

# Arquitectura sostenible, concepción y caso de estudio

Ezequiel Ángel Colmenero Búzali\*

El tema que nos interesa en esta ponencia, la arquitectura sostenible, debe ser apropiadamente definida por la semántica lingüística para su correcta comprensión, para ello utilizaremos las definiciones del diccionario de la Real Academia Española. El término consiste de dos palabras, siendo *arquitectura* la primera de ellas, la cual es definida como «el arte de proyectar y construir edificios».<sup>1</sup> La segunda palabra es *sostenible*, un adjetivo que sirve para significar que el sujeto lingüístico previo puede mantenerse por sí mismo.<sup>2</sup> Lo sostenible no existe por sí solo, es una característica aplicada a personas, objetos y abstracciones. En la actualidad hablamos de lo sostenible para una gran diversidad de sujetos que comparten ciertos parámetros de mantenimiento autónomo, tal es el caso de un desarrollo económico, el cual adquiere sostenibilidad cuando se puede

desarrollar y mantener sin ayuda exterior ni merma de los recursos existentes.

Cabe aclarar que la palabra sostenible ha sido inadecuadamente omitida por muchos que han hablado del tema, esto se ha debido a que el término y teoría se originaron en países angloparlantes, usando la palabra *sustainable*, la cual al traducirla al español puede convertirse tanto en *sostenible* como en *sustentable* dependiendo de la oración. Sin embargo, en español, sustentable se refiere únicamente a algo que puede ser argumentado o defendido,<sup>3</sup> es por esta confusión de una traducción incorrecta que para muchos hispanohablantes ha sido más difícil entender la sostenibilidad.

<sup>1</sup> <http://www.rae.es/rae.html>

<sup>2</sup> *Ibidem.*

<sup>3</sup> *Ibidem.*

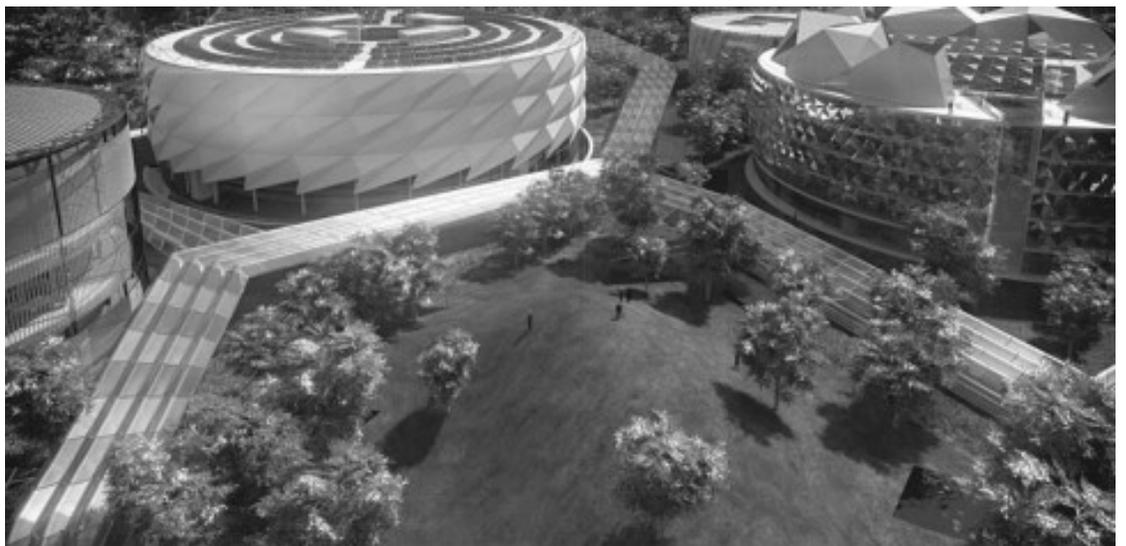


Ilustración I. Campus de la Justicia de Madrid.

\*Maestro en Arquitectura. Profesor en licenciatura y posgrado de la ESIA, Unidad Tecamachalco. [ecolmenero@ipn.mx](mailto:ecolmenero@ipn.mx)

Habiendo definido la semántica de *arquitectura sostenible*, es preciso proceder a explicar su antecedente teórico base, el *desarrollo sostenible*. La definición de desarrollo sostenible más ampliamente aceptada es la que figura en el informe Brundtland, de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo, en 1987:

«Desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades actuales sin poner en peligro la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades».

Entre los muchos ejemplos de arquitectura sostenible nos gustaría destacar dos, en primer lugar el Campus de la Justicia de Madrid (ilustraciones I, II y III), diseñado por varios arquitectos que están logrando equilibrios bioclimáticos y ahorro de energía con el menor daño al medio ambiente sin descuidar la estética y funcionalidad. En el plano nacional destacan las obras del arquitecto mexicano Javier Senosian el cual obtiene una comunión armónica entre el proyecto y la naturaleza para no agredir el terreno y mantener una imagen lo menos alterada del medio.

La forma de abordar la arquitectura sostenible y plasmarla en el quehacer del arquitecto es por medio del ejercicio del *diseño bioclimático*, el cual es una forma de diseñar tomando una perspectiva

ecológica del uso y aplicación de las estructuras de acuerdo a las condiciones climatológicas. Este tipo de diseño nos permite crear un espacio humano de aprovechamiento en el cual se usen, para beneficio propio, el mismo espacio natural, los recursos locales y las fuentes de energía naturales, disminuyendo el impacto climático, natural y económico a mediano y largo plazos. El diseño bioclimático puede y deber ser aplicado de forma integral con el diseño del paisaje y el urbanismo, logrando así un desempeño bioclimático total y una sostenibilidad efectiva y altamente duradera.

Algunas de las características de la arquitectura sostenible, abordada desde un diseño bioclimático, son: lograr crear condiciones de bienestar apropiados para cada región geográfica, mantenimiento de la apropiada estética adaptada al paisaje y aprovechamiento de la bioenergía. Todas estas ventajas son creadas con las capacidades y limitantes de cada emplazamiento debido a sus condiciones específicas. No debemos olvidar que una gran parte de la arquitectura tradicional y vernácula ya funcionaba según los principios bioclimáticos: ventanales orientados al sur, uso de ciertos materiales con determinadas propiedades térmicas, como la madera o el adobe, abrigo del suelo, encalado, ubicación de los pueblos, etcétera.

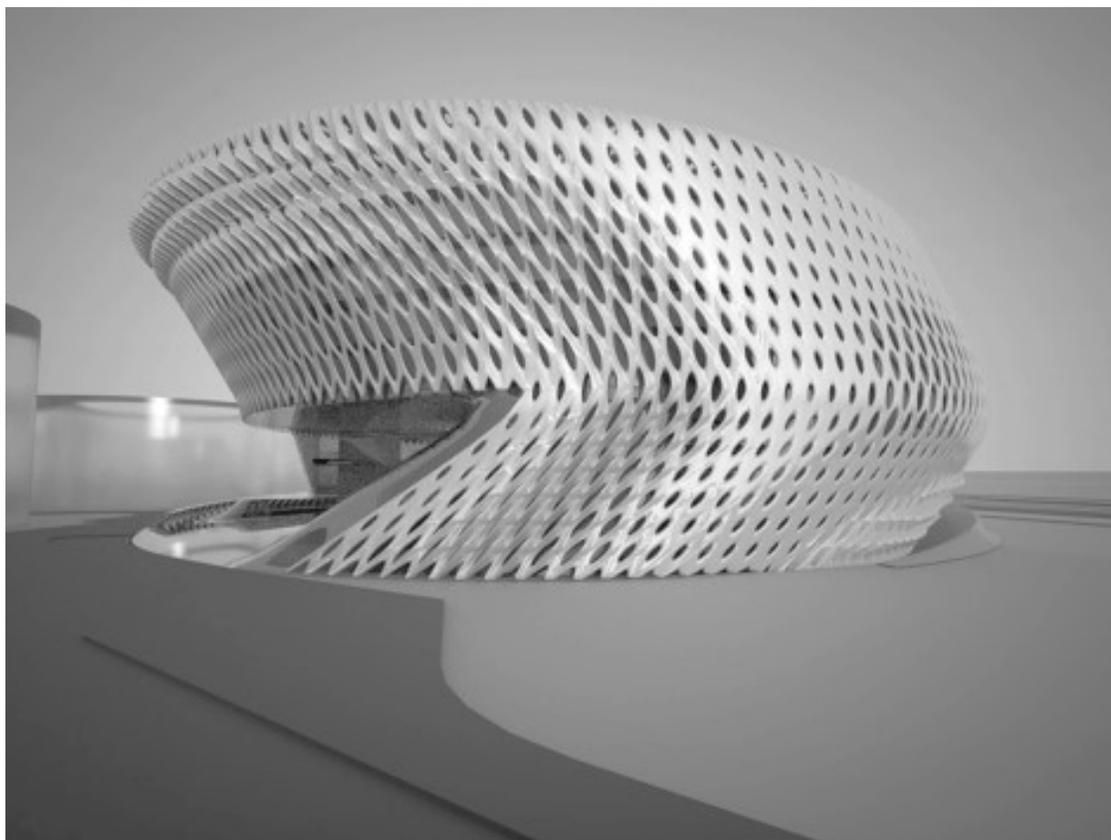


Ilustración II. Juzgado de lo civil. en el Campus de la Justicia en Madrid.

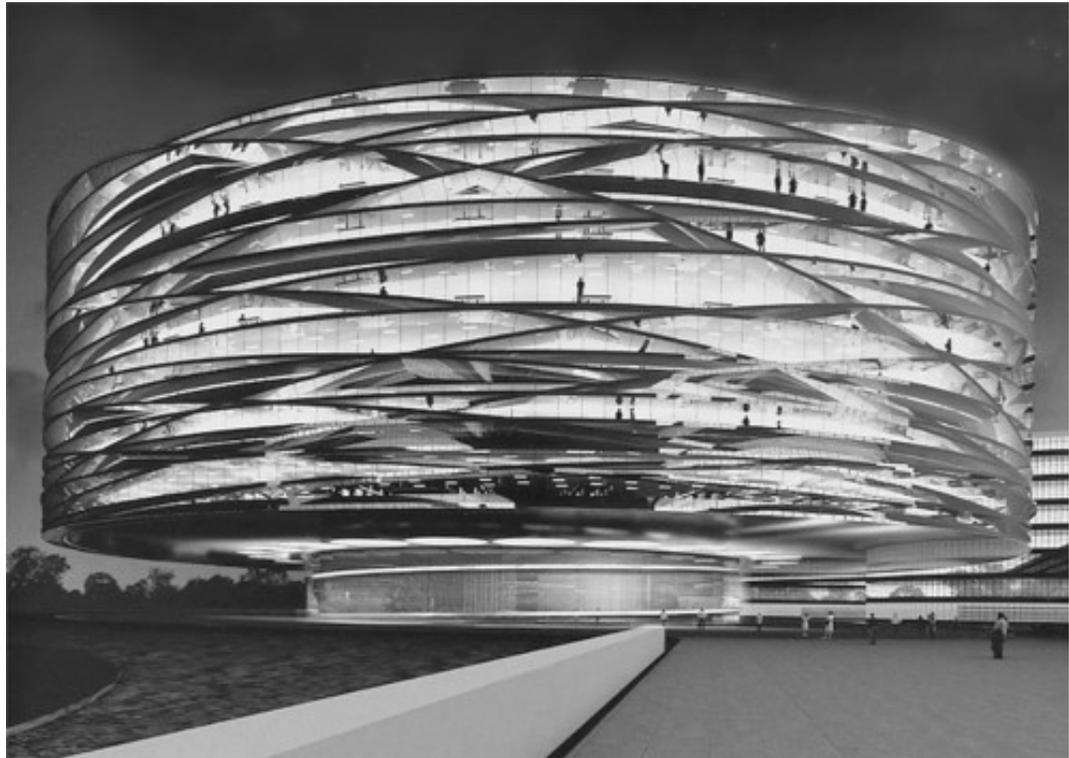


Ilustración III. Edificio penal, en el Campus de la Justicia en Madrid.

Para iniciar un proyecto arquitectónico por medio del diseño bioclimático y hacerlo sostenible, es necesario aplicar una metodología para la recopilación de datos, una vez obtenidos, procesarlos, analizarlos y, con ello, sacar conclusiones que se vean reflejadas en la forma de proceder ante el proyecto de la edificación.

Los datos a considerar para la evaluación de las condiciones previas al diseño se pueden agrupar en dos grandes grupos: los del clima y los del confort. Los datos del clima se refieren a los naturales, no definidos por el humano y que sin embargo lo afectan. Los del confort son datos que están directamente definidos por las características y forma de vida de los humanos.

**a) Datos del clima:**

**1. Físico-geográficos de emplazamiento**

- coordenadas geográficas: longitud, altitud y latitud
- continentalidad
- proximidad a cuerpos de agua (ríos, lagos, presas)
- geomorfología (topografía pendientes y relieves)
- conocimiento de la geometría solar

**2. Climatológicos**

- temperatura máxima, mínima y promedio
- humedad relativa máxima y mínima
- vientos dominantes, reinantes, velocidad, dirección, frecuencia
- precipitaciones pluviales, máximas y mínimas
- condiciones del cielo, días nublados, días con

bruma, días despejados, etcétera.

**3. Otros datos que resultan de la conjugación de los dos puntos anteriores**

- la vegetación
- los grados-días de calefacción
- los grados-días de refrigeración

**b) Datos del confort**

- nivel de actividad física
- nivel de arropamiento
- nivel de metabolismo
- edad
- género
- conformación física
- alimentación

Para ser fiables, es recomendable que los datos meteorológicos tengan un promedio de estudio mínimo de quince años, debiendo ser tomados en forma *trihoraria* y cuanto más amplio y detallado sea el estudio, los resultados serán más satisfactorios.

Los datos meteorológicos analizados allí donde se ubicaran, ubican o ubicaban los proyectos arquitectónicos, nos permiten evaluar, controlar y amortiguar el impacto del clima en edificios, es necesario comparar los registros con las condiciones deseables de confort. Esto depende de una serie de factores climáticos personales y circunstanciales donde se combinan las variables del medio ambiente que proporcionan condiciones confortables. La relación clima-confort señala las pautas de diseño en distintas escalas.

Para una práctica de diseño y lograr una arquitectura bioclimática, ecológica, ambiental y sostenible, nos remitiremos a seis principios básicos expuestos por Brenda y Robert Vale en «Green Architecture Design for a Sustainable Future»,<sup>4</sup> estos principios son:

**Principio 1. Conservación de energía**

Un edificio deberá ser construido tratando de minimizar la necesidad de combustibles fósiles para su edificación.

**Principio 2. Trabajando con el clima**

Los edificios deberán ser diseñados para trabajar con fuentes de energía natural y climática, y lograr la optimización de confort.

**Principio 3. Minimizando nuevos recursos**

Un edificio debe ser diseñado para minimizar el uso de nuevos recursos, y al final de su vida útil formar los recursos de otra arquitectura (reuso y reciclamiento).

**Principio 4. Respeto a los usuarios**

Una arquitectura sostenible reconoce la importancia de toda la gente inmersa en ella.

**Principio 5. Respeto para el sitio**

Un edificio que contamine y use mucha energía, subordina a los usuarios y no considera el medio ambiente físico natural; no está contemplando una nueva visión del mundo.

**Principio 6. Lo holístico**

Todos los principios ecológicos, bioclimáticos,

necesitan ser englobados en una aproximación holística para la construcción del medio ambiente.

## Objetivos

Este estudio busca, por medio de un ejemplo específico, mostrar las fallas y omisiones sobre los elementos de la arquitectura bioclimática, con un enfoque sostenible en el caso estudiado. Se dan soluciones a las problemáticas arquitectónicas y se busca proponer soluciones similares para futuros proyectos.

## Estudio y análisis del sitio

Para ejemplificar lo que acabamos de explicar y su utilidad en la arquitectura, hemos decidido utilizar un estudio de caso. El motivo de esto es que nos permite analizar errores y omisiones en un proyecto ya construido, plantear soluciones y alternativas de diseño.

El estudio de caso se hizo particularmente sobre el diseño del segundo piso del anexo del edificio 5 de la Unidad Profesional Zacatenco del IPN. El motivo de haber seleccionado este proyecto fue

<sup>4</sup> Vale, Brenda y Robert Vale, *Green Architecture Design for a Sustainable Future*, Londres, Thames and Hudson, 2002.



Ilustración IV. Oficina orientada al oeste del edificio en referencia en Zacatenco.



Ilustración V. Vestíbulo del segundo nivel del anexo a las aulas, crea el efecto invernadero.

producto de la pura casualidad, cuando dando una visita por la Unidad Profesional, con intención de recordar viejos momentos en mis estudios de licenciatura en arquitectura, tuve la oportunidad de apreciar los cambios que se han realizado al proyecto original, ya que hace aproximadamente treinta años la ESIA Arquitectura se encontraba en el

edificio 5 de dicha Unidad. Cabe recordar que este proyecto, en su forma original, fue elaborado por el arquitecto Reinaldo Pérez Rayón, aparentemente tomando conceptos del diseño que hiciera Mies van der Rohe para el Tecnológico de Massachusetts; este último también proyectó en México las oficinas administrativas de Bacardí en Cuautitlán sobre la carretera México-Querétaro, y que también guarda enorme similitud con el edificio 5, ilustración IV, de la Unidad Profesional, este edificio en la actualidad no se puede observar debido a que por el sobrecalentamiento que se tenía en el interior, los propietarios cubrieron las fachadas con vegetación a fin de reducir el calor al interior del inmueble.

Es importante señalar que esta modificación, la de haber agregado segundos pisos en los anexos, fue hecha en todos los edificios del 1 al 9 de la Unidad Profesional, siendo utilizados éstos como áreas administrativas de cada una de las escuelas. A pesar de la variedad de situaciones que por ubicación en el terreno se pudieran dar en los nueve edificios, en este caso solamente analizaremos el citado segundo piso del anexo del edificio cinco.

Debo aclarar que los errores en diseño aquí expuestos no cuestionan la calidad y maestría de los arquitectos que los proyectaron sino que, por el contrario, nos muestran cómo dichos profesionales, careciendo de información y conocimientos

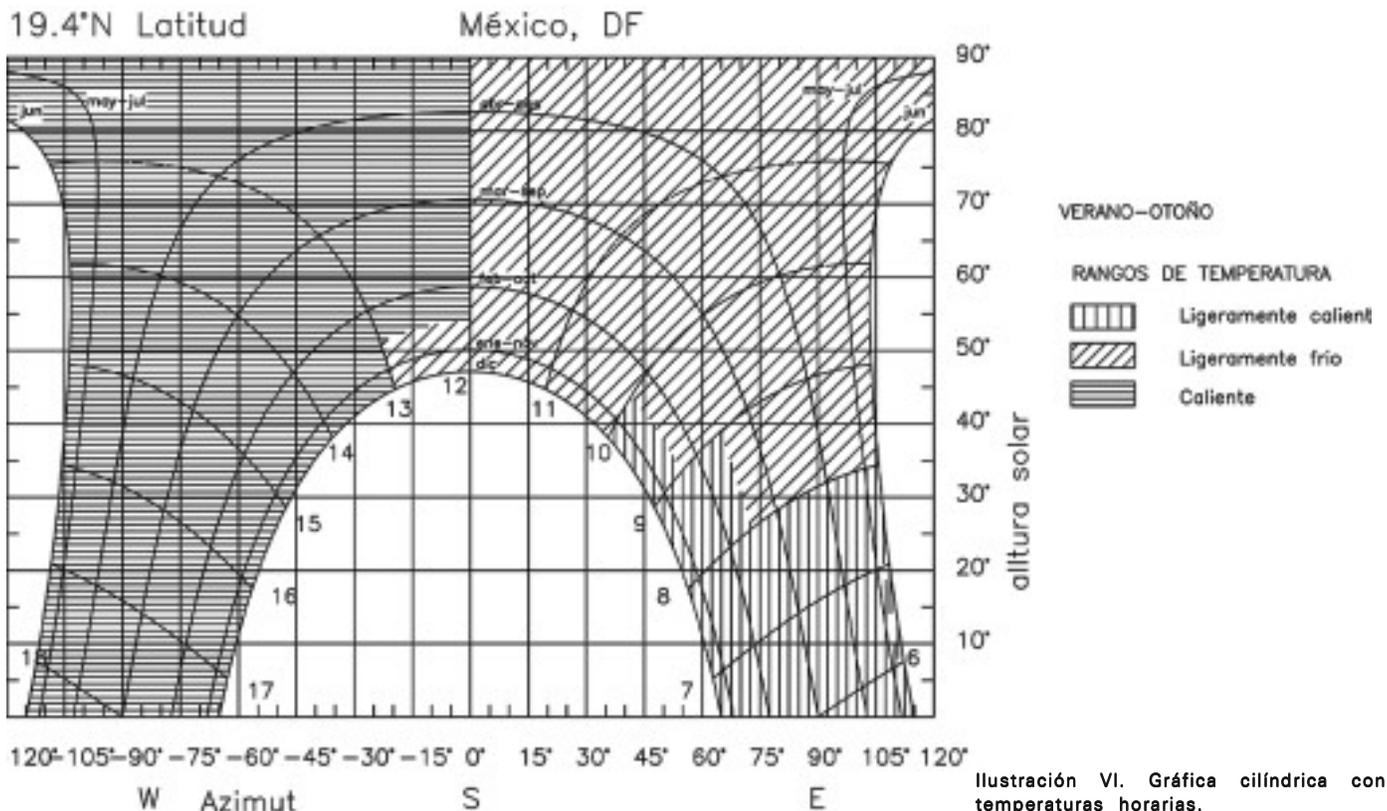


Ilustración VI. Gráfica cilíndrica con temperaturas horarias.

bioclimáticos, resolvieron los proyectos que se les pidieron. No dudamos de las habilidades de los arquitectos, solamente mostramos que ahora sabemos y podemos aplicar nuevos conocimientos científicos y unirlos al arte de la arquitectura.

Para dar a entender el estudio de caso, debemos analizar algunas fotografías tomadas en el sitio e ir analizando los errores en el diseño, así como las omisiones que han generado un desequilibrio bioclimático y una falta de sostenibilidad del inmueble (ilustración V).

Debemos entender el comportamiento del sol para explicar los fenómenos producidos por éste en el sitio estudiado, para ello veamos la ilustración VI, la cual muestra una gráfica cilíndrica donde se encuentran vertidos los datos climatológicos de temperatura para la ciudad de México, y en particular para las estaciones primavera-verano, nos indica que la orientación y las horas del día calurosas son para la orientación suroeste, oeste y el segundo nivel está orientado y se ilumina por las orientaciones este y oeste, así como cenital, las dos primeras favorecen el sobrecalentamiento al interior del edificio, y la cenital, prácticamente hacia el sur, crea el efecto invernadero.

Iniciando el análisis sobre el sitio, podemos ver desde el exterior que la sombra se proyecta en el suelo hacia el oeste, siendo que la misma área que ocupa la sombra afuera es la que ocupa el sol dentro del edificio, el cual recibe toda la luz y calor de la tarde.

Realizando cálculos del confort térmico en el sitio, pudimos observar y medir que a las 11 de la mañana existía un diferencial de temperatura de 4 grados entre los pasillos de aulas y el segundo nivel donde se encuentra el área de estudio y descarga de los profesores. A esto debemos sumarle las cargas internas que son: el calor producido por las personas usuarias, equipos de cómputo y lámparas de iluminación, haciendo poco atractiva, debido a la incomodidad, la presencia de los profesores en dicha área.

En la ilustración VII podemos observar cómo los que trabajan en estas oficinas cubren con cortinas y cartones los ventanales, ya que los escritorios se encuentran sobre la incidencia de los rayos solares, lo que hace que además de la incomodidad, sea prácticamente imposible la lectura, la escritura y el uso de computadoras, pues se requiere de una iluminación uniforme y difusa. Estas condiciones de trabajo han forzado también a instalar sistemas de aire acondicionado, generando así un gasto económico y energético. Si no fuera suficiente, además del aire acondicionado, los trabajadores usan ventiladores en los cubículos cerrados tal como se ve en las ilustraciones VIII y IX.

El edificio tiene, hacia el sur, un muro cerrado construido con materiales de baja masa térmica, lo cual produce que el calor pase rápidamente desde el exterior, incrementando la situación de so-



Ilustración VII. Cubículo de profesores.



Ilustración VIII: Sala de juntas de profesores.



Ilustración IX, Vista del área de profesores (véase fondo).

brecalentamiento que se vive con la incidencia del sol (ilustración X).

El edificio padece de una falta de ventilación cruzada, lo que no permite la libre circulación del aire. Aunado a esto, el mobiliario es contaminante debido a los adhesivos que se utilizan en su elaboración, que incluyen químicos como aquellos con los que se pegan las partes de los muebles de formaica y aglomerado, los cuales son prácticamente todo el mobiliario.



Ilustración X. La penetración solar durante cuatro horas en la fachada este del anexo a la aulas.

Cabe señalar que el único intento de solución arquitectónica evidente ha sido la colocación de aire acondicionado en el techo de las aulas del edificio, esto tratando de hacer posible el estudio en días de mucho sol.

### Propuesta de soluciones y alternativas

Pensando en la posibilidad de hacer algunas modificaciones por el bien del confort térmico y sin afectar la naturaleza y con el objetivo de obtener una tendencia de sostenibilidad, hemos planteado los siguientes puntos como soluciones tentativas para el caso estudiado:

- Destruir lo menos posible para hacer modificaciones, se deben buscar materiales reciclables entre lo que pudiera modificarse y desecharse.
- Crear una separación física fuera de la estructura del edificio de forma independiente con materiales térmicos, con un estudio estético y con posibilidades de ventilación.
- Estudiando las coordenadas solares colocar aleros y parteluces en el exterior que permitan la entrada del aire y el aislamiento del calor del sol.
- Cambiar la orientación de las cubiertas cenitales para tener una iluminación y evitar el efecto invernadero o incluso cambiarlas por otro sistema de iluminación natural, ya que a las 11 de la mañana, en abril, al exterior se registraban 27°C de temperatura ambiente en el colector, y en el conector con cubierta cenital eran 29°C llegando incluso hasta 34°C en el área de trabajo de los profesores.
- Buscar la utilización de ventilación cruzada y realizar estudios para el sistema de captación de luz, nos referimos al ahorro de consumo energético, todo ello buscando materiales que sean reutilizables y favorecer la recuperación, reutilización y reciclaje de los materiales de construcción utilizados.
- El uso y captación de aguas pluviales de las azoteas para su empleo humano.

### Soluciones propuestas para futuros proyectos

Para prevenir efectos como los estudiados en el caso específico en futuros proyectos, el arquitecto debe empezar a tomar en cuenta las nociones y postulados del diseño bioclimático en su quehacer profesional, buscando siempre la sostenibilidad con su medio.

Algunas alternativas a las nociones actuales de arquitectura deben ser: trabajar para mejorar el confort interno de las instalaciones, es necesario favorecer la construcción con muros de carga en edificios de poca altura, fomentar el sistema de control y operación y el uso de la energía renovable y natural, la no utilización de

vidrios entintados a fin de lograr la reducción de la radiación solar hacia el interior de las edificaciones.

La adquisición de material costoso y poco ecológico debe ser reemplazada por la compra de materiales de menor costo, muchas veces reciclados y que su producción no signifique un daño considerable para la naturaleza.

Tal como dijimos anteriormente, la correcta orientación de las fachadas de los edificios influye enormemente en las condiciones internas de éstos, la orientación debe hacerse de forma que se adapte a cada condición geográfica y tipo de clima, es decir, el arquitecto o grupo de ellos, debe hacer un estudio bioclimático previo al diseño de lo que se desea edificar.

## Conclusiones

El estudio y aplicación de la arquitectura bioclimática, que es parte de la arquitectura sostenible y ecológica, va a permitir un ahorro energético considerable a largo plazo, así como poder mejorar el confort térmico, acústico y lumínico en las áreas habitables de los edificios.

Una de las principales ventajas del diseño bioclimático es el bajo costo de las construcciones que no descuidan lo estético. En el caso de oficinas, como las estudiadas en la ponencia, el diseño bioclimático y la sostenibilidad de los edificios será un mejoramiento al mejor desempeño físico e intelectual de los que allí laboran, evitando tener un edificio enfermo que desgaste tanto la capacidad humana como la economía de la empresa o sociedad que ahí trabaje.

El uso de nociones de la arquitectura vernácula es básico para el mejoramiento del estudio bioclimático, en nuestro caso, México tiene una gran riqueza cultural en construcciones adaptadas al clima y que desgraciadamente han ido perdiendo terreno frente a materiales modernos contaminantes, tales como ciertos tipos de láminas que han desplazado al adobe y a la teja como materiales constructivos.

Debemos concientizar a la población sobre la importancia de estos edificios, pero sobre todo debemos empezar a educar a los nuevos arquitectos y estudiantes de la profesión por medio de materias específicas en el área de arquitectura así como en las demás disciplinas que intervienen en el diseño y fabricación de materiales, construcción y mantenimiento de edificios más sostenibles. Ilustración XI.

El estudio de este tipo de arquitectura servirá para México, un país que se enfrenta a un rápido agotamiento de los recursos naturales y una contaminación ambiental descontrolada. Del mismo modo, la aclaración de la problemática en la Unidad Profesional Zacatenco podrá hacer que a corto o mediano plazo las autoridades traten de resolver los problemas aquí planteados ©



Ilustración XI. Edificio de viviendas de interés social con diseño bioclimático en Barcelona, España.

### Fuentes de consulta:

Higueras, Ester. *Urbanismo Bioclimático*, Barcelona, Gustavo Gili, 2006.

Montgomery, Richard H. *Energía solar. Selección del equipo, instalación y aprovechamiento*, México, Limusa, 1986.

Olgay, Víctor. *Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, Barcelona, Gustavo Gili, S.A., 1998.

Puppo, E. et al. *Sol y diseño. Índice térmico relativo*, México, Alfaomega, 1999.

Rodríguez Viqueira et al. *Estudios de Arquitectura Bioclimática*, México, Limusa y UAM Iztapalapa, 2005.

—, *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*, México, Limusa y UAM Azcapotzalco, 2004.

Sadady, Pierre Robert, *Arquitectura solar. Concepto, cálculo y ejecución de edificaciones solares*, Barcelona, CEAC, 1989.

Vélez González, Roberto. *La ecología en el diseño arquitectónico. Datos prácticos sobre el diseño bioclimático y ecotécnicas*, México, Trillas, segunda edición, 2007.