

# Manual de Arquitectura Ecológica Avanzada

Metodología de diseño para realizar una arquitectura  
con el máximo nivel ecológico posible



Luis De Garrido

diseño

De Garrido, Luis

Manual de arquitectura ecológica avanzada : metodología de diseño para realizar una arquitectura con el máximo nivel ecológico posible / Luis De Garrido. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Diseño, 2017.

354 p. ; 30 x 21 cm.

ISBN 978-987-4160-12-6

1. Arquitectura Sustentable. 2. Ecología. 3. Arquitectura Bioclimática. I. Título.  
CDD 577

---

DISEÑO GRÁFICO: Karina Di Pace

IMAGEN EN TAPA: Casas del Rio Eco-Restaurante

IMAGEN EN CONTRATAPA: Klein Eco-House

Hecho el depósito que marca la ley 11.723

Impreso en Argentina / Printed in Argentina

La reproducción total o parcial de esta publicación, no autorizada por los editores, viola derechos reservados; cualquier utilización debe ser previamente solicitada.

© 2017 de la edición, Diseño Editorial

ISBN 978-987-4160-12-6

Marzo de 2017

Este libro fue impreso bajo demanda, mediante tecnología digital Xerox en

*bibliografía* de Voros S. A. Bucarelli 1160, Capital.

info@bibliografika.com / www.bibliografika.com

En venta:

LIBRERÍA TÉCNICA CP67

Florida 683 - Local 18 - C1005AAM Buenos Aires - Argentina

Tel: 54 11 4314-6303 - Fax: 4314-7135 - E-mail: cp67@cp67.com - www.cp67.com

FADU - Ciudad Universitaria

Pabellón 3 - Planta Baja - C1428BFA Buenos Aires -Argentina

Tel: 54 11 4786-7244

CMD - Centro Metropolitano de Diseño

Algarrobo 1041 - C1273AEB Buenos Aires - Argentina

Tel: 54 11 4126-2950, int. 3325

# **Manual de Arquitectura Ecológica Avanzada**

Metodología de diseño para realizar una arquitectura  
con el máximo nivel ecológico posible

Luis De Garrido

diseño



*A mis padres, Antonio y Victoria*



# Índice

Prefacio	<b>9</b>
1. Naturalezas Artificiales	<b>11</b>
2. Arquitectura Ecológica	<b>33</b>
3. Indicadores Ecológicos	<b>57</b>
4. Metodología de Diseño para lograr una Arquitectura con el máximo nivel ecológico posible	<b>102</b>
5. Análisis de Proyectos de Arquitectura Ecológica Avanzada realizados por Luis De Garrido	<b>131</b>
BLASCO Eco-House. Valencia. España	<b>132</b>
GUAITA Eco-House. Valencia. España	<b>148</b>
DOL Eco-Building. Toledo. España	<b>160</b>
KLEIN Eco-House. Alicante. España	<b>170</b>
CASAS DEL RIO Eco-Restaurant. Valencia. España	<b>178</b>
MONTAGUT Eco-House. Barcelona. España	<b>188</b>
VITROHOUSE. Barcelona. España (La primera vivienda ecológica del mundo realizada únicamente en vidrio)	<b>196</b>
MOZAS Eco-House. Valencia. España	<b>216</b>
R4HOUSE. Barcelona. España. (Luis De Garrido fue nombrado "Architect of the year 2008" por este proyecto)	<b>224</b>
I-SLEEP Eco-Hotel. Zaragoza. España (El primer hotel ecológico y desmontable del mundo)	<b>262</b>
ANONYMOUS-I Eco-House	<b>286</b>
RAMAT Eco-House. Valencia. España (La primera vivienda autosuficiente del mundo)	<b>298</b>
EYE OF HORUS Eco-House. Isla Sedir Adasi. Turquía	<b>314</b>
EXPOSICION "NATURALEZAS ARTIFICIALES" (Exposición anual de Proyectos de Luis De Garrido)	<b>348</b>



# Prefacio

Cuando de niño estudiaba Historia, pronto me di cuenta de que la arquitectura era el mejor rastro de la humanidad. Una buena parte del sistema de valores humanos se refleja, con un cierto retraso, en la arquitectura de cada tiempo y lugar.

Como consecuencia de este proceso, en cada sociedad acaba consolidándose, con el tiempo, una percepción global del concepto de arquitectura, y sobre todo, del concepto de vivienda.

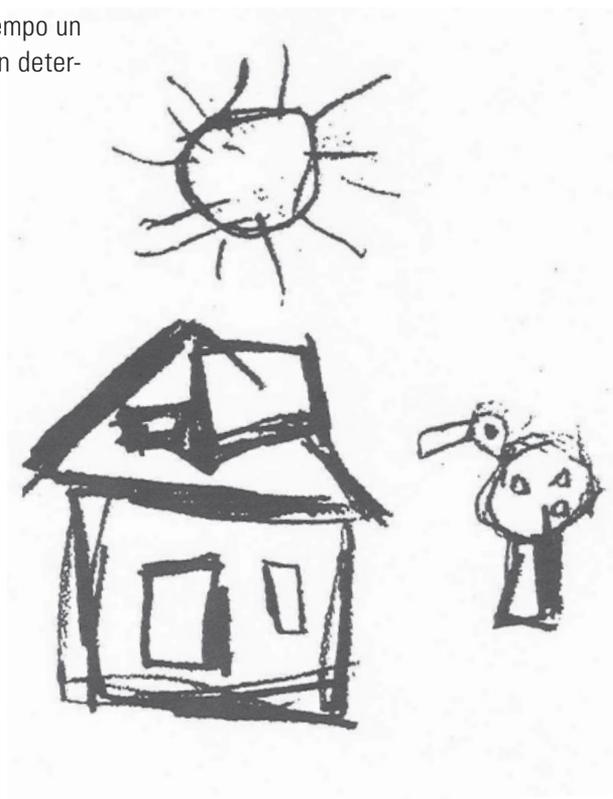
En este sentido, en los dibujos de todos los niños occidentales se asocia el concepto de "casa", a una vivienda con tejado inclinado, puertas, ventanas... y una chimenea.

Durante muchos años los niños occidentales hemos dibujado en el "cole", una y otra vez, este mismo dibujo. Y con ello hemos ayudado a que se perpetúe en el tiempo un determinado concepto de "casa". Un determinado concepto de "hogar".

Pues bien, en este sentido, hace unos años, un niño griego de 4 años de edad, ayudó a cambiar el rumbo de la historia de la arquitectura. Cuando su "seño" pidió en clase que todos los niños dibujaran una casa, todos los niños dibujaron algo parecido a lo que millones de niños hemos dibujado... Pero un niño, por primera vez en la historia occidental, dibujó algo diferente.

Este niño dibujó una casa con cubierta inclinada, con una puerta, con ventanas... ¡pero con un captor solar!

Este libro va dedicado a todos los niños del mundo, y a todos los adultos que no queremos perder, y nunca perderemos, al niño que llevamos dentro.





# Ecosistema Natural y Ecosistema Artificial

## ■ Origen del planeta Tierra. Agua, atmósfera y vida

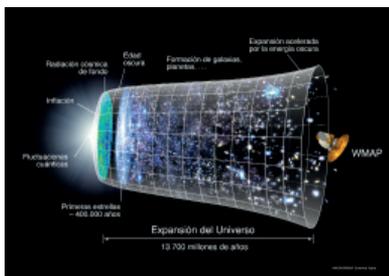
Actualmente se sabe que el origen del universo se remonta a unos 15.000 millones de años, cuando se produjo una enorme explosión (*Big Bang*) que dio lugar a la materia y la antimateria existente.

El universo comenzó a expandirse fruto de la fuerza expansiva de la explosión, pero no lo hizo de forma uniforme, sino de forma ligeramente irregular. La materia se distribuyó de forma heterogénea, en unos lugares de forma más densa, y en otros lugares, menos densa. En los lugares con mayor densidad de materia y como consecuencia de la fuerza de la gravedad, poco a poco, las partículas empezaron a atraerse entre sí, formando agrupaciones de materia cada vez más densas, separadas entre sí por espacios cada vez más vacíos. De este modo, hace unos 10.000 millones de años, se empezó a conformar nuestra galaxia, la *Vía Láctea*.

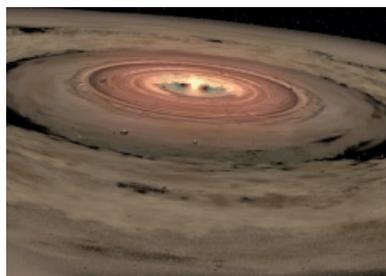
Muy cerca del límite de esta galaxia primigenia, hace unos 5.000 millones de años, una porción de materia se condensó en una

nube más densa. De esta nube surgieron diferentes masas con tamaño diferentes. Las masas de mayor tamaño generaban una mayor fuerza de gravedad, por lo que su materia se compactó todavía más, comprimiendo su masa atómica, y liberando una mayor cantidad de energía nuclear. Las diferentes masas giraban entre sí, debido a la resultante heterogénea diferencial de sus fuerzas de expansión y sus fuerzas de gravedad. De este modo, se conformaron una gran masa central y otras más pequeñas a su alrededor. Una de estas masas periféricas dio lugar al actual planeta Tierra.

Hace unos 4.550 millones de años se formó el planeta Tierra, como un enorme amasijo de rocas conglomeradas, al principio incandescentes, pero que, con el tiempo su corteza se condensó, y se volvió sólida. Alrededor de esta corteza sólida, en la parte más baja se fue acumulando agua, poco a poco y por encima se fue conformando una capa de gases: la atmósfera primigenia.



ORIGEN DEL UNIVERSO



FORMACIÓN DEL SISTEMA SOLAR



FORMACIÓN DE LA VIA LÁCTEA



**FORMACIÓN DEL SISTEMA SOLAR**



**FORMACIÓN DE LA TIERRA. 4.500 MILLONES AÑOS**



**FORMACIÓN DE LA TIERRA**

El agua se empezó a acumular en el planeta Tierra muy poco a poco, debido a dos procesos completamente diferentes:

1. Por un lado el agua emergió del propio magma de la Tierra. Parece ser que lejos de las estrellas, y por un proceso de absorción de partículas del entorno cósmico, se forman pequeños planetas con agua en su interior. En cambio cerca de las estrellas se forman planetas secos. Sin embargo en el proceso primigenio de formación, los planetas giraban con trayectorias dispares, lo que provocó que, de tanto en tanto, unos planetas chocaran con otros. En este sentido, los planetas cercanos al sol podrían chocar con planetas lejanos. Esto es lo que pudo suceder con la Tierra. Por su posición cercana al sol no le correspondía tener tanta agua. Sin embargo uno o varios choques con planetas exteriores más pequeños pudieron cederle parte del agua que tiene en la actualidad. Sin embargo, este mecanismo no es suficiente, por sí

mismo, para explicar la gran cantidad de agua que tiene el planeta Tierra en la actualidad. Tuvo que haber alguna otra razón.

2. La segunda razón que explica la gran cantidad de agua existente en la Tierra tiene que ver con los numerosos choques de cometas y asteroides sobre el planeta Tierra. Resulta que los cometas y los asteroides tienen numerosos huecos llenos de agua. Estos meteoritos chocaron por millones sobre la Tierra, y cada uno de ellos fue dejando tan solo unas gotas de agua. Sin embargo, como chocaron por millones, la cantidad de agua que trajeron fue enorme, y explica la gran cantidad de agua que existe en la Tierra. Las rocas meteóricas, una vez sobre la tierra, fueron transpirando el agua que tenían dentro, y así, poco a poco, se formaron los océanos.

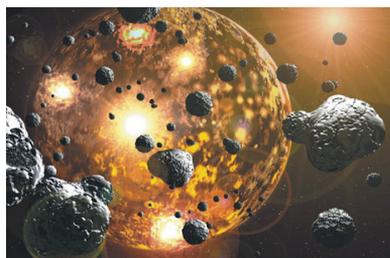
Poco después de su formación, hace aproximadamente unos 4.530 millones de años, el planeta Tierra primigenio chocó con otro planeta cercano a su órbita. Como consecuencia se crearon dos nuevos planetas: la Tierra y la Luna. La colisión fue superficial, por lo que uno de los planetas resultó de mucho mayor tamaño que el otro. La superficialidad de la colisión explica que en la Luna no exista hierro, ya que recogió solamente materia de las capas superficiales del planeta Tierra primigenio.

El agua pudo sobrevivir ya que el magma líquido, generado por la enorme colisión, pudo disolver corpúsculos de agua en su interior. Más tarde, en el proceso de cristalización del magma, al enfriarse las rocas, el agua se fue evaporando por transpiración, se fue acumulando en la atmosfera, y fue cayendo en forma de lluvia hirviendo, a la superficie de la Tierra. Como resultado, hace 4.400 millones de años,

**CHOQUE DE PROTOPLANETAS. CEDIENDO AGUA UNO A OTRO**



**ORIGEN DEL AGUA. ASTEROIDES**

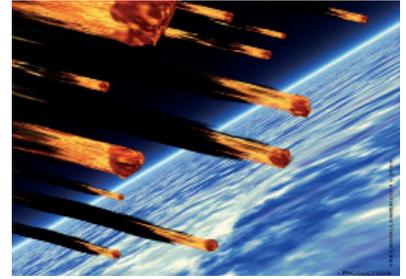




**FORMACIÓN DEL SISTEMA SOLAR**



**FORMACIÓN DE LA TIERRA. 4.500 MILLONES AÑOS**



**LLUVIA DE METEORITOS DRACONIDAS**

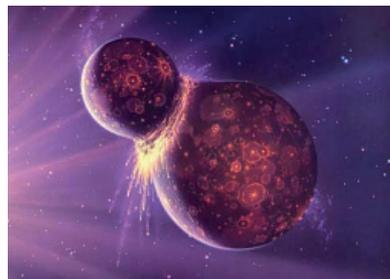
el actual planeta Tierra, recién formado después de la enorme colisión, disponía de agua abundante (la existencia de las *Amphibolites* demuestra que hace 4.280 millones de años había agua en abundancia). En este periodo, y debido a su diferente composición química, el agua era de color verde, y el cielo de color rojo. La atmósfera estaba compuesta de azufre, metano, CO<sub>2</sub> y ácido sulfúrico.

Los meteoritos seguían cayendo y continuaban trayendo agua. Sin embargo, los meteoritos trajeron algo mucho más importante. Los meteoritos trajeron aminoácidos, que son

los pilares de la vida. Es decir, los aminoácidos que fueron el origen de la vida no se formaron lentamente en la Tierra, sino que llegaron, de golpe, del espacio. Por tanto, solo era cuestión de tiempo que apareciera la vida.

Hace 3.900 millones de años, debido a las condiciones atmosféricas existentes, y al contenido químico de los océanos primigenios, repletos de aminoácidos, surgió la vida. Aparecieron organismos sencillos capaces de reproducirse por sí mismos.

En esta época el planeta Tierra empezó a tener su forma actual.



**METEORITO  
CREACIÓN DE LA TIERRA Y DE LA LUNA  
IMPACTO DE METEORITO SOBRE LA TIERRA**

## ■ Evolución de la atmósfera terrestre

Hasta hace 2.700 millones de años la atmósfera apenas tenía oxígeno. El poco oxígeno existente provenía de las erupciones volcánicas, y de la disociación del vapor de agua en la parte superior de la atmósfera primigenia. Además, el poco oxígeno existente se combinaba por los gases entonces existentes, como el monóxido de carbono, el hidrógeno y el metano, dando como resultado, dióxido de carbono y de agua.

En definitiva, al igual que lo que sigue ocurriendo hoy en los demás planetas del Sistema Solar, la atmósfera terrestre carecía de oxígeno, hasta pasada la primera mitad de su historia.

Como se ha dicho, existía vida desde mucho antes, pero no había oxígeno.

Sin embargo, la situación cambió (en un periodo comprendido desde hace 3.500 y 2.700 millones de años) con la aparición y el desarrollo de las cianobacterias, unos organismos que realizaban un proceso de fotosíntesis, como medio de supervivencia.

Las cianobacterias son un tipo de bacterias que contienen clorofila y pigmentos fotosintéticos capaces de captar la energía de la luz solar y sintetizar azúcares para su alimentación.

A lo largo de la historia de la Tierra, las cianobacterias han sido los principales organismos creadores de oxígeno. Son capaces de vivir en ambientes sin oxígeno, pero además, a diferencia de lo que ocurre con otras bacterias, el oxígeno no les perjudica. Por ello, desde su aparición en la Tierra, pudieron proliferar en el propio entorno oxigenado que ellas mismas fueron creando.

Hasta finales del periodo *Arqueozoico* (cuando atmósfera estaba compuesta esencialmente de nitrógeno y de metano) este nuevo tipo de bacterias siguió encontrándose en minoría frente a otros tipos más antiguos de microorganismos, que utilizaban otras reacciones bioquímicas para la obtención de su energía vital. Probablemente casi todo el carbono orgánico creado en la fotosíntesis por las aún escasas cianobacterias se oxidaba en la propia respiración y descomposición de esas bacterias. De esta forma el carbono era devuelto en forma de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera y el oxígeno se consumía en un proceso químico que generaba  $\text{CO}_2$  y agua. Es decir, casi todo el oxígeno que se producía fotosintéticamente desaparecía inmediatamente.

Pero el caso es que no desaparecía todo.

Aproximadamente una milésima parte de la materia orgánica marina, al morir, se depositaba y quedaba enterrada en los sedimentos de los fondos oceánicos, y no se podía oxigenar. Por ello no todo el carbono orgánico se devolvía a la atmósfera, y por tanto no se consumía todo el oxígeno generado por las cianobacterias.

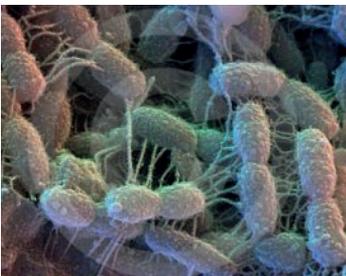
Sin embargo, en los primeros cientos de millones de años de existencia de las ciano-



**CREACIÓN DEL AGUA SOBRE LA TIERRA  
(CHOQUE MILLONES METEORITOS)**



**CREACIÓN DEL AGUA SOBRE LA TIERRA**



**BACTERIAS ANAEROBIAS Y  
HETERÓTROFAS -4.000 MILLONES AÑOS**



**CIANOBACTERIAS**

bacterias, la diferencia entre el carbono orgánico producido y el consumido era muy pequeña y el oxígeno atmosférico no aumentaba.

Probablemente esto se debía porque, aparte de la respiración y descomposición de la materia orgánica (que consumía casi todo el oxígeno), existía otro proceso que consumía oxígeno: la oxidación de algunos minerales. Las rocas de la superficie terrestre eran todavía muy ricas en hierro reducido muy ávido de oxígeno, por lo que lo consumían de la atmósfera primigenia nada más formarse.

Por otro lado también podría haber ocurrido que el oxígeno generado no fuera suficiente como para crear una capa de ozono estratosférico que lo protegiera de la disociación producida por la radiación ultravioleta.

Sin embargo, las cosas cambiaron a finales del *Arqueozoico* y principios del *Proterozoico* (hace unos 2.500-2.300 millones de años) cuando, por diversos motivos, la cantidad de oxígeno producido de forma fotosintética empezó a superar al oxígeno que se perdía en la oxidación de la materia orgánica y en la oxidación de los minerales ferrosos. Esto permitió que su concentración en el aire aumentase velozmente. A su vez, las cianobacterias aeróbicas, fotosintéticas, se vieron favorecidas y se multiplicaron exponencialmente, llegando a proliferar en todos los mares.

A partir de este momento el oxígeno alcanzó en relativamente poco tiempo niveles comparables a los de la atmósfera contemporánea: un 21 % de la mezcla de gases que componen el aire.

Una vez que el oxígeno fue suficientemente abundante en la atmósfera, se fue formando ozono con la ayuda de la radiación solar (por la combinación de una molécula normal de oxígeno con un átomo libre de oxígeno). Por

su capacidad de absorción de la radiación solar ultravioleta de tipo B (que resulta letal de forma intensiva), el ozono contribuyó a que fuese más fácil la vida al descubierto en la superficie de los océanos y de los continentes (anteriormente, los organismos vivos no recubiertos de capas protectoras tuvieron que protegerse cuando la luz era intensa, buscando la sombra, enterrándose bajo tierra, o sumergiéndose en el agua).

A lo largo del *Arqueozoico* y principio del *Proterozoico* el clima se fue enfriando, lo que originó, por un proceso de retroalimentación (de causa y efecto), que los gases invernadero más importantes –vapor de agua, CO<sub>2</sub> y metano– fuesen disminuyendo.

1. En primer lugar, el enfriamiento producido tras la disminución del calor de origen meteórico y radiactivo hizo disminuir la capacidad higrométrica del aire, pues, al estar el aire más frío, el vapor de agua se condensaba y precipitaba.
2. La proliferación de las cianobacterias y del fitoplancton marino hicieron que el carbono quedase fijado en forma de materia orgánica planctónica, y en parte enterrado en el fondo del mar, con lo que disminuyó también el dióxido de carbono del aire.
3. Finalmente, el tercer gas invernadero importante –el metano–, también disminuyó a medida que se fue acumulando oxígeno en la atmósfera.

En la actualidad el metano tiene una duración media en la atmósfera de tan sólo diez años, debido a que se oxida, produciendo CO<sub>2</sub> y agua. Pero cuando existía menos oxígeno en la atmósfera primigenia, las moléculas de



FORMACIÓN DE LA ATMÓSFERA



FORMACIÓN DE LA ATMÓSFERA



AGUA Y ATMÓSFERA

metano podían durar muchísimo tiempo (miles de años), lo que aumentaba su concentración. El metano provenía del interior de la Tierra (a través de las chimeneas volcánicas) y de las *bacterias metanogénicas* de las *arqueas* (como las que existen en los intestinos de los bóvidos o en los fangos de los campos inundados). Pero entonces eran probablemente mucho más abundantes gracias a la ausencia de oxígeno en el aire.

Las *bacterias metanogénicas* fabrican metano fermentando carbohidratos. Además, en la atmósfera primitiva, cuando el hidrógeno era más abundante, algunas bacterias podían combinar este hidrógeno con el dióxido de carbono, y generar metano.

Parte del metano así producido era consumido por las propias arqueas, otra parte quedaba enterrado en los sedimentos (en forma de hidratos de metano congelados), y una tercera parte, importante, se escapaba a la atmósfera.

Sin embargo, desde hace unos 2.500 millones de años, conforme se iba acumulando oxígeno en la atmósfera, el metano se fue oxidando poco a poco, y su concentración fue disminuyendo.

En definitiva, la vida, al crear oxígeno, y reducir el metano, contribuyó al enfriamiento del planeta.

## ■ Ecosistema natural

Una vez que apareció la vida sobre la Tierra comenzó un complejo proceso dinámico y evolutivo de generación de diferentes especies vivientes, en interacción continuada, y su relación con los procesos físicos cambiantes del planeta.

Los organismos vivos fueron evolucionando lentamente con el paso del tiempo. Cada organismo vivo interactuaba con los demás y se adaptaba, como podía, a las condiciones físicas existentes en el planeta en cada momento. Estas condiciones físicas podían



PLANETA TIERRA

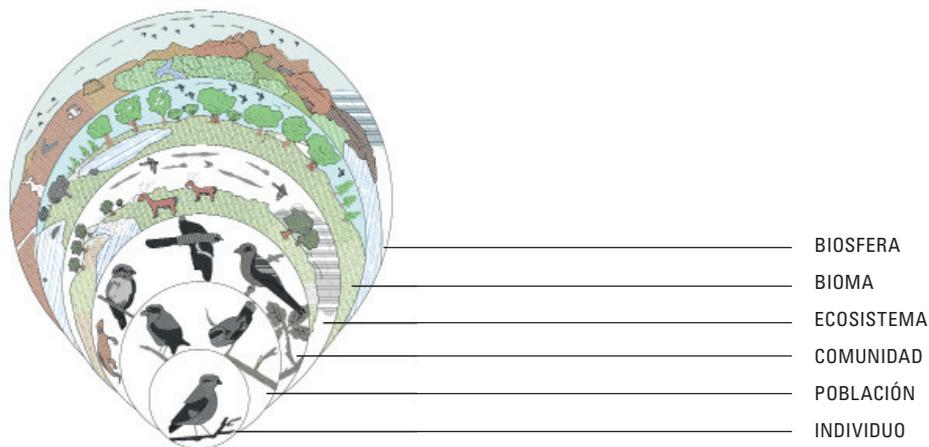
Sin embargo, años más tarde, aparece la raza humana, supuestamente una de las especies más evolucionadas del planeta.

La raza humana ha sido capaz de romper el equilibrio ecológico global, y con su tosca actividad está emitiendo enormes cantidades de gases de efecto invernadero, CO<sub>2</sub> y metano entre ellos, lo que está volviendo a calentar el planeta, alterando el ecosistema actual y poniendo en peligro su propia existencia como especie.

cambiar por la propia dinámica evolutiva del planeta, y también, en menor medida, debido a la acción de los diferentes seres vivos existentes en cada momento.

Los diferentes seres vivos se iban multiplicando, pero al hacerlo, se generaban ciertos errores en la transmisión genética. Es decir, la descendencia de un determinado ser vivo podría no tener exactamente sus mismas características.

Los nuevos organismos tendrían ciertas cualidades diferenciales con respecto a los an-



**BIOMA 2**

teriores. Si estas nuevas cualidades suponían un factor de ventaja para su supervivencia en un determinado entorno físico, estos nuevos organismos tendrían más posibilidades de sobrevivir, y por tanto de reproducirse. En cambio, si estas nuevas cualidades suponían una desventaja, tendrían menos posibilidades de sobrevivir, y por tanto de reproducirse.

De este modo, las cualidades ventajosas se iban transmitiendo por herencia de una generación a otra, generando, como consecuencia, nuevas especies de organismos mejor adaptadas a cada medio concreto.

Como resultado de este proceso evolutivo continuado, se han ido generando nuevas especies, y unas complejas relaciones entre ellas, y con su entorno físico. Es decir, se han ido generando diferentes ecosistemas dinámicos en la Naturaleza.

Los ecosistemas reúnen a todos los factores bióticos (plantas, animales y microorganismos) de un área con los factores abióticos del medio ambiente. Se trata, por lo tanto, de una unidad compuesta por organismos interdependientes que forman cadenas tróficas o alimenticias (la corriente de energía y nutrientes establecida entre las especies de un ecosistema con relación a su nutrición).

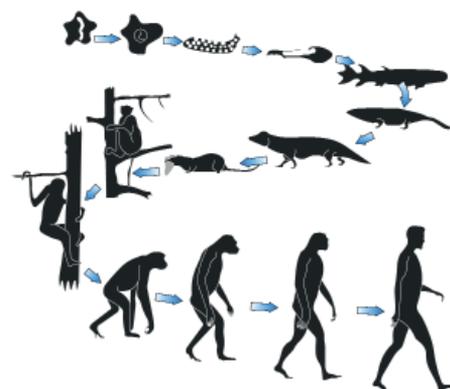
Cada organismo de un determinado ecosistema tiene su propio nicho ecológico, entendiendo por tal el modo en que un organismo se vincula con los factores bióticos y abióticos del ambiente a través de distintas condiciones físicas, químicas y biológicas.

Cada ecosistema tiene además su propio hábitat. El hábitat es el lugar físico del ecosistema, una región que ofrece las condiciones naturales necesarias para la subsistencia y reproducción de las especies.

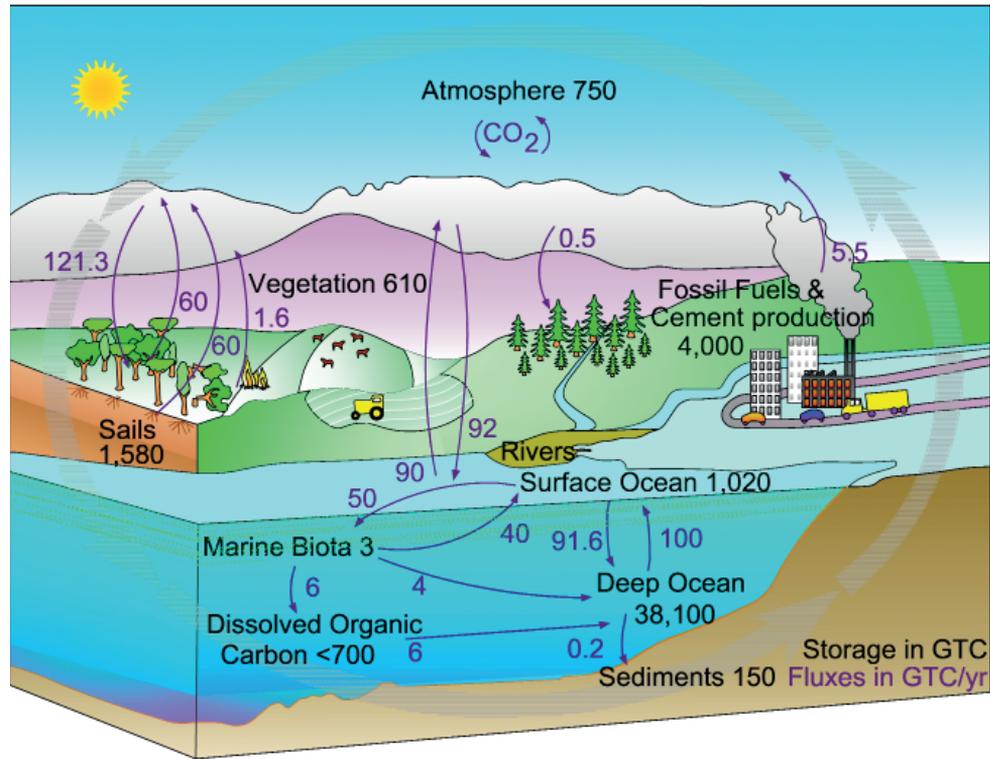
Es importante tener en cuenta que un ecosistema supone una situación de equilibrio que cambia con el tiempo y que implica la constante adaptación de las especies que habitan en él.

A mayor número de especies (es decir, mayor biodiversidad), el ecosistema suele presentar una mayor capacidad de recuperación. Esto es posible gracias a las mejores posibilidades de absorción y reducción de los cambios ambientales.

Los diferentes ecosistemas del planeta están igualmente relacionados, e interaccionan entre sí –en equilibrio dinámico– formando lo que se denomina la Biosfera.



**CREACIÓN DEL AGUA SOBRE LA TIERRA**



**CICLO DEL CARBONO DEL ECOSISTEMA GLOBAL**

La Biosfera es por tanto el ecosistema global. Es una creación colectiva de una variedad de organismos y especies que interactuando entre sí, forman la diversidad de los ecosistemas. La Biosfera es la "envoltura viva" de la Tierra, y tiene propiedades que permiten hablar de ella como un gran ser

vivo, con capacidad para controlar, dentro de unos límites, su propio estado y evolución.

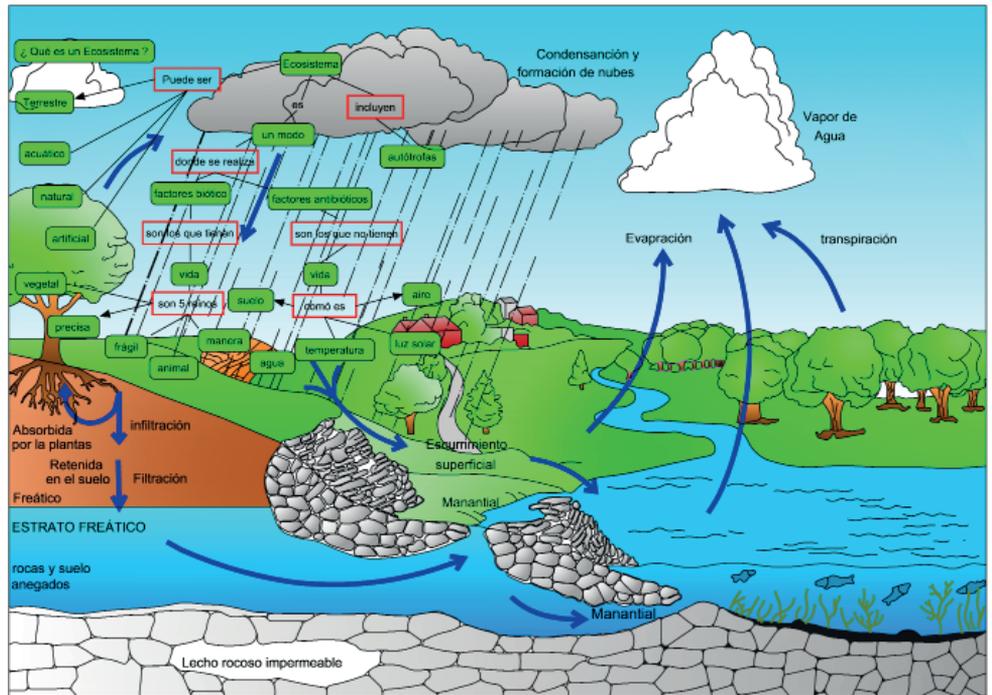
La Biosfera, en definitiva, es el sistema formado por el conjunto de los seres vivos propios del planeta Tierra, junto con el medio físico que les rodea y que ellos contribuyen a conformar.

## ■ Naturaleza y Arquitectura

La actividad arquitectónica se originó con la finalidad de crear un entorno protector para el hombre.

Inicialmente esta actividad era tosca y se limitaba a satisfacer de forma elemental las necesidades humanas. Pero con el paso del tiempo se convirtió en un modo complejo y refinado de expresión y manifestación de otro tipo de inquietudes más emocionales y

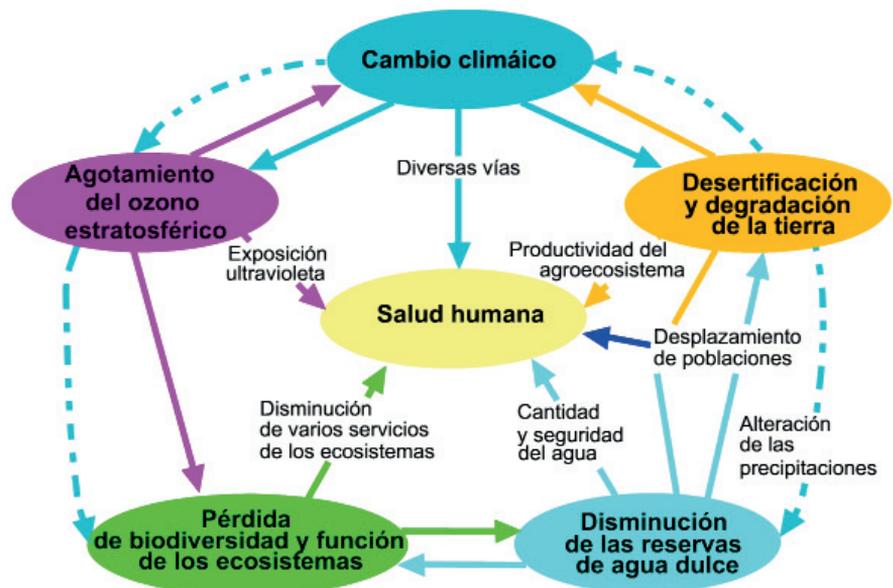
espirituales. En muchas ocasiones la arquitectura se consideraba como un acto creativo en claro paralelismo con las creencias de la creación divina del universo. Y finalmente se la considera meramente como una actividad creativa humana, e incluso, en la actualidad, una banal actividad para la generación de riqueza, de forma rápida, sencilla y abundante.



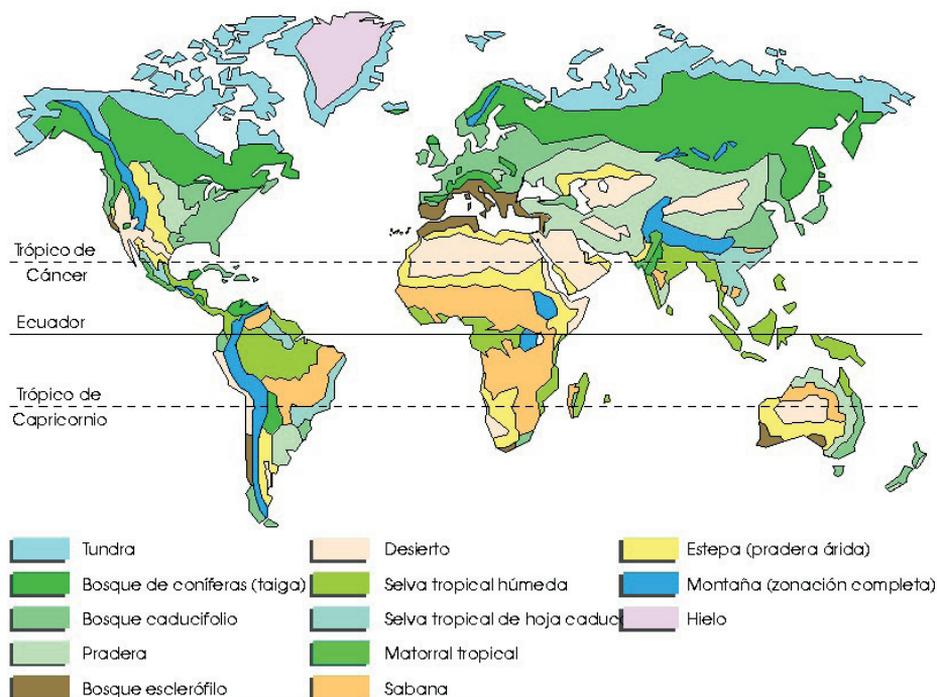
ECOSISTEMA GLOBAL

De cualquier modo, la arquitectura se ha servido del entorno natural simplemente como un contenedor de materias primas, con las cuales manifiesta y consolida la actividad constructora humana. La Naturaleza se ha considerado como un proveedor infinito de recursos, del cual abastecerse siempre que fuera necesario.

En ningún caso el hombre ha pretendido realizar una actividad constructiva que estuviera integrada, en mayor o menor medida, en los ciclos vitales de la Naturaleza. Seguramente porque nunca haya tenido la necesidad de plantearse de este modo, pero quizás también porque la estructura del ecosistema global es tan compleja, que intentar enten-



PLANETA TIERRA



**PLANETA TIERRA**

derla y emularla parece una labor imposible. Por ello, lo máximo que ha podido conseguir la arquitectura es ser capaz de integrarse de forma visual en el entorno (en el mejor de los casos claro está), o de modelarse formalmente acorde a las condiciones medioambientales imperantes en una determinada zona.

Así, la arquitectura ha seguido evolucionando básicamente de un modo formal y

espacial, y la Naturaleza simplemente le ha servido como una fuente de inspiración formal, y pocas veces conceptual.

El resultado ha sido que, en la actualidad, la arquitectura no tiene nada en común con los ciclos vitales del ecosistema global. La arquitectura simplemente usa a la Naturaleza y la deteriora conforme aumenta su escala de magnitud.

**■ El deterioro medioambiental debido la actividad económica**

La actividad humana siempre ha ocasionado un tipo u otro de deterioro medioambiental. Cuando el número de habitantes sobre la Tierra era reducido, y su actividad moderada y poco industrializada, el impacto no era perceptible, y el ecosistema global encajaba y asimilaba los daños producidos por el hombre dentro de sus propios ciclos vitales. Es decir, el ecosistema global era capaz de mantenerse en equilibrio, pese a la actividad humana.

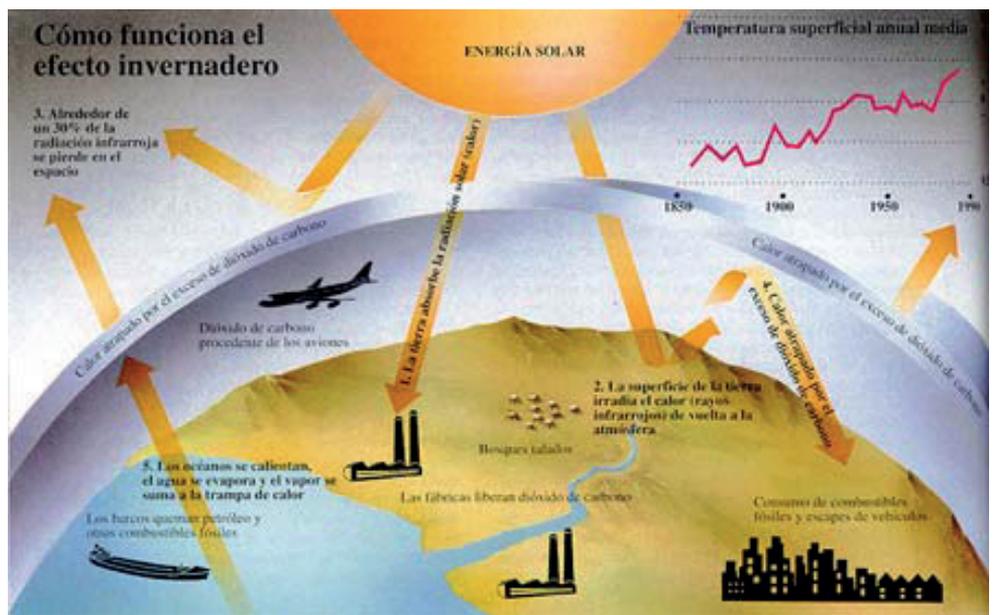
Sin embargo, en los últimos años, con cerca de 7.000 millones de habitantes sobre el planeta, llevando a cabo una actividad industrial frenética, el impacto medioambiental ha sido enorme, y la Naturaleza ya no tiene mayor capacidad para absorberlo. El ecosistema global, y los diferentes ecosistemas locales, se han desequilibrado. Como resultado, el deterioro medioambiental ya es perceptible de forma directa para el ciudadano medio, y sin duda alguna, es necesario tomar medidas

urgentes con el fin de detener dicho impacto negativo, y regenerar un nuevo equilibrio en la Biosfera. Un equilibrio capaz de garantizar la supervivencia y el bienestar del ser humano, y del resto de especies.

Son muchos los problemas y desequilibrios medioambientales que ya se han hecho patentes: el calentamiento global, la contaminación atmosférica, la contaminación de acuíferos, la escasez de agua, la salinización de los océanos, la lluvia ácida, la contaminación de muchas costas, los ver-

tidos marinos, los vertidos en acuíferos, los vertidos terrestres, el desorden climático, la desaparición de especies, la escasez de zonas verdes, el aumento de la desertificación, la falta de impermeabilización de suelos, la escasez de recursos, el aumento de residuos, etc.

Sin duda, el hombre, a lo largo de su proceso de evolución, debió idear un sistema económico y social integrado en los procesos naturales de la Biosfera, pero si antes no vio la necesidad, ahora es urgente que lo haga.



PLANETA TIERRA

## ■ El deterioro social debido a la actividad económica

El modo de vida actual, basado en nuestro actual sistema económico capitalista, no sólo está deteriorando el medioambiente, sino que también está deteriorando el sistema social y los valores humanos. La mayoría de la población se deja seducir por un consumismo feroz, por la rápida satisfacción de sus necesidades (ya sean reales o inducidas por el sistema económico), por la ausencia

de compromiso, por la erosión de los valores éticos y morales, por la desintegración del clan familiar, por la ley del mínimo esfuerzo, por la idea de "todo vale", etc.

Este deterioro social se debe fundamentalmente al consumismo fomentado por el actual sistema económico. Un sistema económico que tan solo busca la obtención máxima de beneficios, sin importarle ni los medios

utilizados, ni las consecuencias derivadas de su feroz actividad.

Todos somos cómplices de esta actividad en mayor o menor medida, ya sea por participar directamente en el proceso, ya sea por actuar como meros consumidores, ya sea por ignorancia, o simplemente por no hacer nada para cambiar la situación. Sea como sea, el deseo de conseguir a toda costa un determinado nivel de riqueza de forma rápida y fácil, sin importar los medios para conseguirlo, ni sus consecuencias, difícilmente

puede permitir la correcta evolución de los valores humanos.

El actual sistema económico está ocasionando un importante deterioro del medioambiente. Y de forma paralela, está ocasionando un importante deterioro del sistema de valores humanos. Por tanto, es muy probable que los mismos mecanismos necesarios para resolver los problemas medioambientales sean los que permitan una mejora social, y un mejor sistema de valores humanos.

Ambas cosas son igualmente urgentes.

## ■ El deterioro medioambiental debido a la arquitectura

La construcción es una actividad humana que deteriora el medioambiente de forma considerable. La actividad arquitectónica es responsable, de forma directa, (según el CENER) del 42% de la energía consumida en España (un 50% en Europa según la Comisión Europea), y de forma indirecta, aproximadamente del 60% del consumo energético (contando las actividades directamente asociadas a la construcción, tales como construcción de herramientas, maquinaria, comunicación, publicidad, promoción y actividad inmobiliaria).

Del mismo modo, el sector de la construcción es el responsable de aproximadamente el 50% del vertido de residuos y emisiones en todo el mundo.

Y a pesar de las supuestas medidas medioambientales que se dice se están tomando en los últimos años, las cifras se mantienen, o incluso aumentan en algunos casos.

Estos datos ponen en evidencia que si algo tiene que cambiar en nuestra sociedad, es el sector de la construcción.

Sin embargo, este sector ha evolucionado de forma lenta durante toda la historia de la humanidad, lo cual hace especialmente complicada su necesaria evolución.

Es cierto que siempre han existido todo tipo de propuestas innovadoras en la arqui-

tectura, pero solo se han llevado a cabo muy pocas de ellas. Y ello se debe a una combinación de varios factores: la baja cualificación profesional, el elevado número de agentes involucrados en el sector de la construcción, la avaricia por generar el mayor beneficio económico posible (sin importar los medios, y sin asumir las consecuencias de su actividad), la enorme inercia del sector, y el monopolio de la propiedad del suelo. Todo ello, por si fuera poco, fomenta la experimentación financiera, y la corrupción política.

El agente promotor desea realizar una construcción de la forma más rápida y barata posible, y para realizar su actividad debe ser capaz de combinar un complejo engranaje de constructores, políticos, profesionales, administrativos, asesores, inmobiliarios, etc. Por ello, se siente incómodo cuando tiene que mejorar o sustituir partes de este conjunto, que tanto esfuerzo le ha costado hilvanar. Este hecho genera y mantiene una enorme inercia del sector de la construcción. Por ello, va a ser necesario un compromiso de toda la sociedad para exigir a los políticos, a los promotores y a las entidades financieras cambios importantes con respecto a su actividad, y de este modo agilizar el establecimiento de una arquitectura verdaderamente sostenible.

Con respecto a la cualificación profesional la situación es similar. El sector de la construcción y de la promoción inmobiliaria está completamente atomizado (con millones de pequeños promotores en todo el mundo) y además su actividad puede ser extraordinariamente sencilla en muchos casos. Ello imposibilita su control administrativo y policial, y fomenta la poca cualificación profesional de todos los

agentes involucrados: promotores, entidades financieras, profesionales y mano de obra.

La cualificación de los profesionales involucrados en el sector de la construcción no suele ser voluntaria en la mayoría de los casos. Casi siempre se demora hasta que no haya más alternativa. Por tanto, la actual crisis financiera, económica y social debería ser una oportunidad perfecta que lo permitiera.

## ■ El deterioro social debido a la arquitectura

Como se ha dicho, la arquitectura actual está deteriorando a marchas forzadas nuestro medio ambiente, pero también es la responsable parcial del deterioro de nuestro sistema social.

La arquitectura pública, más que centrarse en la satisfacción de las necesidades del ciudadano, se ha convertido en un escaparate político y una exhibición escultórica. En muchos casos además ha resultado un despilfarrero, y una de las mejores formas de ocultar la corrupción política. Sin duda, un mal ejemplo para la iniciativa privada.

Por otro lado, la iniciativa privada se ha centrado casi exclusivamente en la construcción de viviendas, desvirtuando completamente el concepto de hábitat, y convirtiendo la actividad en un enorme y lucrativo negocio. Además, se las ha ingeniado para entorpecer al máximo cualquier otra alternativa para el ciudadano (autoconstrucción, agrupaciones de vecinos, cooperativas, etc. ...).

Tradicionalmente el hombre ha realizado un proceso de construcción incremental y participativo, conforme crecía su necesidad de espacio. Comenzaba por realizar una vivienda básica inicial a medida de sus posibilidades, y la iba ampliando en sucesivas ocasiones, conforme aumentaba su familia, sus necesidades, y su nivel económico.

En nuestra sociedad capitalista, la actividad constructiva se ha ido desplazando poco

a poco a manos de empresas especializadas que obtienen un enorme lucro económico con ello. El resultado final de esta evolución es que la mayoría de los ciudadanos compran una vivienda que, en realidad, no es la que necesitan, y además deben pagar por ella un dinero que ni siquiera tienen. Como complemento, la única solución que se proporciona al ciudadano es que pida prestado el dinero que necesita, hipotecando el resto de su vida. Y por si fuera poco, la única flexibilidad que se le proporciona es que cambie de vivienda, cuando la anterior ya no le satisface.

Es el colmo de lo absurdo, pero el sistema económico actual se las ha ingeniado para que el ciudadano compre algo que no necesita, a un precio que no lo vale, y con un dinero que no tiene.

Por otro lado, el mercado monopolista de suelo y el deseo de máximo lucro de las empresas promotoras (y su relación con la financiación política) hace que el precio de la vivienda no tenga demasiada relación con el precio de su construcción, sino con la máxima capacidad de endeudamiento de un determinado estrato social al cual se dirige la vivienda.

Esta situación ha generado un sinfín de problemas y desequilibrios sociales, tales como el problema de acceso a una vivienda digna de los jóvenes, el retardo exponencial de su emancipación, el endeudamiento ex-

cesivo de toda la población, y sobre todo, la idea ficticia de que adquirir una vivienda habitual es una buena inversión económica para el ciudadano medio. Por si fuera poco, los elevados precios de venta (establecidos de forma gratuita, con independencia de sus costes de construcción) han sido utilizados como un modo de evidenciar el “estatus” social de los posibles compradores. Lo cual ha deteriorado –todavía más– el maltrecho sistema de valores de nuestra sociedad.

En aquellos países en los que se permite una actividad constructiva desmesurada, se fomenta la idea de que es más rentable el acceso a la vivienda a través de compra que de alquiler: lo cual se hace para seguir garantizando la dependencia compradora del conjunto de la sociedad. No obstante, esta idea es errónea: comprar una vivienda para uso habitual no es rentable en absoluto.

Si una persona compra varias viviendas y después de unos años las vende, no hay duda de que habrá tenido un lucro bastante fácil, ya que con ello se ha sumado a la actividad que se fomenta por parte de los promotores.

Después de algunos años, las viviendas habrán subido sustancialmente de valor. Sin embargo, si una persona sólo compra su vivienda habitual, cuando vaya a venderla será simplemente porque desea comprar otra más adecuada a sus necesidades. Claro está que el valor de venta de su vivienda habitual habrá crecido sustancialmente respecto al valor de compra en el pasado, pero del mismo modo, también lo habrá hecho el valor de compra de la nueva vivienda que vaya a adquirir. Es decir, no ha obtenido absolutamente ningún lucro con la venta de su vivienda.

Sin embargo, el conjunto de promotores ha infundido esta idea ficticia, lo cual está ocasionando un daño importante en el tejido social, impidiendo, entre muchas cosas, la falta de viviendas de alquiler, la falta de flexibilidad en la vivienda, la falta de calidad en las viviendas, el deseo compulsivo de compra de viviendas (con independencia de su calidad), el retraso de la emancipación de los jóvenes debido a su dificultad de acceso a una vivienda, la falta de mantenimiento de las viviendas (no queda dinero para ello), etc.

## ■ **Hacia una economía ecológica por medio del desarrollo sostenible**

Como se ha mencionado, los sistemas productivos y los mecanismos de generación de riqueza humanos tradicionalmente se han servido del sistema natural, con el fin de obtener sus objetivos. Sin embargo, esta situación está llegando a su límite por las razones establecidas anteriormente. El sistema natural está fuertemente deteriorado y ya no puede asimilar el impacto de la actividad humana, sin alterar su propio equilibrio.

Por ello, el sistema económico debe adaptarse al ecosistema natural para poder seguir evolucionando, y seguir satisfaciendo las necesidades humanas. Y para lograrlo, su es-

tructura debe ser cíclica en infinita, al igual que ocurre en la Naturaleza.

El sistema económico humano utiliza recursos de la Naturaleza y le devuelve un conjunto de desechos, como resultado de su actividad. Muchos de estos desechos no son directamente asimilables por el ecosistema natural, es más, en muchos casos lo daña de forma irreparable. En definitiva, el sistema económico está compuesto por procesos productivos lineales y finitos.

En cambio, en la Naturaleza todos los procesos son cíclicos e infinitos. Un organismo utiliza recursos de su ecosistema y los transforma en nuevos recursos, que a su vez, sir-

ven de alimento para otros organismos. De este modo, en el ecosistema natural todo cambia, y al mismo tiempo, todo permanece estable y en equilibrio.

Por tanto, el sistema económico debe aprender a ser igualmente cíclico e infinito. Es decir, debe alimentarse de recursos naturales y también de los derivados de los mismos recursos que genera. De mismo modo, los recursos derivados de su actividad (en lugar de convertirse en desechos), se deberían reutilizar continuamente (alargando al máximo su ciclo de vida), para finalmente retornar a la Naturaleza, de tal modo que el ecosistema global pueda asimilarlos de forma directa y natural.

Sin duda, pasar de un proceso económico productivo lineal y finito, a un proceso cíclico e infinito integrado en el ecosistema global

natural, no va a ser nada fácil. Sin embargo, es urgente empezar a hacerlo. Y sin duda, el primer paso para conseguirlo sería establecer un nuevo paradigma de desarrollo humano.

Un paradigma de desarrollo sostenible debería ser capaz de satisfacer nuestras necesidades actuales y las de nuestras generaciones venideras, por lo que, de un modo u otro, debería respetar al máximo el ecosistema global natural. Así enunciado no es mucho lo que se pretende, pero es mucho lo que hay que hacer para conseguirlo. Y además con carácter urgente.

El desarrollo sostenible es por tanto el primer paso para la obtención de un verdadero sistema económico cíclico e infinito, perfectamente integrado en el ecosistema global, pero es un paso inicial que se ha de dar con la mayor urgencia posible.

## ■ Hacia una nueva sociedad

Con el actual sistema de valores humanos va a ser muy complicado establecer un nuevo desarrollo sostenible. Nuestra sociedad actual tiene un marcado carácter materialista y consumista, por lo que será reticente a realizar los esfuerzos y sacrificios necesarios. Incluso cuando se encuentra inmersa en una crisis (económica y social) la sociedad se suele encapsular, esperando tiempos mejores, en lugar de aprovechar la ocasión para tomar un nuevo rumbo.

Por ello, al mismo tiempo que se formalice una estrategia para obtener un verdadero desarrollo sostenible, habría que dar los pasos necesarios para lograr un nuevo sistema social de valores humanos, basados en un verdadero respeto a nuestro entorno natural y a las personas.

En condiciones normales, este cambio de valores no sería nada fácil de obtener, sin embargo, en nuestra sociedad actual, azotada por una importante crisis financiera y econó-

mica, se empieza a intuir que la felicidad se consigue por muchos factores, la mayoría no relacionados con el sistema económico. Se empieza a sospechar que “el dinero sólo da la felicidad a quienes no lo tienen, pero no proporciona ninguna felicidad a quienes ya tienen algo”.

Todos los estratos sociales, con independencia de su nivel económico, deben soportar los mismos inconvenientes: calentamiento global, cambios climáticos, superpoblación, inseguridad, etc. Por lo que se empieza a entender que para vivir mejor, lo que se debe hacer es resolver esos problemas, de forma global y conjunta.

Este es el reto de nuestra sociedad.

## ■ Un nuevo paradigma ecológico en arquitectura

La arquitectura actual se ha desarrollado en el seno del sistema de valores de nuestra sociedad, por tanto adolece de los mismos problemas.

La promoción privada pretende hacer un tipo de arquitectura con el fin de conseguir el máximo lucro económico posible, y cualquier cosa que obstaculice este proceso se considera un problema indeseable, incluido el respeto medioambiental. Por otro lado, el promotor sabe que, en la sociedad actual, ser respetuoso con el medio ambiente es muy fácil: solo hay que decirlo, y justificarlo con cualquier insignificancia. Por supuesto que hay excepciones, muy honrosas, pero son la excepción que confirma la regla.

Para reconducir la actividad de la promoción privada se hace necesario proponer un nuevo tipo de arquitectura que, además de ser rentable, sea capaz de integrarse en los procesos del ecosistema global, sin crearle ningún tipo de impacto negativo.

Por otro lado, la actual arquitectura de promoción pública se ha convertido en un catalizador para incentivar las inversiones económicas en una determinada ciudad o país. Dicho de otro modo, se ha convertido en un catalizador para incentivar la inversión privada. La arquitectura pública se ha transformado en un mero ejercicio escultórico, con el fin de servir de referente formal de una determinada zona, y atraer así las inversiones privadas: la zanahoria que atrae al burro. Por tanto, y a pesar de que al mismo tiempo la administración pública no deja de hablar de desarrollo sostenible, la arquitectura que promueve no tiene nada de sostenible, ni lo pretende.

Por tanto, para reconducir la actividad de la promoción pública se hace necesario, de nuevo, proponer un nuevo tipo de arquitectura que, además de ser capaz de emocionar y atraer, sea capaz de integrarse en el ecosistema global.

Es evidente que se necesita conceptualizar, modelar, proponer y ejecutar un nuevo paradigma en arquitectura.

El obsoleto paradigma racionalista actual se creó (y evolucionó hasta llegar a nuestros días) con el fin de crear una sintaxis formal que diera respuestas arquitectónicas a un conjunto de nuevos problemas sociales y nuevos planteamientos culturales existentes en la sociedad de hace 80 años. En aquella sociedad no existirán los actuales problemas sociales, económicos y medioambientales. Es por ello que, esta arquitectura ha evolucionado hasta nuestros días, pero en una dirección diferente a las necesidades reales de nuestra sociedad y de nuestro planeta.

La sintaxis arquitectónica del movimiento moderno proporciona estructuras arquitectónicas, tipologías arquitectónicas, soluciones constructivas, elementos compositivos y reglas formales arquitectónicas, que dan como resultado una determinada arquitectura incapaz de resolver los actuales problemas, y en la mayoría de los casos los aumentan considerablemente.

Veamos sólo algunos ejemplos para ilustrar este razonamiento. La "arquitectura ligera", que tanto se ha fomentado en las aulas de las Escuelas de Arquitectura de todo el planeta, disminuye la inercia térmica de los edificios, se restringe enormemente su capacidad bioclimática y por tanto despilfarra energía. La "planta libre" y el concepto de desligar la estructura portante de los cerramientos y distribuciones del edificio, crea obligatoriamente una enorme disminución de inercia térmica, y por tanto, la imposibilidad de un ahorro sustancial del consumo energético (como se verá más adelante, el aumento de masa de un edificio no implica un mayor consumo energético en la obtención de sus materiales, es más, los materiales pesados suelen necesitar menos energía que los materiales ligeros). El tipo de huecos enrasados a la fachada, con perfilera oculta y sin protecciones solares (tan comunes en la arquitectura racionalista) lo único que logra es una enorme cantidad de puentes térmicos, una disminución del control solar, una gran dependencia al consumo energético de aparatos climatizadores y un

incremento de precio de los edificios. Las cubiertas de extrema delgadez van asociadas a una falta completa de aislamiento térmico, y de inercia térmica, La modulación de suelos, paneles de tabiquería, paneles de fachadas produce inevitablemente una enorme cantidad de residuos. El sistema de composición de fachadas, las tipologías y, en general, las estructuras arquitectónicas del paradigma racionalista, no permiten la obtención de una estructura arquitectónica bioclimática realmente eficaz, al no permitir fácilmente la creación de sistemas puramente arquitectónicos de generación, almacenaje y distribución de calor (o fresco)... No deseo alargar la lista de ejemplos, pero son tan abundantes como para escribir un libro.

Ya es hora de deshacernos del pesado lastre de la arquitectura racionalista (con todas sus vertientes eclécticas actuales), y de conceptualizar un nuevo paradigma en arquitectura que satisfaga las nuevas necesidades humanas (y de las generaciones venideras) y

que pueda integrarse en los ciclos vitales del ecosistema global.

Para conseguir una verdadera arquitectura sostenible previamente habría que reciclar convenientemente el sector de la construcción, y los mecanismos de promoción de edificios. Hecho ello, se debería crear, a partir de cero, un nuevo lenguaje arquitectónico, que incluya unas nuevas reglas sintácticas para la composición y construcción de objetos arquitectónicos.

Intentar hacer una arquitectura verdaderamente sostenible a partir de reglas arquitectónicas establecidas hace más de 80 años es completamente imposible. Intentando maquillar la arquitectura racionalista usual con elementos de mayor eficiencia medioambiental, lo único que va a conseguir es un encarecimiento de los edificios, pero no va a favorecer prácticamente nada al medio ambiente.

En definitiva, para conseguir una "buena arquitectura" hay que buscarla en la dirección correcta.

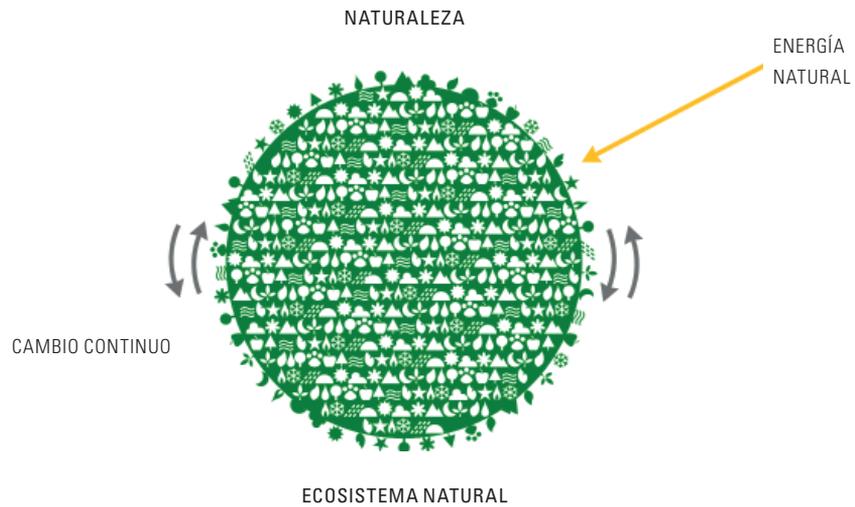
## ■ Ecosistema artificial. Naturalezas Artificiales

Una verdadera arquitectura sostenible debe formar parte de un sistema económico y social que evolucione de forma paralela al ecosistema global, y esté integrado en el mismo.

El ecosistema global ha evolucionado (y sigue evolucionando) mediante un proceso evolutivo de prueba y error, de forma muy lenta, durante millones de años. Este proceso evolutivo no tiene ninguna meta apriorística, y genera una enorme variedad de especies y ecosistemas locales, que para poder sobrevivir, se van adaptando de a un medio físico en constante cambio. Con el paso del tiempo se han ido estableciendo un conjunto de complejas relaciones entre las diferentes especies y su entorno, y se han establecido un conjunto diferente de ecosistemas locales, todo ellos integrados en un mismo ecosistema global

(Biosfera). Cada uno de estos ecosistemas locales se ha mantenido en equilibrio, en un continuo estado de cambio y evolución, ha establecido sus propias leyes ecológicas de autocontrol (de forma dinámica y por prueba y error), y se ha alimentado de energía natural para su existencia.

Todas las diferentes especies generadas por la Naturaleza están formadas a base de los mismos componentes básicos, agrupados de formas diferentes. Los diferentes organismos vivos están formados por moléculas, y estas por átomos. Estos componentes básicos se asimilan del medio físico, con ayuda de la energía natural, y se combinan de formas diferentes, dando lugar a una enorme variedad de organismos complejos. Además, estos componentes se pueden transferir de



### ECOSISTEMA NATURAL

unos organismos a otros, de forma continua, integrados en un proceso cíclico e infinito, y en algunos casos retornan al medio físico, para volver ser asimilados de nuevo, una y otra vez, dando lugar a nuevos organismos.

Por tanto, la Naturaleza se rige por un sistema evolutivo, cíclico e infinito, capaz de generar una enorme variedad de organismos, en base a una limitada cantidad de componentes básicos, y utilizando para ello la energía natural disponible (energía solar y telúrica). Estos componentes básicos se obtienen del medio físico y se combinan entre sí dando lugar a una enorme variedad de organismos complejos, que a su vez permanecen en un estado de permanente evolución. Los diferentes organismos se interrelacionan entre sí por medio de un conjunto de normas complejas, perfectamente definidas, dando lugar a comunidades todavía más complejas.

Desde luego, la estructura que se ha establecido en el actual sistema social y económico humano no se parece en nada a la estructura que rige los diferentes ecosistemas naturales, anteriormente descrita. El sistema social y económico actual es en realidad muy sencillo, se basa en la obtención indiscriminada de recursos del ecosistema global, en el

establecimiento de estructuras productivas finitas y lineales, y en la generación incontrolada de residuos derivados de su precaria actividad. Todo ello utilizando fuentes de energía no naturales y escasas, que generan todavía más residuos y deterioran todavía más el ecosistema natural.

Este sistema social y económico se está deteriorando a marchas formadas, tanto por el enorme daño que está ocasionando al ecosistema global, como por su propia degeneración interna.

Por tanto es hora de establecer un nuevo sistema social y económico humano.

El ecosistema natural evoluciona sin ningún objetivo concreto, excepto su propia supervivencia. En cambio el nuevo sistema social y económico humano debería tener un objetivo fundamental: además de garantizar el equilibrio y la supervivencia del ecosistema natural, debería garantizar la supervivencia y el bienestar humano.

Con esta finalidad, para formalizar un nuevo paradigma social y económico, se deberían entender perfectamente los mecanismos funcionales del ecosistema natural, y aprehenderlos mediante los mecanismos racionales humanos, con la limitación de la tecnología

disponible en cada momento. Dicho de otro modo, para lograr las bases de un nuevo desarrollo humano se debe aprender al máximo de la Naturaleza, y después aprehender sus mecanismos intrínsecos de actuación, interiorizarlos, y de este modo establecer una estrategia de desarrollo, adaptada a la propia naturaleza humana, y de la tecnología que disponga en cada momento y lugar.

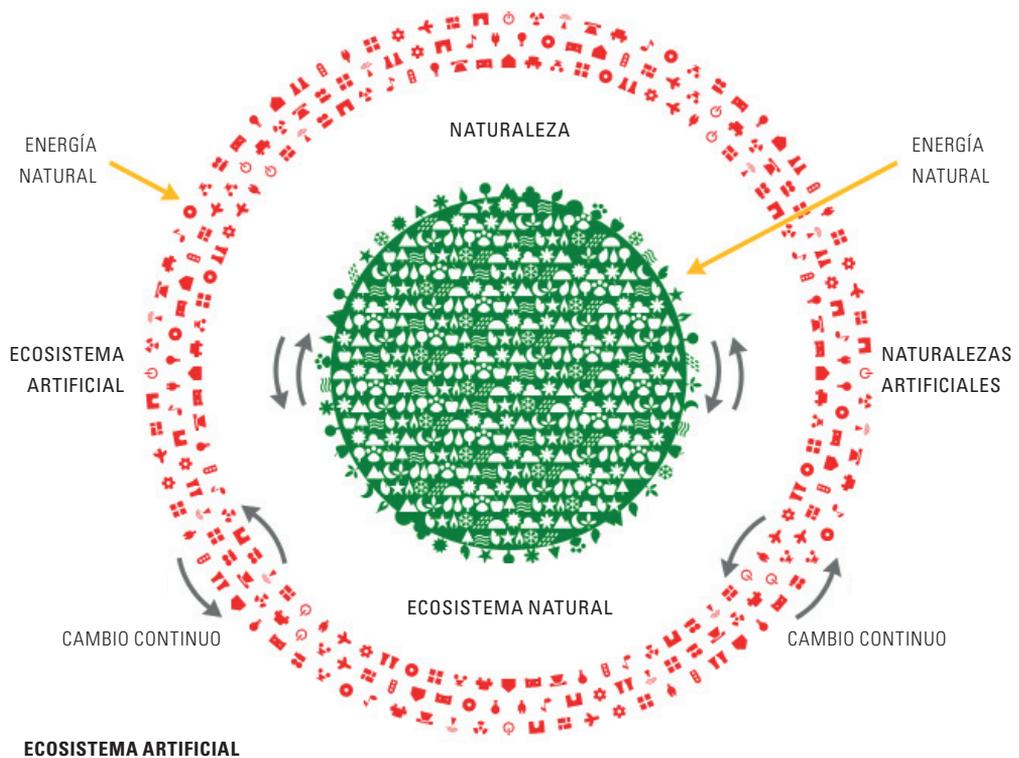
Es evidente que se trata de un proceso conceptual y racional complejo que va mucho más allá de una mera emulación de los mecanismos ecológicos naturales. Hay que recordar que la Naturaleza ha tardado millones de años en generar sus reglas ecológicas de funcionamiento, y lo ha hecho utilizando una simple estrategia de prueba y error, sin tener ningún objetivo concreto, excepto su supervivencia. Por tanto, en realidad los humanos no pueden imitar conceptualmente a la Naturaleza, ya que los mecanismos que utilizan son completamente diferentes. La forma de proceder humana se basa en procesos cognitivos racionales, capaces de establecer un conjunto determinado de estrategias lineales con el fin de conseguir un determinado objetivo. Por tanto, intentar imitar formalmente los organismos de la Naturaleza, además de no tener ninguna utilidad, se convierte en un ejercicio superficial, banal y absurdo.

Por otro lado, hay que señalar que, en realidad, los mecanismos utilizados por la Naturaleza no son realmente eficaces. Los diferentes organismos de la Naturaleza evolucionan, por prueba y error y adaptándose al medio, a partir de organismos anteriores. Es decir, la evolución no genera organismos diseñados a partir de cero, completamente optimizados, sino que se basa en organismos anteriores, mejorando algunas de sus características, pero empeorando otras. Es decir, podría decirse que en realidad el proceso de evolución natural en realidad lo que genera es un conjunto de organismos mejorados, aplicando "parches ventajosos" a los organismos ya existentes. Es posible que los nuevos organismos tengan características que puedan considerarse ventajosas en un determinado momento, pero también pueden tener otras características que les suponga ciertas desventajas. Y para entender este concepto

pueden valer algunas reflexiones sobre la propia estructura mecánica y funcional del ser humano.

Un primer ejemplo sería la columna vertebral. Si se reunieran a los 1.000 mejores ingenieros del mundo y se les pidiera que diseñaran una estructura portante sencilla para el esqueleto interno de un humano, es posible que ninguno de ellos diseñara algo que remotamente se pareciera a la columna vertebral. Y es cierto. En realidad la estructura de la columna vertebral es muy adecuada para cuadrúpedos, ya que aguanta perfectamente acciones de flexión, flexo-compresión y flexo-tracción. En cambio no es en absoluto adecuada para aguantar esfuerzos de compresión, como deben hacerlo en un organismo bípedo evolucionado, como es el ser humano. Es posible que mantenerse erguido eventualmente supusiera una ventaja evolutiva para el ser humano, ya que mantenía los ojos más elevados y proporcionaba una mejor visión estratégica del entorno, y con ello podría establecer mejores estrategias coordinadas de actuación, ya sea para defenderse de sus enemigos, o con el fin de atacarlos para poder alimentarse. Con el paso de los años los humanos consiguieron mantenerse completamente erguidos todo el tiempo, pero tuvieron que conservar una columna vertebral que no era adecuada, y que, por otro lado, le ocasionaba un sinnúmero de problemas (dolores, parálisis nerviosas, limitación de movilidad, etc...).

Otro ejemplo serían las rótulas de las rodillas, completamente ineficaces para poder cumplir con su cometido... Pero quizás, el mejor ejemplo, y lo peor que tenemos los seres humanos, es la posición de nuestros órganos sexuales. Un animal macho que camina a 4 patas protege perfectamente sus genitales. En cambio al erguirse los deja perfectamente expuestos, sin protección alguna, a los ataques de sus enemigos. Por otro lado, una hembra que camina a cuatro patas ofrece un perfecto canal para parir a sus crías. En cambio al mantenerse erguida sus huesos se debieron estrechar, para poder caminar, por lo que el canal se tuvo que estrechar, y el parto se ha convertido en algo muy doloroso, poniendo incluso en peligro la vida de la madre y la de la cría.



#### ECOSISTEMA ARTIFICIAL

Por tanto, la Naturaleza no genera ni estructuras ni organismos muy eficientes. En realidad no puede. Sus mecanismos de evolución, basados en un proceso de prueba y error, a partir de organismos previamente existentes, mantienen —y generan— necesariamente muchos defectos en todas sus creaciones. En realidad esta es una primera prueba de que la inercia es el peor obstáculo para optimizar cualquier organismo, o proyecto.

La alternativa es otra. Hay que partir de cero. En lugar de intentar imitar a la Naturaleza, lo que debe hacerse es analizarla con detenimiento, aprehender sus mecanismos intrínsecos de actuación por medio del sistema cognitivo humano, y de este modo establecer unos mecanismos equivalentes y una estrategia operativa paralela, adaptados a la propia naturaleza humana, a sus estructuras sociales y económicas, y a la tecnología que disponga en cada momento y lugar.

De este modo, la actividad económica y social humana, y sus artefactos resultantes, deberían conformar un nuevo ecosistema artificial, deberían estar regulados por leyes ecológicas artificiales de autocontrol, establecidas para tal fin, y debería alimentarse de

energía natural que alimenta al ecosistema global natural. Por supuesto, ambos ecosistemas (natural y artificial) deberían evolucionar de forma paralela, y permanecer continuamente en perfecto estado de equilibrio dinámico.

Bien diseñado, este nuevo ecosistema artificial podría ser mucho más eficiente que el ecosistema natural con respecto a ciertos objetivos concretos. Dicho de otro modo, el ecosistema artificial podría producir estructuras complejas más eficaces, tanto desde un punto de vista energético, como funcional. Por tanto, y aunque pueda parecer sorprendente, el ecosistema artificial podría ser más eficaz que el ecosistema natural.

Esta afirmación no debería sorprender ya que, en realidad, existe un enorme número de evidencias que la justifican. El humano, a lo largo de su historia, ha sido capaz de crear estructuras que, puntualmente y con respecto a ciertos objetivos, superan a la Naturaleza. Lo que ocurre es que siempre se ha tratado de casos aislados y actividades dispersas, y nunca se ha planteado crear un sistema global social, económico y productivo global. Nunca se ha planteado crear un nuevo ecosistema artificial global.

De todas estas evidencias, quizás los ejemplos más clarificadores se encuentran en la actividad creativa de *Leonardo Da Vinci*.

*Leonardo Da Vinci*, entre muchas otras cosas, estaba realmente fascinado por el vuelo de los pájaros. Pasaba el tiempo observándolos volar. Meditaba continuamente sobre la forma de sus alas, la frecuencia de su movimiento, la estructura interna de sus huesos, piel, plumas, nervios, ... e intentaba continuamente comprender por qué los pájaros eran capaces de volar.

*Leonardo* intentó emular, por todos los medios, la actividad de los pájaros, y fabricó una enorme multitud de artefactos con la finalidad de poder volar. Pero fracasó una y otra vez. Nunca pudo hacer algo que mínimamente pudiera volar.

Desesperado por su continuo fracaso, *Leonardo* dedujo que en realidad era imposible emular la actividad voladora de los pájaros. Es más, dedujo que el fracaso no se debía a un error en el proceso de imitación. Tampoco creía que el fracaso se debiera a que la tecnología disponía en aquel momento no fuera la adecuada. No. *Leonardo* dedujo que en realidad la estructura creativa del humano y la estructura creativa de la Naturaleza son completamente diferentes, y que el humano no puede imitar a la Naturaleza, excepto tan solo en ciertos aspectos.

*Leonardo Da Vinci* vaticinó que ningún hombre, con ayuda de su tecnología, podría imitar nunca en vuelo de los pájaros. Y el tiempo le ha dado la razón. Hasta ahora nadie ha sido capaz de hacerlo. No se han podido fabricar materiales lo suficientemente ligeros y resistentes, no se han podido fabricar baterías con la suficiente capacidad de

carga energética, no se han podido fabricar motores lo suficientemente pequeños y potentes, no se han podido fabricar rótulas lo suficientemente resistentes y duraderas... Y hoy por hoy, los científicos piensan que es posible que el hombre nunca pueda imitar el vuelo de los pájaros.

Sin embargo, después de innumerables horas intentando entender el mecanismo del vuelo de los pájaros, *Leonardo Da Vinci* pudo interiorizar el proceso conceptual del vuelo, aprehendiéndolo por medio de su propio sistema cognitivo. Como consecuencia de este proceso, no tardó en establecer una propuesta alternativa para el concepto de vuelo. Y como resultado creó un nuevo artefacto mucho más eficiente, tanto desde el punto de vista energético como funcional, que el batir de las alas de los pájaros. Creó la hélice.

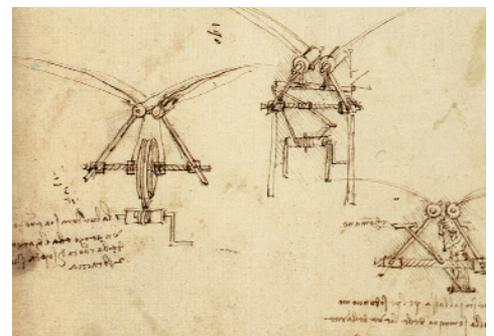
Y con ello superó a la Naturaleza.

Pues bien, lo mismo que hizo *Leonardo Da Vinci* con respecto a los artefactos voladores, y por extrapolación, es lo que se debe hacer para conceptualizar un nuevo ecosistema artificial que regule la actividad social, económica y de desarrollo humano. Se deben abstraer los procesos ecológicos que rigen la Naturaleza, se deben aprehender por medio del sistema cognitivo humano, y finalmente, a partir de cero se deben establecer nuevos mecanismos que regulen el nuevo ecosistema artificial de la actividad humana. Como resultado se puede lograr un nuevo ecosistema artificial alimentado del mismo tipo de energía natural que sustenta el ecosistema global natural.

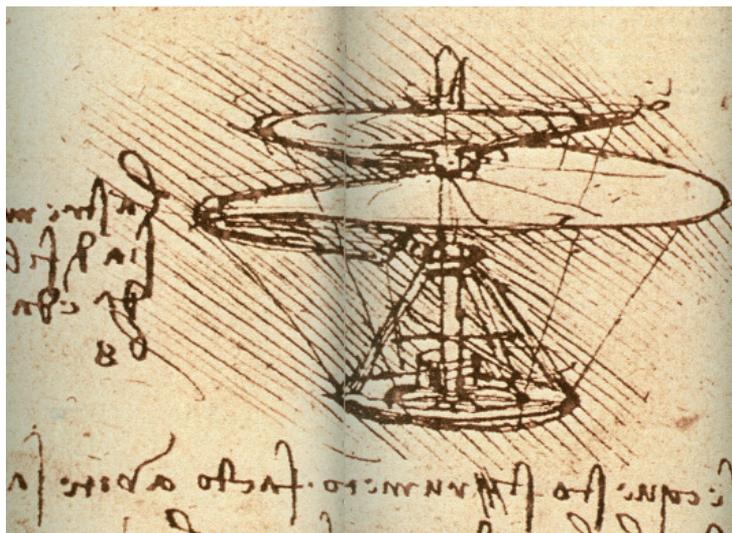
En definitiva se trata de identificar e independizar un ecosistema artificial de los procesos de desarrollo y de los artefactos construidos por el hombre, dotándolo de sus propias



LEONARDO. VUELO PÁJAROS



LEONARDO. ARTEFACTOS VOLADORES



LEONARDO. HÉLICE

leyes ecológicas de autocontrol, para que sea capaz de evolucionar en perfecto equilibrio continuo y en paralelo a la Naturaleza. En este ecosistema artificial se crean, se manipulan y se transforman determinado número de componentes que, a su vez, pueden ensamblarse entre sí, formando un elevado número de artefactos complejos, que pueden transformarse continuamente, con un ciclo de vida infinito. Este ecosistema artificial paralelo de artefactos fabricados por el hombre debe ser capaz de evolucionar de forma simbiótica con el ecosistema natural, y por tanto, no debe ocasionarle daño alguno. Se trata por tanto de unas nuevas "Naturalezas Artificiales" que evolucionan en paralelo con la Naturaleza.

De este modo, y desde un punto de vista arquitectónico, el hombre debería fabricar un conjunto finito de componentes arquitectónicos, que podrían ensamblarse entre sí de múltiples formas, creando un enorme abanico de organismos arquitectónicos, que podrían evolucionar de forma continuada y con un ciclo de vida infinito. Estos organismos arquitectónicos podrían repararse y modificarse de forma continuada, por lo que no se generarían residuos en el proceso, y no sería necesario fabricar nuevos componentes.

En este sentido, debo decir que, desde hace unos 20 años, he ido identificando y perfeccionando un sistema proyectual capaz de utilizar un conjunto de elementos arquitectónicos industrializados, con los que se pueden

crear todo tipo de construcciones (puentes, barcos, edificios, etc.), con un ciclo de vida infinito, y cuyos componentes pueden recuperarse, repararse y reutilizarse de forma continua y permanente, sin generar residuos ni emisiones. Estas construcciones humanas pueden desplazarse, reubicarse, crecer, modificarse de forma continuada, como si fueran organismos vivos. Por último, y debido a su optimizado diseño estas construcciones apenas consumen energía y la energía consumida tiene un origen natural (solar y geotérmica, que es la misma energía utilizada por los organismos de la Naturaleza).

Por supuesto que no me he conformado con diseñar los mecanismos conceptuales de este nuevo ecosistema artificial arquitectónico, sino que he realizado edificios modélicos que han materializado este concepto, de forma incremental y evolutiva. En el año 2009, con la presentación de *Green Box* demostré que podía ser capaz de materializar mi propio concepto de "Naturalezas Artificiales" en cualquier entorno, y con cualquier tipo de edificio. Demostré que era capaz de realizar edificios completamente industrializados, autosuficientes de agua y energía, desmontables y trasladables, con un ciclo de vida infinito, y a un precio convencional. Desde entonces, todos los edificios que proyecto pretenden seguir el camino marcado por *Green Box*, pero evolucionando por caminos diferentes, dependiendo de cada entorno particular. En este sentido, en el presente libro se analizan varios proyectos modélicos que me están permitiendo continuar este proceso de investigación, y materializar de forma diversificada, el concepto de "Naturalezas Artificiales". Entre todos estos proyectos modélicos caben destacar los siguientes: *Bio-Tecnópolis*, *Sayab*, *I-Sleep Eco-Hotel*, *Geoda 2055*, *Faro Barimbau*, *Bear-don Eco-House*, *Ramat Eco-House*, *Paula Eco-House*, *Optica Climent*, *Green?House*, y sobre todo, la espectacular *Eye of Horus Eco-House*.

Todos estos proyectos demuestran la viabilidad de un nuevo paradigma en arquitectura fruto exclusivo de la actividad humana, pero resultado del entendimiento profundo de la Naturaleza y perfectamente integrada en sus ciclos vitales.

Unas nuevas "Naturalezas Artificiales".

# Arquitectura Ecológica

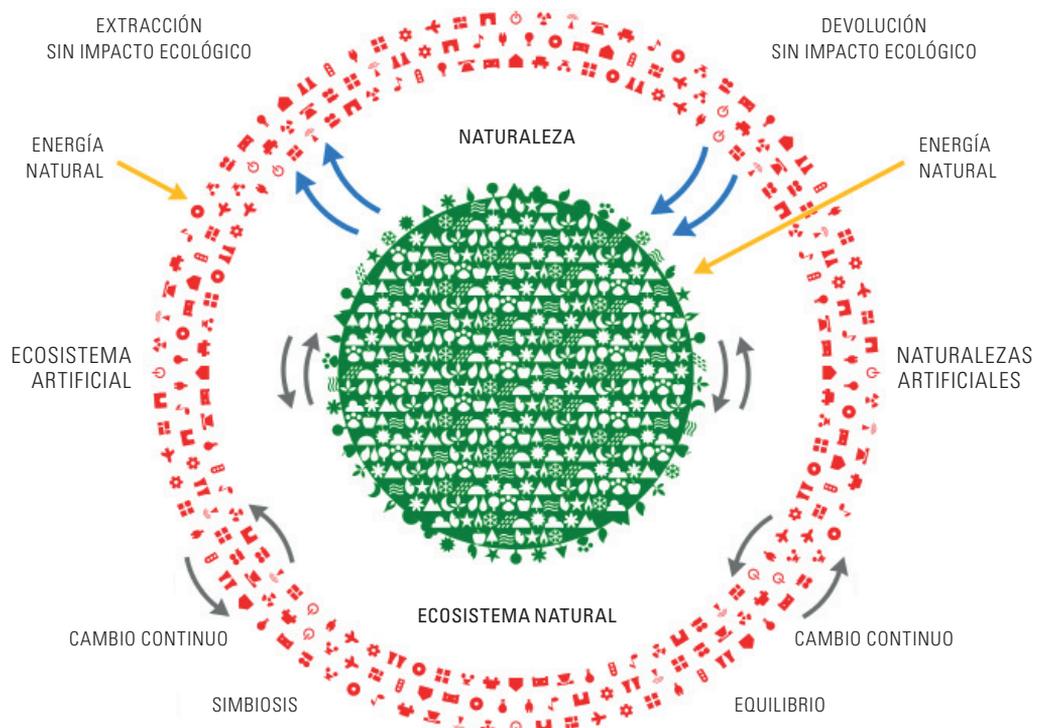
## ■ Las reglas ecológicas que regulan el Ecosistema Artificial

Como se ha visto en el capítulo anterior, la actividad productiva humana, junto con todos los artefactos que pueda fabricar, puede modelarse y regularse de forma global, abstractando los mecanismos básicos del ecosistema natural, con el fin de formar un ecosistema artificial global, integrando diferentes ecosistemas artificiales locales.

Este ecosistema artificial global garantizaría la máxima eficacia (ecológica, funcional y

económica) a la actividad humana en general, y a la arquitectura en particular. Evolucionaría de forma paralela al ecosistema natural, de forma continuada en equilibrio continuo, y por tanto no le ocasionaría daño alguno garantizando su perpetua supervivencia. Ambos ecosistemas se alimentarían del mismo tipo de energía natural.

El ciclo básico de este nuevo ecosistema artificial sería, a grandes rasgos, el siguiente:



**EQUILIBRIO SIMBIÓTICO, ECOSISTEMA NATURAL Y ECOSISTEMA ARTIFICIAL**

En primer lugar se debe asegurar que el ecosistema artificial evolucione de forma paralela con el ecosistema global natural, sin ocasionarle ningún tipo de perjuicio. Por ello debe establecerse un procedimiento básico de creación de artefactos, y un procedimiento básico de extracción de recursos del ecosistema natural, y de retorno de residuos al mismo.

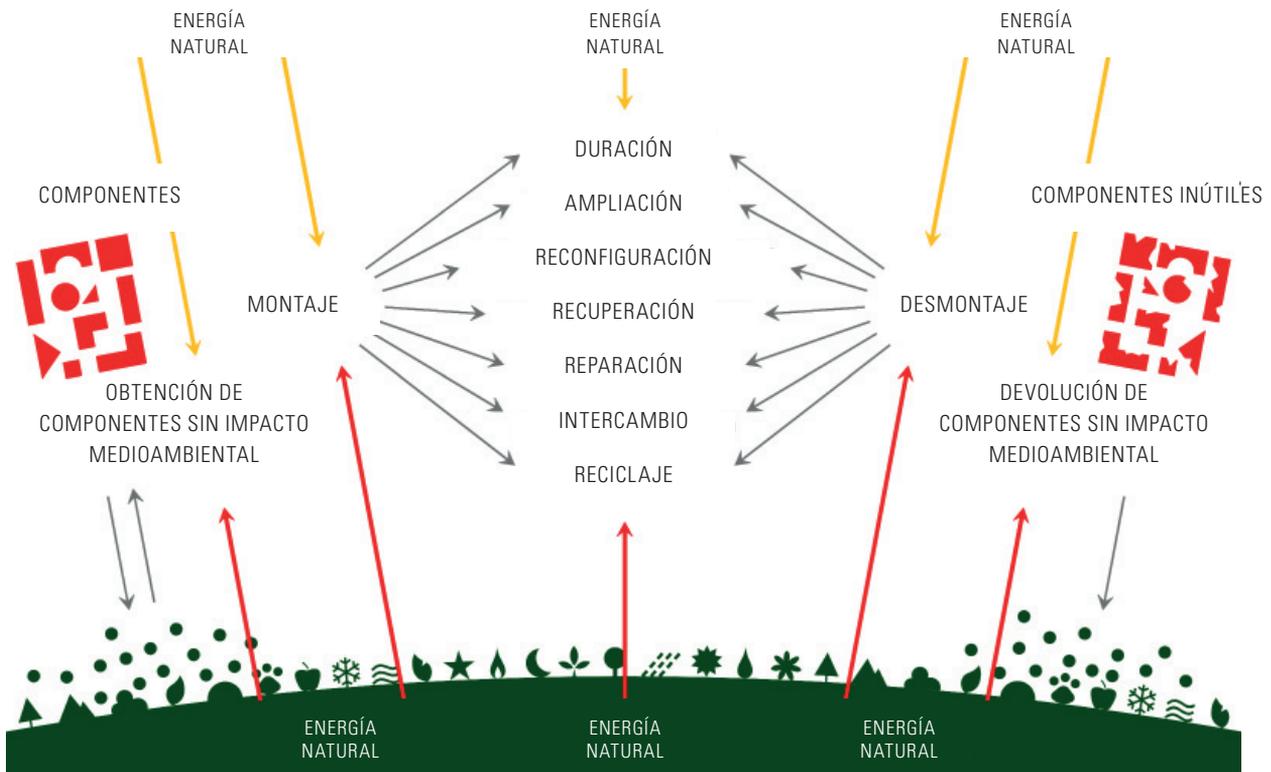
La extracción de recursos debe hacerse de un modo perfectamente optimizado, asegurándose de no extraer más recursos de los que se necesiten, sin ocasionar ningún tipo de desequilibrio al ecosistema natural. Por otro lado, los posibles residuos que no haya más remedio que retornar al ecosistema global natural deben biodegradarse con la mayor facilidad posible, y de nuevo sin ocasionar ningún tipo de desequilibrio al ecosistema natural.

Por otro lado el procedimiento básico de desarrollo humano y creación de artefactos se obtendrá mediante un proceso de abstracción de los mecanismos básicos que rigen la génesis y la evolución de organismos del ecosistema natural. Por ello, y al igual que ocurre en la Naturaleza, deben establecerse un conjunto de componentes básicos, capaces de formar todo tipo de organismos y sistemas

complejos. Unos organismos que pueden crecer, evolucionar, decrecer, repararse, y llegado el momento, transformarse o biodegradarse, para retornar al ecosistema natural de modo tal que pueda ser fácilmente asimilables. De este modo, el ecosistema natural es capaz de proporcionar nuevos componentes básicos al ecosistema artificial, permaneciendo en equilibrio constante, y sin sufrir agravio alguno.

Dicho de otro modo, el humano debe extraer del ecosistema natural los recursos necesarios para construir un conjunto variado de componentes básicos que pueda necesitar para construir un determinado artefacto. Los componentes básicos deben ser lo más generalistas posibles, con la finalidad de que puedan servir para la creación de la mayor variedad posible de artefactos. Además, los diferentes componentes básicos se pueden extraer fácilmente de estos artefactos y pueden ser sustituidos por otros componentes nuevos. De este modo, los componentes básicos se pueden intercambiar entre sí, de unos artefactos a otros, o bien se pueden añadir a otros artefactos con el fin de ampliarlos.

Los artefactos realizados por los humanos deben estar contruidos de un modo tal que



**NATURALEZAS ARTIFICIALES**

todos y cada uno de sus componentes básicos puedan ensamblarse entre sí, con la mayor facilidad posible. Además, estos componentes básicos deben poder extraerse con suma facilidad de los diferentes artefactos, y así poder ser sustituidos por otros. De este modo, una vez ensamblados, los diferentes artefactos pueden ser fácilmente ampliables, reducibles y reconfigurables, alargando al máximo su ciclo de vida. Los componentes básicos pueden extraerse de los artefactos que ya no los necesitaran, y añadirse a otros artefactos que sí que los necesiten. Si en alguna ocasión se dañara una o varias componentes de un artefacto, se podrían extraer fácilmente del mismo, y así repararse con toda facilidad. Un componente extraído que necesitara ser reparado podría sustituirse por otro similar, y una vez reparado, en vez de alojarse en el anterior artefacto, podría añadirse a otro que lo necesitara.

El proceso de extracción-reparación-sustitución podría alargar al infinito la vida útil de los artefactos. Puede que cada componente tenga un ciclo de vida finito, pero como puede ser sustituido por otro tantas veces como se quiera, el artefacto resultante sí que puede tener un ciclo de vida infinito. Cuando un componente no pudiera ser reparado, o su coste de reparación fuera muy elevado, podría utilizarse en artefactos menos exigentes. Lo cual alargaría todavía más la vida útil de artefactos de segundo orden. Este proceso se podría alargar al máximo, y los diferentes componentes básicos podrían ir emigrando de los artefactos más exigentes a otros cada vez menos exigentes. Al final llegará un momento en que un componente estará tan degradado que no sirva de utilidad a ningún tipo de artefacto. En este momento, el componente necesitará ser reciclado, y convertirse en otro componente. El proceso de reciclaje supone cambiar la estructura física, mecánica o química de un componente, por lo que el nuevo componente puede ser exactamente igual al antiguo, pero también puede ser algo diferente, o completamente diferente.

En resumen, el proceso básico de interrelación del nuevo ecosistema artificial con el ecosistema global natural sería el siguiente:

El ecosistema artificial extraería recursos del ecosistema natural con el fin de fabricar

un determinado número de microcomponentes básicos. Estos microcomponentes pueden ensamblarse de una enorme variedad de formas con el fin de construir una enorme variedad de sistemas complejos. Estos sistemas evolucionan por medio de mecanismos de duración, crecimiento, reconfiguración, recuperación, reparación, intercambio, y reciclaje. Por ello, si se deseara y fuera conveniente, muchos de los sistemas fabricados podría tener un ciclo de vida infinito. Cada uno de estos sistemas complejos puede descomponerse cuando se quiera, liberando sus microcomponentes básicos, para que otros sistemas puedan asimilarlos. Finalmente estos componentes básicos, cuando ya no tengan ninguna utilidad para el sistema, pueden biodegradarse fácilmente, y retornar al ecosistema natural, alimentando sus propios organismos, y dejándolo en el mismo estado de equilibrio que tenía. De este modo, el ecosistema artificial puede seguir extrayendo recursos para alimentar su propio proceso, de forma infinita, alimentado de energía natural.

Por supuesto, la energía necesaria para alimentar este nuevo ecosistema artificial debe ser la misma que alimenta el ecosistema global natural: energía solar, y energía telúrica. O lo que es lo mismo la energía que llega del sol (y del cosmos en general), y la energía encapsulada en el interior de la tierra.

En este contexto general, las actividades humanas concretas no deben percibirse como actividades separadas y sin aparente relación, ya que en un ecosistema, en este caso artificial y diseñado por el hombre, todo está interconectado. Por tanto, no tiene mucho sentido hablar de "arquitectura", o de "ingeniería civil", o "ingeniería espacial", o "ingeniería naval", o "ingeniería automovilística"... en realidad todas estas disciplinas estarán ahora muchísimo más interconectadas entre sí, como pueden estarlo los diferentes organismos del ecosistema natural. No hay mucha diferencia entre la estructura de una hormiga y la de un oso, y cuando un oso se come a una hormiga, asimila la mayoría de sus componentes básicos, y retorna al ecosistema parte de ellos para que puedan ser asimilados por otras especies. La naturaleza no entiende de "ingeniería de osos", o "ingeniería de hormigas".

En este sentido, la mayoría de los micro-componentes básicos que deba fabricar el hombre en este nuevo ecosistema artificial deberían poder servir a la mayor variedad posible de estructuras que pudiera necesitar. Dicho de otro modo, si el hombre fabrica una determinada pieza, ésta debería servir para fabricar la mayor cantidad posible de construcciones, ya sean puentes, viviendas, oficinas, barcos, o túneles... Por supuesto que muchas componentes básicas deberán ser muy especializadas y dirigidas a un determinado tipo de construcción, pero otras piezas deben ser generalistas.

A continuación se ilustran los diferentes mecanismos que se puede utilizar en el nuevo ecosistema artificial, con el fin de crear las diferentes estructuras que pueda necesitar el hombre. Hay que recordar que este nuevo ecosistema artificial debe ser lo más efectivo posible, debe consumir la menor cantidad posible de energía y no debe generar residuos, ya que la materia que retorne al ecosistema natural debe ser directamente asimilable por el mismo.

Voy a utilizar un grafismo muy sencillo y asociado a la arquitectura con el fin de que el concepto se entienda lo mejor posible y para poder visualizar un nuevo tipo de arquitectura perfectamente integrada en el ecosistema natural global. Una arquitectura que personalmente denomino "Naturalezas Artificiales".

1. En primer lugar es evidente que la mejor garantía de que el nuevo sistema ecológico artificial esté lo más integrado posible con el ecosistema natural, y le ocasione el menor impacto posible sería utilizar materiales naturales (directamente generados por el ecosistema natural) y energía natural.

Sin embargo, el ecosistema natural genera muy pocos materiales que puedan ser directamente utilizados por el hombre, para satisfacer las necesidades que pueda tener a lo largo de su evolución. De hecho, en la actualidad, en un planeta con 7.000 millones de personas, apenas son de utilidad los materiales naturales. La energía necesaria para su manipulación, el coste de la mano de obra y el inevitable incremento en el consumo de

superficie edificable que implica su utilización, lo hacen absolutamente inviable.

Como consecuencia, los diferentes materiales "naturales" deben manipularse con el fin de mejorar sus propiedades. El asunto está en cómo hacerlo del mejor modo posible.

2. Al manipular los diferentes materiales se consume energía y recursos y se generan residuos. Por tanto las diferentes reglas que rijan el nuevo ecosistema artificial deben asegurarse de optimizar el proceso, consumiendo la menor cantidad posible de recursos y energía, y generar la menor cantidad posible de residuos.

Por ello, la estrategia más efectiva de todas las que se puedan adoptar en el nuevo ecosistema artificial es intentar alargar al máximo la duración de los artefactos construidos por el hombre. Con ello se asegura que la cantidad de energía, recursos y residuos por unidad de tiempo sea la menor posible.



**DURABILIDAD**

Para asegurar la máxima duración de los diferentes artefactos deben establecerse a su vez nuevas estrategias. Desde luego, podría parecer que utilizar materiales duraderos pueda ser necesario, pero lo cierto es que no es obligatorio, es más, en muchos casos es contraproducente. Lo que debe alargarse es la duración de los artefactos en su conjunto, y eso no tiene una relación directa con la durabilidad de sus materiales constituyentes, sino con su propia estructura arquitectónica. Un ejemplo podría ilustrar este concepto, ya que es muy importante que se entienda perfectamente.

Los templos japoneses construidos en madera se muestran con orgullo como si no hubiera pasado el tiempo por ellos. El espectador sabe que el templo podría tener unos