



**XLIX SEMANA NACIONAL
ENERGÍA SOLAR**
DEL 6 AL 10 DE OCTUBRE 2025 • IER-UNAM TEMIXCO, MOR.
Conectando con el sol por un futuro sostenible



DISEÑO DE UN EDIFICIO EDUCATIVO

DEMOSTRATIVO DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO

Guadalupe Huelsz, Jorge Rojas, Guillermo Barrios

Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México,
Priv. Xochicalco s/n, Temixco, Morelos, 62580, México,
ghl@ier.unam.mx, jrm@ier.unam.mx, gbv@ier.unam.mx

José Manuel Ochoa e Irene Marincic

Depto. de Arquitectura y Diseño, Universidad de Sonora, Bv. Luis Encinas y Rosales s/n, colonia
Centro, Hermosillo, Sonora, 83000, México.
josemanuel.ochoa@unison.mx, irene.marincic@unison.mx

RESUMEN

Se presenta el diseño y la implementación de sistemas pasivos de un edificio educativo para el Instituto de Energías Renovables de la UNAM en Temixco, Morelos, cuyo diseño arquitectónico tuvo como eje rector contar con un edificio demostrativo de diseño bioclimático en clima cálido semihúmedo. Este edificio albergará la Licenciatura en Ingeniería en Energías Renovables (LIER). El proceso de diseño se realizó con un enfoque participativo, donde autoridades de la LIER y futuros usuarios manifestaron su visión de las necesidades a cumplir y sus expectativas. La geometría es rectangular con fachadas largas con ventanas al norte y al sur, esto disminuye cargas térmicas por radiación solar y permite el aprovechamiento del viento que en horario de ocupación proviene del sur. El color de los muros es blanco al exterior e interior, al exterior reduce la absorción de la radiación solar incidente y al interior aumenta la iluminación. Se diseñaron protecciones solares con aleros y quiebrasoles en ventanas y pantallas en las fachadas este y oeste. Se ubicaron árboles en la plaza del edificio y plantas en los pasillos. Todos los espacios cuentan con ventilación natural e iluminación natural. En la mayoría de los espacios la ventilación es cruzada, que proporciona mayor velocidad de flujo, aumentando el confort térmico de los ocupantes en condiciones de calor. En planta baja y nivel 1 la ventilación cruzada se da con ventanas al norte y al sur, en el nivel 2 se ubicaron las aulas de menor tamaño en dos crujiás separadas por un pasillo, donde la ventilación cruzada se logra con el empleo de intercambiadores de viento en la losa y una ventana. En todos los espacios se incorporaron ventilas que permiten la ventilación nocturna, que junto con el empleo de sistemas constructivos de alta masa térmica reducen la temperatura del aire al interior.

ABSTRACT

The design and implementation of passive systems for an educational building for the UNAM Institute of Renewable Energies in Temixco, Morelos, is presented. The architectural design had as its guiding principle the creation of a demonstration building with a bioclimatic design in a warm, semi-humid climate. This building will house the Bachelor of Renewable Energy Engineering (LIER). The design process was carried out with a participatory approach, where LIER authorities and future users expressed their vision of the needs to be met and their expectations. The geometry is rectangular with long facades with windows to the north and south, this reduces thermal loads due to solar radiation and allows the use of the wind that comes from the south during occupancy hours. The color of the walls is white on the outside and inside, on the outside it reduces the absorption of incident solar radiation and on the inside, it increases lighting. Solar protections were designed with eaves and sunshades on windows and screens on the east and west facades. Trees were located in the building's plaza and plants in the hallways. All spaces have natural ventilation and daylighting. In most spaces, cross ventilation provides greater flow speed, increasing the thermal comfort of occupants in hot conditions. On the ground floor and level 1, cross ventilation occurs with windows to the north and south. On level 2, the smaller classrooms were located in two bays separated by a hallway, where cross ventilation is achieved with the use of wind exchangers on the slab and windows. Vents were incorporated in all spaces that allow night ventilation, which together with the use of high thermal mass construction systems reduce the air temperature inside.

Palabras claves: diseño bioclimático; edificio demostrativo; sistemas pasivos; ventilación natural; iluminación natural; geometría; protecciones solares; masa térmica.

1. INTRODUCCIÓN

Se estima que el consumo de energía para la operación de las edificaciones en México representa cerca del 25% del consumo nacional (SENER 2023, Chateller & McNeil 2020). Por ello es relevante reducir este consumo de energía. El diseño de las edificaciones de acuerdo al clima del lugar, es decir el diseño bioclimático, es fundamental para lograr este objetivo.



**XLIX SEMANA NACIONAL
ENERGÍA SOLAR**
DEL 6 AL 10 DE OCTUBRE 2025 • IER-UNAM TEMIXCO, MOR.
Conectando con el sol por un futuro sostenible



En 2018 se inició el proyecto “Edificios demostrativos de diseño bioclimático en clima cálido subhúmedo en el Instituto de Energías Renovables de la UNAM”, financiado por el entonces Fondo de Sustentabilidad Energética del CONACYT y SENER, la UNAM y el Gobierno del Estado de Morelos en México. En este proyecto participaron el Grupo de Energía en Edificaciones del Instituto de Energías Renovables (IER) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Laboratorio de Energía, Medio Ambiente y Arquitectura (LEMA) de la Universidad de Sonora (UNISON) y el Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) ligado a la University of California. El proyecto se desarrollaría en un nuevo terreno adyacente al área original del IER, lo que permitiría la ampliación de su infraestructura educativa y de investigación.

El proyecto, fue planteado para desarrollarse en cuatro etapas. En la primera se realizó el anteproyecto arquitectónico del Plan Maestro (PM) de desarrollo del nuevo terreno del IER, el cual contempló la construcción de dos edificios, un auditorio con sala de exhibiciones, acceso al IER y comunicación entre el área original del IER y el nuevo predio. También en la primera etapa se hizo el anteproyecto arquitectónico y el proyecto ejecutivo del primer edificio, llamado Edificio de Docencia. En la segunda etapa se realizó el proyecto ejecutivo del acceso al IER y la comunicación entre el área original del IER y el nuevo predio, se inició la construcción del Edificio de Docencia, se diseñaron sistemas de medición y adquisición de variables relevantes para la evaluación de su desempeño, así mismo se diseñaron sistemas de enfriamiento de bajo consumo de energía para el Edificio de Docencia. En la tercera etapa se concluiría la construcción del Edificio de Docencia y se construirían e instalarían los sistemas de medición y de adquisición de variables relevantes, así como los sistemas de enfriamiento de bajo consumo de energía. En la cuarta etapa se realizaría la evaluación del Edificio de Docencia y la difusión de resultados. Lamentablemente el Fondo de Sustentabilidad Energética fue disuelto y el CONAHCYT no pudo ministrar lo correspondiente a las dos últimas etapas.

En este artículo se reseña el diseño y la implementación de sistemas pasivos del Edificio de Docencia, esto con el fin de socializar en la comunidad el proceso de diseño y las estrategias de diseño bioclimático en clima cálido subhúmedo, que tiene la particularidad de producir el mayor discomfort térmico en la temporada cálida seca.

2. PROCESO DE DISEÑO PARTICIPATIVO

La participación activa de usuarios, diseñadores y especialistas fue clave en este proyecto. Involucrarse en todas las etapas, desde la programación arquitectónica hasta la evaluación post construcción, hace posible el aprovechamiento del potencial de las estrategias bioclimáticas y otros sistemas de acondicionamiento ambiental, optimizando la funcionalidad, la eficiencia energética y el confort. Esta metodología participativa ha demostrado ser una herramienta valiosa para crear edificios más sostenibles y adaptados a las necesidades de sus usuarios.

3. DESCRIPCIÓN DE LOS ESPACIOS DEL EDIFICIO

El edificio contempla cuatro niveles y azotea. El semisótano tiene estacionamiento e instalaciones. Las escaleras, elevador y servicios separan al edificio en alas este y oeste. La planta baja tiene al oeste un comedor con cocina cuyas fachadas sur y oeste están completamente abiertas y al este se encuentran el área administrativa; una sala de trabajo; un aula de cómputo y un cuarto para impresión 3D. En el nivel 1, al oeste hay un laboratorio y al este se tienen cuatro aulas para 40 personas cada una. En el nivel 2, al oeste tienen dos laboratorios y en el ala este al sur hay tres aulas para 10 personas y al norte tres aulas para 20 personas, separados por un pasillo central. Al final hay una sala de trabajo para 40 personas. La azotea cuenta con espacios para realizar prácticas de energías renovables y un cuarto de máquinas. El edificio cuenta con una escalera de emergencia en el extremo este.

4. ANÁLISIS DEL CLIMA DEL LUGAR

Según la clasificación de bioclimas de CONAVI (2010) e INFONAVIT (2020), Temixco tiene clima cálido subhúmedo. De acuerdo con la clasificación de grados día que ha propuesto CONUEE (2020) le corresponde un clima 2. En este proyecto se realizó un análisis detallado a partir de datos recabados en la estación meteorológica del IER del año 2018. En la Figura 1 se presentan gráficos de promedios mensuales por hora de la irradiancia global solar, la temperatura del aire y la humedad relativa del aire. Se observa que Temixco tiene una alta irradiancia solar durante los meses de febrero a octubre y como es de esperarse, los datos de temperatura del aire indican que la temporada cálida va de febrero a octubre. Cuando se analizan los datos de humedad relativa del aire se nota que existen dos temporadas muy diferenciadas, de lluvias y de secas o estiaje. Es decir, la clasificación de subhúmedo se da por el promedio anual, lo que enmascara la característica del clima. La temporada cálida se divide en cálida seca que va de febrero a mayo y la temporada cálida húmeda de junio a octubre. Toda la temporada fría es de secas y va de noviembre a enero, es fría en términos relativos, ya que la temperatura mínima es de 10°C y la máxima es de 27°C, por lo que no ocasiona discomfort térmico. La temporada en la que se presenta mayor discomfort térmico en las personas es la temporada cálida seca, por lo que las estrategias bioclimáticas se enfocan principalmente a dicha temporada. Dicha temporada se caracteriza por la gran amplitud de las oscilaciones de la temperatura del aire, cercana a los 15°C (Figura 2). Ya que una de las estrategias de diseño bioclimático para climas cálidos es el empleo de la ventilación natural, se analizan la magnitud y dirección del viento a través de rosas de viento con promedios anuales para las 24 horas y separados durante el día



**XLIX SEMANA NACIONAL
ENERGÍA SOLAR**
DEL 6 AL 10 DE OCTUBRE 2025 • IER-UNAM TEMIXCO, MOR.
Conectando con el sol por un futuro sostenible



y durante la noche, los cuales se presentan en la Figura 3. Se observa un patrón típico de colina con una pendiente de sur a norte con vientos de día desde el sur y vientos de noche desde el norte.

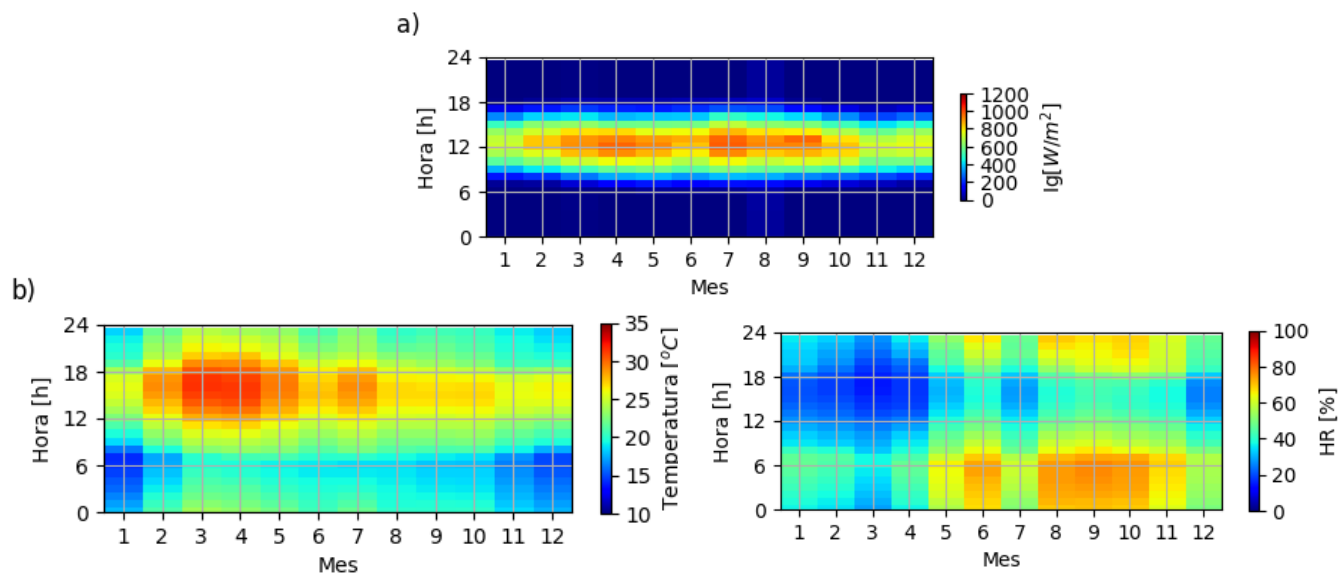


Figura 1. Análisis del clima de Temixco, Morelos: a) Irradiancia global solar, b) temperatura del aire y c) humedad relativa del aire.

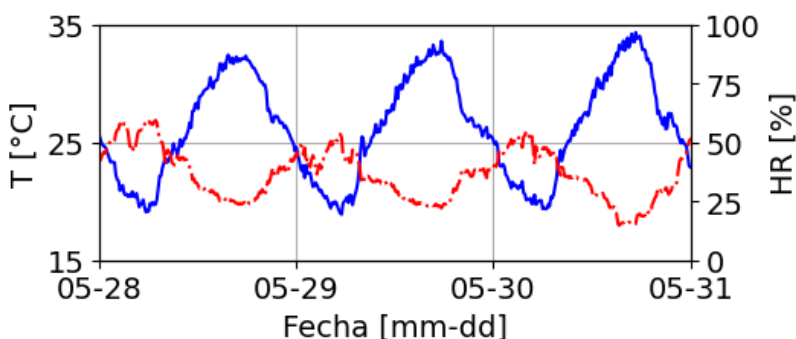


Figura 2. Temperatura y humedad relativa del aire como función del tiempo en la época cálida seca.

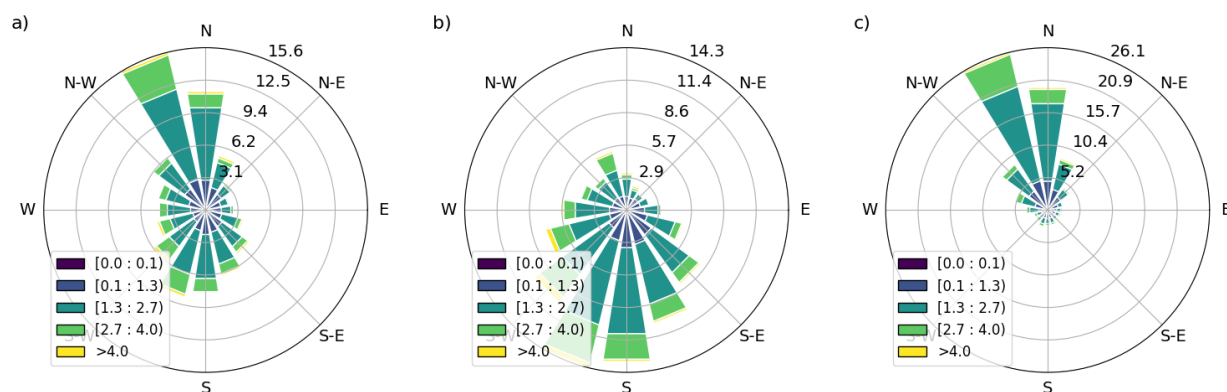


Figura 3. Rosas de viento en Temixco, Morelos, promedios anuales: a) día y noche, b) día y c) noche.



5. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS

La estrategia básica fundamental de diseño bioclimático para todos los climas cálidos es reducir las ganancias de calor por la radiación solar incidente en la envolvente. Para conseguir esto, varias estrategias específicas se deben seguir.

La primera estrategia es la selección de la geometría del edificio que logre dicha reducción. Se optó por una geometría rectangular con las fachadas largas orientadas al norte y al sur geográficos, esto permite que las ventanas de las aulas, laboratorios y oficinas se encuentren en dichas fachadas y sean más fáciles de proteger del ingreso de radiación solar directa, con respecto a otras orientaciones (Figura 4). Otra estrategia importante para reducir las ganancias de calor solar es emplear colores claros en las superficies exteriores de los elementos opacos de la envolvente, por lo que se seleccionó el blanco para muros y azoteas (Figura 4). Cabe señalar que las superficies de los muros al interior también son blancas para aumentar la iluminación al interior.

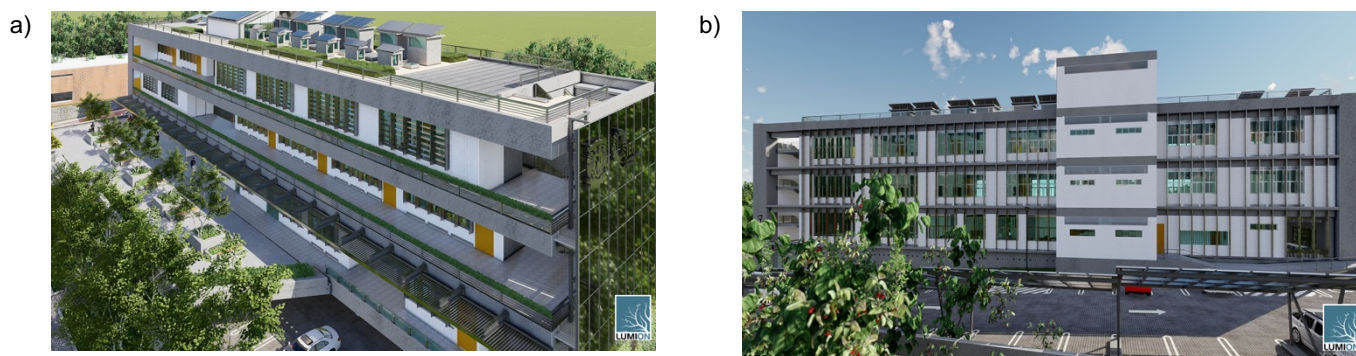


Figura 4. Fachadas: a) sur y b) norte., se observan los muros y azotea de color exterior blanco.

Además, se incluye como estrategia para reducir la ganancia de calor solar la utilización de protecciones solares para las ventanas y para muros. En este caso las ventanas se encuentran en las fachadas norte y sur, donde se utilizaron ventanas grandes para favorecer la iluminación natural y la ventilación natural (Figura 5). En la fachada sur, la mayoría de las ventanas dan a un pasillo ancho techado, el techo constituye un gran alero, la protección se complementó con quiebrasoles en lamas, en las ventanas del segundo nivel que dan a un pasillo angosto se agregaron al alero del techo aleros en lamas y quiebrasoles en lamas. En la fachada norte se emplearon quiebrasoles en lamas. Las fachadas este y oeste serán protegidas con pantallas, que tendrán en la planta baja una malla para el crecimiento de enredaderas y en los niveles 1 y 2 se colocarán en las fachadas mencionadas módulos fotovoltaicos (Figura 6).



Figura 5. Protecciones solares en ventanas: a) fachada sur con pasillo ancho, b) fachada sur con pasillo angosto y c) fachada norte.

Colocar plantas que produzcan sombra también reduce las ganancias de calor solar al edificio, al mismo tiempo que las plantas reducen la temperatura del aire por el efecto de evapotranspiración. En el Edificio de Docencia, se colocarán enredaderas (ciso) en las pantallas este y oeste y plantas cubresuelos (gudelia) en maceteros en los pasillos sur de los niveles 1 y 2, árboles (teca) y plantas (gudelia) en jardineras de la plaza al sur del edificio y plantas (gudelia) en áreas de la azotea (Figura 7). El tipo de vegetación se escogió por su fácil crecimiento y mantenimiento en Temixco, en particular el árbol por su capacidad de dar sombra, ser adecuado para poner en jardinera y ser nativo de México. Además, la gudelia y el tecoma tienen floraciones amarillas, color que se seleccionó por ser uno de los colores de identidad del IER.

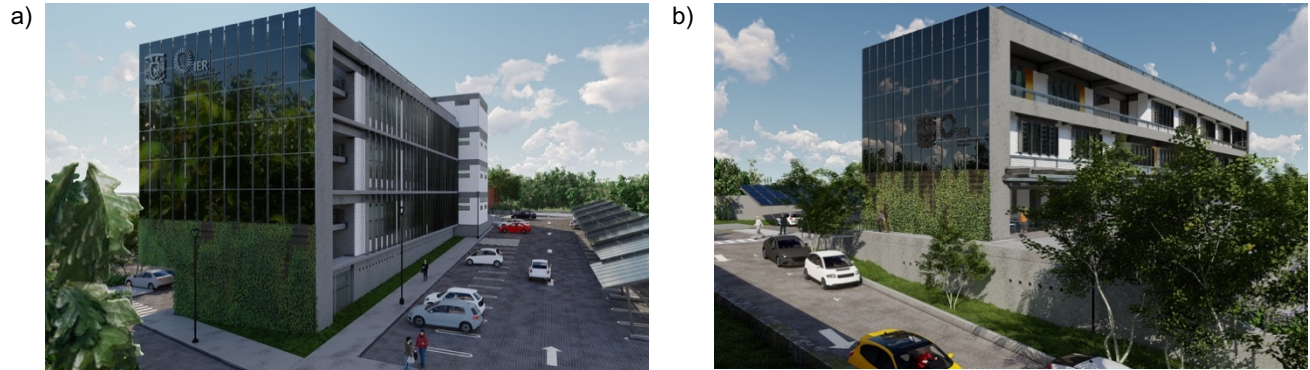


Figura 6. Protecciones solares tipo pantalla en fachadas a) este y b) oeste.



Figura 7. Plantas en el Edificio de Docencia, vistas de la fachada sur.

Tomando en cuenta que la época de mayor desconfort térmico es la época cálida seca, se emplearon estrategias de diseño bioclimático para el bioclima cálido seco. La primera estrategia es el uso de masa térmica en los sistemas constructivos del edificio, por lo que se utilizaron losas de concreto y muros de ladrillo hueco extruido esmaltado blanco (tipo Santa Julia). La segunda estrategia es el empleo de la ventilación natural nocturna, para ello se colocaron ventilas inferiores y superiores en las fachadas norte y sur, estas ventilas serán movidas por motores automatizados para su apertura durante la noche. Otra estrategia es la ventilación natural durante la ocupación de los espacios. En todos los espacios se procuró la ventilación natural cruzada. Coincidentemente la geometría adecuada para evitar las ganancias de calor por radiación solar, dada la dirección del viento en Temixco, también es la geometría adecuada para ventilación natural. Las aulas grandes se ubicaron en la planta baja y en el nivel 1 donde la ventilación cruzada en ocupación se da a través de ventanas en las fachadas norte y sur y la ventilación nocturna a través de las ventilas en ambas fachadas (Figura 8). Las aulas pequeñas en dos crujías separadas por un pasillo se ubicaron en el nivel 2 cuyo techo es la losa de azotea donde se colocaron estructuras denominadas intercambiadores de viento (Cruz-Salas et al. 2014) para permitir la ventilación natural cruzada, en ocupación a través de ventanas en una fachada y el intercambiador de viento, cuyas aperturas permanecen abiertas todo el tiempo, y para la ventilación nocturna a través de las ventilas en una fachada y el intercambiador de viento (Figura 9).

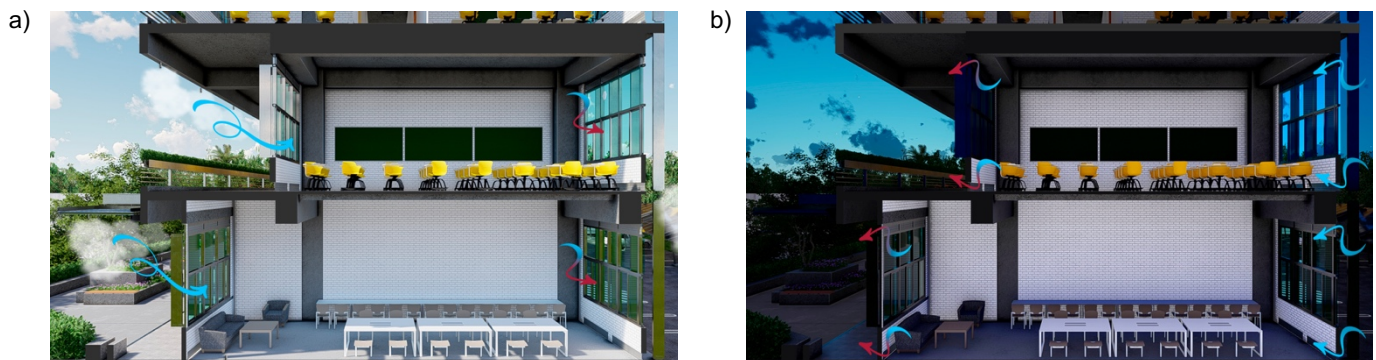


Figura 8. Ventilación cruzada en aulas grandes y en laboratorios: a) ventilación en ocupación y b) ventilación nocturna.



**XLIX SEMANA NACIONAL
ENERGÍA SOLAR**
DEL 6 AL 10 DE OCTUBRE 2025 • IER-UNAM TEMIXCO, MOR.
Conectando con el sol por un futuro sostenible

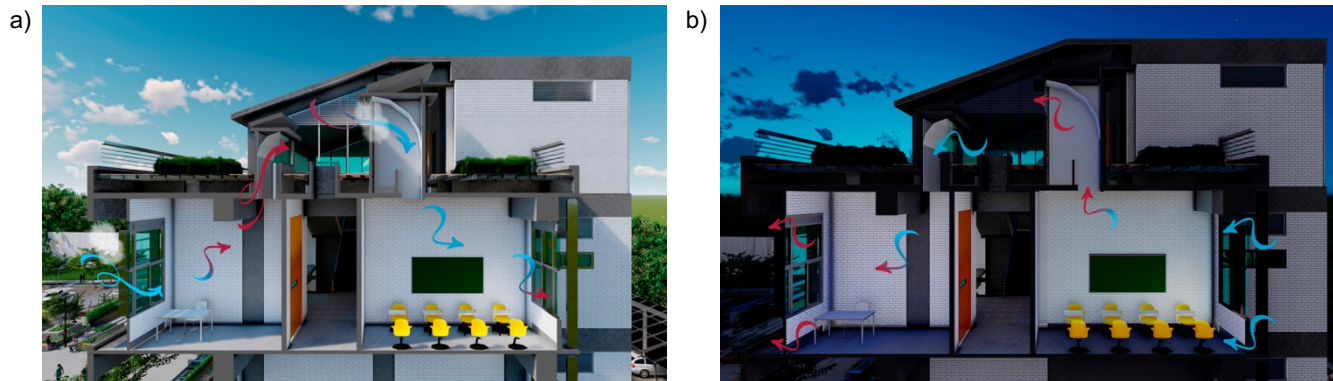


Figura 9. Ventilación cruzada en aulas pequeñas: a) ventilación en ocupación y b) ventilación nocturna.

6. CONCLUSIONES

El socializar el proceso de diseño de un edificio que será demostrativo de diseño bioclimático tiene por objetivo que este edificio realmente se convierta en un referente y un ejemplo para que en nuestro país cada vez más se diseñen y construyan edificaciones con estrategias de diseño bioclimático. Con ello se contribuiría al uso eficiente de la energía y a aumentar la sustentabilidad de las edificaciones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocemos la contribución a esta investigación de los participantes y de las instituciones financiadoras del proyecto "Edificios demostrativos de diseño bioclimático en clima cálido subhúmedo en el Instituto de Energías Renovables UNAM". Fondo Sectorial CONACYT-SENER Sustentabilidad energética. Número de Registro: FSE-2017-01-291600.

REFERENCIAS

Comisión Nacional de Vivienda, CONAVI (2010). Código de Edificación de Vivienda. Consultado: 28/07/2024. Disponible en: https://www.academia.edu/11169377/C%C3%B3digo_de_edificaci%C3%B3n_de_la_vivienda_en_M%C3%A9xico_CONAVI

Comisión Nacional de Uso Eficiente de la Energía, CONUEE (2020). Clasificación de climas y su aplicación a la norma para envolvente de viviendas: notas para discusión. Cuadernos de la CONUEE, Número 6/Nuevo ciclo. Consultado: 28/07/2024. Disponible en: <https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/Cuadernos/cuaderno6NvoCiclo.pdf>

Cruz-Salas M.V., Castillo J.A., Huelisz G. (2014). Experimental study on natural ventilation of a room with a windward window and different windexchangers. Energy and Buildings 84,458-465. doi:10.1016/j.enbuild.2014.08.033 (ISSN: 03787788)

Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores, INFONAVIT (2020). Listado de municipios de México por Bioclimas. Consultado: 28/07/2024. Disponible en: https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/005dcf74-d918-41aa-acfa-927e7b33d98a/12.+Anexo%2B1.%2BListado%2Bde%2Bregiones%2Bbioclim%C3%A1ticas.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-005dcf74-d918-41aa-acfa-927e7b33d98a-mmCFC0