



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

El aire como mecanismo de la arquitectura pasiva

Air as a mechanism of passive architecture

Autor/es

Alejandro Ascaso Latasa

Director/es

Belinda López Mesa

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Año 2018





## 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<sup>a</sup>. Alejandro Ascaso Latasa

con nº de DNI 77132407K 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) **Grado** . (Título del Trabajo)

## El aire como mecanismo de la arquitectura pasiva.

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

Zaragoza, 23 de Noviembre de 2018



Fdo: Alejandro Ascaso Latasa



# AIRE, MECANISMO DE LA ARQUITECTURA PASIVA

## DOS SISTEMAS TÉCNICOS: CHIMENEA SOLAR Y CHIMENEA DE VIENTO

## RESUMEN

5

El Trabajo Fin de Grado es planteado como un ejercicio de investigación sobre proyectos de arquitectura en los que el uso del aire es el protagonista generando arquitectura pasiva.

La época en la que nos situamos, próxima al 2020, fecha en la que cambiará el ámbito normativo impuesto por tratados Europeos, nos lleva a reflexionar sobre la Sostenibilidad y como es aplicada en Arquitectura. Los recursos naturales e inagotables cobran importancia y más cuando podemos utilizarlos para reducir a cero el consumo de combustibles fósiles en la Arquitectura. El aire y la Arquitectura se relacionan desde antaño en la historia, se hace una muestra de ello y de los usos que ha adoptado el aire en distintas épocas, mostrando la diferencia entre los sistemas de ventilación natural y de ventilación natural forzada.

Para saber como aplicar contemporáneamente este recurso natural, se analizan obras que utilizan el aire como fuente de energía.

Se estudian tres obras de arquitectos distintos, todas ellas han sido destacadas por la utilización de métodos de ahorro energético y aprovechamiento de medios naturales.

Se explicará la situación de los proyectos con el fin de saber a que tipo de clima se enfrentan las obras, dos de ellas centran en las chimeneas solares su eficiencia, mientras que el tercero utilizará un captador de viento para el mismo fin. Con sendos sistemas los proyectos pretenden alcanzar el confort teniendo que utilizar lo mínimo posible mecanismos de apoyo y se explicará como se logra.

Todos los proyectos se analizan desde el punto de vista climático. Se compara el funcionamiento en las distintas estaciones y los recorridos que el aire ejerce por el edificio. Encontramos que el aire no solo puede ventilar sino que también aislar y por ello puede ser un reductor eficaz en el consumo de un edificio tanto en invierno como verano.



# AIRE, MECANISMO DE LA ARQUITECTURA PASIVA

## DOS SISTEMAS TÉCNICOS: CHIMENEA SOLAR Y CHIMENEA DE VIENTO

01	Punto de partida	08
02	Objetivos	09
03	Metodología	09
04	Sostenibilidad y Arquitectura	10
	- El papel del aire en la arquitectura pasiva	13
05	Historia del aire en la arquitectura: Ventilación natural y su evolución	16
06	Historia del aire en la arquitectura: Ventilación natural forzada y su evolución	20
7		
07	HARQUITECTES	27
	- Centro Cívico Cristalerías Planell	30
08	KPMB Architects	35
	- Manitoba Hydro Place	38
09	Foster+Partners	43
	- Masdar City	46
10	Conclusiones	50
11	Bibliografía - Webgraffía	52
		53

## Punto de partida

8

El tema a tratar en el TFG nace a raíz de recordar haber visto el documental del programa Documenta2 “*Construir el futuro: Masdar, una ciudad ecológica*” (\*) en radio televisión española, donde se explicaba con detalle todas las medidas adoptadas para el diseño y también la construcción de esta ciudad, entre ellas se encontraban las de ventilación y protección ante el calor de las calles y destacaba la utilización de un captador de viento, actualizado a la era contemporánea.

La mayoría de estudios y trabajos que ahondan sobre métodos de ahorro de consumo energético, sostenibilidad e innovación en la construcción, suelen en mayor medida hablar sobre la utilización de la energía solar, la innovación en materiales y eficiencia energética de sus instalaciones. Esto junto al haber recordado el documental sobre el proyecto de Norman Foster y que uno de los iconos de este, es un mecanismo pasivo que utiliza el aire, hizo que quisiera basar mi trabajo e investigar sobre aquella otra importante condición para el bienestar en los edificios: el tratamiento del aire.

El centrarse en los mecanismos donde el aire puede aportar no solo ventilación, sino que también ayude al consumo energético del edificio, era una idea más de partida. Por ello fijé mi atención en la chimenea solar y el captador de viento.

(\*) Documental de La2 (2016)  
Programa Documenta2

“Construir el futuro: Masdar,  
una ciudad ecológica”  
Histórico de emisiones:  
25/06/2014  
25/12/2014  
27/05/2015  
en [www.rtve.es](http://www.rtve.es) hasta 01/2016

# Objetivos

El objetivo del TFG es la búsqueda en edificios contemporáneos de la utilización del aire como método pasivo de arquitectura, siendo elemento importante y central en el ahorro energético. Buscar las técnicas adecuadas que propicien mayores beneficios al edificio con el uso del aire, explicando el cómo se capta, circula y se aprovecha, como fuente de energía. Se estudia cómo afecta al confort de las personas en su interior y cómo funcionan los diversos mecanismos a lo largo de las distintas estaciones del año, así como la explicación básica de la física por la que se produce y los materiales de los que se componen.

A través de los proyectos ejemplo se pretende explicar que dándole la importancia suficiente a cómo respiran los edificios, funcionarán energéticamente mejor tanto en climas fríos como cálidos.

# Metodología

9

En primer lugar se aborda el tema de la sostenibilidad y cómo algunos arquitectos han hecho frente actuando en distintos ámbitos (lo material, la eficiencia energética, el bajo coste, lo social). La gran mayoría de los edificios actuales consumen mucha energía para acondicionar el edificio al clima, esto va a ser en el 2020 impensable para los nuevos edificios.

El aire ha sido siempre por motivos higiénicos y de bienestar en los edificios, un elemento a renovar y se explica de manera general los métodos de ventilación no mecánica que hay antes de hablar sobre la utilización histórica de los métodos de ventilación natural y posteriormente la natural forzada.

Al hablar ya de época actual se estudian tres proyectos de distintos arquitectos, premiados o con notables carreras que apuestan por la sostenibilidad en sus proyectos; Norman Foster, como arquitecto reconocido por el uso de las últimas tecnologías al servicio de la sostenibilidad; KPMB, elegidos por tener una larga trayectoria y experiencia construyendo proyectos de gran envergadura cumpliendo certificaciones con altos requerimientos; Harquitectes, por su proyecto que recibió el premio Mapei por la visión integradora del sistema técnico con el diseño del edificio y el entorno donde se sitúa.

A la hora de analizar individualmente los proyectos, se realizará una descripción de sus generalidades de manera previa a describir el papel que ejerce el aire en ellos. Posteriormente se detallarán los cambios y condiciones particulares que se producen en cada uno y cómo varía el funcionamiento a lo largo del año al producirse los cambios de clima.

# Sostenibilidad y Arquitectura

10

Sostenibilidad es un término actual nacido al darse cuenta el ser humano del rumbo derrochista y poco considerado con la naturaleza que en las épocas más desarrollistas nuestras sociedad ha tomado y el cambio que se debe dar hacia un mejor aprovechamiento de los recursos.

Desde la revolución industrial con la aparición del sistema económico capitalista y el culto al consumismo determinadas problemáticas se han agravado: las desigualdades económicas, la pérdida de dignidad social, la desaparición de los recursos limitados de la tierra y contaminación del medio ambiente. Muchos profesionales han ido dando voz a estas problemáticas, pero hasta que no hemos visto mas de cerca las repercusiones directas sobre la naturaleza no se ha despertado el interés por actuar e intentar cambiar de rumbo y es que como apuntaba el intelectual y economista E. F. Schumacher<sup>1</sup> (1973) “*No existe un problema económico... Lo que existe es un problema moral*”<sup>(1)</sup>.

En la arquitectura debemos también saber actuar de manera idónea en el diseño previo a la construcción del proyecto, actuando en consecuencia pudiendo evitar que a posteriori se tenga que compensar con tecnología y un mayor gasto energético; defectos generados, entre otros, por trabajar en contra de las condiciones de un lugar como orientación, soleamiento, protección frente al viento, no utilización de energías renovables, materiales no obtenibles en el lugar, etc.

La tecnología y las posibilidades que nos ha dado la innovación en todos los aspectos nos ha distanciado de las formas autóctonas y tradicionales de construcción donde la escasez de recursos ya fueran materiales o económicos hacían que los encargados de construir los poblados pensaran en la eficiencia mucho más que las sociedades

(1) Schumacher E.F. (1973)

Acceso 17.10.2018 en:  
[www.stepienybarno.es/  
blog/2009/06/04/%C2%BFpor-que-es-  
necesaria-una-arquitectura-sostenible/](http://www.stepienybarno.es/blog/2009/06/04/%C2%BFpor-que-es-necesaria-una-arquitectura-sostenible/)

1 Ernst Friedrich Schumacher fue un intelectual y economista que tuvo una influencia a nivel internacional con un trasfondo profesional como estadístico y economista en Inglaterra.

A Triángulo de la sostenibilidad  
equidad de las partes  
Fuente: [www.eoi.es/blogs/](http://www.eoi.es/blogs/)

posteriores, llegando en ocasiones al convencimiento de no existir límite de recursos y que dieron mayor importancia a la libertad de diseño, llegando a construir con la convicción de que el límite está únicamente en el pensamiento.

En el libro “Arquitectura sin arquitectos”<sup>2</sup> se nombra también lo especulativo del sector y Bernard Rudofsky incluso alude a los arquitectos como empresarios que abogan por el bien de su economía, alabando a las arquitecturas vernáculas más preocupadas en la solución sencilla de problemas prácticos. Estos mismos temas se tratan en el libro “Hacia una arquitectura más sostenible” del COACV:

*“Lo importante es una buena arquitectura de calidad, bien construida, bien diseñada, bien dimensionada. Y para esto tenemos que recuperar el sentido común de los maestros de obra, de los arquitectos de antes, de saber interpretar las cosas”.* Torredeflot J. (2005)

Esta declaración del arquitecto Joan Torredeflot<sup>3</sup> no es ni más ni menos, que una reivindicación de la arquitectura sostenible, del empleo de los recursos para construir edificios eficientes mediante sistemas de arquitectura pasiva. Estos no tienen por qué ser siempre novedosos. Basta con echar la vista atrás para inspirarnos y aplicar el conocimiento de nuestros antepasados, que estaban mucho más conectados con nuestro planeta que nosotros.

Es crítico con la sostenibilidad superficial empleada hoy en día, que emplea mecanismos sostenibles en edificios que en realidad no lo son para dar una apariencia ecológica, al concluir que “*si el edificio no está bien diseñado arquitectónicamente, ya podemos poner placas, que el edificio será insostenible*”<sup>(2)</sup>. Además, no sólo hay que tener en cuenta el diseño del edificio, sino que a la hora de construirlo “*hay que intentar gastar menos energía*”<sup>(2)</sup>, aunque es consciente de la dificultad ya que en el mundo de hoy en día, se construye a contrarreloj. También hay que hacer un buen diseño de los mecanismos y la domótica haciendo que los edificios funcionen mejor y consuman menos energía.

||

¿Por qué hoy debemos tener en cuenta el concepto de sostenibilidad? La razón es bien sencilla; el sector de la construcción y la propia ciudad generan la mitad de la contaminación que provoca el ser humano. Por ello la única manera de mantener el planeta con opciones de sobrevivir es incorporar la sostenibilidad en cada proyecto de arquitectura, urbanismo y paisaje.



Imagen A

(2) Torredeflot J. (2005). “Hacia una construcción más sostenible” conferencia impartida en Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia

2 En 1964, Bernard Rudofsky escribe Arquitectura sin arquitectos y evidencia que la arquitectura vernácula, olvidada por la modernidad durante tiempo, tenía valores propios, tanto estéticos como funcionales.

3 Joan Torredeflot arquitecto catalán director técnico de REGESA e involucrado con la arquitectura sostenible.

La arquitectura se interrelaciona de manera directa con los tres ámbitos de la sostenibilidad, debido a la inversión que se requiere para generalizarla y a estar destinada siempre para la sociedad, ya que habitar, proteger, resguardar es y será siempre la finalidad principal de esta.

¿Qué es para los arquitectos ser sostenible?

Al entrar a formar parte de la arquitectura infinitos factores, no todos ellos reciben una atención igual por parte del arquitecto.



Imagen B



Imagen C

Norman Foster utilizará la tecnología para hallar la solución. En el Ayuntamiento de Londres, por ejemplo, ahorra energía del edificio gracias a la implantación y al estudio de los vidrios haciendo que reflejen más luz del sur que del norte.

B City Hall Londres / Foster & Partners  
fotografía exterior  
Fuente: [www.tinsa.es](http://www.tinsa.es)

C City Hall Londres / Foster & Partners  
fotografía interior  
Fuente: [www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl)

D Montaje de tubos de cartón / laboratorio Shigeru Ban  
Fuente: [www.inspiration.detail.de/](http://www.inspiration.detail.de/)

E Catedral de cartón / Shigeru Ban  
Fuente: [www.archdaily.mx](http://www.archdaily.mx)

F Quinta Monroy / ELEMENTAL  
proyecto recién construido  
Fuente: [www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl)

G Quinta Monroy / ELEMENTAL  
proyecto con actuación de los inquilinos  
Fuente: [www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl)



Imagen D



Imagen E



Imagen F



Imagen G

Según el fallo del premio Gotemburgo<sup>4</sup> al Desarrollo Sostenible 2017: “Alejandro Aravena es un arquitecto innovador que, junto a sus colegas de Elemental, aplica una filosofía de diseño que involucra a los residentes como parte de la solución y no sólo como parte del problema, construyendo puentes de confianza entre las personas, las empresas y el gobierno. Las tres dimensiones del desarrollo sostenible -social, ambiental y económica- se equilibran en un proceso basado en la participación”.

4 Premio Gotemburgo al desarrollo sostenible, premio fundado en el año 2000 con otro nombre. Se otorga todos los años a personas u organizaciones que hayan demostrado un progreso positivo hacia el desarrollo sostenible o que hayan creado proyectos medioambientales estratégicamente interesantes a escala nacional o mundial.

H Viento al encuentro con un edificio.  
Fuente: Heywood, H., Landrove Bossut, S. (tr.) 101 Reglas reglas básicas para una arquitectura de bajo consumo energético. Gustavo Gili S.A. (2015)

I Ventilación natural directa.  
Fuente: Heywood, H., Landrove Bossut, S. (tr.) 101 Reglas reglas básicas para una arquitectura de bajo consumo energético. Gustavo Gili S.A. (2015)

J Ventilación natural cruzada.  
Fuente: Heywood, H., Landrove Bossut, S. (tr.) 101 Reglas reglas básicas para una arquitectura de bajo consumo energético. Gustavo Gili S.A. (2015)

## El papel del aire en la Arquitectura pasiva

Para introducir y aprovechar los recursos naturales en la arquitectura es esencial conocer bien el terreno y sus recursos y saber cómo varían éstos en las diferentes estaciones y en el cambio del día a la noche. Conocer realmente estos factores determinará el buen aprovechamiento de las fuentes naturales en las construcciones, un objetivo muchas veces pendiente de lograr.

En este caso, nos centraremos en el aire y el viento como recurso natural aprovechable para la arquitectura pasiva.

Hay diferentes fines con los que se controla el viento a nuestro favor en los proyectos y nos centraremos en ellos, sin olvidar que en otras ocasiones, existen direcciones predominantes de las que deberemos protegernos.

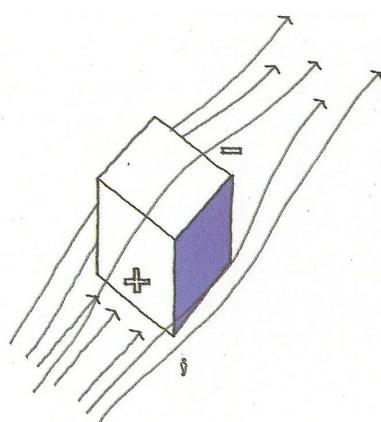


Imagen H

El uso del viento como elemento de ventilación es elemental. Además de para lograr confort térmico, la ventilación se emplea también para proporcionar un nivel adecuado de oxígeno y disipar malos olores.

Cuando el viento entra en contacto con el edificio se crea una diferencia de presión entre las caras a barlovento y sotavento, provocando así la corriente de ventilación. (Imagen H)

Según el libro *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*<sup>5</sup> clasifica las técnicas de ventilación natural en tres categorías:

- Ventilación natural pura - Ventilación forzada natural - Ventilación inducida

La primera se produce porque el aire del exterior está más frío que el del interior del edificio, por lo que cuando se produce la corriente y el aire del exterior se introduce, el aire del interior sale expulsado debido al principio físico que hace que el aire caliente, al ser menos pesado, asciende y el aire frío introducido, que se queda en las capas más bajas, ejerce presión facilitando la evacuación del caliente.

Si el edificio solo tiene una única fachada al exterior, la ventilación sólo será efectiva hasta una profundidad máxima de 6 metros esta ventilación de denomina como **directa**. (Imagen I) Si por el contrario tiene dos fachadas la **ventilación** natural se denomina **cruzada** y es la más adecuada para asegurar una correcta renovación del aire a lo largo de toda la vivienda, siempre que haya viento y los huecos por donde entre y salga sea como mínimo el 5% de la superficie de la planta y la profundidad no supere en 5 a 1 la altura. (Imagen J)

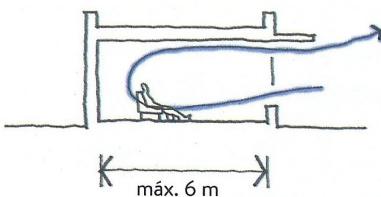


Imagen I

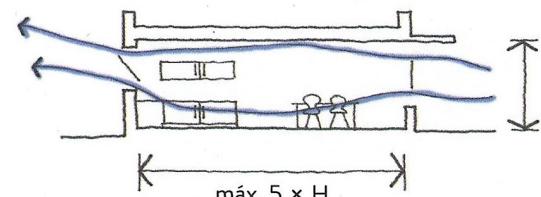


Imagen J

5 Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible. Libro escrito por F.Javier Neila, pretende adentrarse en el mundo de la bioclimática a través de los conceptos y la teoría, pero también con la precisión de los cálculos y la demostración de los ejemplos.

Este es el método más cotidiano de eliminación del sobrecalentamiento y de la sensación de calor y el más utilizado a lo largo de la historia en climas no extremos. Además del no sobrecalentamiento conocemos las capacidades aislantes del aire y hay muchos elementos constructivos ampliamente usados hoy día como son los distintos tipos de muros y cubiertas ventiladas. (Imagen K, L)

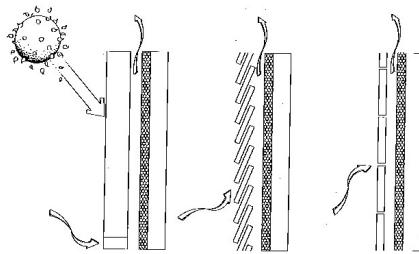


Imagen K

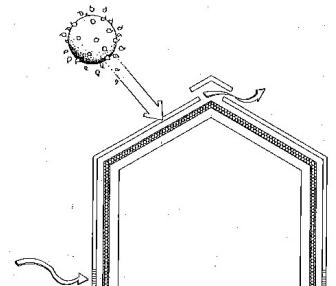


Imagen L

No siempre es sencillo que la ventilación se produzca por los medios naturales y esto lo hemos delegado en la mayoría de edificios a la extracción forzada de manera mecánica, no aprovechando el recurso de la **ventilación forzada natural**.

Métodos naturales que fuerzan a la ventilación son aquellos que obligan a la extracción del aire interior, ya sea por el aumento de la temperatura y por consiguiente de la presión en cierto lugar de la vivienda que obliga a un movimiento interior de aire como son el **recalentamiento de la cubierta** (Imagen M) o la construcción de una **chimenea solar**. (Imagen N) u otras formas como la **extracción por viento**.

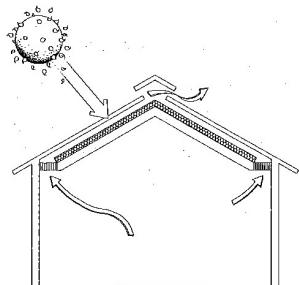


Imagen M

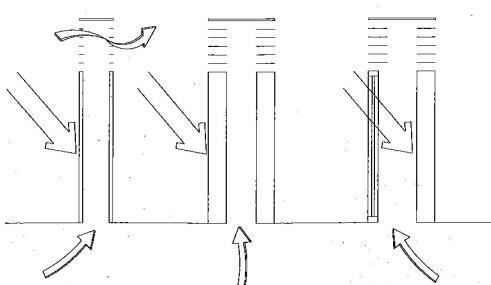


Imagen N

Las chimeneas solares funcionan igual que las de humos pero desalojando aire caliente, situándolas en lugares adecuados obligan a desalojar el aire que calientan obligando a que este sea reemplazado por nuevo aire y así generar una corriente interior de ventilación. Dependiendo del material y color de las chimeneas pueden mantener más el calor y el efecto de succión tras haber desaparecido el sol.

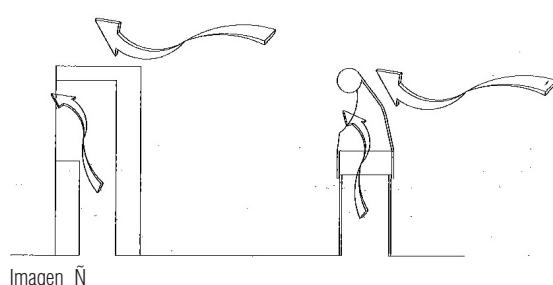


Imagen Ñ

En el caso de la **extracción por viento** el efecto chimenea crea una succión en el interior del conducto, es decir, el efecto Venturi<sup>6</sup>, este efecto queda mayorado si la boca de la chimenea se sitúa en dirección contraria a los vientos dominantes.

Existen bocas fijas desorientadas o orientadores con veleta. (Imagen Ñ)

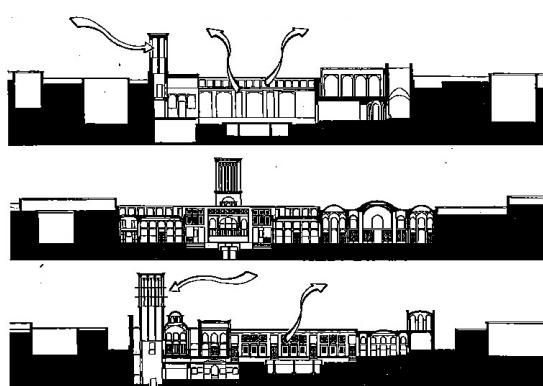


Imagen O

Como **ventilación inducida** existen las **chimeneas de viento**. Estas se diferencian de las solares por usarse para introducir y no extraer aire.

Para ser efectivas deberán tener suficiente altura y la boca direccionada hacia los vientos dominantes. Nacen en los climas cálidos y generalmente secos.

Existen **chimeneas de una boca y múltiples bocas**, permiten introducir aire de distintas direcciones y, en algunos casos, extraer el aire caliente. (Imagen O)

K **Muros ventilados.**  
Fuente: F.J. Neila González, Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible. Munilla-Lería, (2004)

L **Estrategia casa dentro de la casa. Cubierta ventilada**  
Fuente: F.J. Neila González, Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible. Munilla-Lería, (2004)

M **Cubierta ventilada.**  
Fuente: F.J. Neila González, Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible. Munilla-Lería, (2004)

N **Chimeneas solares.**  
Fuente: F.J. Neila González, Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible. Munilla-Lería, (2004)

Ñ **Chimeneas de succión.**  
Fuente: F.J. Neila González, Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible. Munilla-Lería, (2004)

O **Chimeneas de viento o captadores de viento.**  
Fuente: F.J. Neila González, Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible. Munilla-Lería, (2004)

6 Efecto Venturi, consiste en un fenómeno en el que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión cuando aumenta la velocidad al pasar por una zona de sección menor.

Tras esta introducción sobre sostenibilidad y la importancia que tiene el aire en los espacios que habitamos procederé a desarrollar los siguientes puntos:

- Historia y evolución de la Ventilación natural
- Historia y evolución de la Ventilación natural forzada

Con ellos pretendo mostrar como nuestros antepasados siempre han considerado las ventilaciones y usos que se le podían dar al aire, como tema importante en la arquitectura.

Como contrapunto y avanzando hasta nuestros días he considerado hablar de tres proyectos, más contemporáneos a este texto escrito, pertenecientes a tres estudios de arquitectura reconocidos y me centro principalmente en la evolución realizada en las chimeneas solares y en los captadores o torres de viento.

Los proyectos elegidos son:

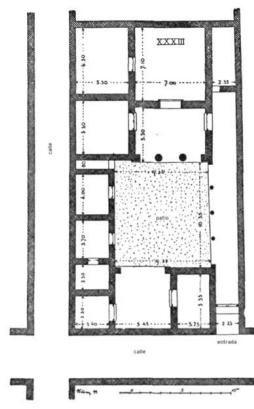
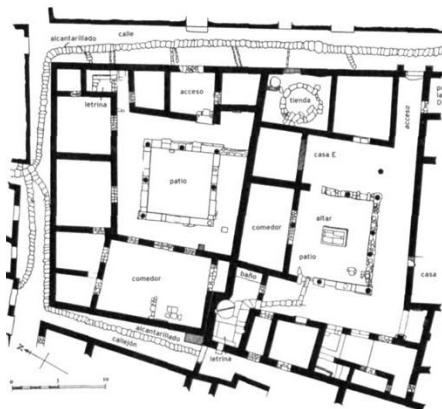
- |                                      |                            |                   |
|--------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| - Centro cívico Cristalerías Planell | Barcelona, España          | / Harquitectes    |
| - Manitoba Hydro Place               | Toronto, Canada            | / KPMB Architects |
| - Masdar City                        | Abu Dhabi, Emiratos Árabes | / Foster+Partners |

# Historia del aire en la Arquitectura ventilación natural y su evolución

La historia de los sistemas pasivos en arquitectura depende mucho del clima al cual esté ligado, pero sin duda el más antiguo y utilizado es el patio, además es el que aparece en un mayor número de condiciones climáticas y épocas distintas.

Los patios no nacen solo como elementos de ventilación y soleamiento para los proyectos, sino que son la base de un verdadero sistema de composición. Y tan importante que para muchos de los usos y para numerosas culturas humanas no ha habido otro en realidad, de modo que el sistema de patios o claustral se ha identificado en algunas etapas y civilizaciones con la arquitectura misma.

## LA CASA-PATIO EN LA ANTIGUEDAD CLÁSICA



Estas dos casas de la antigüedad griega aún teniendo una distinta condición urbana, no tienen ventanas, por lo que no se asolea ni ventila por ningún otro sitio que su patio. La casa de este tipo era en gran medida una casa defensiva y el patio un mundo propio. (Imagenes P, Q)

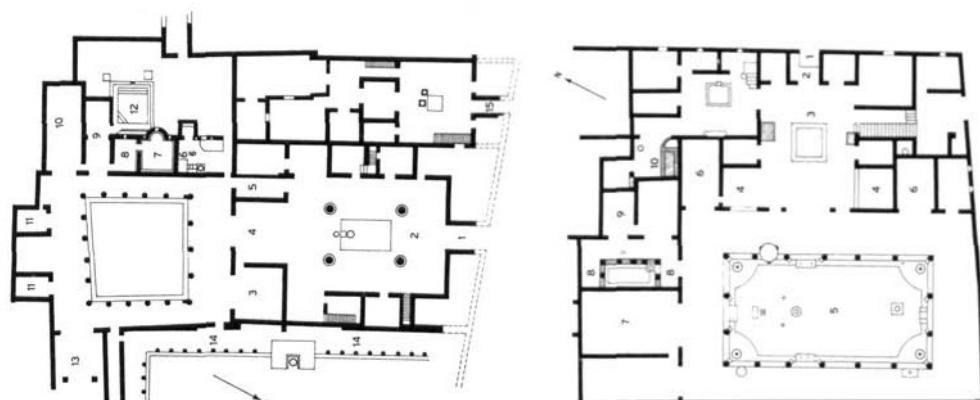
P Casa patio en la ciudad de Delos, Grecia. Sector de los siglos III y II a.C. Fuente: A. Capitel, La arquitectura del patio. Gustavo Gili S.A. (2005)

Q Casa XXIII de Priene, Grecia, finales del siglo IV a. C. Fuente: A. Capitel, La arquitectura del patio. Gustavo Gili S.A. (2005)

- R      Plantas de dos casas en Pompeya, Italia.  
 Fuente: A. Capitol, La arquitectura del patio. Gustavo Gili S.A. (2005)
- S      Casa Medina en Tetuán.  
 Imagen original retocada  
 Fuente: [www.tetuán.org/](http://www.tetuán.org/)

La casa-patio se desarrolló sistemáticamente en las ciudades romanas. Se trata, en general, de casas de una planta entre paredes medianeras, que trocean irregularmente grandes manzanas cuadrangulares que son también irregulares. De ellas aprendemos que esta irregularidad no importa, bien porque es el patio el que recupera la forma regular, y lleva la irregularidad a crujías y habitaciones, solución más habitual y más atractiva, aunque, incluso cuando es necesario, el patio se convierte también en irregular sin perjuicio para su condición.

Vemos por tanto que tenía mucha más importancia compositiva y se utilizaba no solo como elemento de ventilación y asoleo en un mundo de pequeñas crujías fragmentadas, sino como elemento organizativo que pusiera orden a un caos compositivo. ([Imágenes R](#))



Imágenes R

17

En la antigüedad a un clima más extremo sí se observa una mayor consideración a las adversidades climatológicas haciendo que se preocupasen por que los patios funcionaran de una manera eficiente para la expulsión del calor y la generación de succión para una renovación de aire más continuada y la reducción de sobrecalentamiento en el interior de sus viviendas.

Esto ocurrirá por ejemplo en las *viviendas fortaleza de Marruecos*<sup>7</sup>, en las cuales, sin renunciar al aspecto defensivo como tenían las casas griegas y romanas, vemos una mayor preocupación en el aspecto pasivo arquitectónico como hoy día denominamos.

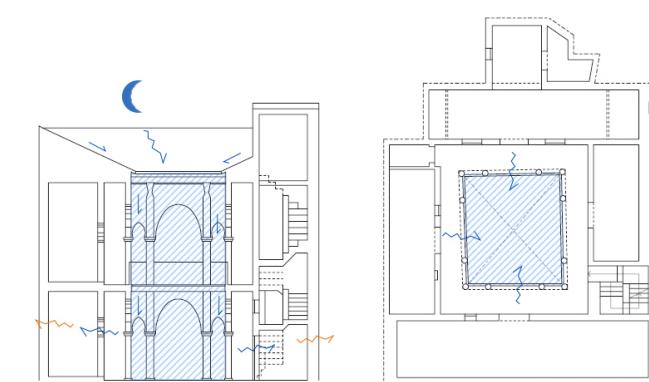


Imagen S

Al caer la noche las capas altas de la atmósfera se encuentran a una temperatura inferior y refrigeran la cubierta y la capa de aire en contacto con ella. La inclinación de estas vierte al interior el aire frío, más denso, desalojando el caliente poco a poco y haciendo que se enfríe totalmente a lo largo de la noche la vivienda. ([Imagen S](#))

Al momento de amanecer, dependiendo del tipo de patio y su forma este puede trabajar de diversas maneras y habrá que evitar la entrada de excesivo sol en él:

Una de ellas y referidas al tipo de patios anteriormente mencionados (altos y estrechos) es cubriéndolo, restando así el asoleo y evitando la entrada de calor.

En las proporciones del patio debe primar la altura frente a su superficie en planta con el fin de que sea más difícil calentar el aire del patio o que el viento succione el aire fresco que se haya podido acumular.

<sup>7</sup> Las viviendas fortaleza de Marruecos o kasbahs, viviendas señoriales también utilizadas como lugar de protección contra intrusos y ataques, pero también tenían uso de refugio donde protegerse de las tormentas de arena, o el exceso de frío que podía matar el ganado. Generalmente de altos muros con torres en las esquinas y de planta cuadrada.

La otra que vamos a nombrar aquí es totalmente lo contrario, patios con amplia área soleada, la radiación incide en las paredes o el suelo de estos acumulando energía en los paramentos que a su vez elevan, por convección, la temperatura del aire en contacto con suelo y muros, generándose una corriente ascendente que succiona el aire de las estancias abiertas al patio. (Imagen T)

En el patio se primará su superficie en planta frente a su altura. Si además se aumenta la inercia térmica de los muros, trabajando estos como un muro térmico, se puede ampliar el efecto de succión aun tras haber desaparecido el sol, ya sea de noche o por la aparición de nubes.

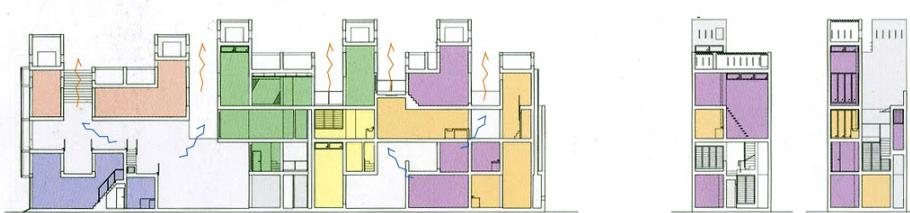


Imagen T

T Space Block Hanoi, Vietnam  
secciones, extracción del aire  
/ Kazuhiro Kojima  
Fuente: [www.architecturalgrammar.blogspot.com/2011/03/space-block-hanoi-by-kazuhiro-kojima.html](http://www.architecturalgrammar.blogspot.com/2011/03/space-block-hanoi-by-kazuhiro-kojima.html)

U Planta de la catedral de Santiago de Compostela, España.  
(según Kenneth John Conant)  
Fuente: A. Capitel, La arquitectura del patio. Gustavo Gili S.A. (2005)

V Palacio Strozzi, Florencia, Italia.  
planta del palacio  
/ Benedetto da Majano  
Fuente: A. Capitel, La arquitectura del patio. Gustavo Gili S.A. (2005)

## LOS NUEVOS USOS EN LA EDAD MEDIA

La utilización de los patios en la tipología de vivienda residencial ha ido evolucionando y ha perdurado en el tiempo como veremos posteriormente en épocas más recientes a la nuestra. Asimismo se ha ido adaptando a edificaciones de programa mucho mayor como elemento organizador, además de por sus beneficios ya vistos, por ejemplo, en la Edad Media con la aparición de catedrales y monasterios. (Imagen U)

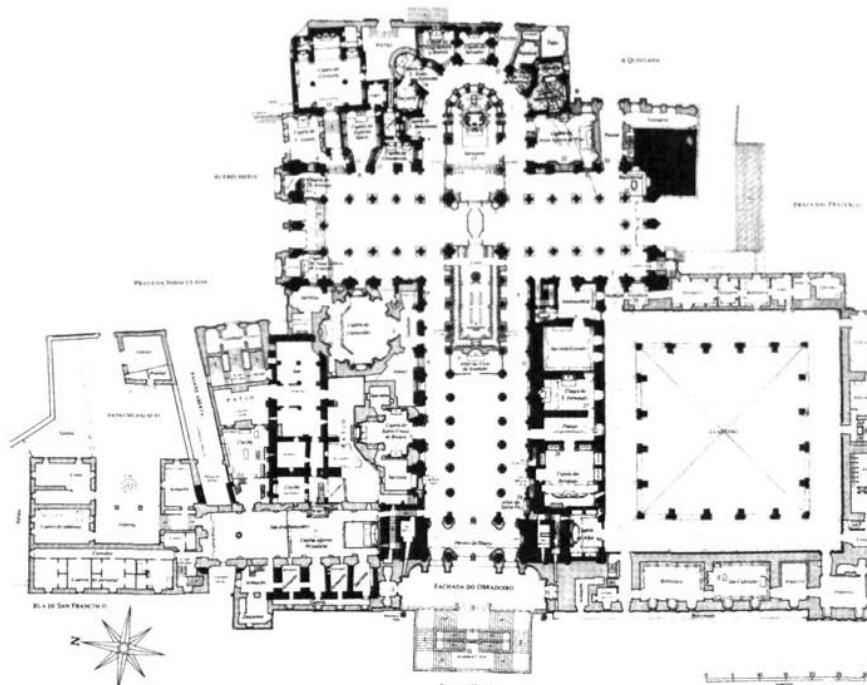


Imagen U

18

## RENACIMIENTO

Los palacios renacentistas donde la perfección de la forma y la simetría nos lleva una vez más a una utilización compositiva y no solo energética del patio pero del cual se empieza a utilizar en mayores alturas y nos recuerda al posterior uso, que conocemos hoy, de ventilación de bloques en altura y patios de manzana.

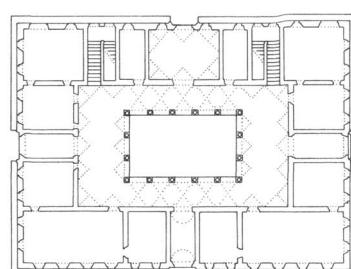


Imagen V

W Ayuntamiento de Säynätsalo.  
/ Alvar Aalto  
Fuente: A. Capitel, La arquitectura del  
patio. Gustavo Gili S.A. (2005)

X Edificio Seagram.  
/ Mies van der Rohe  
Fuente: www.plataformaarquitectura.cl/

## MOVIMIENTO MODERNO

Los maestros modernos tenían en muchas ocasiones como uno de los fines del proyecto la introducción de la naturaleza, tanto por el uso de la cubierta jardín característica del movimiento como por la utilización del elemento patio que se utilizaba como espacio de desahogo visual y que junto a la aparición del vidrio, ya no era necesario salir a un espacio exterior para estar en él. Esto ocurre por ejemplo en el Ayuntamiento de Säynätsalo. ([Imagen W](#))

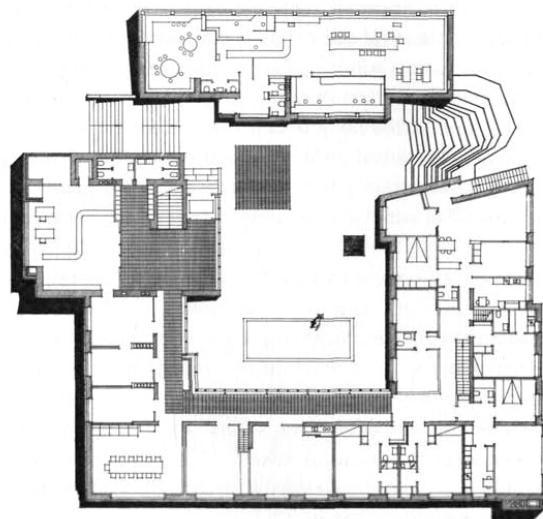


Imagen W



Imagen X

Será en esta época donde la generación de edificios en altura se dispare sobre todo en América. La posibilidad de asolear a través de un vidrio y la necesidad de generar una ciudad mucho más compacta, junto con los avances técnicos de maquinaria, dieron lugar a la construcción de los rascacielos, grandes edificios en altura que poseen un pulmón mecánico, no utilizando la ventilación natural, sino la ventilación forzada mecánica. ([Imagen X](#))

Vemos una época contradictoria donde por un lado hay intención de aunar edificio y naturaleza y por otro lado se favorece la desmesura del crecimiento descontrolado que ha llegado a nuestros días y al que debemos poner remedio para no acabar con nuestro planeta.

En este intento aparecen en proyectos contemporáneos medidas de actuación que aúnan la recuperación de la arquitectura pasiva basada en los fundamentos básicos de la arquitectura tradicional, o sin arquitectos, y por otro lado los elementos tecnológicos de los que hoy disponemos.

- Y Secadero de lúpulo, Inglaterra.  
Fuente: [www.vilssa.com/](http://www.vilssa.com/)
- Z Secadero de lúpulo, Inglaterra.  
Fuente: [www.4.bp.blogspot.com/](http://www.4.bp.blogspot.com/)
- AA Secadero de lúpulo, Inglaterra.  
sección y dirección del viento  
Fuente: F.J. Neila González,  
Arquitectura Bioclimática en un entorno  
sostenible. Munilla-Lería, (2004)

## Historia del aire en la Arquitectura ventilación natural forzada y su evolución

20

La ventilación natural forzada no ha sido tan extendida como la directa o cruzada pero sabemos que también ha sido utilizada desde antaño. Con la aparición de la ventilación mecánica los sistemas de la ventilación natural forzada no han sido implementados por los arquitectos en tantas ocasiones.

### EXTRACCIÓN POR VIENTO

Este tipo de mecanismo de forzado natural lo encontramos tanto en usos residenciales como industriales, uno de los más característicos en el uso industrial son los secaderos de lúpulo<sup>8</sup> de Inglaterra también podemos encontrarla desde el siglo XIX donde se utilizaba y se sigue usando hoy en día en los secaderos de lúpulo de Inglaterra.



Imagen Y



Imagen Z

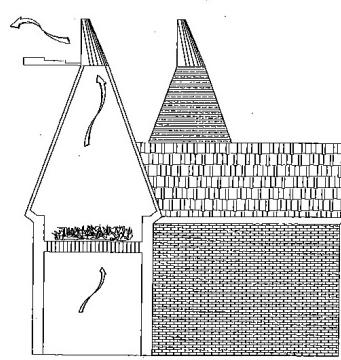


Imagen AA

8 Oast Houses, Antiguos secaderos de lúpulo ingleses. Famosos del condado de Kent, Inglaterra y que son esenciales en la fabricación de la cerveza.

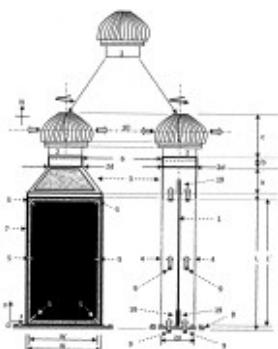
AB	Aspirador eólico. planos	En construcciones más recientes, el efecto chimenea se utiliza muy comúnmente para la extracción de humos así como de olores, haciendo que estas ventilaciones no sean asistidas. Hay que evitar el humo o aires revocados en estas extracciones.
AC	Aspirador eólico. fotografía	
Fuente: <a href="http://www.chimeneasytubos.es/">www.chimeneasytubos.es/</a>		
AD	Casa solar en La plata, Argentina. fotografía	
Fuente: <a href="http://www.wikiwand.com">www.wikiwand.com</a>		
AE	Chimenea solar. fotografía	
Fuente: <a href="http://www.arqphys.com/arquitectura/fotos/arquitectura/Chimeneas-solares-y-arquitectura-sostenible.jpg">www.arqphys.com/arquitectura/fotos/arquitectura/Chimeneas-solares-y-arquitectura-sostenible.jpg</a>		

Imagen AB

Imagen AC

### CHIMENEA SOLAR

Como ya habíamos nombrado, nos pueden ayudar a forzar la ventilación. Tiene el mismo funcionamiento que el de los patios en climas desérticos que trabajaban mediante succión, pero de una manera más efectiva puesto que concentran más el aire caliente y suelen aportar mecanismos para que la radiación solar incida más rápidamente.

Se trata de algo no utilizado hasta la arquitectura más contemporánea debido al requerimiento de cálculos y uso de materiales que requieren una técnica específica.

21

El calentamiento se produce de forma habitual por efecto invernadero o mediante recuperadores de calor, pudiendo producirse en cualquier zona del conducto excepto en la coronación de la chimenea. Calentar el aire en este punto provoca la sustitución del aire precalentado por aire exterior, anulándose la succión. Para evitar este efecto es necesario prolongar la chimenea 1,5 m por encima del elemento calefactor.



Imagen AD



Imagen AE

La casa solar de La Plata integra estrategias de diseño para minimizar el uso de energía en climatización, entre otras, dos chimeneas solares. (Imagen AD)

Se trata de una de las primeras viviendas en integrarlas, proyecto de Elias Rosenfeld<sup>9</sup> de 1980.

Utiliza toda la cubierta de chapa para calentar el aire que se sitúa bajo ella. Se trata de una cubierta ventilada conectada al interior de vivienda y las chimeneas son las que desalojan el aire sobre calentado bajo la cubierta.

<sup>9</sup> Elias Rosenfeld, fue un destacado arquitecto e investigador argentino. Es considerado uno de los pioneros del diseño de edificios solares pasivos y la arquitectura solar en América latina.

## CHIMENEAS O CAPTADORES DE VIENTO

Es un sistema de ventilación forzada de inducción del que sí tenemos constancias históricas mucho más antiguas que en los casos anteriores mencionados.

Los mecanismos de conducción del viento han sido necesarios desde los inicios de la civilización. Ya desde siglos antes de Cristo se dieron cuenta de que una correcta canalización del aire, podía incrementar el bienestar ante las extremas temperaturas y las dificultades bioclimáticas que sufrían aquellos que inventaron el sistema: los persas.

El pueblo persa establecido en Irán, vivía en condiciones desérticas sin humedad en el aire, donde las temperaturas varían enormemente, llegando desde los 50 °C durante el día hasta bajar incluso de los 5 °C por la noche. Al conocer su medio, supieron adaptarse correctamente a él, aprovechando y adaptando sus construcciones a los recursos que les ofrecía el entorno. Así, idearon el primer sistema de ventilación pasiva, los captadores de viento (en persa bâdgir, en árabe malqaf). Los expertos no han sido capaces de determinar con exactitud de qué fecha datan los primeros captadores de viento, pero oscilan entre el 4000 antes de Cristo.

Su uso no se limitó solo a Irán, sino que se extendieron por todo Oriente Medio.

**AF** Captador de viento iraní.  
Fuente: Mahyari A. The Wind Catcher  
A passive Cooling Device For Hot Arid  
Climate, Philosophiæ doctor thesis.  
University of Sydney, (1997)

**AG** Captador de viento.  
esquema básico  
Fuente: [www.el-ignominioso.tumblr.com/post/105075576197/esas-torres-de-ventanas-alargadas-que-pueden](http://www.el-ignominioso.tumblr.com/post/105075576197/esas-torres-de-ventanas-alargadas-que-pueden)

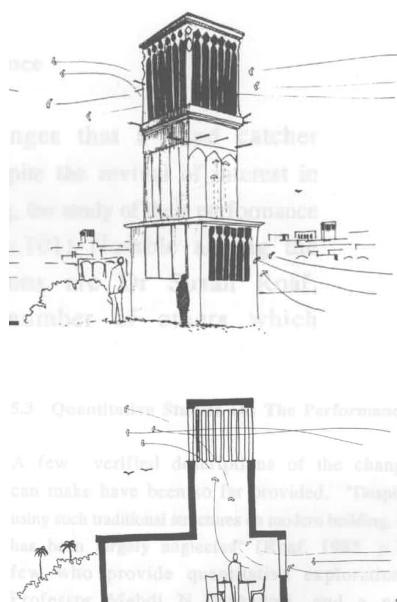


Imagen AF

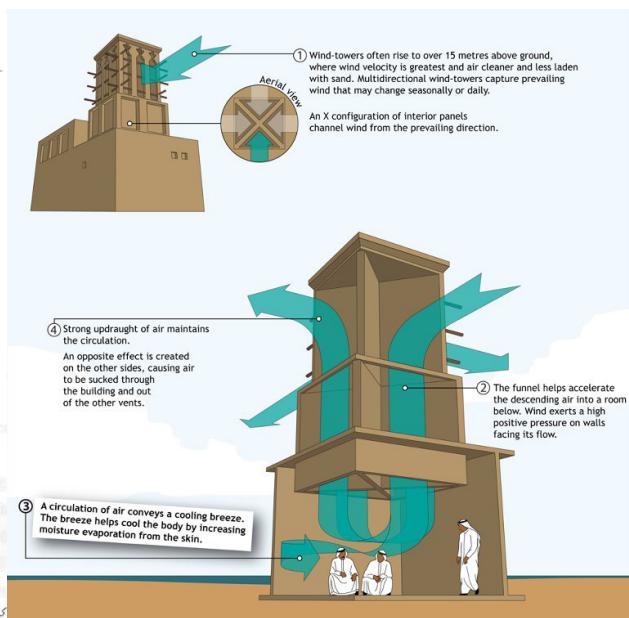


Imagen AG

Los bâdgir emplean un sencillo mecanismo que ha sido mejorado e implementado como sistema en las ventilaciones de la arquitectura pasiva. Son torres construidas sobre las viviendas que se elevan hasta a 15 metros por encima del nivel del suelo, de esta manera la velocidad del viento es mayor y el aire más limpio y libre de arena. Estas tienen forma de chimenea con aberturas que se abren o se cierran dependiendo de la dirección de los vientos. El viento entra por el conducto abierto y es forzado a bajar gracias a un sistema de aspas en forma de x y a la misma estructura de la torre que se subdivide en dos o más grupos de ejes que permiten al aire subir y bajar a través de ella de manera separada. Una vez en la habitación de abajo, la circulación del viento transmite una brisa refrescante que favorece al bienestar y a la renovación del oxígeno para después volver a salir. El proceso se repite una y otra vez, manteniendo así una ventilación continua.

Hay diferentes tipos de captadores de viento que pueden ser clasificados en varios grupos dependiendo de su origen y de su número de bocas : Afganistán, Irak, Irán, Egipto, Pakistán o el Golfo Pérsico.

AH Capatadores de viento de una dirección.  
secciones típicas  
Fuente: Mahyari A. The Wind Catcher A passive Cooling Device For Hot Arid Climate, Philosophiæ doctor thesis. University of Sydney, (1997)

AI Capatadores de viento de dos direcciones.  
secciones típicas  
Fuente: Mahyari A. The Wind Catcher A passive Cooling Device For Hot Arid Climate, Philosophiæ doctor thesis. University of Sydney, (1997)

AJ Capatadores de viento con particiones diagonales.  
secciones típicas  
Fuente: Mahyari A. The Wind Catcher A passive Cooling Device For Hot Arid Climate, Philosophiæ doctor thesis. University of Sydney, (1997)

AK Capatadores de viento de cuatro direcciones.  
secciones típicas  
Fuente: Mahyari A. The Wind Catcher A passive Cooling Device For Hot Arid Climate, Philosophiæ doctor thesis. University of Sydney, (1997)

También hay varios tipos según su configuración ya que aunque parezca una estructura arquitectónicamente sencilla, juegan en ella una gran variedad de parámetros que pueden cambiar la calidad de la ventilación e incluso el número de espacios de la vivienda que son ventilados. Estos son la altura, la forma (cuadrada o rectangular), las dimensiones (aunque no suelen superar el 1x1), el tipo de tejado, el número de bocas o aberturas que poseen y el flujo de viento dependiendo de su dirección.

Este último parámetro influye sobremanera en las diferencias entre unos y otros. En el año 1976 la doctora Roaf<sup>10</sup> viajó hasta Yazd<sup>11</sup>, Irán, para realizar un reconocimiento y estudio de todos los captadores que pudiera encontrar. Determinó que hay varios tipos:

- Las torres de una dirección o *Yek-Taraféh*, que están direccionaladas normalmente hacia el norte y tienen tan solo un respiradero. Estas se usaban en casas muy pequeñas o cisternas de agua. No es muy común. ([Imagen AH](#))



Imagen AH

- Las torres de dos direcciones o *Doh-Taraféh*, que están divididas en dos ejes por una partición vertical y tienen 15 respiraderos como máximo en ambos lados. Son las construcciones más típicas ya que son los captadores empleados en la mayoría de las viviendas ordinarias. ([Imagen AI](#))

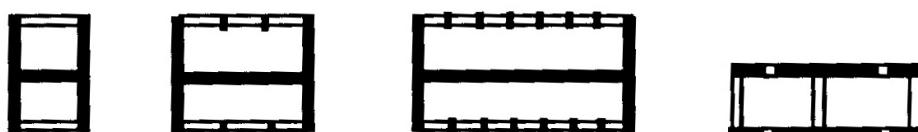


Imagen AI

- Las torres con particiones diagonales o *Chap-O-Rust*, son el segundo grupo más popular. Tienen ejes divididos por particiones de esquina a esquina. No tiene más de seis respiraderos por cada lado. ([Imagen AJ](#))

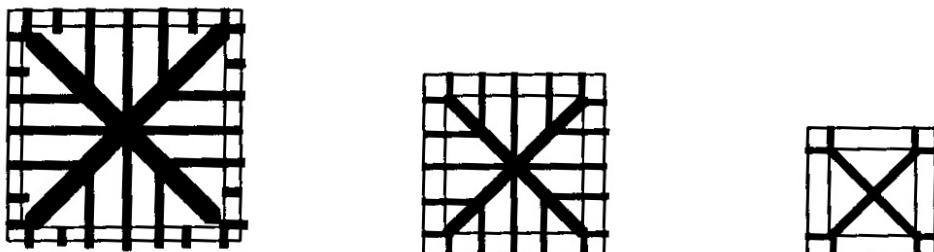


Imagen AJ

- Las torres de cuatro direcciones también conocidas como las torres *Yazdi* o *Char-Taraféh*, tienen cuatro ejes verticales principales dividido por uno de mayor tamaño en forma de X. Cada eje culmina en respiraderos abiertos en la parte superior de cada lado de la torre. Como resultado, se bloquean varios respiraderos en los lados más largos para permitir que los ejes en los lados más cortos de la torre se conecten solo en una dirección. Los lados más largos tienen unos tres respiraderos, mientras que los cortos tienen hasta nueve. ([Imagen AK](#))

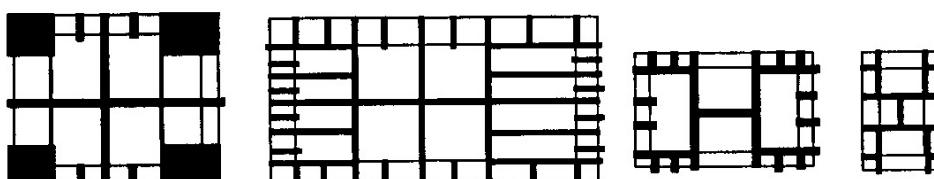


Imagen AK

10 Roaf, S. The wind catchers of Yazd, PhD. Thesis, Oxford Polytechnic Department of Architecture, 1988. Susan la escribió tras el viaje en 1976 que hizo para documentarse.

11 Yazd, Irán. Ciudad que destaca por agrupar gran cantidad de captadores de viento distribuidos por la ciudad.

En los últimos años cada vez se puede ver más el uso de captadores de viento en varios proyectos del Medio Oriente. Aparte de continuar proyectándose para el uso residencial en las viviendas actuales, los captadores también se han empleado en proyectos de otros usos terciarios teniendo que investigar para poder proporcionar una correcta ventilación a estancias de mucho mayor tamaño, esto es un reflejo del entusiasmo por el uso de las técnicas naturales para el enfriamiento y ventilación de los edificios. Así se ha empleado en proyectos como la Universidad de Qatar, la Universidad de Jodhpur en la India y en el Mercado Islámico de Shariqah (Emiratos Árabes Unidos).

En la Universidad de Qatar en Doha los captadores de viento han sido usados masivamente pero simplemente como un elemento decorativo que rinde homenaje a la arquitectura islámica, ya que el interior del edificio está climatizado mecánicamente, los captadores de viento aparte de ser utilizados como elemento decorativo, captan la luz, no el viento. (Imagen AL)



Imagen AL

No será hasta el proyecto muy posterior de Kazuhiro Kojima<sup>12</sup> y Kazuko Akamatsu, la Facultad de Humanidades y Ciencias de la misma universidad, cuando si se incorporen a la universidad verdaderos captadores de viento. (Imagenes AM, AN, AÑ)

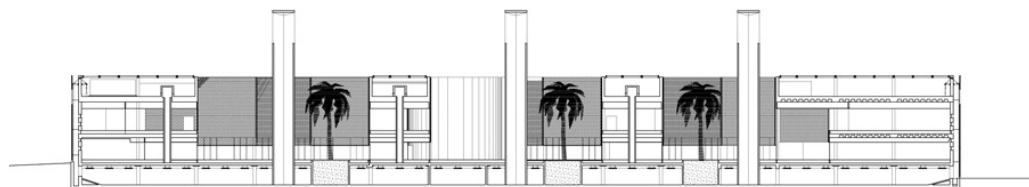


Imagen AM



Imagen AN



Imagen AÑ

El doble techo y la doble piel proporcionan protección contra la carga térmica, la piel exterior está hecha de vidrio reforzado suspendidos a un metro del volumen principal de paneles de hormigón, tratándose de una gran fachada ventilada que evita el sobrecalentamiento. El espacio interior está lleno de luz difusa, la luz natural es reflejada hacia el techo por reflectores evitando el sol directo. Se utilizan como sistema de ventilación, económica y ecológicamente sostenible los captadores de viento, motivo tradicional de la arquitectura en el Golfo Pérsico.

AL	Universidad de Catar, Doha. Fuente: <a href="http://www.qu.edu.qa/">www.qu.edu.qa/</a>
AM	Liberal Arts & Science College. Doha, Qatar. sección de los captadores Fuente: <a href="http://www.archnet.org/system/publications/contents/1588/original/FLS1832.pdf?1384750788">www.archnet.org/system/publications/contents/1588/original/FLS1832.pdf?1384750788</a>
AN	Liberal Arts & Science College. Doha, Qatar. fotografía general Fuente: <a href="http://www.archnet.org/system/publications/contents/1588/original/FLS1832.pdf?1384750788">www.archnet.org/system/publications/contents/1588/original/FLS1832.pdf?1384750788</a>
AÑ	Liberal Arts & Science College. Doha, Qatar. fotografía captador de viento Fuente: <a href="http://www.archnet.org/system/publications/contents/1588/original/FLS1832.pdf?1384750788">www.archnet.org/system/publications/contents/1588/original/FLS1832.pdf?1384750788</a>

<sup>12</sup> Kazuhiro Kojima + Kazuko Akamatsu. arquitectos cuyo estudio liderado por Kojima muestra su interés por la relación entre la actividad y el espacio, esto se ve reflejado en proyectos como la escuela primaria Utase, en los Space Blocks, Kami-shinjo o el Hanoi Model, prototipo residencial construido en 2003.

A0 Hoste Block,  
University of Jodhpur, India.  
plantas y sección  
Fuente: [www.slideshare.net/ctlachu/  
passive-cooling-techniques](http://www.slideshare.net/ctlachu/passive-cooling-techniques)

AP Hoste Block,  
University of Jodhpur, India.  
fotografía general  
Fuente: [www.slideshare.net/ctlachu/  
passive-cooling-techniques](http://www.slideshare.net/ctlachu/passive-cooling-techniques)

En la Universidad de Jodhpur (India), los captadores de viento se emplean para enfriar el albergue de los académicos que residen en la Universidad. Una serie de tubos sobre cada habitación orientados hacia el lado del sotavento están provistos para provocar la succión del aire. Estos captadores de viento son efectivos en cuanto a que en los días de verano mantienen una temperatura confortable en el interior. (Imágenes A0, AP)



Imagen A0



Imagen AP



# HARQUITECTES

## SOSTENIBILIDAD Y REHABILITACIÓN

AQ Hoste Block,  
University of Jodhpur, India.  
plantas y sección  
Fuente: [www.slideshare.net/ctlachu/  
passive-cooling-techniques](http://www.slideshare.net/ctlachu/passive-cooling-techniques)

AR Hoste Block,  
University of Jodhpur, India.  
fotografía general  
Fuente: [www.slideshare.net/ctlachu/  
passive-cooling-techniques](http://www.slideshare.net/ctlachu/passive-cooling-techniques)



## HARQUITECTES

HARQUITECTES  
Arriba izq.: David Lorente Ibáñez  
Arriba dcha.: Roger Tudó Galí  
Abajo izq.: Josep Ricart Ulldemolins  
Abajo dcha.: Xavier Ros Majó



HARQUITECTES  
Fuente: [www.harquitectes.com/](http://www.harquitectes.com/)

HARQUITECTES es un estudio de arquitectura fundado en el año 2000 situado en Sabadell (Barcelona) y dirigido por cuatro arquitectos asociados: David Lorente Ibáñez, Josep Ricart Ulldemolins, Xavier Ros Majó y Roger Tudó Galí. Se conocieron en la Escuela Técnica Superior Arquitectura del Vallés en la que se licenciaron entre el año 1998 y el 2000.

La clave de su arquitectura es el minimalismo práctico que les caracteriza. Sus proyectos son tremadamente económicos, no sólo a nivel financiero sino también estético, ya que juegan mucho con los materiales básicos y su innovación en la composición de la obra. En palabras de uno de los socios, Tudó: *“Descubrimos que los materiales generaban una ornamentación más interesante que acabados más costosos”*<sup>(3)</sup>. Buscan la expresión máxima de ese material, lo que les lleva a pensar y planificar más, por lo que construyen mejor.

Esto también les ha llevado a que sus edificios sean sostenibles, conjugando los recursos naturales y la arquitectura pasiva para lograr la máxima eficiencia y ahorro energético en cada proyecto. De hecho, han obtenido varios certificados energéticos con A (CTE) y altas puntuaciones en el parámetro Leed Certification (Leadership in Energy and Environmental Design), con calificaciones Gold como en el nuevo edificio ICTA-ICP en el campus de la Universidad Autónoma de Barcelona Bellaterra.

(3) Tudó R. (2017). Entrevista para la revista *Architectural Digest* por Carlos Cortés

Acceso 06.11.2018 en: [www.revistaad.es/video/videos/harquitectes-premio-arquitectos-2017/167](http://www.revistaad.es/video/videos/harquitectes-premio-arquitectos-2017/167)

David Lorente Ibáñez

Nacido en Granollers en 1972, graduado por la ETSA del Vallés en el año 2000.

*“Es el que ostenta un cargo más empresarial, no encargándose de ningún proyecto en concreto, estando en todos y ocupándose de organizar el despacho, resulta un engranaje clave para poder tener una visión más general al no encontrarse tan centrado en algo en concreto”*. Fuent: Entrevista en [abcblogs.abc.es](http://abcblogs.abc.es), Fredy Massand

Roger Tudó Galí

Nacido en Terrassa en 1973, graduado por la ETSA del Vallés en el año 1999, ejerció como profesor de construcción a la ETSA de La Salle de Barcelona de 2004 a 2009 y como asociado en la misma asignatura de 2009 a 2015. También fue invitado como profesor a la ‘UMEA UNIVERSITET School of Architecture’, (Suecia) y desde 2015 forma parte del profesorado del Máster universitario en Arquitectura de la ETSA del Vallès (UPC).

(4) **Harquitectes (2015).**  
Entrevista para la revista More with Less Design por Ángela Montagud

Acceso 06.11.2018 en:  
[www.morewithlessdesign.com/interview-harquitectes/](http://www.morewithlessdesign.com/interview-harquitectes/)

**Josep Ricart Ulldemolins**

Nacido en Cerdanyola del Vallès en 1973, graduado por la ETSA del Vallès en el año 1999, ha sido profesor del Master de arquitectura e interiorismo en el IED de Barcelona, profesor asociado del departamento de proyectos de la ETSA Vallès (UPC), profesor de postgrado 'Disseny d'interiors' de la Fundación UPC y profesor invitado a la ESARQ (UIC) y a un Workshop de la Universidad de Girona.

**Xavier Ros Majó**

Nacido en Terrassa en 1972, graduado por la ETSA del Vallès en el año 1998, ha ejercido de profesor en varias ocasiones como asociado del departamento de proyectos de la ETSA Barcelona (UPC), profesor invitado de la ESARQ (UIC) y profesor invitado a la 'Porto Academy '15', Oporto (Portugal) y a un Workshop de la Universidad de Girona.

Tienen muy interiorizado todo el proceso del proyecto, afirman que: *"La obra es un momento de toma de decisiones determinantes y no solo sobre la 'correcta' ejecución del proyecto. Construir es también parte de nuestro proceso creativo. Esta actitud exige, o así lo entendemos de momento, proximidad con las obras"*<sup>(4)</sup>. Reflexionan enormemente sobre los materiales a utilizar en cada proyecto. *"Siempre intentamos tomar la mejor decisión. Y siempre es una decisión poliédrica, con más de un argumento que la sustenta: de materialidad, de coste, estructural, estético, energético, etc. Pero también intervienen intuiciones o incluso deseos del cliente, siempre que estos sean certeros (...). Respecto a los materiales (...), nos interesa el concepto de espacio-estructura: espacios definidos por la propia estructura; y no la ocultamos, siempre que es posible queda vista, nos ahorraremos acabados y conseguimos una expresión material potente y sincera"*<sup>(4)</sup>.

La estrategia de aprovechamiento de los recursos forma parte de su manera de trabajar. Buscan la máxima calidad con materiales económicos y sencillos, consiguiendo así una experiencia estética compleja. Intentan que la sostenibilidad se vea expresada directamente en el espacio, que tenga directa relación con las estrategias de la arquitectura (luz, espacio, estructura, etc.). Democratizan la arquitectura, quieren conseguir que sus edificios sean aptos para todo el mundo, sin clases o estratos sociales predeterminados a través del empleo de la no ostentación en los materiales.

CENTRO CÍVICO  
CRISTALERÍAS PLANELL  
HARQUITECTES  
2014-2016



Imagen AS

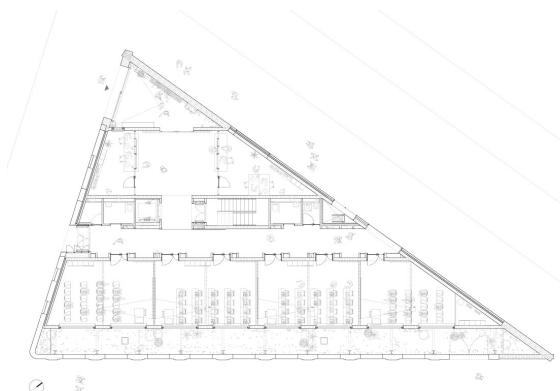
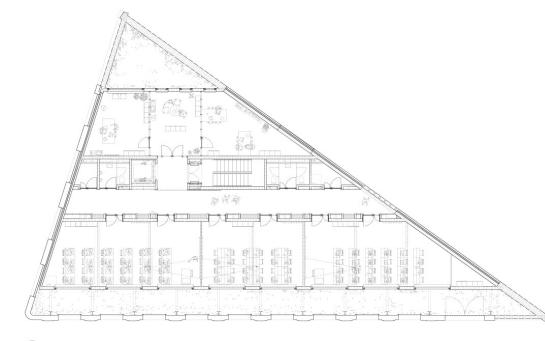


Imagen AT



Imágenes AU

La antigua cristalería de Planell, situada en la ciudad de Barcelona fue reformada por el estudio Harquitectes, actualmente hace las funciones de Centro Cívico. Alberga el Aula de Formación de Adultos del distrito, el Centro de Normalización Lingüística de Les Corts, y un espacio para que las entidades puedan desarrollar sus proyectos.

El volumen resultante responde a la estricta geometría triangular del solar. Su materialidad cerámica pone en valor la fachada patrimonial integrándola y no singularizándola, asumiendo también las obligaciones de cierre, captación y ventilación de cuartos y patios. (Imagen AT, AU)

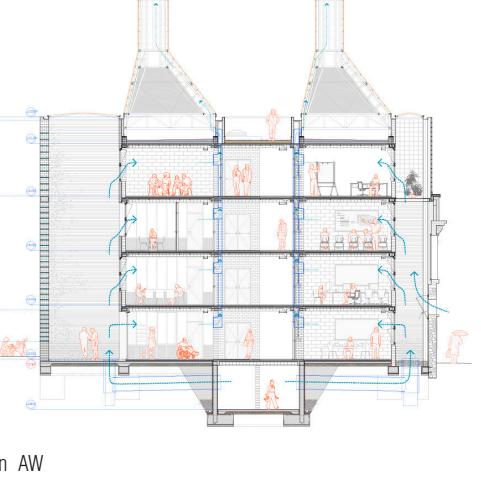
La materialidad auna la estructura y la mejora de las condiciones de luz en los patios. El uso de bloque de vidrio dota a la fachada de un material vinculado a la memoria de la cristalería Planell y permite introducir luz en el patio norte y captación al patio sur. (Imagen AV)

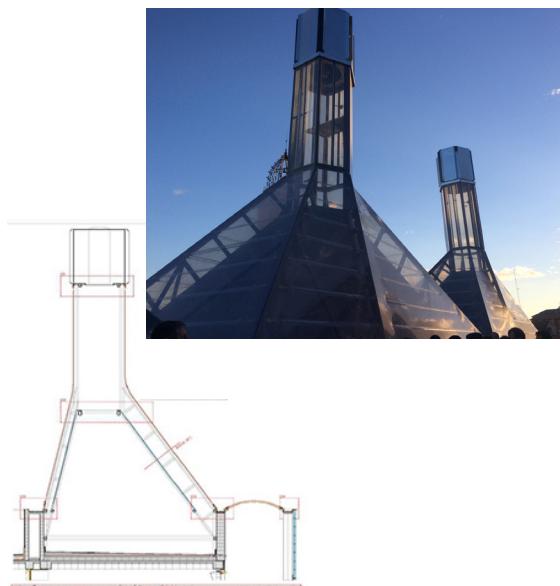
30

AS  
Centro cívico  
cristalerías Planell.  
vista de situación  
Fuente: [www.harquitectes.com/](http://www.harquitectes.com/)

AT  
Centro cívico  
cristalerías Planell.  
planta primera  
Fuente: [www.harquitectes.com/](http://www.harquitectes.com/)

AU  
Centro cívico  
cristalerías Planell.  
planta segunda  
Fuente: [www.harquitectes.com/](http://www.harquitectes.com/)

AV	Centro cívico cristalerías Planell. / HARQUITECTES fachada exterior: lo antiguo y lo nuevo Fuente: <a href="http://www.harquitectes.com/">www.harquitectes.com/</a>	El edificio ha sido creado para ser un ejemplo en control y gestión del aire en condiciones naturales y es todo un ejemplo de arquitectura pasiva, de hecho ha sido galardonado con varios premios.	
AW	Centro cívico cristalerías Planell. / HARQUITECTES sección explicativa ventilación Fuente: <a href="http://www.harquitectes.com/">www.harquitectes.com/</a>	En palabras de Josep Ricart socio del despacho afirmó que gracias a que se trata de un edificio público, les <i>"han permitido un proceso de simulación térmica y de aire más sofisticado y complejo de lo que es habitual"</i> <sup>(5)</sup> .	
AX	Centro cívico cristalerías Planell. / HARQUITECTES montaje de una chimenea Fuente: <a href="http://www.prefieres.es/-centro-cívico-cristalleries-planell-patrimonio-historico-nearly-zero">www.prefieres.es/-centro-cívico-cristalleries-planell-patrimonio-historico-nearly-zero</a>	Hubo también un proceso de investigación que implicó "el diseño y construcción de las chimeneas solares que han convertido el edificio en un equipamiento con capacidad de ventilarse y cualificar todo el aire, tanto en verano como en invierno, con la única potencia de un sistema pasivo" <sup>(5)</sup> . (Imagen AW)	
		El edificio ha logrado la certificación energética de calificación A, debido a la mejora de los cerramientos y a la implantación de sistemas de producción energética de alta eficiencia (geotermia y aerotermia) que funcionan mediante un sistema de control que prioriza uno u otro según cual sea más eficiente en cada momento. Aparte cuenta con un sistema de climatización para atender demandas puntuales.	
(5)	Ricart J. (2017). Centro Cívico Cristalleries Planell: patrimonio histórico nearly zero Reportaje para prefieres.es Acceso 06.11.2018 en: <a href="http://www.prefieres.es/-centro-cívico-cristalleries-planell-patrimonio-historico-nearly-zero">www.prefieres.es/-centro-cívico-cristalleries-planell-patrimonio-historico-nearly-zero</a>	Gracias a todo lo implementado, se ha conseguido reducir el consumo energético del edificio en un 43% respecto al mismo antes de la reforma. En este edificio, la ventilación natural es una estrategia para alcanzar el confort bioclimático pero ha sido necesario conjugarla con la geotermia para que este nivel de confort sea el establecido por la normativa vigente.	
13	Parroquia de Santa María del Remei de les Corts. Se sitúa en la plaza de la Concordia, en el Barrio de las Cortes de Barcelona, en una manzana al lado del edificio de las cristalerías Planell. Posee campanario el cual se encuentra coronado por una decorada estructura de hierro en donde se sitúa la campana. Esta estructura dialoga con los remates de las chimeneas solares encargados de succionar el aire caliente que asciende por ellas gracias al viento.	Hablando de proyecto e integración las chimeneas nos recuerdan, al igual que antes nombrabamos los bloques de vidrio, al uso industrial que el edificio tuvo y dialoga con la torre de la parroquia de Santa María del Remei de les Corts <sup>13</sup> . (Imagen AX)	



Imagenes AY



Imagen AZ

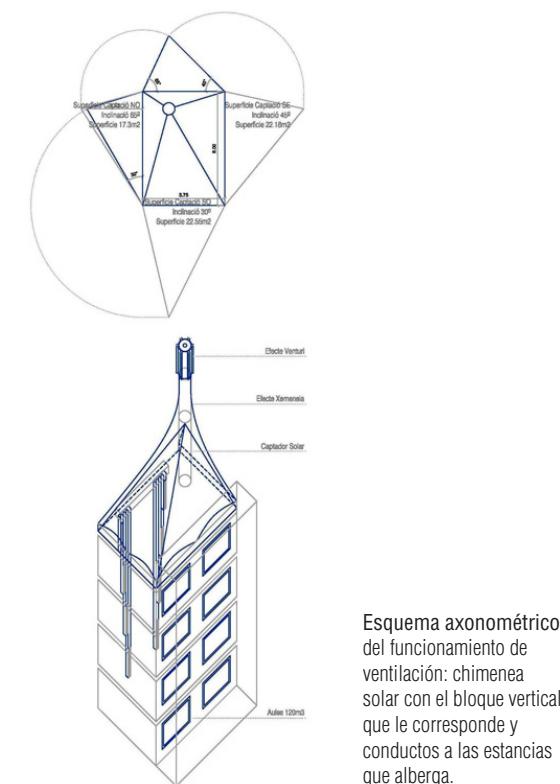


Imagen AAA

Las cuatro plantas que ocupa el programa se retiran de la fachada patrimonial Sur, de esto resulta un patio cubierto que mejora las condiciones de luz natural de los espacios de aulario y aportando un cojín térmico y acústico respecto del entorno.

El proyecto tiene cuatro chimeneas que actúan como motor natural moviendo el aire y a su vez ejerciendo de cubierta del edificio. Generan tres sistemas naturales de ventilación: el efecto chimenea, producido por la diferencia de altura entre los espacios interiores y la cubierta; el efecto venturi, producido por los remates de ventilación natural que facilitan la ventilación nocturna y el efecto invernadero. (Imagenes AY)

Están formadas por una base piramidal que cuenta con dos piezas de plástico, una transparente que hace las funciones de superficie captadora y otra negra que es absorbente. Así, se produce el efecto invernadero que calienta el aire contenido y genera una depresión que impulsa el aire hacia arriba. También posee un tramo vertical que favorece la succión y los ya mencionados remates, que terminan de favorecer la extracción del aire con la brisa del entorno.

El funcionamiento básico de este sistema se compone de varias partes, la primera es la distribución del programa en varios bloques verticales con una correspondiente chimenea solar y separados entorno a un patio, la segunda es la conexión individual de cada estancia con la correspondiente chimenea del bloque al que pertenece mediante unos conductos verticales que extraerán el aire recalentado de cada una de las salas y la tercera, la captación solar mediante la cual se fuerza esa circulación de aire. Se produce por tanto una circulación de aire por convección. (Imagen AAA)

Estos mecanismos favorecen el propósito del estudio Harquitects en la rehabilitación de Cristallerías Planell, que planteó que la gestión del aire del edificio fuera por condiciones naturales.

AY

Chimeneas solares  
Centro cívico cristalerías Planell  
vista exterior y sección  
Fuente de la fotografía: [www.arquitecturayentorno.com/visita-al-centro-cívico-cristalerías-planell-barcelona/](http://www.arquitecturayentorno.com/visita-al-centro-cívico-cristalerías-planell-barcelona/)

Fuente de la sección: [www.arquitecturayentorno.com/visita-al-centro-cívico-cristalerías-planell-barcelona/](http://www.arquitecturayentorno.com/visita-al-centro-cívico-cristalerías-planell-barcelona/)

AZ

Chimeneas solares  
Centro cívico cristalerías Planell  
vista interior  
Fuente: [www.prefieres.es/-centro-cívico-cristallerías-planell-patrimonio-historico-nearly-zero](http://www.prefieres.es/-centro-cívico-cristallerías-planell-patrimonio-historico-nearly-zero)

AAA

Esquema axonométrico.  
Centro cívico cristalerías Planell  
Fuente: [www.prefieres.es/-centro-cívico-cristallerías-planell-patrimonio-historico-nearly-zero](http://www.prefieres.es/-centro-cívico-cristallerías-planell-patrimonio-historico-nearly-zero)

AAB	Centro cívico cristalerías Planell. / HARQUITECTES fachada exterior: lo antiguo y lo nuevo Fuente: <a href="http://www.harquitectes.com/">www.harquitectes.com/</a>
AAC	Centro cívico cristalerías Planell. / HARQUITECTES sección explicativa ventilación Fuente: <a href="http://www.harquitectes.com/">www.harquitectes.com/</a>
AAD	Esquema axonométrico Centro cívico cristalerías Planell Fuente: <a href="http://www.harquitectes.com/">www.harquitectes.com/</a>

33

Los distintos patios juegan un papel muy importante en esta gestión ya que se emplean como recuperadores naturales que evitan las pérdidas de aire por renovación en invierno, debido a las entradas de luz superior y a través de la fachada sur rematada por bloque de vidrio, que junto a la estrategia de utilizar el ladrillo como estructura y realizar muros de gran inercia térmica se consigue unos patios que permiten un ahorro considerable de energía en las épocas frías del año. En verano, se trata de disipar el calor moviendo el máximo volumen de aire posible y se captura el aire desde los patios vegetados y sombríos ya que se tapan la fachada y cubierta de vidrio para evitar que el sol entre en ellos. (Imágenes AAB y AAC)

La luz del sol que entra en los patios calienta el aire y los muros de ladrillo recogiendo el calor aportado y usandose en la ventilación como si de un recuperador de calor de un sistema mecánico se tratase además de la función aislante como si de una cámara de aire dentro de un muro de varias hojas se tratara. (Imagen AAD)

La ventilación cruzada entre patios quedó descartada por programa y para evitar conflictos acústicos, por tanto, el edificio dota a cada franja de espacios de uso de una larga interrupción estructural por donde el aire circulará en vertical "estirado" por la potencia del sol en las chimeneas, que a la vez dotarán al edificio de una silueta y una materialidad transparente y característica. (Imagen AAE)

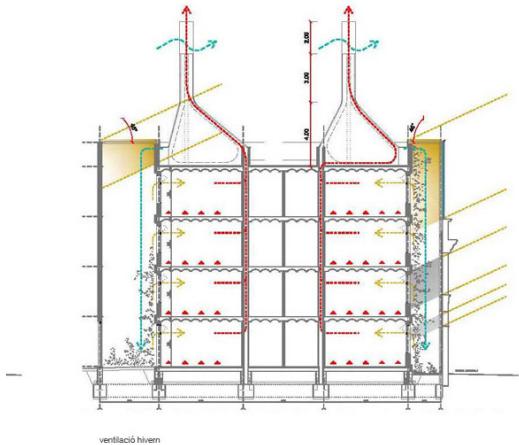


Imagen AAB

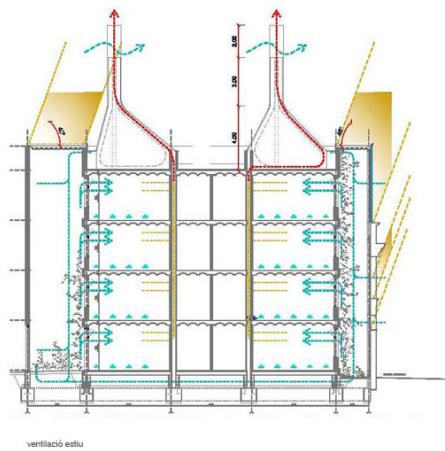


Imagen AAC

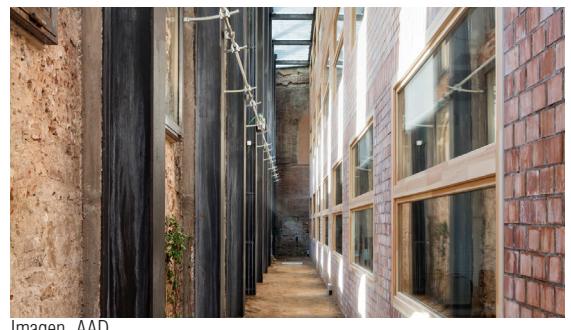


Imagen AAD

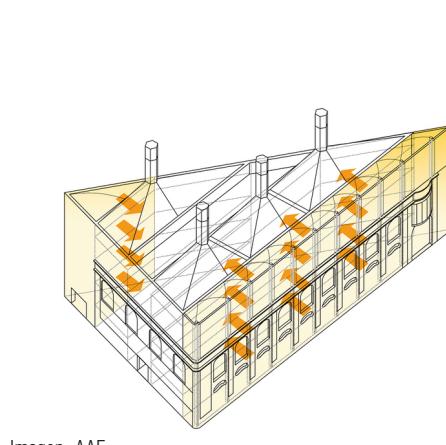
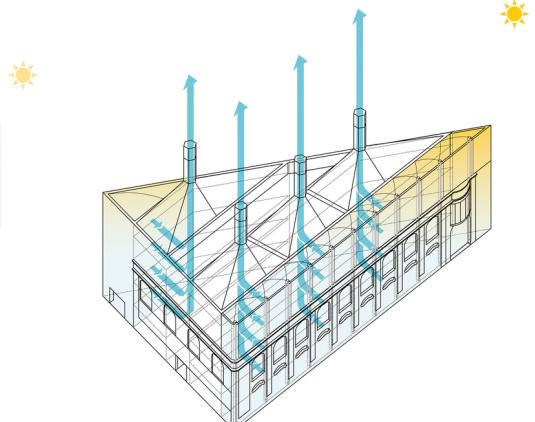
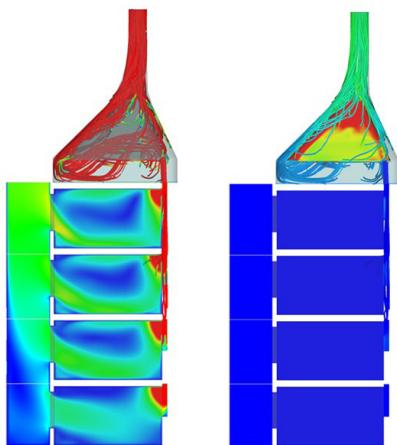


Imagen AAE





Imágenes AAF

Durante el diseño y posterior construcción de la obra se han realizado estudios térmicos del funcionamiento del sistema de ventilación pasivo viendo como las chimeneas solares succionan correctamente el aire o como no, dejando el edificio más estanco ante las necesidades en invierno de tener una mínima perdida energética.

En las siguientes gráficas vemos como el sistema absorbe el calor o se encuentra desconectado, según el tipo de necesidad existente. (Imagen AAF)

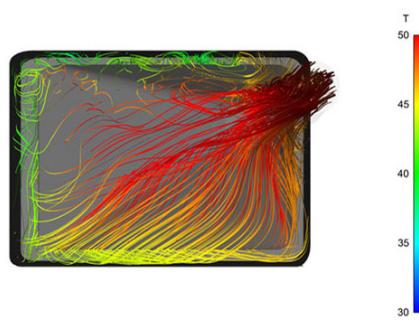
**AAF** Chimeneas solares  
Centro cívico cristalerías Planell  
vista exterior y sección  
Fuente de la fotografía: [www.arquitecturayentorno.com/visita-al-centro-cívico-cristalerías-planell-barcelona/](http://www.arquitecturayentorno.com/visita-al-centro-cívico-cristalerías-planell-barcelona/)

Fuente de la sección: [www.arquitecturayentorno.com/visita-al-centro-cívico-cristalerías-planell-barcelona/](http://www.arquitecturayentorno.com/visita-al-centro-cívico-cristalerías-planell-barcelona/)

**AAH** Chimeneas solares  
Centro cívico cristalerías Planell  
vista interior  
Fuente: [www.prefieres.es/-centro-cívico-cristallerías-planell-patrimonio-historico-nearly-zero](http://www.prefieres.es/-centro-cívico-cristallerías-planell-patrimonio-historico-nearly-zero)



Imágenes AAH



# KPMB Architects

AAI Kellogg Global Hub.  
Northwestern University  
Evanson, EE.UU  
Fuente: <https://www.archdaily.cn/cn/889961/kai-luo-ge-shang-xue-yuan-kpmb-architects/5a94c371f197ccdf734000a2-kellogg-school-of-management-kpmb-architects-photo>

AAJ Bremner tower.  
Toronto, Canadá  
Fuente: [www.slideshare.net/ctlachu/  
passive-colling-techniques](http://www.slideshare.net/ctlachu/passive-colling-techniques)

AAK Wilson School of design.  
Kwantlen Polytechnic University  
Richmond, Canadá  
Fuente: [www.slideshare.net/ctlachu/  
passive-collage-techniques](http://www.slideshare.net/ctlachu/passive-collage-techniques)

## LEED Certification projects



Imagen AAI



Imagen AAK



**Bruce Kuwabara**  
Fuente: [www.kpmb.com](http://www.kpmb.com)



**Marianne McKenna**  
Fuente: [www.kpmb.com](http://www.kpmb.com)



**Shirley Blumberg**  
Fuente: [www.kpmb.com](http://www.kpmb.com)

KPMB Architects es un estudio de arquitectura fundado en el año 1987 situado en la ciudad de Toronto (Canadá) y dirigido hoy en día por tres arquitectos asociados, aunque fue fundado por cuatro socios de los que toma nombre el estudio: Bruce Kuwabara, Thomas Payne, Marianne McKenna y Shirley Blumberg. Se conocieron trabajando en el estudio Barton Myers Associates y cuando éste se trasladó a Los Ángeles, decidieron fundar su propio estudio.

Thomas Payne se desligó del proyecto en el año 2013 formando su propio estudio.

Los primeros proyectos del estudio consistieron en modernizaciones y proyectos yuxtapuestos a estructuras ya existentes, como el King James Place (1991) y el edificio Design Exchange (1994), una modernización del antiguo edificio de la Bolsa de Valores de Toronto.

Contribuyen a lo que es conocido como el "Renacimiento Cultural de Toronto" con el diseño de, entre otros, el Roy Thomson Hall Enhancement (2002) sede de la Orquesta Sinfónica de Toronto, la Escuela Nacional de Ballet de Canadá (2005) (junto al estudio Goldsmith Borgal Architects), el Gardiner Museum (2006), el Young Center for Performing Arts (2006) y el TIFF Bell Lightbox (2010) un lugar destinado para el Festival Internacional de Cine de Toronto.

## Bruce Kuwabara

Nacido en Hamilton en 1949, graduado por la Universidad de Toronto en el año 1972. Tras la graduación se unió al estudio de George Baird y posteriormente se unió al estudio de Barton Myers, en el que conoció a sus futuros socios de KPMB Architects, y en el que conocieron también al arquitecto Louis Kahn, que les inspiró a pensar sobre la ciudad como concepto, a cómo desarrollar las estrategias de composición urbana.

## Thomas Payne

Nacido en Chatham en 1948, graduado por la Universidad de Princeton en el año 1971 e hizo master en la escuela de bellas artes de París y la Universidad de Yale en 1974. Fue mentorado por James Stirling en la escuela de Yale

### Marianne McKenna

Nacida en Montreal en 1950, estudió en una escuela privada canadiense para niñas en Westmount, ex alumna de Swarthmore College y Master Arquitecta de la Universidad de Yale en el año 1976.

Después de graduarse de Yale, trabajó para Bobrow & Fieldman Architects en Montreal y Denys, Lasdun, Redhouse & Softley en Londres. En 1980 se unió a Barton Myers Associates, donde conoció a sus futuros socios de su propio estudio.

### Shirley Blumberg

Nacida en Ciudad del Cabo en 1952, estudió en Ciudad del cabo. Emigró a Canadá en 1974 ya que se oponía al régimen del apartheid impuesto en su país. Completó su educación en Canadá, graduándose con honores en la Universidad de Arquitectura de Toronto en 1976. En 1977 se unió a Barton Myers Associates donde permaneció durante diez años hasta que fundó su propio estudio con sus compañeros.

KPMB destaca por su forma híbrida única de arquitectura y práctica, desarrollada para responder a nuestro mundo multicultural y dinámico. Esto se manifiesta en la diversidad de proyectos realizados relacionados con el ámbito de la cultura, la educación y el cambio de paradigma en sus diseños que responde al cambio climático. En cada proyecto buscan que el diseño sea responsable con el medio ambiente y la excelencia arquitectónica. KPMB tiene más de 250 premios. Los socios fundadores, Bruce Kuwabara, Marianne McKenna y Shirley Blumberg recibieron el reconocimiento de la Orden de Canadá por su contribución a la cultura y la sociedad canadienses. Tienen muy en cuenta también el desarrollo urbano y el diseño de sostenibilidad de alto rendimiento. Como muestra de ello el Hydro Place de Winnipeg sigue reinando como uno de los 10 edificios más sostenibles del mundo.

Y es que no solo han ganado premios por lo que a proyectos que piensan en el medio ambiente se refiere, como el Top Ten Green Projects Award de Manitoba Hydro Place, sino que numerosos edificios que han diseñado les han sido otorgados la certificación LEED, en algunos de ellos nivel Platinum, siendo esta la máxima certificación posible en este sello de origen estadounidense.

MANITOBA  
HYDRO PLACE  
KPMB Architects  
2008

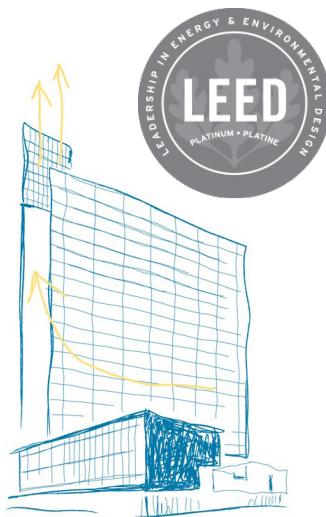


Imagen AAL



Imagen AAM

38



Imagen AAN

Manitoba Hydro Place proyecto situado en Winnipeg, Canadá. Se trata de la nueva sede de la empresa de la cual recibe su nombre, Manitoba Hydro es la proveedora principal de energía en la provincia y la cuarta más grande de Canadá, ofrece algunas de las tarifas eléctricas más bajas del mundo y casi la totalidad de su electricidad proviene de la energía del agua de autorenovación.

Es el primero de varios edificios de nueva generación que integran conceptos ambientales con ayuda de tecnologías avanzadas para lograr un 'edificio vivo' respondiendo a las condiciones climáticas locales. La torre apunta a un consumo inferior de los 100 kWh/m<sup>2</sup> cuando un consumo típico en un clima algo mas templado serían de 400, la solución se basa en la arquitectura pasiva para obtención de energía sin comprometer el diseño, esto junto a otros aspectos le han hecho recibir el certificado LEED Platinum.

AAL Manitoba Hydro Place. croquis y sello certificación LEED  
Fuente del croquis: [www.transsolar.com/projects/manitoba-hydro](http://www.transsolar.com/projects/manitoba-hydro)

Fuente del sello: [www.usgbc.org](http://www.usgbc.org)

AAM Manitoba Hydro Place. Toronto, Canadá vista general  
Fuente: [www.transsolar.com/projects/manitoba-hydro](http://www.transsolar.com/projects/manitoba-hydro)

AAN Manitoba Hydro Place. Toronto, Canadá vista general  
Fuente: <http://www.hpbmagazine.org/attachments/article/11949/11F-Manitoba-Hydro-Place-Winnipeg-Canada.pdf>

AAÑ	Manitoba Hydro Place. torres y zócalo Fuente: <a href="http://www.divisare.com/projects/386636-kpmb-architects-manitoba-hydro-place#lg=1&amp;slide=11">www.divisare.com/projects/386636-kpmb-architects-manitoba-hydro-place#lg=1&amp;slide=11</a>
AAO	Manitoba Hydro Place. planta tipo Fuente: <a href="http://www.divisare.com/projects/386636-kpmb-architects-manitoba-hydro-place#lg=1&amp;slide=11">www.divisare.com/projects/386636-kpmb-architects-manitoba-hydro-place#lg=1&amp;slide=11</a>
AAP	Manitoba Hydro Place. planta calle Fuente: <a href="http://www.divisare.com/projects/386636-kpmb-architects-manitoba-hydro-place#lg=1&amp;slide=11">www.divisare.com/projects/386636-kpmb-architects-manitoba-hydro-place#lg=1&amp;slide=11</a>

El objetivo era el de alcanzar un ahorro de energía del 60%, además el proyecto comenzó con la elección del solar, ya que se estudió que más del 95% de las rutas de autobús pasan por él, incluidas las que se dirigen a los suburbios de Winnipeg, donde viven el 80% de los empleados que irán a trabajar al edificio, facilitando así la llegada en transporte público a estos y intentando evitar un coste en contaminación y carburante a la ciudad, a los empleados y al medio ambiente.

Mediante un modelado digital se estudiaron datos sobre el viento, el sol y la temperatura de la zona para ver como estos afectan al diseño. Tras esos estudios el diseño de la torre ha acabado formando una 'A' mayúscula compuesta por dos torres de oficinas gemelas de 18 plantas, que se apoyan en un podio de tres pisos más en consonancia con la escala de la calle. ([Imagen AAÑ](#))

Las torres convergen en el norte y se abren hacia el sur para la exposición máxima a la abundante luz solar y a los vientos del sur, que permitirán el correcto funcionamiento de los métodos pasivos del edificio. ([Imagen AAO](#))

El podio incluye una galería de acceso público para ofrecer a los ciudadanos una circulación peatonal protegida a través de la manzana completa. ([Imagen AAP](#))

El acristalamiento de suelo a techo permite que la luz solar penetre hasta el núcleo del edificio, que une ambas torres. Además hay un sistema de muro cortina de doble fachada de vidrio que funciona como amplia cámara de aire de un metro, que amortigua el clima exterior. Se compone de una pared exterior con doble acristalamiento y una pared interior de acristalamiento simple, que aísla el edificio contra el calor y el frío.

Lamas automáticas, que controlan el acceso de luz y calor, atrios acristalados y losas radiantes de energía geotérmica son otros de los métodos eficientes del edificio.



Imagen AAÑ

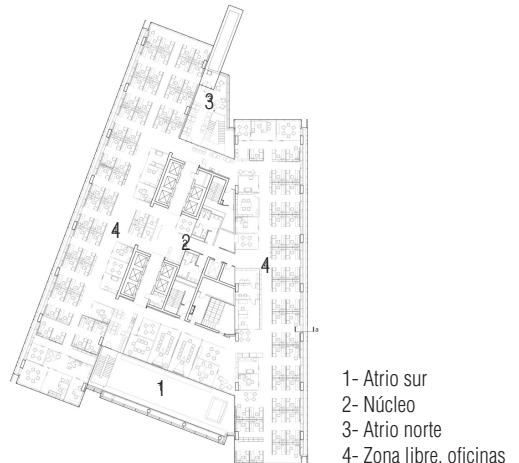


Imagen AAO



Imagen AAP

## CIRCULACIÓN DEL AIRE NATURAL ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO GENERAL

AAQ Esquema axonométrico.  
Esquema general de ventilación  
Fuente : [www.iisbe.org/iisbe/sbc2k8/teams/canada/Manitoba\\_Hydro/Man\\_Hydro\\_pg9.htm](http://www.iisbe.org/iisbe/sbc2k8/teams/canada/Manitoba_Hydro/Man_Hydro_pg9.htm)

01. El aire fresco entra a través de respiraderos motorizados operables en el muro cortina<sup>14</sup> del atrio sur.
02. El aire sale del atrio sur a través de los respiraderos motorizados para controlar la temperatura del atrio.
03. Las persianas de detrás del muro cortina del atrio sur permanecen cerradas en verano para controlar el aumento de la temperatura por el sol.
04. Las ventanas del interior acristalado pueden ser manejadas por las personas y permiten una ventilación natural localizada.
05. El sistema de distribución de aire en el piso y los respiraderos de desplazamiento se vuelven pasivos (con los ventiladores de climatización apagados)
06. El aire de la zona este de oficinas es expulsado hacia el atrio norte.
07. Al igual que la este, la zona oeste de oficinas redirige el aire hacia el atrio norte.
08. El calor del sol produce el llamado efecto chimenea en la chimenea solar al expulsar el aire de todas las plantas.
09. Recolector de energía solar en lo alto de la chimenea solar
10. Compuertas abiertas para permitir el efecto chimenea
11. Los respiraderos del exterior del muro cortina provocan la entrada y salida de aire fresco en el modo de ventilación natural.
12. Las persianas motorizadas/automatizadas en la cavidad de la fachada controlan la energía del sol que llega al edificio
13. Calor geotérmico: Hay una fuente de intercambiador de calor por debajo de la superficie del suelo.

40

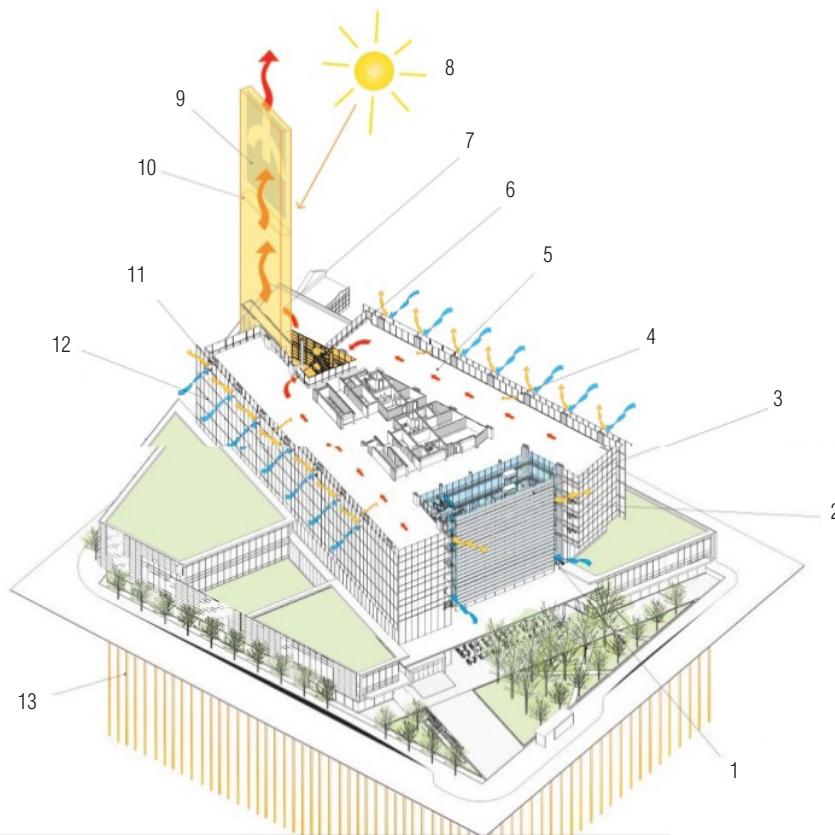


Imagen AAQ

14 Muro cortina.  
Se sitúa en la plaza de la Concordia, en el Barrio de las Cortes de Barcelona, en una manzana al lado del edificio de las crí

AAR Esquema axonométrico.  
ventilación en verano  
Fuente: [www.iisbe.org/iisbe/sbc2k8/teams/canada/Manitoba\\_Hydro/Man\\_Hydro\\_pg9.htm](http://www.iisbe.org/iisbe/sbc2k8/teams/canada/Manitoba_Hydro/Man_Hydro_pg9.htm)

## FUNCIONAMIENTO DE LA VENTILACIÓN SEGÚN LAS ESTACIONES

AAS Esquema axonométrico.  
ventilación en invierno  
Fuente: [www.iisbe.org/iisbe/sbc2k8/teams/canada/Manitoba\\_Hydro/Man\\_Hydro\\_pg9.htm](http://www.iisbe.org/iisbe/sbc2k8/teams/canada/Manitoba_Hydro/Man_Hydro_pg9.htm)

### VERANO

Las lamas dispuestas en el atrio sur permanecen cerradas en verano para no generar efecto invernadero y controlar la entrada del sol, sin embargo, el aire fresco del exterior entra entre las lamas al interior del muro cortina. El aire enrarecido pasará a través de ventilación motorizada hacia el exterior del muro cortina para así controlar la temperatura del aire del atrio. La fuente de agua dispuesta en el atrio sur hace que el aire adquiera el nivel de humedad correcto. La climatización mecánica se utiliza como sistema adicional de acondicionamiento del aire y se produce mediante fancoils integrados bajo el suelo. El aire sobrecalentado se desplaza hacia el atrio norte debido a la succión que produce la chimenea solar provocando que todas las plantas renueven continuamente su aire. El calor del sol provoca que la chimenea realice su función. En verano las compuertas de los conductos que llegan a la chimenea se hallan abiertas con el fin de favorecer esta circulación. (Imagen AAR)

### INVIERNO

El atrio sur recibe luz solar directa al abrir las lamas en invierno, el aire fresco penetra a través de un espacio perimetral que se encuentra precalentado por el sol y funciona a modo de intercambiador de calor, de modo que el aire penetre con una temperatura más cercana a la que hay en el interior.

La fuente de agua humidifica el aire que será suministrado a las oficinas y espacios distribuidos en el podio. La misma climatización climática se utiliza también en invierno suministrando como apoyo de calefacción a través del suelo.

El aire sobrecalentado se desplaza hacia el atrio norte, donde se sitúa la chimenea solar con los conductos cerrados en invierno para no generar pérdidas energéticas. Se redirigirá el aire de la chimenea y del atrio hacia el aparcamiento para ventilar y calentar algo ya que este no se encuentra calefactado y la temperatura exterior es de -5 °C. (Imagen AAS)

Las lamas de la fachada que controlan la energía solar son motorizadas y automatizadas. Como fuentes de energía alternativas y pasivas en el edificio encontramos un recolector de energía solar en lo alto de la chimenea lo que proporciona energía solar ademas de un correcto funcionamiento de la ventilación. El edificio posee como segunda fuente natural energética un intercambiador de calor geotérmico instalado en el subsuelo del solar.

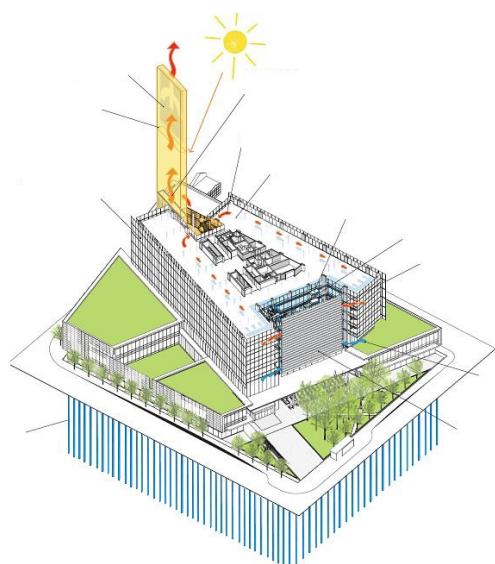


Imagen AAR

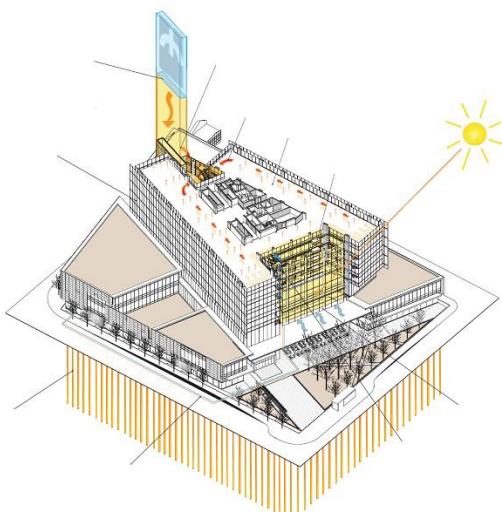


Imagen AAS

El sistema geotérmico está compuesto por 250 perforaciones a 125 metros de profundidad que recogen el exceso de calor o frío almacenado entre la tierra para acondicionar el edificio.

El aire es precalentado al entrar al atrio mediante glicol que circula en el sistema geotérmico del edificio. El atrio sur está partido en tres partes, el aire caliente acumulado en la parte superior de cada parte del atrio se acondiciona mediante maquinas de apoyo y es redirigido a las oficinas.

La fuente del atrio tiene forma de catarata con 24 metros de altura, humidifica o deshumidifica el aire cuando se introduce en el edificio.

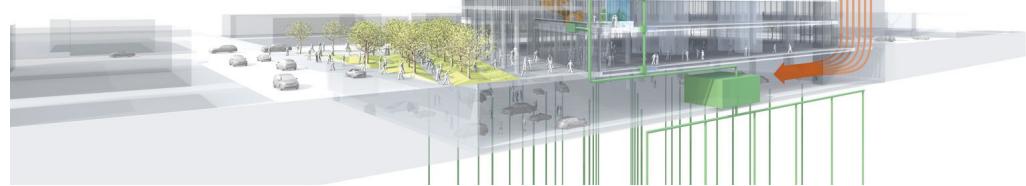


Imagen AAT

La escalera comunica las plantas que une cada uno de los patios y anima a los empleados a hacer ejercicio y a la inter comunicación entre departamentos

La iluminación utiliza unos sensores indican el grado de luz natural existente en el momento para así graduarse minimizando el consumo de energía y empleando al máximo posible la luz natural.

La piel exterior de fachada posee rejillas controladas autónomamente para ventilar permitiendo el paso del aire del exterior a la segunda piel dependiendo de la temperatura existente en el momento. También los trabajadores pueden controlar el flujo de aire que experimentan en su entorno de trabajo gracias a que las ventanas interiores se pueden manipular manualmente lo que proporciona una entrada de aire puntual.

El acristalamiento exterior está hecho de vidrio de bajo contenido de hierro para que entre más luz y son de baja emisividad ayudando a reducir el calor en la fachada.

En aquellos lugares de la fachada en los que no se emplea una doble piel el cristal será triple proporcionando una cámara de aire más que ayude a aislar la zona.

AAT Esquema axonométrico. Funcionamiento general  
Fuente : [www.transsolar.com/projects/manitoba-hydro](http://www.transsolar.com/projects/manitoba-hydro)

AAU Esquema axonométrico. Funcionamiento de estancia y parte del atrio  
Fuente : [www.divisare.com/projects/386636-kpmb-architects-manitoba-hydro-place](http://www.divisare.com/projects/386636-kpmb-architects-manitoba-hydro-place)

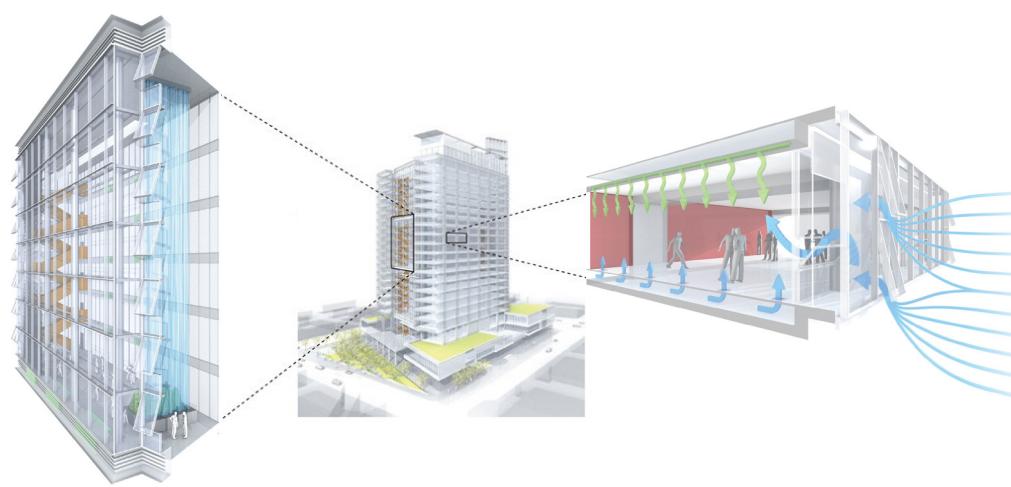


Imagen AAU

## Foster+Partners

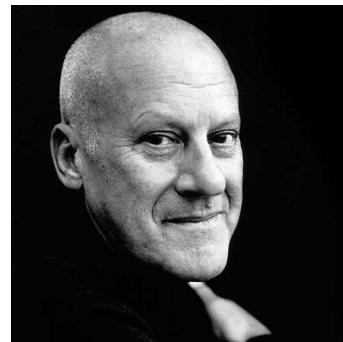
### Hi Tech sostenible

AAV                    Edward P. Evans Hall,  
                          Yale School of Management  
                          New Haven, EE.UU  
Fuente: [www.fosterandpartners.com](http://www.fosterandpartners.com)

AAW                    Reichstag,  
                          New German Parliament.  
                          Berlin, Alemania.  
Fuente: [www.fosterandpartners.com](http://www.fosterandpartners.com)

AAX                    City Center DC  
                          Washington DC, EE.UU  
Fuente: [www.fosterandpartners.com](http://www.fosterandpartners.com)





**Norman Foster**  
Fuente: [www.elpais.com](http://www.elpais.com)  
/ CAROLYN DJANGOLY

Foster+Partners es un estudio de arquitectura fundado en el año 1967 como Foster Associates situado en la ciudad de Londres (Reino Unido) aunque posee oficinas también en Abu Dabi, Bangkok, Pekín, Buenos Aires, Dubái, Hong Kong, Madrid, Nueva York, San Francisco, Singapur y Shanghái. Dirigido por Norman Foster que actúa desde el principio como presidente ejecutivo, siendo una gran empresa con un número amplio de socios, socios superiores y socios superiores ejecutivos. También preside la Norman Foster Fundation creada en Madrid con el ánimo de fomentar el pensamiento y la investigación interdisciplinar para ayudar a nuevas generaciones de arquitectos, diseñadores y urbanistas a anticiparse al futuro. Tiene como objetivo conectar la arquitectura, el diseño, la tecnología y las artes para prestar un mejor servicio a la sociedad y fomentar la experimentación a través de la investigación y la realización de proyectos construidos.

El estudio ha tenido como meta durante 50 años el establecer un enfoque sostenible del diseño en el entorno de la construcción. Eso junto con la orientación Hi-Tech del estudio hace que sus proyectos sean considerados en muchas ocasiones como innovadores en el ámbito del diseño y su funcionamiento con el entorno.

Según el fallo del premio Príncipe de Asturias se trata de un arquitecto que “*conjuga la calidad estética, la reflexión intelectual y el diálogo entre territorios y ciudadanía a través de un original dominio del espacio, la luz y la materia*”<sup>(6)</sup>.

(6) Cita al otorgar el premio  
Príncipe de Asturias de las Artes  
(2009)

Entrega de premios  
Príncipe de Asturias

Acceso 08.11.2018 en:  
[www.fpa.es/multimedia-es/videos/](http://www.fpa.es/multimedia-es/videos/ceremonia-de-entrega-de-los-premios-principe-de-asturias-2009.html)  
[ceremonia-de-entrega-de-los-premios-principe-de-asturias-2009.html](http://www.fpa.es/multimedia-es/videos/ceremonia-de-entrega-de-los-premios-principe-de-asturias-2009.html)

Norman Foster

Nacido en Reddish en 1935, premiado con la beca Henry en el año 1961 para estudiar en Yale donde realizó un Master.

Cuando regresó a Londres fundó junto a Richard Rogers, Wendy Cheesman y Georgie Wolton, el estudio de arquitectura Team 4 (1963-1967).

En 1967 bajo el nombre de Foster Associates fundó estudio propio, aunque también, colaboró en diversos proyectos con Buckminster Fuller entre 1968 y 1983.

- (7) Foster N. (2009) Conferencia "Arquitectura y sostenibilidad" Acceso 08.11.2018 en: [www.laprovincia.es/cultura/2009/04/19/foster-sostenibilidad-planeta-moda-supervivencia/224183.html](http://www.laprovincia.es/cultura/2009/04/19/foster-sostenibilidad-planeta-moda-supervivencia/224183.html) Un arquitecto que "anticipa con brillantez la única polis posible en el siglo XXI, al servicio del desarrollo sostenible y de la libertad personal y social" <sup>(6)</sup>. Y es que él mismo en una visita a Madrid para la conferencia que llevaba por título "Arquitectura y sostenibilidad" dijo: "La sostenibilidad del Planeta no es moda, es supervivencia" <sup>(7)</sup>.
- (8) Foster N. (2017) Conferencia de inauguración de la exposición "Futuros comunes" Acceso 08.11.2018 en: [www.efeverde.com/noticias/norman-foster-exposicion-sostenible/](http://www.efeverde.com/noticias/norman-foster-exposicion-sostenible/) Por otro lado muestra preocupación por el medioambiente y por mejorar el comportamiento energético de las ciudades, algo esencial para abordar el desafío del cambio climático: "Aquellos edificios que trabajan junto al clima, están buscando crear un ambiente que es más saludable" <sup>(8)</sup> dijo Norman durante una exposición, por ello puso los ojos en la construcción de Masdar, Abu Dhabi, la primera ciudad sostenible del mundo, que acogerá a 50.000 habitantes si se construye totalmente y que tiene cero emisiones de CO2 y de residuos. Es un lugar compacto que hace innecesario el uso del automóvil gracias al transporte público, siendo este eléctrico y autónomo.
- En 1991 es nombrado Doctor Honoris Causa por el Royal College of Art de Londres, Reino Unido y al año siguiente Doctor Honoris Causa por la Universidad Politécnica de Valencia, España. En 1999 recibió el galardón más preciado de la arquitectura, el Premio Pritzker, en reconocimiento a 40 años de prodigios constructivos. Fue galardonado con el Premio Príncipe de Asturias de las Artes 2009.
- "Hay muchas posibilidades para trabajar en este campo, pero ocurre como en todos los lados, los proyectos dependen de las iniciativas que tome el Gobierno" <sup>(7)</sup>, comentó. A través de este comentario se deduce que no solo la arquitectura será artífice de esos proyectos sostenibles, sino que los gobiernos deben apostar por ello, y Foster, como generador de innovación, es en muchos casos elegido para ello.

MASDAR CITY  
Foster+Partners  
2014



Imagen AAY



Imagen AAZ



Imagen AAAA

La ciudad de Masdar es un proyecto que nace de la ambición de querer generar una comunidad en el desierto que aspira a ser neutra en la generación de carbono y de residuos no dejando así huella en el medio ambiente.

Con una extensión de 640 hectáreas el proyecto esta concebida por el Gobierno de Abu Dhabi con el objetivo de investigar nuevas soluciones de energías renovables para estar preparados ante la desaparición del petróleo en un futuro. (Imagen AAY)

Masdar está conectada, con las comunidades vecinas y el aeropuerto internacional, por las rutas preexistentes de carretera y ferrocarril. Será la primera ciudad por la que no circulen vehículos propulsados por combustibles fósiles, teniendo que dejar el vehículo en el exterior. Dispondrá de una flota de vehículos autónomos y eléctricos, que circulan por raíles predefinidos y se detienen en caso de posible de colisión. (Imagen AAAA)

46

AAY Masdar City, Abu Dhabi.  
render axonométrico  
Fuente: [www.fosterandpartners.com/es/projects/masdar-city/#gallery](http://www.fosterandpartners.com/es/projects/masdar-city/#gallery)

AAZ Masdar City, Abu Dhabi.  
fotografía del alzado  
Fuente: [www.yorokobu.es/masdar/](http://www.yorokobu.es/masdar/)

AAAA Masdar City, Abu Dhabi.  
Vehículos eléctricos autónomos  
Fuente: [www.yorokobu.es/masdar/](http://www.yorokobu.es/masdar/)

AAÑ	Masdar City, Abu Dhabi. render axonométrico Fuente: <a href="http://www.divisare.com/projects/386636-kpmb-architects-manitoba-hydro-place#lg=1&amp;slide=11">www.divisare.com/projects/386636-kpmb-architects-manitoba-hydro-place#lg=1&amp;slide=11</a>
AAAC	Masdar City, Abu Dhabi. fotomontaje circulación de vehículos Fuente: <a href="http://www.ecoesmas.com/ciudad-inteligente-masdar-city/">www.ecoesmas.com/ciudad-inteligente-masdar-city/</a>
AAAD	Masdar City, Abu Dhabi. fotomontaje de calle tipo Fuente: <a href="http://www.ecoesmas.com/ciudad-inteligente-masdar-city/">www.ecoesmas.com/ciudad-inteligente-masdar-city/</a>

En Masdar se promueven los desplazamientos a pie, y sus calles y patios brindan un atractivo entorno peatonal protegido de las condiciones climáticas extremas.

Las calles están diseñadas de manera que se aproveche al máximo las sombras. Los largos pero estrechos parques y jardines captan y enfrián los vientos predominantes ayudando así a la ventilación de la ciudad.



Imagen AAAB

Los vehículos autónomos tanto de pasajeros como de mercancías estarán destinados a circular por un entramado secundario al peatonal dejando este libre, el nivel del suelo de la ciudad fue elevado siete metros y los vehículos circularán por debajo del nivel del suelo dejando totalmente. (Imagen AAAC)

47

Una línea de tren pasará por el centro de la ciudad conectada al centro de Abu Dhabi, por lo que conectará al mundo a esta nueva ciudad.

El área que ha sido completada tiene algunos elementos de diseño en común en todo el proyecto:

- Anillo perimetral de vegetación en la ciudad que hará de filtro frente a las tormentas de arena.
- Las torres de viento canalizan el aire para ventilar las plazas públicas que se encuentren próximas a ellas.
- Las calles de la ciudad se diseñan de manera estrecha permitiendo su correcta iluminación y haciendo llegar el menor número de horas posible el sol de manera directa a los peatones, a tal efecto ayudan las placas solares que asoman de los edificios produciendo una mayor protección. (Imagen AAAD)
- Los paneles fotovoltaicos además de proporcionar energía a los edificios evitan la exposición directa de sus tejados dejándolos en sombra y así bajando la temperatura que alcanzarían sin esta protección.

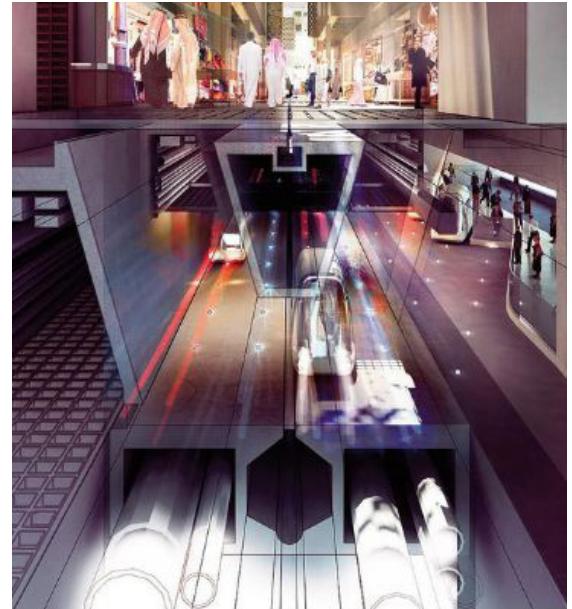


Imagen AAAC

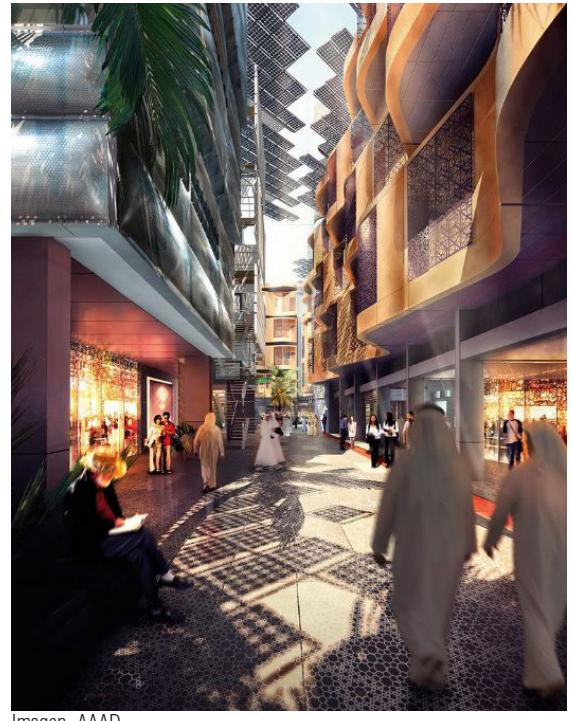


Imagen AAAD



Imagen AAAE

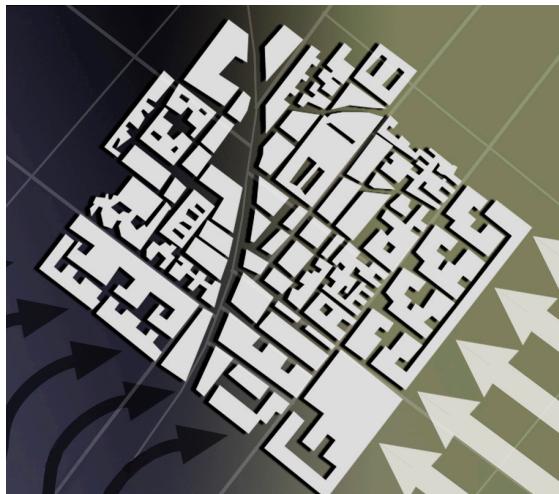


Imagen AAAF

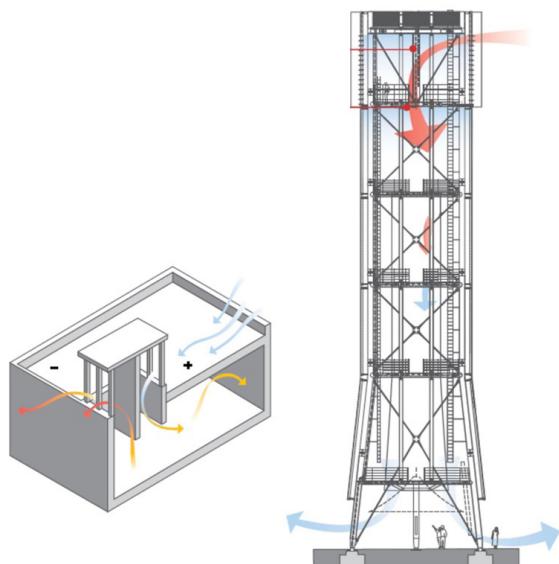


Imagen AAAG



Imagen AAAH

Masdar no siempre emplea la tecnología más puntera, y es que los científicos constataron en estudios, una vez más, como tras probar las técnicas más simples permiten que el medio ambiente haga por sí mismo un trabajo que le costaría mucho más realizar a los inventos del ser humano.

Masdar está orientado en el eje Sureste - Noroeste permitiendo sombrear a nivel de calle durante todo el día. Las sombras proyectadas por los edificios refrescan tanto las calles, que se encuentran muy pocas horas expuestas directamente al sol, como las caras opuestas de los edificios. (Imagen AAAF)

Gracias a esa misma orientación de la ciudad permite la libre circulación del viento dentro del área construida. Al calcular la dirección general de los vientos dominantes, los planificadores pudieron ubicar las calles de la ciudad para permitir el flujo de aire máximo. Inspiradas en el diseño de ciudades antiguas como El Cairo, las calles de Masdar se hacen estrechas y cortas para ayudar a canalizar el aire, expulsando el que ya está viciado y caliente.

Los ingenieros llevaron las cosas un paso más allá. ¿Qué pasaría si en lugar de simplemente posicionar una ciudad para aceptar pasivamente el flujo de aire a nivel del suelo, la ciudad de Masdar podría usar el viento de forma activa para enfriar drásticamente la ciudad?

La respuesta: utilizar un método de impulsión natural usado desde la antigüedad, mencionado antes en el apartado de historia, una torre captadora de viento. (Imagen AAAG) La diferencia principal es que antes el aire se introducía a un interior y ahora se innova y sirve para bajar el aire a plazas y calles. (Imagen AAAH)

AAAE Masdar City, Abu Dhabi. planta  
Fuente: [www.masdar.ae/assets/downloads/content/8642/masdar\\_city\\_master\\_plan\\_-\\_english\\_2.pdf](http://www.masdar.ae/assets/downloads/content/8642/masdar_city_master_plan_-_english_2.pdf)

AAAF Esquema planta. Sol y vientos dominantes  
Fuente: [www.atlaslens.com/index.php/2016/01/27/masdar-city-the-future-of-sustainable-cities](http://www.atlaslens.com/index.php/2016/01/27/masdar-city-the-future-of-sustainable-cities)

AAAG Funcionamiento captadores de viento. Esquema general de ventilación  
Fuente: [www.iisbe.org/iisbe/sbc2k8/teams/canada/Manitoba\\_Hydro/Man\\_Hydro\\_pg9.htm](http://www.iisbe.org/iisbe/sbc2k8/teams/canada/Manitoba_Hydro/Man_Hydro_pg9.htm)

AAAH Sección de Masdar City.  
Fuente: [www.1.bp.blogspot.com/\\_Hjwrc4bU8N4/TKFM8Ums3ZI/AAAAAAAAB38/VkRHs6HGAc4/s1600/26masdar-graphic-custom1.jpg](http://www.1.bp.blogspot.com/_Hjwrc4bU8N4/TKFM8Ums3ZI/AAAAAAAAB38/VkRHs6HGAc4/s1600/26masdar-graphic-custom1.jpg)

AAAI	Captador de viento. Masdar City, Abu Dhabi
Fuente :	<a href="http://www.atlaslens.com/index.php/2016/01/27/masdar-city-the-future-of-sustainable-cities">www.atlaslens.com/index.php/2016/01/27/masdar-city-the-future-of-sustainable-cities</a>
AAAJ	Captador de viento. Masdar City, Abu Dhabi
Fuente :	<a href="http://www.atlaslens.com/index.php/2016/01/27/masdar-city-the-future-of-sustainable-cities">www.atlaslens.com/index.php/2016/01/27/masdar-city-the-future-of-sustainable-cities</a>

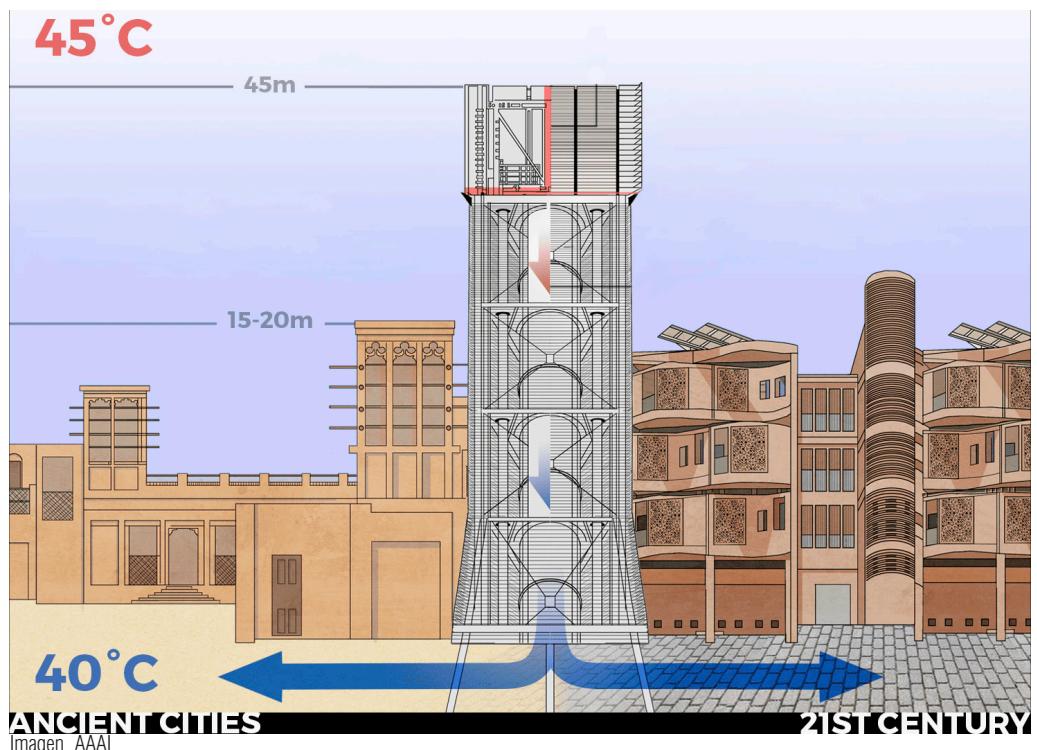
AAAK	Captador de viento. Masdar City, Abu Dhabi
Fuente :	<a href="http://www.nytimes.com/2010/09/26/arts/design/26masdar.html">www.nytimes.com/2010/09/26/arts/design/26masdar.html</a>

Aunque con el mismo principio que las antiguas torres de viento, la torre de Masdar incorpora avances que amplifican su efecto:

- Se eleva más alto por lo que puede recolectar corrientes más frías y constantes.
- Posee un sistema de rociadores automáticos, pudiendo suministrar aire fresco y húmedo.

Por ello, las calles de Masdar son hasta 6,5 °C más frescas que las de Abu Dhabi. También a nivel de calle hay unos 5 °C menos que en el ambiente más alto solo por el efecto de la torre.

La torre tiene potencial de enfriar hasta cinco grados la temperatura ambiente, ya que la temperatura en el exterior es de 45 grados y en las calles de la ciudad de 40 grados.



El captador de viento tiene unas lamas inteligentes y autónomas que se auto-orientan según los sensores en que dirección sopla el viento en ese instante, pudiendo enviar a lo largo del día viento independientemente de la dirección de la que provenga este.

Los evaporadores humedecen el aire lo que hace que el agua absorba temperatura de este y se enfríe nada más introducirse en los conductos de la torre.

El aire se enfriará aún más antes de que llegue a las calles de la ciudad al pasar por el interior de un tubo vertical que lo dirige hacia abajo.

Las antiguas torres de viento se empleaban para enfriar estancias interiores, aquí se reinterpretan ayudando a acondicionar plazas y espacios abiertos de la ciudad.



# Conclusiones

50

El desarrollo de las ideas proyectuales y el uso de las tecnologías obviando el entorno natural o transformándolo a favor de la construcción y no aprovechando sus ilimitados recursos y nos hicieron retroceder en aspectos ambientales a la vez que avanzábamos en los métodos constructivos y tecnológicos.

Aspectos como una orientación adecuada, aprovechar la energía del sol a nuestro favor, el viento como refrigerador natural, en definitiva; todos aquellos provenientes de los recursos naturales. El olvido de lo que éstos pueden aportar y la gran fuente de valor que constituyen a la construcción nos hacen malgastar recursos siendo menos eficientes en comparación con nuestros antepasados, que con poca tecnología y, en muchas ocasiones, pocos recursos, conseguían grandes resultados.

Llegados a este punto del trabajo podría afirmar que el número de proyectos que incorporan arquitectura pasiva en la que el aire es un claro reductor del consumo energético son escasos, seguramente debido a la fuerte repercusión en el diseño que conlleva, dejando menos vías libres a la hora de conceptualizar el proyecto. Además, calcular y adecuar un sistema, como una chimenea solar es mucho más complejo que los sistemas de arquitectura pasiva solar, como un muro de carga térmica o el funcionamiento de un invernadero.

Todo esto hace que a no ser que el proyecto nazca para un edificio de cierta singularidad pública, sea complicado que se inviertan recursos técnicos y económicos en el desarrollo de los sistemas que implican al aire, ya que son más complejos que otros sistemas pasivos cuyo uso es algo más corriente.

Otro hecho destacable es que se suele emplear en usos terciarios y no en edificios de viviendas debido a lo anteriormente comentado.

Urge la necesidad de dar la importancia que se merecen a proyectos como los que hemos visto e imitarlos, ya que se pueden conseguir grandes beneficios mejorando el bienestar de los usuarios, y elevando el valor para los propietarios al tener edificios mejor construidos y eficientes. Para el conjunto de las urbes también sería beneficioso en cuanto a reducción de contaminación, pudiendo tener un aire más limpio para todos. Además como arquitectos dicen, y he mencionado anteriormente, “en el momento actual tiene un valor importante expresar la sostenibilidad de los espacios”.

La inversión económica, conocimiento técnico y mano de obra que hay que hacer para implantar en las construcciones estos sistemas es mayor en primera instancia, pero recuperable en el medio y largo plazo debido al ahorro y eficiencia energética que se experimenta.

Además la problemática del cambio climático puede suponer un auténtico reto para el desarrollo de la arquitectura, ingeniería y recursos técnicos que aprovechen el entorno natural de maneras cada vez más eficientes y que nos permita hacer a nuestros edificios autosuficientes, desconectándolos algún día de las redes de gas y eléctricas externas a ellos.

La mayor parte de los proyectos se ciñen de manera individual a un tipo de sistema, pero no los aúnan. Esto hace que en muchos casos el edificio parezca bioclimático, pero en realidad, en otros aspectos no lo es. Los proyectos que emplean el aire como método energético del edificio son escasos pero considero que llegan más lejos en su fin, ya que suelen emplear también otros métodos impulsados por energía solar, sin embargo esto no ocurre en los que se basan en métodos solares.

Es complejo conseguir diseñar un edificio que termine en su conjunto siendo entero sostenible: desde la elección de materiales, impacto generado en el entorno y el solar, métodos de construcción, incluso el número de horas que la maquinaria trabajará en obra. Diseñar y construir de forma sostenible sin dejarse en el tintero algunas partes y procesos es un gran reto.

La cercana normativa Europea requerida en 2020, la conciencia social desarrollada en los últimos años, la convocatoria de concursos con premios a las obras que cumplen con los estándares sostenibles y apuestan por innovar en sistemas que proporcionan un mayor ahorro en el consumo energético del edificio, junto con las certificaciones (como la LEED y BREEM), que muchos arquitectos intentan conseguir para que sus proyectos sean más visibles gracias al reconocimiento que estas les otorgan; van empujando a todos, y no solo a unos pocos, a cumplir y a concienciarse no únicamente de las soluciones que la arquitectura daba, sino que esta en sí misma, no cree un problema al medio ambiente.

## Bibliografía

52

Bernard Rudofsky, Raul Grego (tr.)

*Arquitectura sin arquitectos.*

Editorial Universitaria de Buenos Aires (1976)

Varios autores (conferencias ciclo de formación “Hacia una construcción más sostenible”, Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia)

*Hacia una arquitectura sostenible: En busca de un sentido común.*

C.O.A.C.V. (2006)

Heywood, H., Landrove Bossut S. (tr.)

*101 Reglas reglas básicas para una arquitectura de bajo consumo energético.*

Gustavo Gili S.A. (2015)

Anton Capitol

*La arquitectura del patio.*

Gustavo Gili S.A. (2005)

Mahyari, Ali

*The Wind Catcher A passive cooling device for hot arid climate, Ph.d.*

Department Of Architectural And Design Science

University of Sydney (1996)

Luis Fernando Freire Amores

*NUEVAS ESTRATEGIAS DE VENTILACIÓN NATURAL PARA*

*CONJUNTOS DE VIVIENDA DE LA CIUDAD DE QUITO*

Universidad Internacional de Andalucía, edición electrónica (2011)

Revista 2G Número 43.  
Kazuhiko Kojima/CAt  
Gustavo Gili S.L. (2007)

Revista AV Número 130:  
*La hora solar, Entre la casa y la ciudad, del solar Decathlon a Masdar.*  
Arquitectura Viva S.L (2010)

AV Monografías 163-164  
NORMAN FOSTER  
*In the 21st Century*  
Arquitectura Viva S.L. (2013)

53

## Webgrafía

<http://www.stepienybarno.es/>

<http://www.arquitecturaviva.com/es/Info/News/Details/9759>

<http://www.marruecos.com/generalidades/que-es-una-kasbah/>

<http://arquyma.blogspot.com/2010/10/yazd-el-control-climatico-de-las.html>

<http://sostenibilidadjavierneila.blogspot.com/2014/09/captadores-de-viento-en-el-desierto.html>

<https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/evolucion-de-los-sistemas-de-ventilacion-a-lo-largo-de-la-historia/>

<https://ca.wikipedia.org/>

<https://es.wikipedia.org/>

<https://ovacen.com/forma-de-la-arquitectura-incentivada-por-la-eficiencia-energetica/>

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052014000100013&script=sci\\_arttext&tlang=pt](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052014000100013&script=sci_arttext&tlang=pt)

<https://energiayhabitabilidad2013.files.wordpress.com/2013/08/viento-en-la-arquitectura-gonzalo-mc3a9ndez-valenzuela.jpg>

- Información sobre **HArquitectes**:

<http://www.harquitectes.com/info/es/>

Vídeo “*Profetas del Ladrillo*” por Carlos Cortés:

<https://www.revistaad.es/video/videos/h-arquitectes-premio-arquitectos-2017/167>

<https://morewithlessdesign.com/interview-harquitectes>

[https://elpais.com/cultura/2015/08/26/babelia/1440588565\\_083019.html](https://elpais.com/cultura/2015/08/26/babelia/1440588565_083019.html)

[https://elpais.com/elpais/2015/11/05/del\\_tirador\\_a\\_la\\_ciudad/1446706320\\_144670.html](https://elpais.com/elpais/2015/11/05/del_tirador_a_la_ciudad/1446706320_144670.html)

<http://www.beta-architecture.com/centre-civic-cristalerias-planell-1015-h-arquitectes/>

- Información sobre **KPMB Architects**:

<http://www.kpmb.com/>

<http://www.aiatopten.org/node/110>

<https://transsolar.com/projects/manitoba-hydro>

<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/782631/manitoba-hydro-kpmb-architects>

<https://divisare.com/projects/386636-kpmb-architects-manitoba-hydro-place>

<http://www.hpbmagazine.org/attachments/article/11949/11F-Manitoba-Hydro-Place-Winnipeg-Canada.pdf>

<http://www.oaa.on.ca/professional%20resources/sustainable%20design/case-studies-details/Manitoba-Hydro-Place/18>

- Información sobre **Foster+Partners**:

<https://www.fosterandpartners.com>

[http://www.diariodeleon.es/noticias/cultura/arquitectura-sostenible-norman-foster-premio-principe-asturias\\_454948.html](http://www.diariodeleon.es/noticias/cultura/arquitectura-sostenible-norman-foster-premio-principe-asturias_454948.html)

<https://www.elperiodico.com/es/ocio-y-cultura/20171005/norman-foster-muestra-su-faceta-mas-social-y-sostenible-en-una-exposicion-6334112>

<https://www.laprovincia.es/cultura/2009/04/19/foster-sostenibilidad-planeta-moda-supervivencia/224183.html>

