendo sido previamente refrigerado cuando es necesario), y conforme va calentándose en los distintos espacios, se cuela entre la doble piel y asciende por el efecto chimenea hasta extraerse a través de paneles abiertos en la cima de la cúpula, de manera que el aire en el interior de esta cavidad está en continua renovación, reponiendo el aire viciado que se expulsa por aire fresco que entrará de nuevo en las partes bajas.



4.21 Estrategia de ventilación y climatización en verano.

En invierno, el aire que hay en el espacio inferior se calienta antes de ascender por los conductos para repartirse en el edificio, luego una vez más se introduce en la cavidad de la doble piel de la envolvente ascendiendo gracias al efecto chimenea, pero en este caso, al llegar a la cima en lugar de expulsarse se recoge de nuevo y es conducido a través de otros conductos en el núcleo, en este caso descendentes, hasta un intercambiador que aprovecha el calor de este aire viciado antes de ser expulsado.



4.22 Estrategia de ventilación y climatización en invierno.

El diseño de la estructura llevó bastante tiempo, ya que se exploraron diversas soluciones hasta llegar a la definitiva, producida por la empresa Mero y formada por elementos tubulares que se estrechan hasta extremos roscados que se atornillan en juntas esféricas. Posteriormente se decidió además pintar esta sofisticada estructura de color amarillo, de manera que contrastara con el resto del edificio, de color grisáceo. Esta geometría no ortogonal deja claro que la biblioteca tiene un lenguaje formal muy distinto al resto de la arquitectura existente en el campus.

Por su forma craneal, la biblioteca es conocida como “El cerebro de Berlín”.

Lo que es interesante para mí es la combinación de tecnologías activas y pasivas y cómo interactúan unas con otras para crear el resultado global. Yo creo que eso es en lo que realmente consiste la estrategia medioambiental en este proyecto. Lo cual da lugar a un edificio que consume un tercio menos de energía que cualquiera de las otras nuevas bibliotecas recientemente construidas en Berlín. (David Nelson, 2007, p.389)

BJARKE INGELS 05



Bjarke Ingels nació en Copenhague en 1974, estudió arquitectura en la Royal Academy de Copenhague y en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. En su tercer año de estudios ganó su primer concurso. De 1998 a 2001 trabajó para OMA (Office for Metropolitan Architecture) y para Rem Koolhaas en Rotterdam.

En 2001, volvió a Copenhague montó con un compañero de OMA, Julien de Smedt, un estudio de arquitectura llamado PLOT y juntos consiguieron un gran éxito en muy poco tiempo, ganando un premio por las VM Houses, en Orestad, Copenhague en 2005. A pesar del éxito, el estudio se disolvió y en enero de 2006 Bjarke Ingels creó BIG (Bjarke Ingels Group). El cual en pocos años ha alcanzado una enorme repercusión mundial, tratándose a día de hoy de uno de los arquitectos contemporáneos más influyentes.

Líder de un equipo competente y motivado que combina la democracia escandinava con la cohesión tribal, Ingels practica con sus bigsters una arquitectura proactiva de impacto mediático, realista y onírica a la vez, en un entorno de inteligencia creativa y tenacidad propositiva que los asemeja más a una startup tecnológica que a un estudio convencional. (Luis Fernández Galiano, 2013, p.5)

La arquitectura de BIG es utópica y pragmática a la vez, se preocupa por lo social, lo económico y lo ambiental, situándose en un punto medio entre la vanguardia y lo tradicional, y poniendo un gran énfasis en la importancia de la concienciación, incorporando en su estilo un gran carácter mediático, tanto en la propia arquitectura como en la forma de contarla y representarla.

A continuación se analizarán tres proyectos de BIG, el rascacielos Shenzhen Energy Mansion (China), el conjunto de residencias Hualien (Taiwán) y por último, la nueva planta de tratamiento de residuos Amagerforbraending (Dinamarca).

En el análisis de los edificios se trata de reflejar la filosofía de BIG, cómo enfoca el desarrollo del diseño de los proyectos, y qué estrategias, fundamentalmente sociales y ambientales aplica, una vez más combinando estrategias tecnológicas y naturales entendiendo los edificios como organismos.

Especialmente el último de los proyectos puede considerarse una clara formalización de todos sus conceptos llevados a la práctica.

SEM-Shenzhen energy mansion

Shenzhen, China, 2009



En 2009, la compañía energética Shenzhen lanzó un concurso internacional con el propósito de encontrar un diseño para su base de oficinas regionales que fuera sostenible y eficiente. BIG, en colaboración con Arup y Transsolar, ganó el primer premio.

El edificio estaría localizado en el centro de Shenzhen, China y contaría con 96000 metros cuadrados de oficinas y espacios públicos.

Al tratarse de un rascacielos, el proyecto ejemplifica claramente el concepto de “Engineering without engines”, generando un edificio que en sí mismo funciona como una máquina adecuada a la situación concreta en la que se encuentra en lugar de depender de otras máquinas como es habitual en este tipo de edificios.

De esta forma, en este proyecto se aprovechan las cualidades de la tipología del rascacielos, que son el proporcionar flexibilidad, funcionalidad y buena iluminación para los espacios de trabajo en poblaciones densas en las cuales no se pueden permitir esa misma extensión en horizontal, tratando a la vez de buscar otras alternativas a los sistemas que normalmente complementan a estos edificios, sobre todo en términos de climatización, teniendo en cuenta las consecuencias ambientales y el ahorro de energía y así generando una nueva tipología de edificio de oficinas más sostenible, proyectado no solo teniendo en cuenta lo que ocurre en su interior sino mejorando sus condiciones relacionándolo y aprovechando los elementos externos que le afectan: sol, luz, humedad del aire, viento...etc.

Para ello, puesto que el volumen estaba ya prácticamente dado, lo que resultó fundamental en la elaboración del proyecto y donde el equipo centró su interés fue en el diseño de la envolvente, modificada y optimizada especialmente para el clima tropical de Shenzhen.

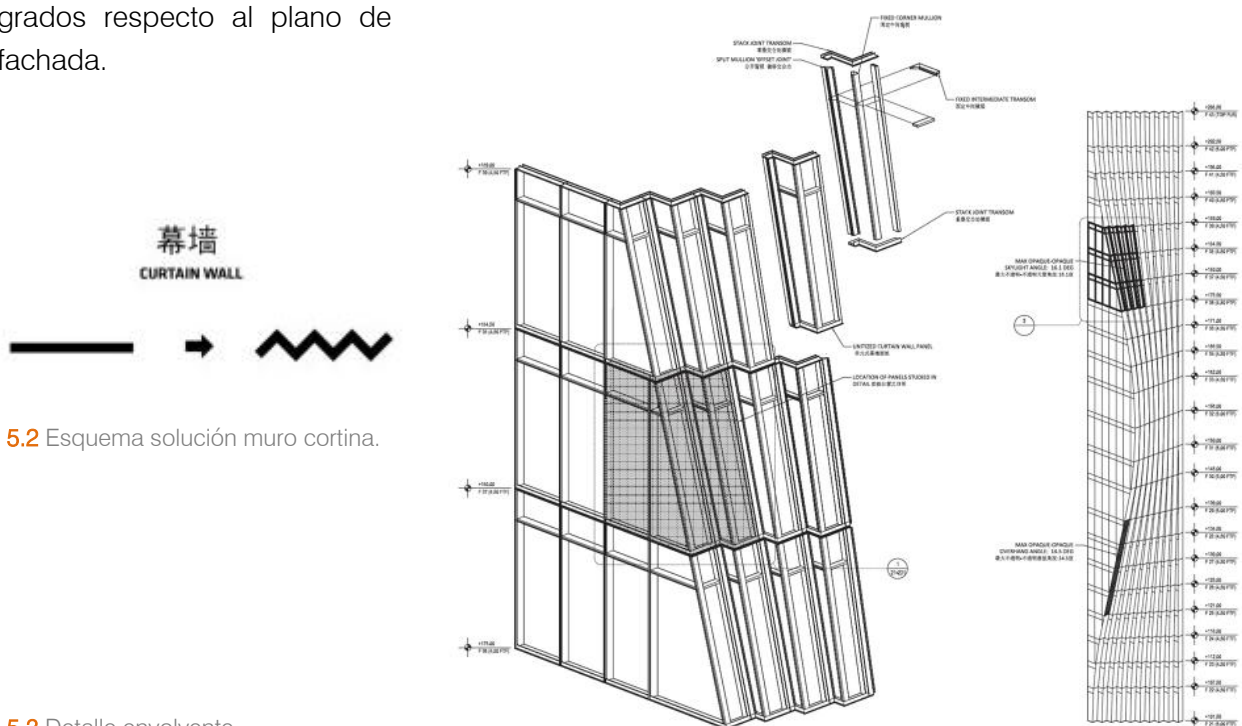
Se partió de un volumen simple formado por dos torres, una de 200 y otra de 100 metros, que se integra de manera amable en el entorno que le rodea, y el cual sería visible desde los centros políticos, económicos y culturales más importantes de la ciudad. Dentro de este volumen la estrategia fue combinar un diseño muy eficiente de las plantas con una fachada que actuase, tanto de manera activa como pasiva para reducir el consumo de energía del edificio.

A este volumen simple inicial posteriormente se le añadieron modificaciones muy concretas, salientes y extracciones onduladas, todas ellas con una clara funcionalidad, generando accesos, espacios públicos, vistas y partes específicas del programa.



5.1 Configuración volumétrica.

El objetivo principal era conseguir maximizar las vistas y la iluminación natural pero a la vez minimizar la exposición solar que genera grandes demandas en la refrigeración del edificio, para lo cual el sistema envolvente se concibió como una piel que se va doblando con unas partes abiertas y otras cerradas para permitir o impedir la entrada de luz al edificio, manteniendo siempre un ángulo de 45 grados respecto al plano de fachada.

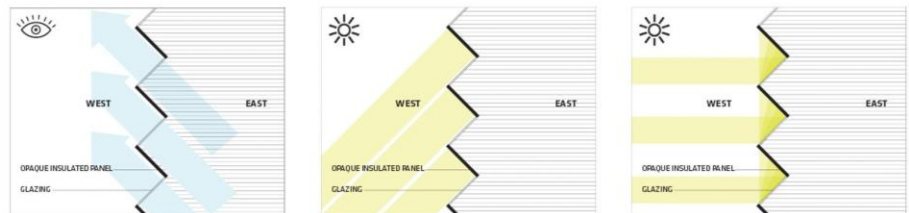


5.2 Esquema solución muro cortina.

5.3 Detalle envolvente.

Las partes cerradas tienen la función principal de bloquear la luz directa del sudeste y suroeste y dotan al edificio del aislamiento necesario permitiendo así que las partes acristaladas necesiten mucho menos revestimiento protector de lo que se suele usar en los rascacielos, evitando así la imagen grisácea y el empeoramiento de las vistas que genera esta protección. La cara exterior de estas partes opacas esta recubierta con paneles solares cuya energía se usa para el sistema de aire acondicionado y para deshumidificar los espacios de trabajo. Las partes abiertas hacia el norte permiten las vistas a través de sus claros cristales y proporcionan al edificio abundante luz natural difusa reflejando la luz directa entre los paneles.

5.4 Estrategias para el control de la ganancia solar y las vistas en la envolvente.



5.5 Infografías interiores.

Incluso cuando la luz viene directa del este o del oeste, la mayor parte de los rayos se reflejan en el cristal en lugar de atravesarlo debido al ángulo en el que están orientadas las ventanas. Gracias a esta reflexión de los rayos, se aumenta la eficiencia de los paneles solares.

Simplemente con la forma del edificio se reduce el consumo de energía en más de un 30%, y al aplicarle también el sistema activo de los paneles solares llega a reducirse más del 60%.

Las decisiones no se basan en la estética, sino que la forma final que lo caracteriza viene definida por las decisiones tomadas con el objetivo de conseguir que el edificio sea más sostenible, haciendo que la estrategia energética se vuelva parte de la estética del edificio.

What makes the building look different is what makes it performe different. (Bjarke Ingels, 2009)

HUA-HUELIEN RESIDENCES

Hualien, Taiwán, 2009



En este caso la empresa TLDC, una compañía de desarrollos urbanos fundada en Taipei, impulsó la construcción de las residencias Hualien en Taiwán, en un clima tropical muy similar al de Shenzhen.

Hualien, situada en la costa este de Taiwán, ha sufrido últimamente una gran afluencia de gente joven que va a buscar oportunidades de trabajo, mientras que a la vez, el envejecimiento de la población hace que crezca la demanda de “segundas viviendas” para retirados que quieren un estilo de vida más tranquilo. En estos términos, se propuso construir un resort costero que contara con programa comercial y residencial, en un enclave con un gran potencial, con vistas espectaculares frente a la costa situado cerca de la intersección entre dos deltas de ríos que pasan por la ciudad de Hualien. De esta forma desde las residencias puede verse la cadena de montañas de Taiwán al oeste, el océano al este y la ciudad de Hualien al norte.

Teniendo en cuenta esta ubicación, lo que BIG persiguió desde el principio fue evitar la típica acumulación de torres diseñando un proyecto que se integrase en este entorno natural generando el menor impacto visual posible teniendo en cuenta la dimensión del encargo y respondiendo una vez más al clima, encontrando así un equilibrio entre la naturaleza, la salud y el entorno construido.

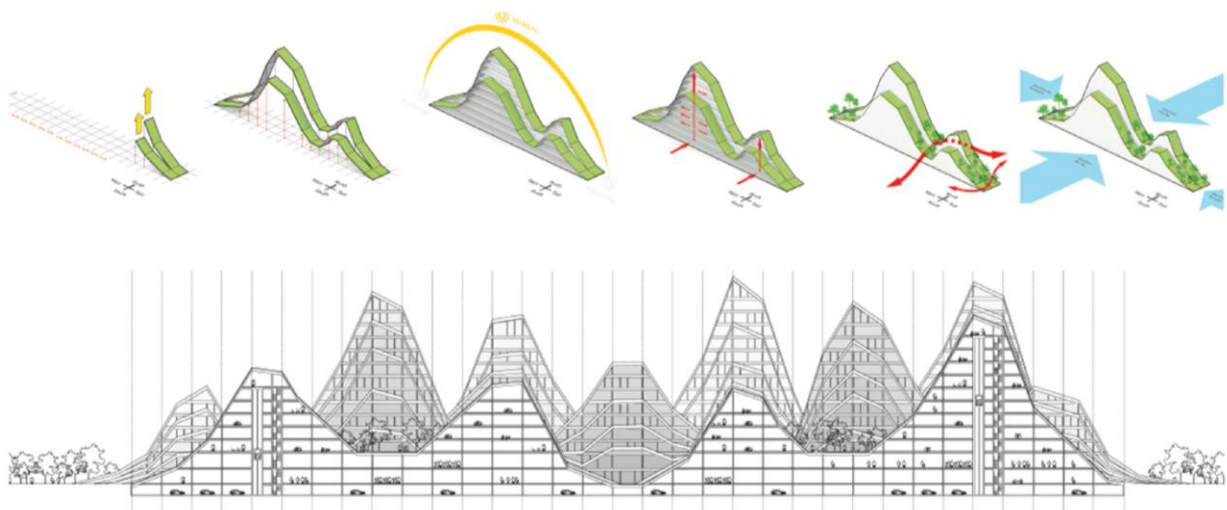


5.6 Axonometría general.

De esta forma, bajo un lenguaje de franjas, se propone crear una “montaña” artificial creada por bandas paralelas que acoge el programa residencial y comercial y que imita las montañas que se ven a lo lejos.

Estas bandas nacen del terreno y se pliegan generando así la topografía artificial, pero no de manera aleatoria, tanto la orientación de las bandas como la disposición de los pliegues está pensada para conseguir un sistema de protección solar adecuado para Taiwán y a su vez enmarcar las mejores vistas. Se apoyan en una retícula estructural de 8,4 x 8,4 metros, que son las dimensiones óptimas para el aparcamiento, y, en los espacios residenciales este módulo pasa a la mitad teniendo un ancho de 4,2 metros.

Al estar cerca del Ecuador, el Sol sale totalmente del este y se pone totalmente al oeste, por lo que para evitar esta luz directa las franjas se orientan en esta dirección, abriéndose a las vistas y bloqueando el deslumbramiento y la exposición térmica, creando un sistema de sombras óptimo para el clima cálido y húmedo de Taiwán y permitiendo la iluminación natural en sentido norte-sur.



5.7 Esquemas generación del proyecto y sección.

Por otro lado, todas las cubiertas de estas franjas son vegetales, no solo por razones estéticas de continuidad paisajística, sino que contribuye también a la generación de un mayor confort ayudando a reducir la exposición solar y haciendo el aire más fresco. Así, estos espacios verdes potencian el ambiente tranquilo de las residencias, mejoran el confort en los balcones y terrazas y disminuyen el gasto energético por refrigeración de las viviendas.



5.8 Sección fugada por apartamentos y sus respectivas terrazas.

En cuanto al programa, dentro de todas las irregularidades de este paisaje de franjas, los apartamentos son muy racionales, aunque con pequeñas diferencias entre ellos generadas por la propia disposición de las franjas. Las residencias se equipan únicamente con lo necesario para potenciar así el uso de los espacios públicos y lugares de encuentro, los cuales se ubican en los valles entre montañas generando terrazas planas accesibles desde el interior. Estos espacios públicos se complementan además con jardines, pistas para correr y piscinas. Gracias a la forma y orientación de la estructura a nivel peatonal se crean microclimas frescos y cómodos para desarrollar estas actividades.

El proyecto pone mucho interés en potenciar el estilo de vida sana y ejercicio, así como las relaciones entre los residentes.

Proponiendo distintos programas según la edad, y gracias a la propia forma del edificio y las facilidades que ofrecen sus instalaciones, se trata de lograr así la generación de una comunidad consciente de la importancia de la salud y del medioambiente en la cual los habitantes interactúen, se relacionen y realicen actividades al aire libre.

Así, se logra un proyecto sostenible no solo medioambientalmente sino que pone un gran énfasis en lo social y en la mejora de la calidad de vida, ofreciendo una segunda casa fuera del estrés de la ciudad principalmente para la gente de edad avanzada, todo ello integrándose y aprovechando las condiciones del entorno en el que se encuentra.

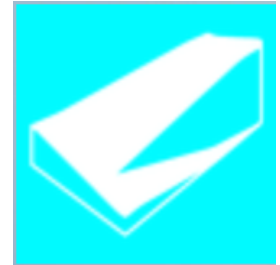
The Hualin Hills es un intento utópico y pragmático de densificación rural donde las cualidades ecológicas de la naturaleza no son consumidas por el desarrollo urbano, sino más bien extendidas y amplificadas. (Bjarke Ingels, 2015)



5.9 Infografía de los espacios públicos de relación en los valles.

AMF-AMAGERFORBRAENDING NEW WASTE-TO-ENERGY PLANT

Copenhague, Dinamarca, 2010



El proyecto para la construcción de la nueva planta de residuos muestra de manera muy evidente todos los aspectos de la filosofía de BIG: la búsqueda de una “sostenibilidad hedonista”, la creación de edificios que funcionen en sí mismos como mecanismos en lugar de que dependan de otras máquinas y la generación de infraestructuras sociales, todo ello bajo el pragmatismo utópico que lo caracteriza.

El proyecto constituye la mayor iniciativa medioambiental de Dinamarca, sustituyendo a la obsoleta planta Amagerforbraending adyacente, por una nueva construcción que comprende una planta de incineración, una planta de separación y un edificio de administración y servicios.

Por la propia funcionalidad del edificio se requieren enormes espacios capaces de albergar la maquinaria necesaria. Este tipo de edificios suelen responder siempre a la misma forma, una tipología de fábrica, que a su vez todos asociamos a conceptos de industria, contaminación e invasión del medioambiente. Lo que se suele hacer frente a este problema en las nuevas fábricas es simplemente “envolver” los edificios de manera que la fachada esconda esta imagen deteriorada que hoy en día tienen las fábricas.

Lo que BIG se propuso desde la concepción de este proyecto fue el salir de este estereotipo. La conversión de residuos en energía es algo esencialmente sostenible y el edificio en sí apoyaría aún más esta sostenibilidad, así que era necesario que esto fuera visible para la gente y que el propio edificio lo demostrara en lugar de ocultarse bajo una piel más estética. Se trataba de encontrar un elemento que no solo embelleciera la fábrica, sino que le añadiese también funcionalidad y que estableciese relaciones entre el edificio y la ciudad.

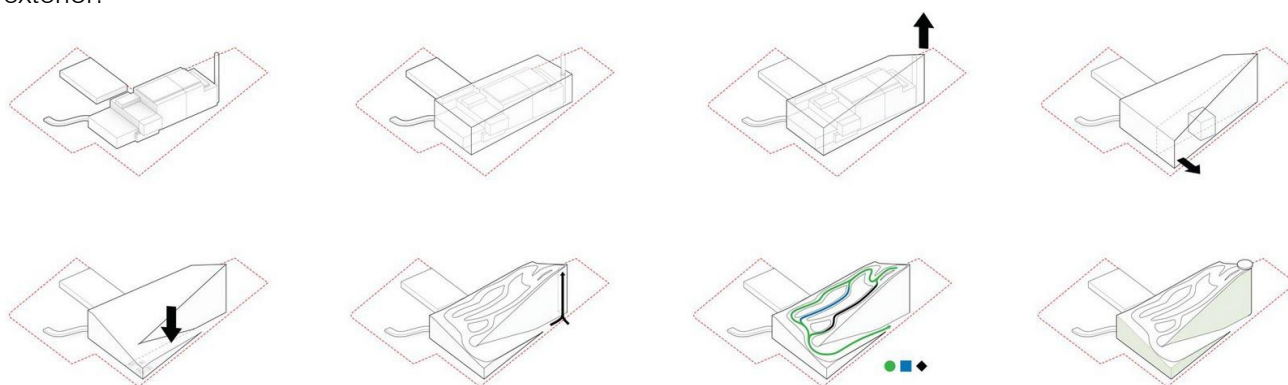


5.10 Infografía del proyecto integrado en su entorno industrial.

El proyecto se ubica en una situación de límite, entre una zona industrial y el centro de Copenhague, en un nuevo área de actividades de recreo, que se está comenzando a utilizar para desarrollos recreativos y residenciales. A pocos minutos es posible practicar deportes como esquí acuático, carting, vela y escalada en roca, pero pese a todas estas posibilidades, es una zona a la que la gente no va y que esta prácticamente en desuso. Dada esta situación, el objetivo era potenciar con el proyecto estas actividades y el uso de esta zona, tratando de convertir la planta de residuos en un destino en sí mismo que diese identidad al lugar y funcionase como nexo de unión en medio de esa diversidad de funciones.

En este contexto, la solución que se propuso fue convertir la cubierta del edificio en una pista de ski para los ciudadanos de Copenhague.

El volumen interno de la planta se determina según criterios técnicos y los requisitos del programa integrando en la estructura la maquinaria necesaria. A la hora de envolver este volumen, se toma la decisión de recoger también en su interior la chimenea, de manera que la altura permita generar las pendientes necesarias para el ski y por otro lado para establecer las conexiones públicas, se minimiza el volumen bajando una de las esquinas a la cota del suelo permitiendo una relación directa con el exterior.



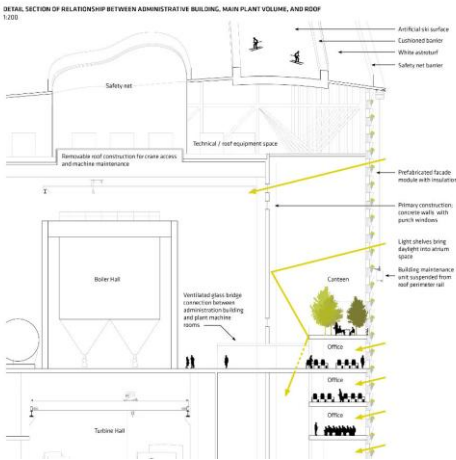
5.11 Esquemas explicativos de la generación del proyecto.

Así se consigue la generación de 31.000 metros cuadrados esquiables con un desnivel total de 100 metros y tres pistas de distintos niveles de dificultad.

En cuanto al programa, además de la planta de producción de energía, se añade un centro de visitantes y zona de administración, cuyo diseño se realiza teniendo en cuenta el evitar la transmisión de ruidos y vibraciones desde la sala de máquinas, y tratando además de optimizar la iluminación natural. Se genera un acceso hasta la cima de las pistas directo para los visitantes, mediante un ascensor de cristal adyacente a la chimenea desde el cual se establecen conexiones visuales con los espacios de trabajo.

El edificio está completamente envuelto en una fachada verde hecha con módulos prefabricados de plásticos reciclados que contienen plantas, los cuales se van repitiendo y amontonando de manera flexible como si fueran ladrillos. Estas fachadas verdes incrementan la biodiversidad, solucionan la gestión de aguas pluviales junto con las cisternas que recolectan el agua de cubierta (que a la vez es

la que sirve para regar las plantas) y mejoran la calidad del aire reduciendo los niveles de CO2, NO2, O3, PM10 y SO2. Además, esta envolvente permite la entrada de luz natural en las zonas de administración y vistas a Copenhague desde el interior.

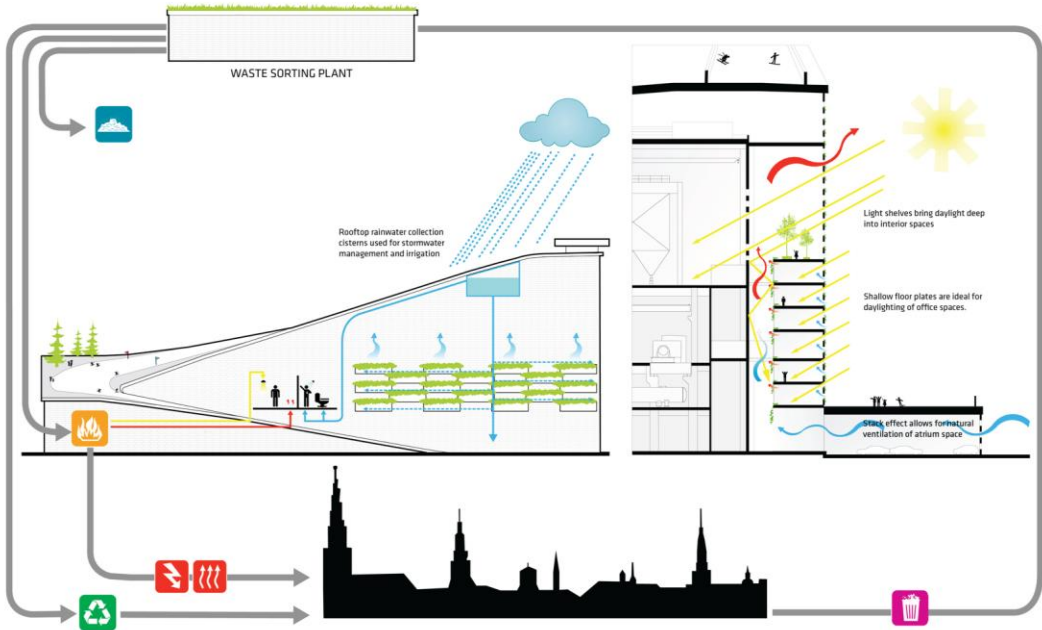


5.12 Sección explicativa del funcionamiento de la envolvente.

5.13 Infografía interior

Gracias al efecto chimenea, el edificio cuenta también con ventilación natural de los espacios interiores.

De esta forma, se logra un edificio que contribuye a completar la visión que tiene BIG de la ciudad como un gran ecosistema artificial, ya que no solo se limita a extraer los recursos locales (el agua de la cubierta, la luz natural y el efecto chimenea de la ventilación natural) sino que crea un metabolismo urbano devolviéndole a la ciudad los residuos transformados en valiosos recursos.



5.14 Esquema explicativo de las relaciones que establece el proyecto con el entorno y la ciudad.

Llevando aún más al extremo la idea de convertir al edificio en un hito así como en un manifiesto de sostenibilidad, se tomó una última decisión que le aportaría al proyecto un carácter mediático y de concienciación.

El humo que sale de la chimenea contiene únicamente una cantidad pequeña de dióxido de carbono, por lo demás es totalmente limpio, por lo que se propuso modificar esta chimenea para que acumulase el humo hasta almacenar 200 kg de dióxido de carbono, y lo condensara y expulsara en forma de anillo, rompiendo así cualquier lazo con la imagen deteriorada de las fábricas, cambiando la chimenea que expulsa humo contaminado por un artefacto lúdico, un símbolo de celebración y notificación, que hará consciente a la gente del impacto del consumo de manera transparente e icónica.

Así se crea una nueva tipología de planta de tratamiento de residuos que combina estrategias de sostenibilidad con otras de concienciación, resultando finalmente económica, ambiental y socialmente rentable.

En lugar de esconder nuestras emisiones bajo la alfombra, proyectamos nuestra huella colectiva de carbono en el cielo de Copenhague –haciendo visibles tanto cuestiones abstractas como cantidades concretas-, proporcionando así a los ciudadanos los datos necesarios para que tengan la información y puedan contribuir a que la ciudad sea un lugar mejor donde vivir. (Bjarke Ingels, 2012)



5.15 Infografía nocturna exterior en la que se visualiza la expulsión de anillos de humo.

Tras el estudio de estos arquitectos y sus proyectos, queda patente cómo la sostenibilidad puede (y debe) ser una parte más del proceso de diseño de los edificios y cómo la alta tecnología ofrece herramientas muy útiles para contribuir en la sostenibilidad de los edificios, en términos sociales y ambientales y también económicos, sin implicar necesariamente un aumento en los costes, ya que estos acaban amortizándose con el tiempo gracias a la reducción de las demandas.

Una práctica global como la de ambos arquitectos obliga a plantearse las diferencias climáticas entre las distintas regiones, y la sostenibilidad es de esta forma un vector de proyecto asociado al clima, y por tanto a la relación con el lugar, generando así distintas soluciones según su ubicación en climas fríos o cálidos, como veíamos en la introducción al hablar de las estrategias bioclimáticas en la arquitectura vernácula. Una de las publicaciones de las obras BIG, llamada "Hot to Cold", pone especial énfasis en esta relación directa entre la arquitectura y el clima, abordando las diferentes aproximaciones a la sostenibilidad dependiendo de la situación del proyecto, en climas fríos o cálidos.

En la arquitectura de Foster, hemos visto cómo el análisis exhaustivo y el diseño hasta el último detalle de cada una de las decisiones contribuyen a acabar conformando un mecanismo global en sus edificios, aplicando estrategias muy sofisticadas que logran combinar lo natural y lo tecnológico con gran maestría para lograr soluciones con muy alta eficiencia, mientras que BIG, se aproxima a los proyectos con un análisis y toma de decisiones que no tienen por qué partir de la arquitectura, sino que surgen teniendo en cuenta ingredientes convencionales como la vida, el ocio, el trabajo, el aparcamiento, las tiendas, el deporte, la salud...

Ambos arquitectos pertenecen a generaciones muy distintas, lo cual se refleja de manera muy evidente tanto en sus proyectos como, sobre todo, en la representación de los mismos. Aunque ambos comparten la aplicación en sus proyectos de la vanguardia tecnológica y la sostenibilidad, Foster fue un pionero en estos aspectos mientras que BIG, surge en un momento en el que ambos temas ya han adquirido una gran repercusión.

El enorme alcance que tienen los medios de comunicación hoy en día supone un cambio radical en la forma de expresarse y de hacerse llegar a la gente. BIG asume la importancia de esta situación y su influencia en la arquitectura e introduce como una parte más de su filosofía los aspectos mediáticos, en línea con su actitud joven, innovadora y emprendedora la cual, como dice Luis Fernández-Galiano, hace que se asemeje más a una startup que a un estudio de arquitectura convencional.

Su carácter positivo y utópico produce en ocasiones rechazo hacia los arquitectos, ya que muchas de las decisiones que toma pueden considerarse anecdóticas (por ejemplo, el hecho de expulsar anillos de humo por la chimenea en la central eléctrica).

Es cierto que BIG se ha apoyado mucho en el marketing, pero, ¿hasta qué punto el marketing no es necesario en la arquitectura, y más aún, en la sostenibilidad en el momento en el que vivimos?

Los valores de la arquitectura de Foster son incuestionables, y ha hecho grandes aportaciones en su trayectoria a la sostenibilidad en todos sus aspectos, proyectando soluciones innovadoras de optimización de las estructuras y de las envolventes, siendo pionero en el diseño de dobles pieles exteriores, así como desarrollando una gran variedad de estrategias de ventilación e iluminación natural, adaptadas cada una de ellas a las condiciones particulares de cada proyecto, dando ejemplo de cómo gracias a los nuevos sistemas de simulación, control y diseño computarizado se pueden lograr edificios mucho más eficientes. Sin embargo, al haber dejado en un segundo plano la difusión de las virtudes ambientales y la eficiencia de sus proyectos, estos aspectos de su arquitectura no han sido tan difundidos como ha ocurrido en el caso de BIG.

Hemos visto cómo en ocasiones la vanguardia tecnológica ha sido criticada por suponer excesivos costes que en algunos casos no se han considerado lo suficientemente justificados, o cómo resulta difícil concienciar a la gente en aspectos de sostenibilidad para conseguir una mayor implicación en el asunto y romper con la mala imagen o los prejuicios que se tienen hacia ella, por lo que dejando a un lado los gustos personales, en mi opinión se puede hacer una lectura positiva de esa “actitud propagandística” que caracteriza a BIG, la cual puede ayudar a lograr el objetivo de que la arquitectura, así como los problemas que nos conciernen a todos como el cambio climático, lleguen a todo el mundo explotando su potencial comunicador y de transformación.

Como conclusión, tras analizar las estrategias así como el enfoque de los dos arquitectos, en mi opinión, las mayores virtudes en ambos casos se generan gracias a una actitud pragmática fundada en un profundo conocimiento de las posibilidades y dificultades a las que se enfrentan combinada con la confianza depositada en la arquitectura como medio transformador, la cual, en términos de sostenibilidad, queda demostrado que puede funcionar como un metabolismo que se retroalimenta con el entorno de manera proactiva, dando veracidad al término “Engineering without engines”, mejorando el confort y la calidad de vida de las personas.

- Neila, F. Javier: *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*, Munilla-Lería, 2004
- Rudofsky, Bernard: *Architecture without architects*, Doubleday & Company, 1964
- Jenkins, David: *Norman Foster Works 4*, Prestel, 2004
- Jenkins, David: *Norman Foster Works 5*, Prestel, 2009
- Abel, Chris and Foster, Norman: *The Reichstag*, Prestel, 2011
- Jenkins, David. Kiem, Karl and Foster, Norman: *Free University of Berlin: The Philological Library*, Prestel, 2011
- Foster, Norman: *30 St Mary Axe: A tower for London*, Merrell Publishers Ltd, 2006
- AV Monografías: *Norman Foster*, Arquitectura Viva, 2011
- BIG: Bjarke Ingels Group: *Recent Project*, A.D.A. EDITA Tokyo, 2012
- AV Monografías: *BIG-Bjarke Ingels*, Arquitectura Viva, 2013
- Ingels, Bjarke: *BIG*, A.D.A. EDITA Tokyo, 2010

WEBGRAFÍA

- www.fosterandpartners.com
- www.big.dk
- www.plataformaarquitectura.com
 - o Videos charlas Foster:
 - Luis Fernández-Galiano, *Protagonistas de la arquitectura del siglo XXI*, 2011
<http://www.march.es/conferencias/anteriores/voz.aspx?p1=22785>
 - Norman Foster, *Building on the Green agenda*, 2008,
<https://www.youtube.com/watch?v=jNgkEGs1I4A>
 - o Videos charlas BIG:
 - Abstract: The Art of Design, Bjarke Ingels, Netflix, 2017
www.netflix.com
 - Bjarke Ingels: 3 historias de arquitectura evolutiva, TEDx, 2009
https://www.ted.com/talks/bjarke_ingels_3_warp_speed_architecture_tales?language=es
 - Bjarke Ingels, *Arquitectura: Cambio de Clima*, Congreso Internacional de Arquitectura y Sociedad, 2016
http://arquitecturaysociedad.org/_congreso-arquitectura-cambio-de-clima/?idioma=_es

CRÉDITOS DE LAS ILUSTRACIONES 08

- 1.1 www.big.dk
- 1.2 www.big.dk
- 4.1 www.fosterandpartners.com
- 4.2 www.fosterandpartners.com
- 4.3 www.plataformaarquitectura.com
- 4.4 Jenkins, David: *Norman Foster Works 4*, Prestel, 2004
- 4.5 Jenkins, David: *Norman Foster Works 4*, Prestel, 2004
- 4.6 Jenkins, David: *Norman Foster Works 4*, Prestel, 2004
- 4.7 Jenkins, David: *Norman Foster Works 4*, Prestel, 2004
- 4.8 Jenkins, David: *Norman Foster Works 4*, Prestel, 2004
- 4.9 www.fosterandpartners.com
- 4.10 www.fosterandpartners.com
- 4.11 www.fosterandpartners.com
- 4.12 www.fosterandpartners.com
- 4.13 www.fosterandpartners.com
- 4.14 Jenkins, David: *Norman Foster Works 5*, Prestel, 2009
- 4.15 www.fosterandpartners.com
- 4.16 www.fosterandpartners.com
- 4.17 www.fosterandpartners.com
- 4.18 www.fosterandpartners.com
- 4.19 www.fosterandpartners.com
- 4.20 www.fosterandpartners.com
- 4.21 Jenkins, David: *Norman Foster Works 5*, Prestel, 2009
- 4.22 Jenkins, David: *Norman Foster Works 5*, Prestel, 2009
- 5.1 www.big.dk
- 5.2 www.big.dk
- 5.3 www.jonathanenns.com
- 5.4 www.big.dk
- 5.5 www.big.dk
- 5.6 www.big.dk
- 5.7 www.big.dk
- 5.8 www.big.dk
- 5.9 www.big.dk
- 5.10 www.big.dk
- 5.11 www.big.dk
- 5.12 www.big.dk
- 5.13 www.big.dk
- 5.14 www.big.dk
- 5.15 www.big.dk

