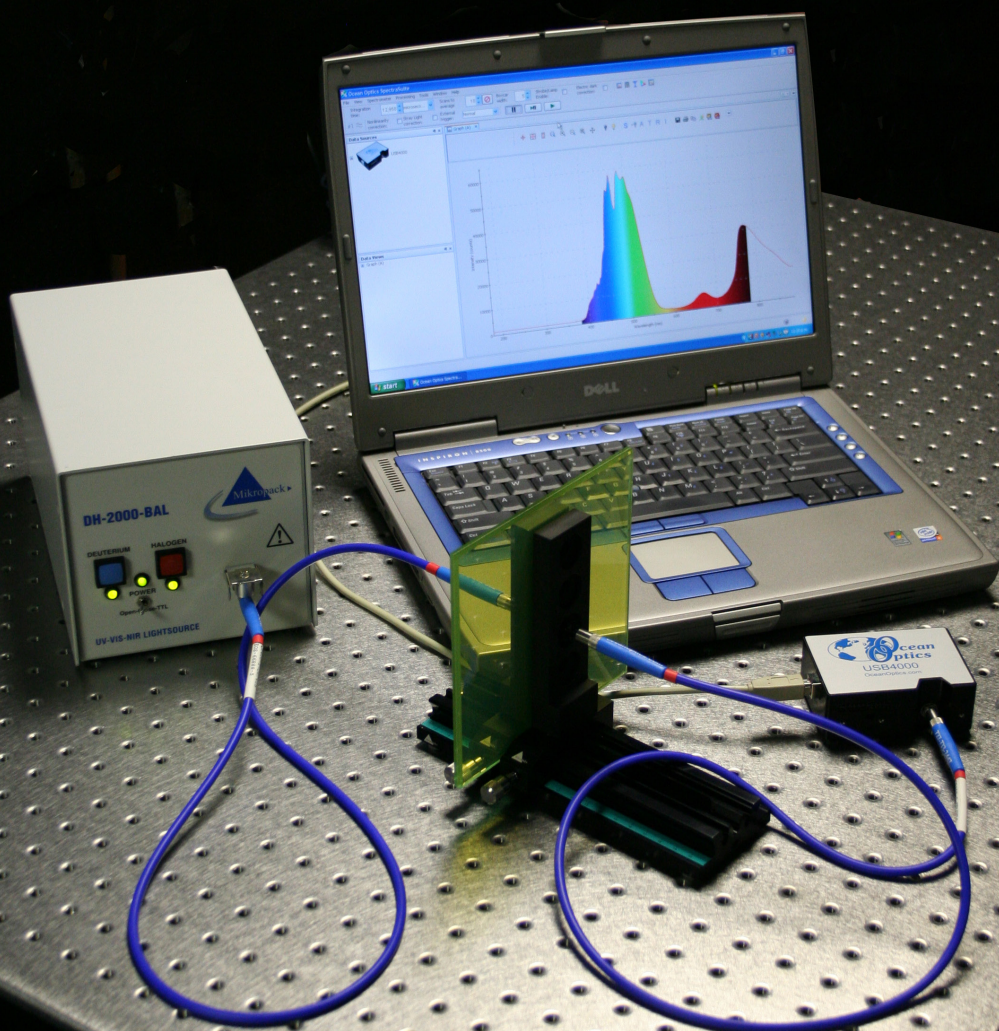


CONACYT-SENER | SUSTENTABILIDAD
ENERGÉTICA | FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL
PROYECTO 260155

LABORATORIO PARA LA ENSEÑANZA DE LA
EDIFICACIÓN SUSTENTABLE

REPORTE TÉCNICO | ETAPA 003



Responsable técnico:

Dra. Adriana Lira Oliver

Corresponsables:

Dr. Alberto Muciño Vélez

M. en I. Perla Santa Ana Lozada



UNAM • Facultad de Arquitectura • Mayo 2018

ÍNDICE

1. Instalación del laboratorio	2
2. Equipo instalado	8
3. Condiciones finales logradas	23
4. Programa de funcionamiento	23
5. Áreas	23
6. Fortalecimiento institucional de la UNAM	30
7. Proyectos de investigación y tesis	30
8. Cursos	37
9. Página web	40
10. Conclusiones	40

1. INSTALACIÓN DEL LABORTORIO

El proceso de instalación del “Laboratorio para la Enseñanza de la Edificación Sustentable” comenzó en febrero de 2017 y concluyó en abril de 2018. El espacio para las instalaciones se encuentra dentro de la Facultad de Arquitectura de la UNAM. Actualmente, las instalaciones se encuentran completamente operando con el 100% de la instalación del equipo.



FIGURA 1. Vista desde el primer piso hacia el área del Laboratorio de Materiales y Sistemas Estructurales.



FIGURA 2. Zona de Impresión, maquetas y Laboratorio de Estructuras.



FIGURA 3. Zona de cubículos para los investigadores.



FIGURA 4. Zona de la máquina de esfuerzos universales del Laboratorio de Materiales y Sistemas Estructurales.



FIGURA 5. Zona de realización de pruebas y Área de Espectrometría



FIGURA 6. Zona del espectrómetro infrarrojo y microscopio.

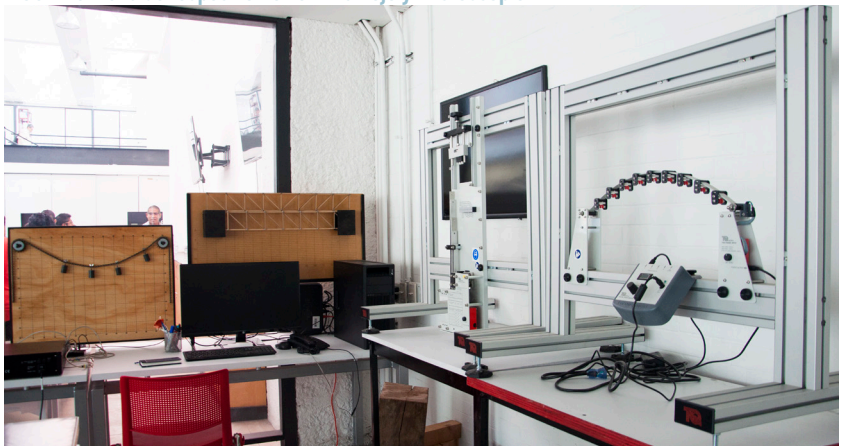


FIGURA 7. Modelos foniculares para hacer demostraciones de esfuerzos mecánicos.



FIGURA 8. área de prensa para esfuerzos a comprensión.



FIGURA 9. Estudiantes realizando un análisis de la incidencia solar en la fachada de un edificio.



FIGURA 10. Estudiante de doctorado haciendo medidas de conducción de calor en materiales.



FIGURA 11. Estudiante de licenciatura realizando medidas de difusividad térmica en materiales.

2. EQUIPO INSTALADO

En el área de los laboratorios se lograron instalar todos los equipos de medición y programas de computación contemplados desde la concepción del presente proyecto. Se instalaron y probaron exitosamente 20 equipos de medición de calidad científica y tres programas computacionales de reconocimiento internacional.

2.1. EQUIPOS DE MEDICIÓN

2.1.1. Máquina de esfuerzos universales, para el estudio de las propiedades mecánicas de los materiales como lo pueden ser compresión, flexión de tres puntos y tensión. Este equipo se instaló para que los estudiantes observen los diferentes comportamientos mecánicos que se desarrollan en los materiales y sistemas constructivos y como repercuten en el diseño de elementos de edificación, demostrando como por medio de este análisis se pueden entablar proyectos que contemplen el uso óptimo de los recursos de la construcción (ver figura 12).

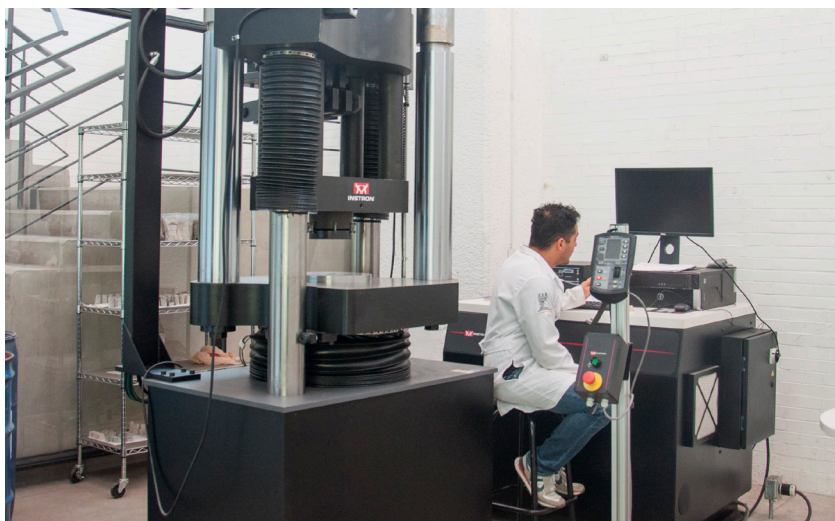


FIGURA12. Máquina de esfuerzos universales.

2.1.2. Prensa para esfuerzos a compresión en concreto, Modelo Serie Industrial RD, para la prueba de compresión de alta capacidad de cilindros, cubos y bloques de concreto. Estos marcos ultra-rígido son ideales para pruebas avanzadas de concreto para el diseño de diferentes tipos de mezclas induciendo al alumno en cuanto a la dosificación y la interacción de sus propiedades físico-mecánicas. (ver figura 13).

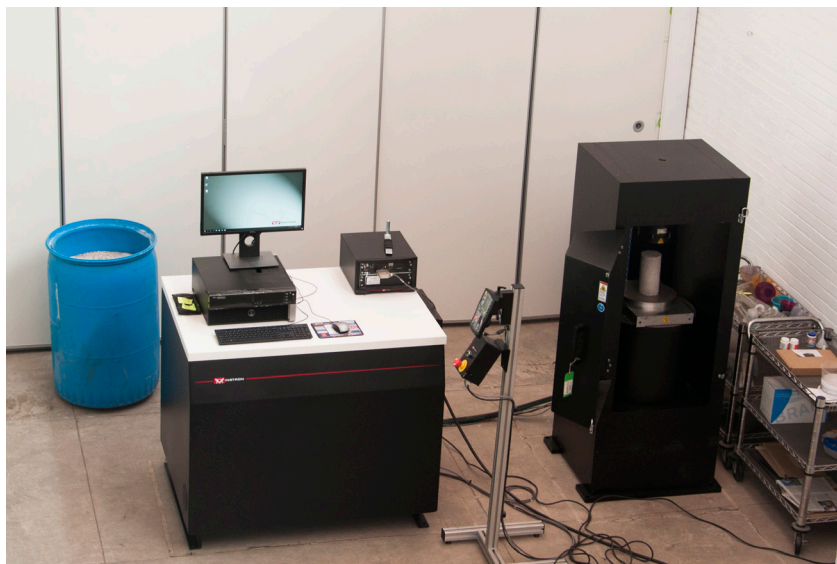


FIGURA 13. Prensa para esfuerzos a compresión.

2.1.3. Equipo de espectrometría infrarroja Espectrómetro FT-IR, marca Thermo Fisher Scientific, modelo NICOLETiS50, importante para el estudio y caracterización de nuevos materiales. En la última década, la sustentabilidad energética y en particular la edificación sustentable, han requerido de la síntesis de nuevos materiales. La enorme demanda ha provocado que muchos grupos en el mundo se dediquen a la síntesis de nuevos materiales con el propósito de cumplir con las demandas de la sustentabilidad. Este alto crecimiento en la producción de nuevos materiales requiere que se les caracterice adecuadamente no sólo en sus propiedades físicas que requiere la construcción sustentable, sino también su composición a nivel molecular. La técnica por espectrometría FT-IR (espectrometría infrarroja por transformada de Fourier), es una técnica muy versátil y muy utilizada en la ciencia de materiales. Es sencilla de operar y tiene una alta precisión. La idea de que en los laboratorios exista esta técnica con la cual se familiaricen los estudiantes, es que los materiales a los cuales les estudien sus propiedades térmicas y ópticas para ser utilizados en la envolvente del edificio, les hagan también un estudio de composición y de propiedades mecánicas, para así tener una visión completa del material para ser aplicado en la construcción. La composición del material tiene una importancia insoslayable desde el punto de vista de la salud. El estudiante debe de estar seguro que los materiales que utilice no sean nocivos a la salud de los ocupantes de un edificio. Si el estudiante sabe cómo analizar el material, podrá exigirle al fabricante las pruebas adecuadas a sus materiales (ver figura 14).

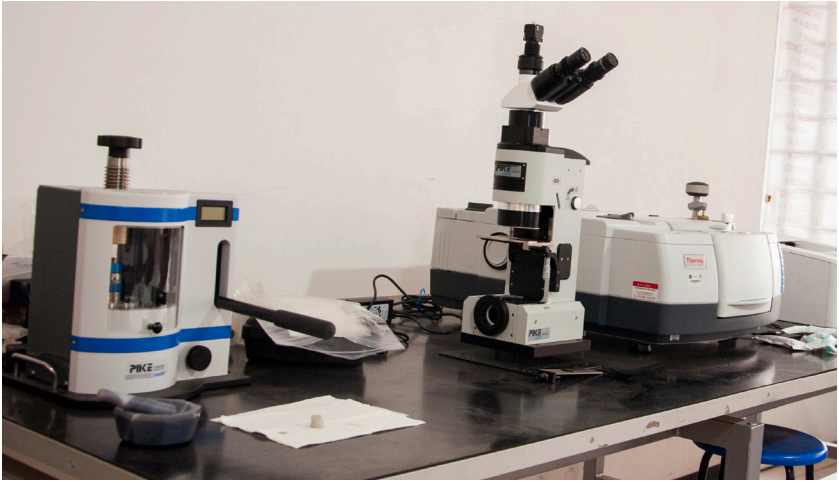


FIGURA 14. Espectrómetro infrarrojo y microscopio.

2.1.4. Mesa Vibratoria Modelo NAW5 -Z30, cuyo sistema consiste en un excitador, un amplificador de potencia, sensores, e instrumentos de control (incluyendo la adquisición de datos y una fuente de señal aleatoria), con un software de computadora. El objetivo de este equipo es demostrar como las propiedades térmicas contribuyen en la propagación de ondas, ya que la respuesta de un material en principio junto con la adecuación estructural determinan los movimientos presentes en la edificación (ver Figura 15).

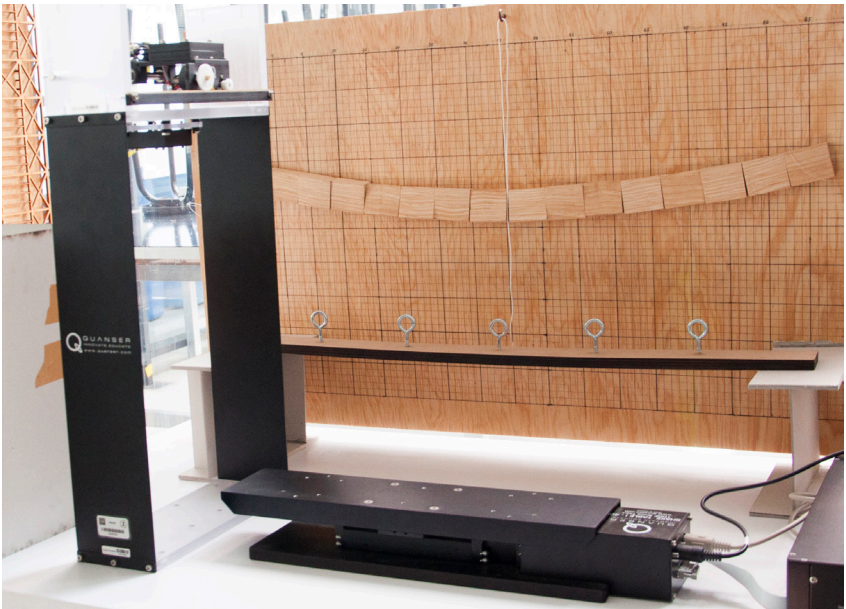


FIGURA 15. Mesa vibratoria.

2.1.5. Equipo de experimentación deformaciones en vigas (ver Figura 16).

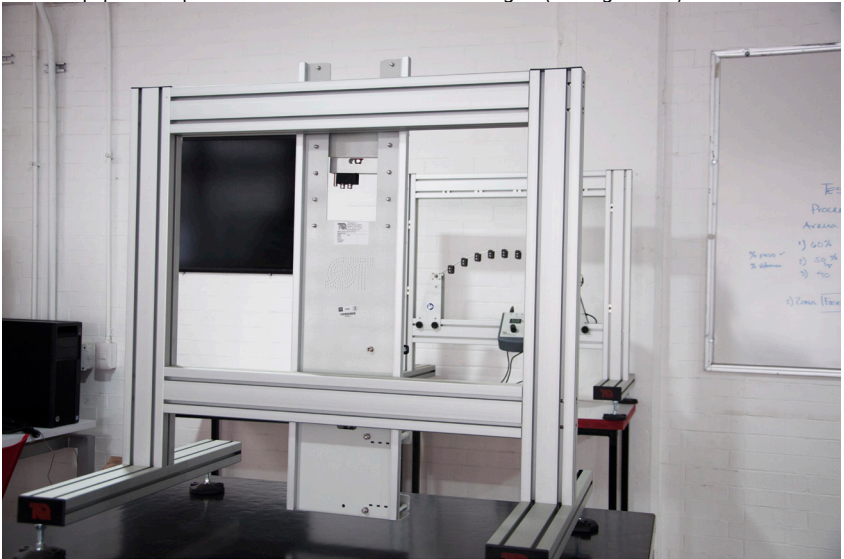


FIGURA 16. Equipo de experimentación de deformaciones en vigas.

2.1.6. Una cortadora laser STM Robotics, modelo STML1325, área de trabajo 1.3 x 2.5 m, para realizar maquetas simples y texturas a pequeña escala que cambien las propiedades ópticas de los materiales, para poder ser analizadas con los equipos a adquirir (ver Figura 17).

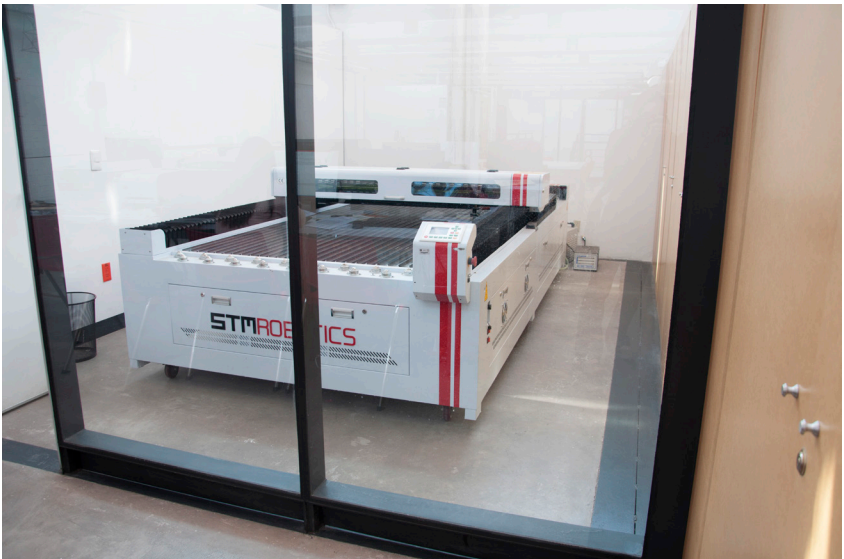


FIGURA 17. Cortadora láser.

2.1.7. Una pequeña estación meteorológica marca Campbell para medir radiación solar (difusa y directa), temperatura, humedad y precipitación (para conocer el contenido energético en el medio: energía sensible y latente), presión atmosférica y velocidad y dirección del viento para saber como podemos manipular esta energía para el beneficio del edificio (ver Figura 18).



FIGURA18. Estación meteorológica Cambell.

2.1.8. Un conductímetro de la marca Netzsch, que además de ser muy preciso para medir el índice de conductancia de los materiales, ayudará al estudiante entender la capacidad de conducir la energía de los diferentes materiales disponibles en el mercado (ver Figura 19).



FIGURA 19. Medidor de conductividad térmica NETZSCH.

2.1.9. Heliódón de la marca High Precision Devices modelo 126, para el entendimiento sobre cuánta energía incide sobre la envolvente de los edificios dependiendo de la latitud de la República Mexicana (este heliódón puede simular la trayectoria solar de todas las latitudes de la República Mexicana) y el efecto de sombreado de las protecciones solares en la misma envolvente (ver Figura 20).



FIGURA 20. Heliódón High Precisions.

2.1.10. Equipo para medir la difusividad térmica de cualquier material (líquido, sólidos blandos ó sólidos duros) con el cual se puede determinar el calor específico de los materiales de construcción, su densidad y por tanto, su efecto de Masa Térmica, efecto muy necesario de aprovechar para gran parte de los climas de la República Mexicana. Este equipo es portátil y se puede llevar al campo de estudio. El modelo KD2-PRO incluye un medidor de resistividad de materiales duros RK-1 (ver Figura 21).



FIGURA 21. Medidor de difusividad térmica Decagon Devices.

2.1.11 y 2.1.12.. Un reflectómetro solar y 1 emisómetro térmico de la marca Surface Optics bajo la normas ASTM E903 y ASTM E408. Estos reflectómetros, junto con los emisómetros de la misma marca nos dan medidas que en su conjunto nos indican el Índice de Reflectancia Solar (ISR), necesario para entender la contribución al efecto de "Isla de Calor" de los materiales. Además, estos reflectores son portátiles y se pueden transportar al campo de estudio. (ver Figura 22).



FIGURA 22. Reflectómetro solar y emisómetro térmico bajo las normas ASTM E903 y la ASTM E408.

2.1.13. Emisómetro bajo la norma ASTM C1371-04 de la marca Devices & Services. Además de ser un equipo muy preciso para medir la emitancia de los materiales para su caracterización, este equipo ayudará al estudiante a entender cuánta energía es re-emitida al medio, después de haber sido absorbida por el material (ver Figura 23).



FIGURA 23. Emisómetro térmico bajo la norma ASTM C1371-04.

2.1.14. Estación de microclima Delta Ohm para la medición de parámetros de microclima al interior de espacios, así como en el cálculo de los niveles de discomfort térmico de los usuarios para diferentes tipos de clima (fríos, templados y cálidos) a partir de los datos medidos. Delta Ohm, se ha especializado en sistemas que sean portátiles, lo que lo hace particular de la marca; para realizar los productos correspondientes al proyecto 260155, se requerirá de realizar mediciones en campo y se necesita que estos equipos sean portátiles y fáciles de transportar. Por otro lado, los equipos Delta Ohm cumplen con las normas ISO 7730-2006 y ISO 7726 para la determinación de condiciones de confort térmico para el hombre y para la medición de cantidades físicas de ambientes térmicos como son la temperatura de bulbo húmedo, temperatura de bulbo seco, humedad relativa, velocidad de viento, temperatura media radiante y temperatura de globo (ver Figura 24).

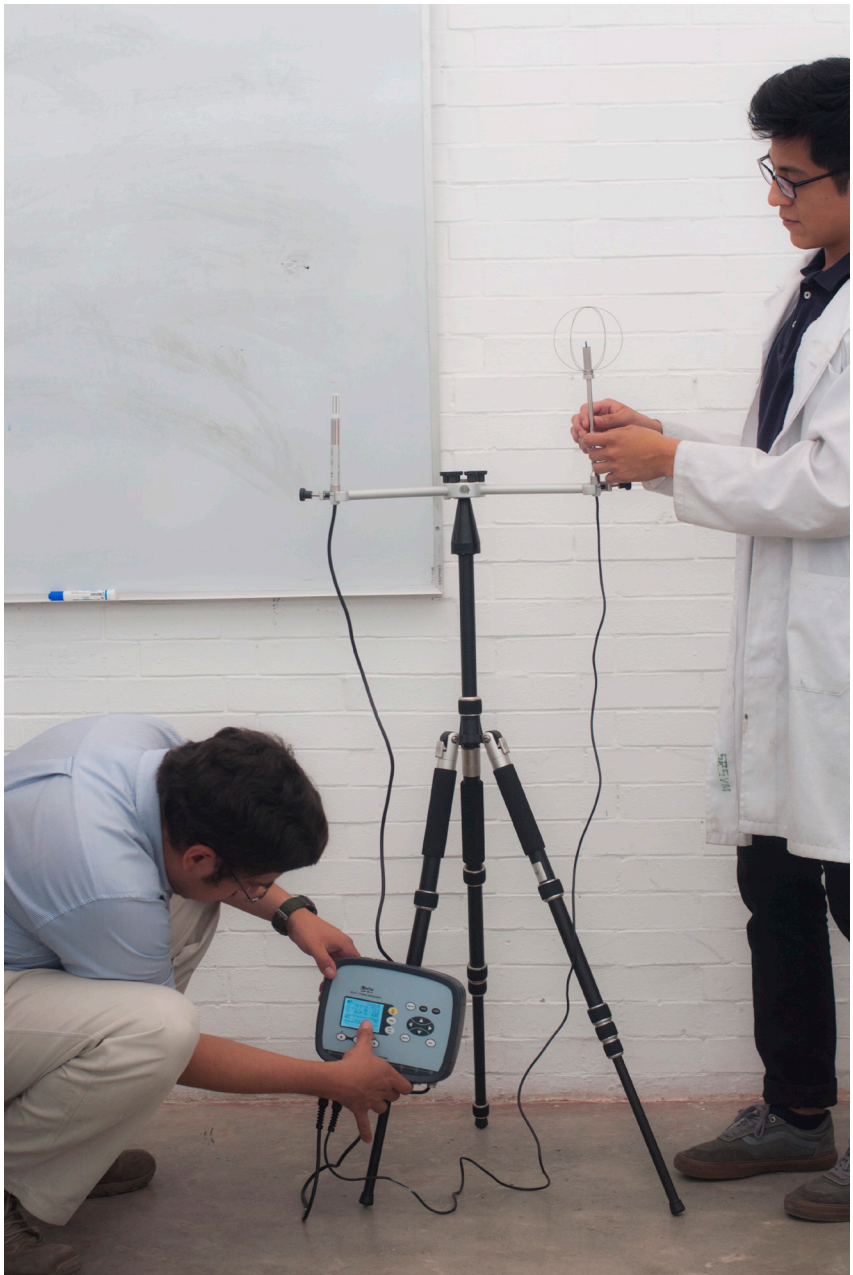


FIGURA 24. Estación de microclima Delta Ohm.

2.1.15. Cámara termográfica marca FLUKE, modelo Ti 400. Este equipo permite visualizar los diferentes contenidos energéticos de la estructura de un edificio, a través de imágenes de colores falsos (ver figura 25).



FIGURA 25. Cámara termográfica FLUKE.

2.1.16. Reflectómetro solar bajo la norma ASTM C1549-09. Este equipo, además de hacer medidas muy precisas del índice de reflectancia solar de los materiales para la caracterización de éstos, ayudará al estudiante a entender cuánta radiación solar es reflejada dependiendo de las características del material, y por tanto, cuánta energía es absorbida por los materiales de la envolvente de los edificios (ver Figura 26).



FIGURA 26. Reflectómetro solar bajo la norma ASTM C 1549-09.

2.1.17. Dos termómetros infrarrojo marca FLUKE, modelos 572. Permiten medir la temperatura de la superficie de los materiales después de haber absorbido energía y re-emitido radiación infrarroja (ver figura 27).



FIGURA 27. Termómetro infrarrojo marca FLUKE.

2.1.18. Equipo óptico para el estudio de la radiación electromagnética desde su punto de vista espectral. Este equipo es de la marca Ocean Optics y comprende: espectrometros que cubren el rango de 200-2500 nm (ultravioleta a infrarrojo), fibras ópticas, bases, lámparas, calibradores, estándares, esfera integradora. Este equipo es para desarrollar prácticas con los estudiantes para que comprendan el espectro solar, la relación onda-energía, y el contenido energético de la radiación reflejada o transmitida por los materiales de construcción (ver Figura 28).

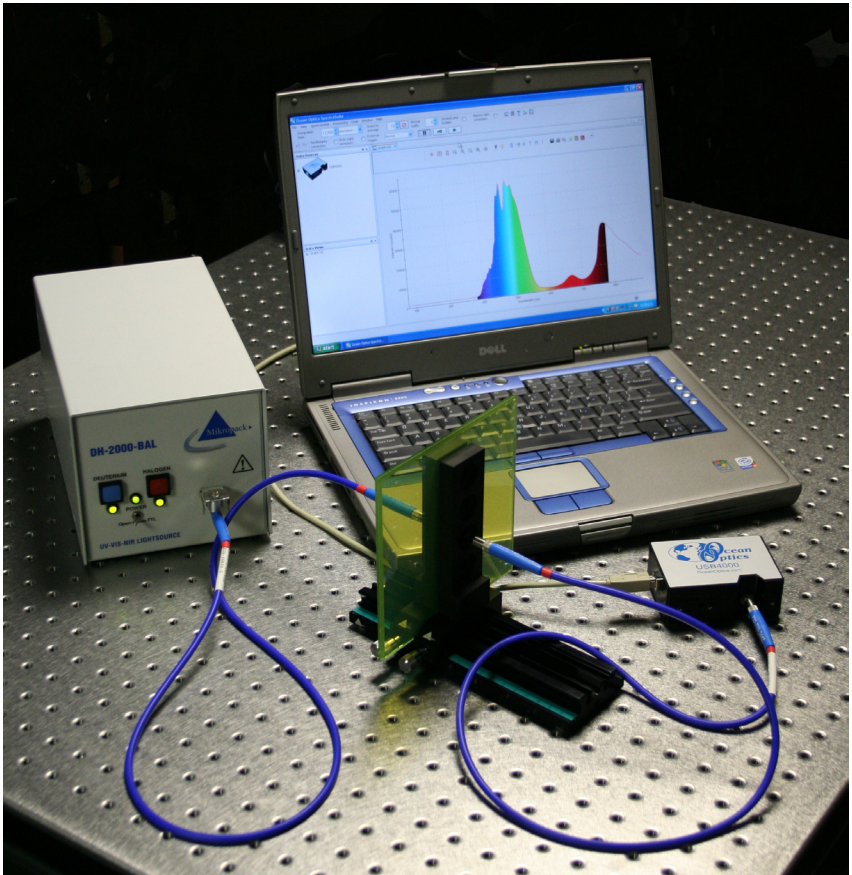
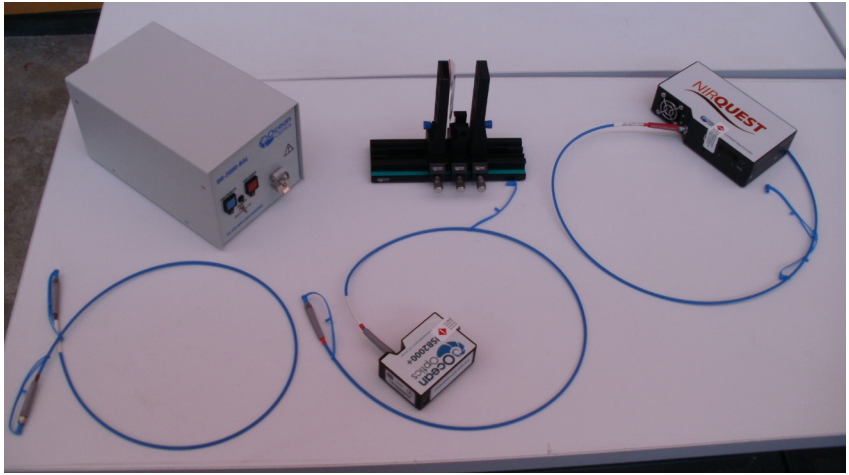


FIGURA 28. Equipo óptico para el estudio de radiación electromagnética.

2.1.19. Son 15 luxómetros marca Peak Meter. Miden la radiancia en unidades fotométricas. Son portátiles y se pueden transportar al campo de estudio. Con estos luxómetros, el alumno podrá entender cuánta radiación solar es captada por el visible y cuánta de esta radiación visible es reflejada por los materiales de construcción. El alumno también podrá evaluar como distintos materiales, según sus propiedades ópticas y texturas contribuyen a una mejor calidad de la iluminación natural, muy importante para reducir los costos energéticos producidos por la iluminación artificial (ver Figura 29).



FIGURA 29. Luxómetro PEAK METER.

2.1.20. Tanque ambiental para estudios de ventilación natural, el cual se compone de un tanque de agua, un baño térmico para el calentamiento y enfriamiento del agua y un sistema de adquisición de datos. El sistema de adquisición de imágenes consta de una computadora de escritorio ASUS con un procesador Intel Core i7-6700 de 8 núcleos a 3.40GHz con WINDOWS 10 a 64 bits, memoria RAM DDR3 16GB, una cámara NI-BASLER acA 1300 – 30 um con una C – Mount adaptada a una lente NIKON 80-200mm (ver figura 30).



FIGURA 30. Cámara NI-BASLER acA con lente telescópico para la captura de imágenes por medio del método de Schlieren Sintético.

El tanque ambiental está construido con acrílico transparente de 25 mm de grosor con medidas interiores de $1.0 \times 1.0 \times 1.0$ m³ (ver figura 31). Las dimensiones y material son apropiados para utilizar técnicas ópticas para la adquisición de imágenes. Los estudiantes de arquitectura de la Facultad de Arquitectura de la UNAM, llevarán esta estrategia a su vida profesional, por lo que el desarrollo tecnológico didáctico como el tanque ambiental, los sistemas de adquisición de datos de temperatura y de imágenes con la técnica óptica Schlieren Sintético (SS), son de importancia para el entendimiento adecuado de los fenómenos físicos involucrados en la ventilación natural por parte de los estudiantes. La técnica de SS está basada en la visualización del flujo de un fluido mediante los índices de refracción. Estas variaciones en los índices de refracción causan que la luz, uniforme desde una fuente, sea refractada en diferentes direcciones al pasar a través del fluido, lo que causa una distorsión en un patrón de referencia colocado entre la fuente de luz y la zona de fluido que se quiere observar. El SS utiliza un procesamiento digital de imágenes para obtener los gradientes de campos como la temperatura o la densidad.



FIGURA 31. Tanque ambiental para la realización de estudios de ventilación natural en donde se utiliza el equipo de baño térmico para el calentamiento e enfriamiento de agua.

2.2. PROGRAMAS DE COMPUTACIÓN

2.2.1. Software CES para estudiantes (EDU Pack) y académicos, para investigación (Selector), que cuenta con una inmensa base de datos sobre propiedades térmicas, ópticas, mecánicas y de sustentabilidad de más de 3,000 materiales, y permite graficar estas propiedades y comparar y estudiar distintos materiales para su correcta implementación. Permitirá entender el comportamiento de nuevos materiales compuestos disponibles en el mercado, así proponer nuevos materiales compuestos y analizar sus propiedades energéticas térmicas, ópticas, mecánicas y características de sustentabilidad. A través de este software, dicha base de datos puede ser complementada por los propuestos por los académicos y estudiantes y ser compartida internacionalmente.

2.2.2. Software computacional de ANSYS llamado FLUENT, para la simulación de mecánica de fluidos en donde se analiza la transferencia de calor por movimientos convectivos por diferencias de temperatura y de calor dentro de los edificios. Este programa es necesario para entender el comportamiento energético de los edificios en cuanto a la mecánica de fluidos para encontrar las mejores estrategias de diseño en cuanto a la sustentabilidad energética. Hoy en día, el diseño de los edificios es ya paramétrico a nivel internacional. Este software es el que se utiliza en universidades renombradas como Harvard y el MIT, por estudiantes y académicos desde hace ya una década.

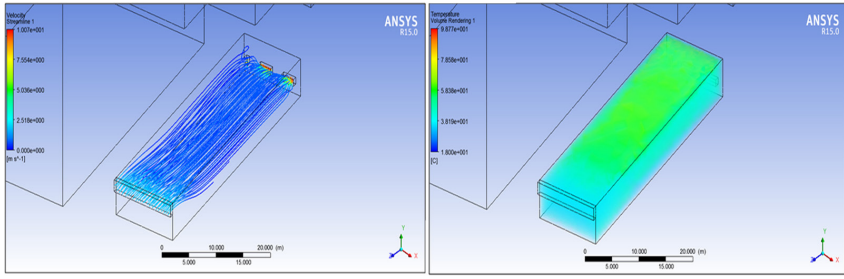


FIGURA 32. Imágenes obtenidas con el software ANSYS en el laboratorio.

2.2.3. Software Matlab para el procesamiento de datos y cálculos complejos matemáticos.

3. CONDICIONES FINALES LOGRADAS

Los nuevos equipos y programas computacionales están permitiendo la formación de nuevos profesionistas calificados para el desarrollo de proyectos sustentables y energéticamente eficientes. Actualmente se realizan prácticas en los laboratorios para 12 cursos, de los cuales 4 pertenecen al Posgrado de Arquitectura, 1 al programa de Especializaciones del Posgrado de Arquitectura, y 7 a la Licenciatura de Arquitectura. Por otro lado se están realizando 3 tesis de doctorado, 6 de maestría y 9 de licenciatura. Estos cursos de manera práctica han permitido a los estudiantes comprender los conceptos técnicos y científicos de mejor manera, de forma tal y ha interesado a los estudiantes de licenciatura a perseguir estudios a nivel posgrado e involucrarse en la investigación.

4. PROGRAMA DE FUNCIONAMIENTO

Los laboratorios realizan actividades predominante en relación con los proyectos de investigación. Se están realizando 3 tesis de doctorado, 6 de maestría y 9 de licenciatura, y se han desarrollado 2 proyectos de investigación de forma exitosa ya que los resultados se han publicado en revistas internacionales arbitradas e indexadas. Las prácticas de laboratorio para los cursos ocupan aproximadamente dos horas al día del tiempo; el resto se invierte en investigación.

5. ÁREAS

Del presente proyecto, “Laboratorio para la enseñanza de la edificación sustentable”, se desprenden dos áreas, las cuales conformaron dos laboratorios, los cuales son los

siguientes:

- Laboratorio de Materiales y Sistemas Estructurales
- Laboratorio de la Edificación Sostenible

El espacio físico de estos dos laboratorios está compartido junto con un laboratorio ya existente dentro de la Facultad de Arquitectura que es el “Laboratorio de Estructuras”. Los tres laboratorios, actualmente aborda temas relacionados con la Arquitectura y la Sostenibilidad. Por lo tanto, estos tres laboratorios conformaron los “Laboratorios para la Enseñanza e Investigación de la Arquitectura Sostenible (LEIAS), de los cuales, dos, se desprenden del presente proyecto.

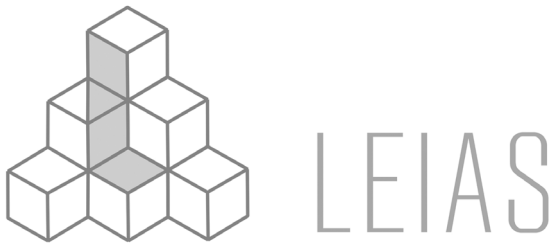


FIGURA 33. Logo de los Laboratorios para la Enseñanza e Investigación de la Arquitectura Sostenible (LEIAS).

LABORATORIO DE MATERIALES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES (LMSE)

El LMSE es un espacio destinado a la reflexión sobre los materiales que forman parte de los sistemas constructivos-estructurales así como sus efectos sostenibles dentro del proyecto arquitectónico. Dicha reflexión se logra mediante la experimentación y análisis de los resultados obtenidos de forma guiada así como fomenta la investigación en estas áreas de estudiantes y profesores interesados en estos temas.



FIGURA 34. Logo del Laboratorio de Materiales y sistemas Estructurales (LMSE)

En relación con la docencia, el objetivo del LMSE a corto y mediano plazo es generar conocimiento significativo de los sistemas estructurales así como de los materiales constructivos con los que se construyen dichos sistemas; este objetivo se plantea lograr mediante el aprendizaje experimental-vivencial de los principales esfuerzos y comportamiento mecánico, obteniendo de forma presencial las características más importantes mecánicas de los materiales y su relación con el trabajo estructural dentro del sistema.

En relación con la investigación, el objetivo del LMSE es obtener las propiedades mecánicas complementando con las propiedades energéticas y ambientales de materiales compuestos a partir de considerar materiales convencionales y modificar alguna de sus propiedades físicas o químicas para lograr un mejor comportamiento del material constructivo, generar a partir de estos materiales sistemas estructurales con mayor eficiencia y aportar nuevas soluciones dentro del desarrollo arquitectónico-constructivo.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN EN LICENCIATURA

- Propiedades mecánicas de distintos materiales convencionales y reciclados empleados en el rubro de la construcción en la República Mexicana, comportamiento estructural de sistemas estructurales empleando materiales compuestos, propiedades energéticas y ambientales de los materiales convencionales.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN EN MAESTRÍA Y DOCTORADO

- Propiedades físicas, químicas y mecánicas de materiales compuestos, propiedades energéticas y ambientales de materiales compuestos o de alta resistencia matriz cerámica, análisis de sistemas estructurales para aplicación de materiales compuestos.
- Estudio de materiales de origen natural, fosfatos y/o silicatos, para mejorar las propiedades mecánicas de cementos portland ordinarios.
- Análisis de las fases que se generan en el proceso de hidratación en las diferentes etapas de endurecimiento de las pastas de cemento, mediante el empleo de microscopía óptica y electrónica de barrido, difracción de rayos X (DRX) y espectroscopía infrarroja (FTIR).
- Estudio de los mecanismos de deformación de nuevos materiales mediante técnicas físico-químicas que aporten beneficios al mantenimiento, restauración y rehabilitación en la construcción.
- Generación de nuevos cementos inducidos por nanopartículas que modifiquen las propiedades mecánicas del material, para su análisis e implementación en los sistemas estructurales existentes.

LABORATORIO DE EDIFICACIÓN SOSTENIBLE (LES)

El LES se centra en la docencia y desarrollo de proyectos de investigación, con base en las necesidades actuales, tanto nacionales como internacionales, relacionados al diseño e implementación de nuevas tecnologías en espacios y edificios sostenibles.



FIGURA 35. Logo del Laboratorio de Edificación Sostenible (LES)

En relación con la docencia, el objetivo del LES es formar futuros diseñadores de espacios y edificios a partir de cursos teórico-prácticos y conocimientos científicos y técnicos relacionados al espacio y el medio ambiente que lo rodea. Este tipo de formación permitirá a los futuros profesionistas manejar los espacios en forma dinámica tomando en cuenta su entorno, clima, propiedades de los materiales, y los procesos físicos que se desarrollan alrededor de éstos.

En relación con la investigación, el objetivo del LES es crear conocimiento útil para la concepción e implementación de nuevas estrategias de diseño dentro de espacios y edificios eficientes energéticamente, saludables, y sostenibles.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN GENERALES

- Transferencia de calor. El calor, energía térmica, presente en el medio ambiente, ya sea interior o exterior se puede aprovechar para, desde climatizar un espacio de forma natural, hasta para convertirla en otra forma de energía útil para el hombre. Dentro de esta línea, se estudia el desempeño térmico, tanto de materiales (vernáculos, comerciales, y de nueva generación), como de sistemas pasivos y nuevas tecnologías, como parte de un sistema espacial.

- Iluminación natural y artificial. La luz, natural o artificial, no sólo es sensada y procesada por nuestro cerebro para ver, sino para regular los procesos psico-fisiológicos regulados por el sistema circadiano. Es por ésto, que tanto para el confort visual como para la salud en general, es de suma importancia que los espacios estén iluminados con la cantidad y calidad

de luz adecuada. Dentro de esta línea de investigación, se estudia la interacción de la luz (natural y artificial) con diferentes materiales (convencionales y de nueva generación) en relación con diferentes texturas, colores, geometrías, y propiedades ópticas, para la provisión de luz saludable y para la generación de información útil para el diseño e implementación de nuevas tecnologías de iluminación.

- Ventilación natural. La ventilación natural tiene un papel clave en el acondicionamiento higrotérmico de un espacio sin el uso de energías de origen artificial, y por tanto, no sólo contribuye al confort del hombre, sino también, a la eficiencia energética de espacios y edificios. Dentro de esta línea de investigación, se estudian las estrategias de diseño para la provisión de condiciones de confort dentro de los espacios de forma natural, dependiendo del clima en donde se esté situado.

- Ciclo de vida. Todos los elementos constructivos que forman parte de un sistema espacial tienen un origen y un término, los cuales describen los extremos del lapso de su vida, el cual puede ser lineal o cíclico. En la naturaleza, la vida de los elementos suele ser cíclica, ya cuando éstos llegan a un término, parte de ellos mismos regresa a un origen al ser reciclados o reutilizados. Durante la vida de los elementos constructivos, se llevan a cabo numerosos procesos que conllevan consumos energéticos, de agua, y emisiones de ciertas sustancias nocivas al ambiente. Dentro de esta línea, se estudian los ciclos de vida de los elementos constructivos de los espacios para su mejoramiento en cuanto al ahorro energético e hídrico, y a la reducción de las emisiones al ambiente.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN ESPECÍFICAS

1. Estudio de techos y superficies frescas. Se estudiarán los materiales comerciales y de nueva generación con respecto a su reflectancia solar, su emitancia térmica y su índice de reflectancia solar (IRS) para determinar su comportamiento térmico bajo la irradiación solar. Se enfocará en los nuevos materiales altamente reflejantes en el infrarrojo, para la proposición de nuevas estrategias de climatización para edificaciones en climas cálidos y con alta incidencia solar. Se estudiará a través del modelado con base en datos reales medidos en el laboratorio y se simulará el comportamiento

de la termalización interior al implementar dichos materiales; se estudiará la aportación calorífica al medio ambiente exterior para determinar su efecto en el fenómeno de “isla urbana de calor”.

2. Estudio de la interacción térmica de la envolvente del edificio con paneles fotovoltaicos en techos y fachadas. Los paneles fotovoltaicos se deterioran del orden de 0.3% a 0.6% por cada 1oC de incremento en su temperatura. Su calentamiento proviene a) del mismo panel, lo cual es inevitable, b) del entorno, y c) de la transferencia de calor de la envolvente del edificio al panel, lo cual no es deseable. Se proponen estudios de ventilación natural en el sistema panel-envolvente. También se considera la utilización de materiales de cambio de fase (PCM) para el control de absorción y emisión de calor.

3. Estudio del desempeño óptico de paneles fotovoltaicos traslúcidos. Actualmente, ya existen en el mercado paneles fotovoltaicos traslúcidos (semi-transparentes) a la luz (radiación visible), los cuales pueden ser implementados como ventanas o tragaluces. Sin embargo, no se han estudiado a fondo sus propiedades ópticas ni la calidad ni cantidad de luz que pueden entregar a un espacio. Es necesario poder estudiar la intensidad y distribución espectral de la luz que estos paneles transmiten para poder determinar su correcta aplicación dentro de las edificaciones.
4. Estudio de la transmisión de calor utilizando la propiedad de inercia térmica y de aislamiento para los diferentes climas de la República Mexicana. Se estudiarán los procesos de inercia térmica y aislamiento para la regulación de calor al interior de las edificaciones, haciendo énfasis en el efecto dinámico de la transferencia de calor, en contrapartida del simple concepto de conducción de calor estático en las edificaciones. Se valorará la contribución de materiales tanto tradicionales, como el adobe, como los alternativos de alto desempeño como son los de cambio de fase (PCM), tanto los micro y nano estructurados, como los de encapsulado especial para la construcción.
5. Regulación térmica y lumínica del interior de los edificios mediante envolventes dinámicas con propiedades térmicas y ópticas cambiantes. Se estudiarán sistemas de envolvente que combinen materiales convencionales y no convencionales (inteligentes y de alto desempeño) para la modulación de energía (térmica y lumínica) intercambiada entre el ambiente exterior y el ambiente interior para la provisión de condiciones térmicamente confortables. Se estudiarán condiciones de frontera dinámicas, donde la energía presente en el medio, tanto interior como exterior, modifique la estructura molecular de los materiales (materiales inteligentes) cambiando sus propiedades térmicas y ópticas y por tanto, incrementando ó disminuyendo la cantidad de energía transferida a través de la envolvente.
6. Iluminación saludable. La radiación visible (luz) sensada por el ojo, no sólo es procesada por nuestro cerebro para la creación de imágenes, sino también para la regulación de los procesos metabólicos circadianos en nuestro cuerpo y por tanto, para el bienestar psico-fisiológico. Sin embargo, las características espectrales de la luz para una visión clara no son las mismas para la óptima regulación de los procesos metabólicos y no son consideradas en los sistemas pasivos de iluminación natural y en los sistemas de iluminación artificiales, por ser de reciente descubrimiento. Por tanto, se estudiará la interacción de la luz (natural y artificial) con la materia considerando las características espectrales tanto de las fuentes de luz como de los materiales y las propiedades ópticas de estos últimos para la proposición de sistemas de iluminación (natural y artificial) que provean de luz para el óptimo desempeño de los procesos visuales y circadianos del hombre.
7. Sistemas de iluminación para la captación, transportación y entrega de luz, natural y artificial. Durante el último siglo, se han estudiado, desarrollado y mejorado distintos sistemas para captar, transportar y entregar la luz natural. Ejemplos de estos sistemas son repisas reflejantes para ventanas, sistemas anidólicos, tubos de luz natural, paneles prismáticos, y paneles con cortes láser. Estos sistemas, se estudiarán a detalle para determinar su eficiencia y proponer estrategias de mejoramiento para casos determinados.

8. Estrategias de diseño para la mitigación del efecto de Isla Urbana de Calor (IUC). La elevación de la temperatura en las áreas urbanas, a nivel mundial, es ya un problema internacional. Las temperaturas de las áreas urbanas se han elevado hasta estar llegando a puntos que amenazan la salud pública. A este efecto de la elevación de la temperatura en las áreas urbanas se le llama efecto de Isla Urbana de Calor (IUC). Dos factores que intervienen en el efecto de IUC son las grandes absorciones de radiación solar y emisiones de radiación infrarroja de los materiales de construcción, así como las elevadas emisiones de CO₂. Con base en esto, se estudiarán diversas estrategias de diseño para la mitigación del efecto de IUC, como son materiales altamente reflejantes y emisivos de calor, vegetación y estructuras de sombreado.

9. Ciclo de vida de materiales. La extracción, manufactura, transportación, implementación y disposición de los materiales de construcción implican un consumo energético, contaminación al medio ambiente. Gran parte de la producción energética actual se base en fuentes fósiles; la combustión de estas fuentes para la generación de energía produce residuos como son los gases de CO₂ a la atmósfera y trayendo consecuencias como el efecto invernadero. Hoy en día, la sociedad humana busca un desarrollo sostenible para no comprometer el desarrollo de generaciones futuras. Una de las muchas estrategias para establecer un desarrollo sostenible, es el de decrementar: a) la cantidad de energía utilizada para la producción, uso y disposición de los materiales, las emisiones de CO₂, los residuos contaminantes al medio físico-natural. Por tanto, se estudiarán los ciclos de vida de distintos materiales para proponer estrategias para el decremento de los factores previamente descritos.

10. Materiales compuestos para el mejoramiento de sus propiedades térmicas y ópticas. Hoy en día, existen una gran variedad de nuevos materiales, como los polímeros, los superconductores, y los nanomateriales. También, existen cada vez más materiales compuestos (materiales formados por diferentes tipos de materiales) para mejorar sus propiedades térmicas, ópticas y mecánicas. Se estudiarán, diferentes tipos de materiales y posibles combinaciones para la propuesta de materiales compuestos que se desempeñen de forma más eficiente óptica y térmicamente.

11. Sistemas de generación de energía a partir de fuentes renovables. Actualmente y a partir del protocolo de Kyoto de 1998, existe un compromiso internacional para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero como el CO₂ y el metano. Las emisiones de CO₂ se dan a partir de la combustión de fuentes fósiles para la generación de energía. La construcción y operación de las edificaciones consume alrededor de un tercio de la energía producida en el mundo. Una de las necesidades de hoy es la de implementación de sistemas consideradas "limpias" por no emitir CO₂ para la producción de energía destinada a las edificaciones. Muchos de estos sistemas se pueden implementar en el sitio del emplazamiento de la edificación, o incluso formar parte de la estructura de la edificación, para transformar la energía presente en el medio y considerada como renovable, en energía útil para el hombre y operación del edificio. Se estudiarán, por tanto, diversos sistemas de producción de energía a partir de fuentes renovables para la operación de las edificaciones y de posibles formas de

implementación en las edificaciones.

6. FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL DE LA UNAM

El propósito de este proyecto es el crear un espacio para la investigación original con aportaciones a la arquitectura con criterios de eficiencia energética y para que estudiantes e investigadores vean, entiendan y aborden los problemas que se presentan a nivel nacional e internacional relacionados a la sustentabilidad energética; así como para que puedan encararlos para la implementación de posibles soluciones. Los laboratorios están concebidos con la instrumentación adecuada para que el estudiante comprenda el espectro electromagnético en el intervalo de la radiación solar, los conceptos de conducción de calor, transferencia de calor por convección, emitancia térmica, reflectancia solar, absorptancia solar, capacidad calorífica, inercia térmica, radiancia e irradiancia y las diferencias de la intensidad solar a lo largo del día durante todo el año. Así, un estudiante de licenciatura que haya pasado por este laboratorio podrá, entender perfectamente un proyecto de arquitectura bioclimática y comprenderá cuáles son los problemas actuales que se necesitan resolver a corto y mediano plazo. Esto acercará al estudiante de licenciatura a la investigación de una forma sólida y confiable mientras en paralelo se desarrolla un proyecto de investigación que cristalizará en una tesis doctoral. Sin duda, habrá estudiantes que se sientan atraídos al posgrado.

7. PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y TESIS

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

En cuanto a los proyectos de investigación, no incluyendo tesis de doctorado, maestría o licenciatura, se han concretado dos cuyos resultados se han publicado en revistas internacionales indexadas y arbitradas. Ambos proyectos se relacionan con nuevas técnicas de iluminación y transferencia de calor en edificios, importantes en las nuevas estrategias, a nivel mundial, para incrementar el ahorro energético de las edificaciones. Estos proyectos son los siguientes:

1. Modulación de la intensidad de los componentes espectrales de luz policromática dentro de ciertas regiones del espacio, utilizando métodos pasivos al usar de forma estratégica las propiedades ópticas y textura de los materiales

technologies | Title / Keyword: | Journal: Technologies | Author / Affiliation: | Article Type: all | Advanced Search

Technologies 2018, 6(1), 11; <https://doi.org/10.3390/technologies6010011> | Open Access Article

Modulation of the Intensity of the Spectral Components of Polychromatic Light within Certain Regions in Space by Passive Methods by Strategically Using Material Optical Properties and Texture

Adriana Lira-Oliver

Laboratory of Sustainable Buildings, School of Architecture, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad Universitaria, Ciudad de México 04510, México

Received: 22 November 2017 / Revised: 27 December 2017 / Accepted: 12 January 2018 / Published: 16 January 2018

View Full-Text | Download PDF [5078 KB, updated 16 January 2018] | Browse Figures

Views: 1149 | Downloads: 324

Article Versions

- Abstract
- Full-Text PDF [5078 KB]
- Full-Text HTML
- Full-Text XML
- Full-Text Epub
- Article Versions Notes

Related Info

- Google Scholar
- Order Reprints

More by Authors

- on DOAJ
- on Google Scholar
- on PubMed

Export Article

- BibTeX
- EndNote
- RIS

2018 TECHNOLOGIES TRAVEL AWARD
AWARD
WINNER ANNOUNCED HERE

Antenna Design for Emerging Applications

Guest Editors
Dr. Raad Raad
Dr. Faisal Tubbalat

Deadline
31 October 2018

Special Issue
Invitation to submit

Abstract

Recent research indicates that not only blue and green monochromatic light stimulates our circadian system, but polychromatic light as well. Recent work also suggests that the human circadian system also changes its spectral sensitivity with different light levels and spectrum. Usually, indoor architectural spaces are dynamic in light color and quantity, and to a certain extent, the architect is able to modulate these light characteristics to benefit not only of the visual system but the circadian system as well. The purpose of this work was to redirect the three main spectral components (RGB) of indirect light towards different directions and in different quantities as an approach to an understanding of how the spectral composition of an indoor light environment can be modulated by passive methods. In the present work, reflections of blue-enriched polychromatic light off different surface materials with different optical properties and textures were simulated. Spectral radiance values were measured at a specific point in space in order to evaluate how the three main spectral components of the reflected light changed in quantity. [View Full-Text](#)

Keywords: healthy lighting; circadian lighting; indirect polychromatic light; material optical properties; RADIANCE software; light spectrum; light quantity

▼ **Figures**

Figure 1

FIGURA 36. Impresión de pantalla del portal en el que está publicado el artículo de “Modulación de la intensidad de los componentes espectrales de luz policromática dentro de ciertas regiones del espacio, utilizando métodos pasivos al usar de forma estratégica las propiedades ópticas y textura de los materiales”

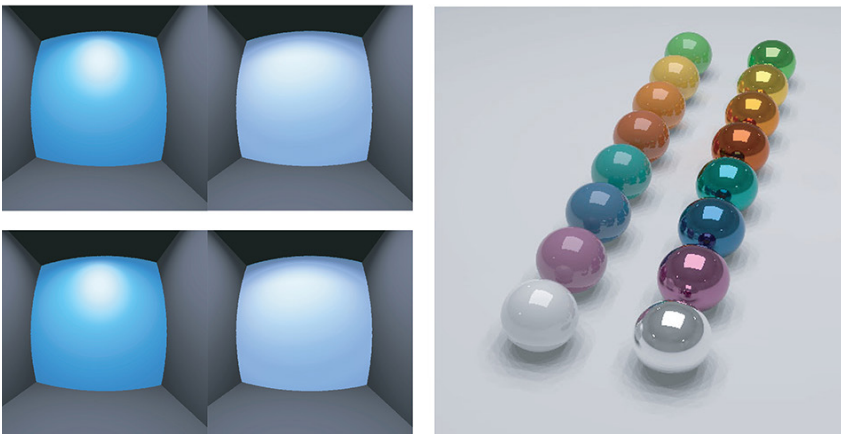


FIGURA 37. imágenes de los estudios de paredes con diferentes propiedades ópticas para la proporción de diferentes niveles de iluminación.

2. Evaluación del desempeño de envolventes ligeras en cuanto a sus propiedades de inercia térmica utilizando materiales de cambio de fase en el clima de la Ciudad de México.

The screenshot shows the journal article page for "Technologies 2017, 5(4), 69". The article title is "Thermal Inertia Performance Evaluation of Light-Weighted Construction Space Envelopes Using Phase Change Materials in Mexico City's Climate" by Adriana Lira-Oliver and S. Rodolfo S. Vilchis-Martínez. The page includes a cover image of the journal, article metadata (views: 1561, downloads: 449), abstract, and a graph (Figure 1) showing heat flow and phase change temperatures. The graph plots "Stored heat" on the y-axis and "Temperature" on the x-axis, with a melting point T_m and fusion temperature T_f . It shows cooling (solidification) and heating (melting) processes with associated heat flow equations: $Q_{cool,j} = m_{PCM} \rho_{PCM,j} \int_{T_f}^T dT$ and $Q_{heat,j} = m_{PCM} \rho_{PCM} \int_{T_f}^{T_m} dT$.

FIGURA 38. Impresión de pantalla del portal en el que está publicado el artículo de “Evaluación del desempeño de envolventes ligeras en cuanto a sus propiedades de inercia térmica utilizando materiales de cambio de fase en el clima de la Ciudad de México”.

TESIS DE DOCTORADO

Actualmente, se realizan 3 tesis de doctorado dentro de los laboratorios los cuales son los siguientes:

- Estudio de viabilidad de la utilización de la técnica PCMs en la generación de espacios confortables para el desarrollo y redensificación de centros urbanos: un enfoque multidisciplinario de sostenibilidad | M. en Ing. Rodolfo Vilchis Martínez
- Propiedades térmicas de materiales naturales para determinar su uso en envolventes de vivienda social | M. en Arq. Cesar Guillén Guillén

- Sistemas constructivos a base de morteros de alta resistencia | M. en Arq. Edrey Nassier Salgado Cruz

TESIS DE MAESTRÍA

Los proyectos de tesis de maestría dentro de los laboratorios son 6 y son los siguientes:

- Compuestos ligeros: Plásticos reforzados con fibra de Carbono en la Arquitectura.
- Siembra de partículas sub micrométricas de minerales de fósforo en morteros hidráulicos de cemento para mejorar su desempeño mecánico.
- Análisis mecánico de arenas de construcción del centro y sur de México.
- Compuestos con matriz fibrosa y refuerzo de fibra de carbón.
- Compuesto con cerámicos y refuerzo de caucho reciclado.
- Estudio de cubiertas en edificaciones para la mitigación de efecto de Isla de Calor Urbana: Análisis con miras a una propuesta de Política Ecológica para la Ciudad de México.



FIGURA 39. Termografía del estudio “Estudio de cubiertas en edificaciones para la mitigación de efecto de Isla de Calor Urbana: Análisis con miras a una propuesta de Política Ecológica para la Ciudad de México”.

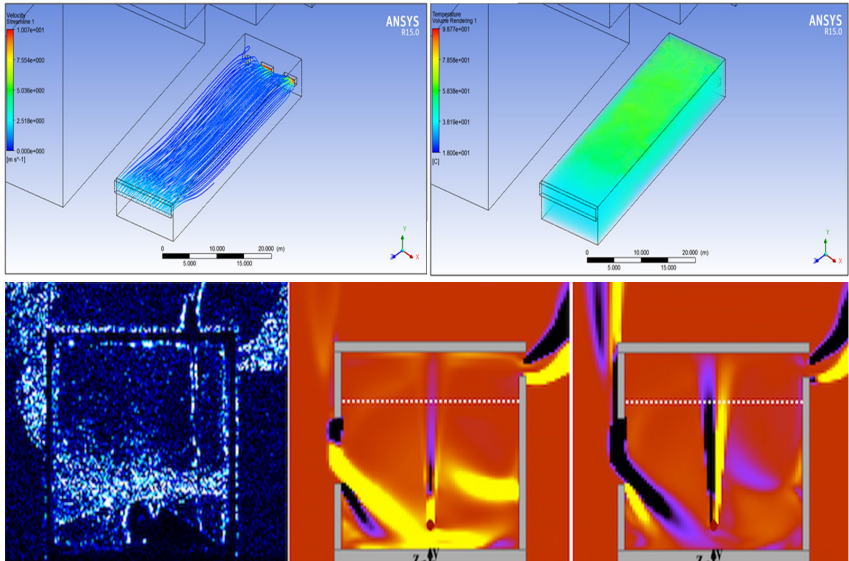


FIGURA 40. Estudio de ventilación natural.

TESIS DE LICENCIATURA

Actualmente, se están realizando 9 proyectos de tesis de titulación en la modalidad por Apoyo a la Investigación. Éstas son las siguientes:

- Evaluación del desempeño térmico y óptico de materiales cromogénicos para fachadas dinámicas..
- Regulación térmica y lumínica del interior de los edificios mediante envolventes dinámicas con propiedades térmicas y ópticas cambiantes.
- Diseño y construcción de un lente de fresnel para mejorar la captación y provisión de luz natural en un espacio de la Facultad de Arquitectura de la UNAM con iluminación natural deficiente.
- Evaluación del desempeño térmico de materiales vernáculos en comparación con materiales de cambio de fase.
- Evaluación del desempeño térmico de envolventes con materiales de cambio de fase cuya energía radiante incidente es regulada con vidrios electrocrómicos.
- Materiales piezoeléctricos para la generación de energía eléctrica en edificaciones.
- Evaluación del desempeño energético del prototipo de vivienda CASA-UNAM, diseñada

bajo criterios de diseño pasivo implementando tecnologías de aprovechamiento de energías renovables.

- Implementación de Materiales de Cambio de Fase (MCF) para el mejoramiento del desempeño energético en las edificaciones de la Ciudad de México.

- Materiales cerámico en la arquitectura: Mampostería Reforzada.



FIGURA 41. Estudiantes del Seminario de Titulación en la Modalidad por Apoyo a la Investigación.

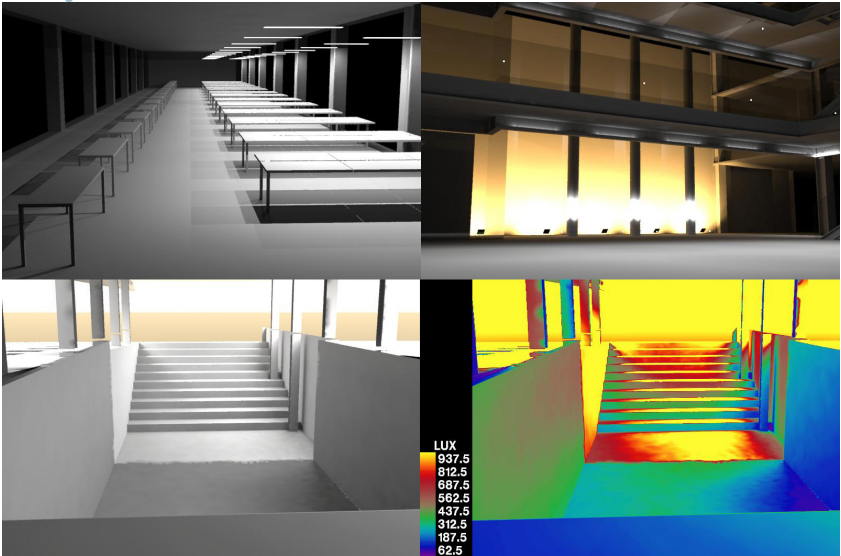


FIGURA 42. Estudio s de iluminación natural y artificial para la propuesta de estrategias de ahorro energético por iluminación eléctrica.

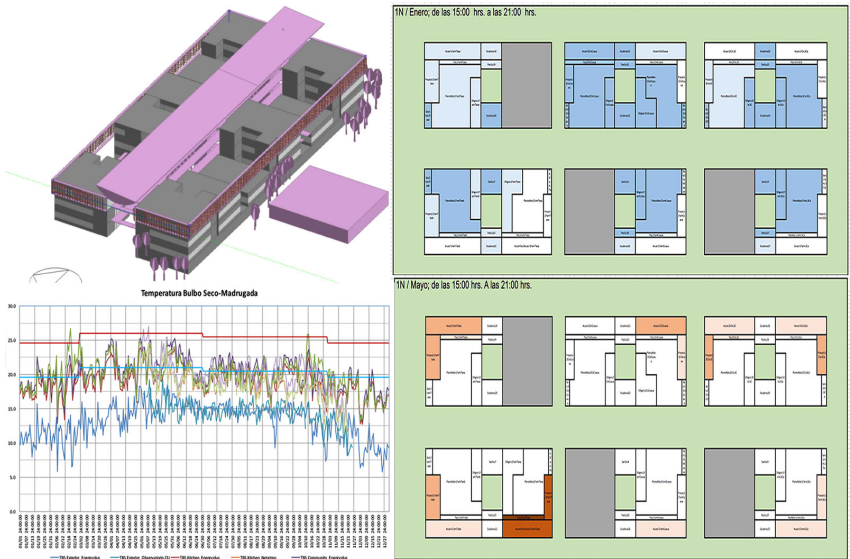


FIGURA 43. Estudio de transferencia de calor de la tesis “Evaluación del desempeño energético del prototipo de vivienda CASA-UNAM, diseñada bajo criterios de diseño pasivo implementando tecnologías de aprovechamiento de energías renovables”.



FIGURA 44. Portada de la tesis de licenciatura “Materiales cerámico en la arquitectura: Mampostería Reforzada”.

8. CURSOS

Dentro de los laboratorios, se realizan diferentes prácticas, las cuales están disponibles en la página web de los laboratorios (ver apartado “Página Web” de este documento) para los siguientes 12 cursos:

- Concretos Arquitectónicos | Posgrado en Arquitectura
- Materiales Compuestos | Posgrado de Arquitectura
- Cálculo Térmico en Envolventes | Posgrado en Arquitectura
- Aplicaciones Térmicas | Posgrado en Arquitectura
- Luz Natural | Especialización en Diseño de Iluminación Arquitectónica
- Construcción | Licenciatura en Arquitectura
- Estructuras | Licenciatura en Arquitectura
- Técnicas y Materiales | Licenciatura en Arquitectura
- Criterios Bioclimáticos en Arquitectura | Licenciatura en Arquitectura
- Tecnologías Ambientales Avanzadas | Licenciatura en Arquitectura
- Iluminación en Arquitectura | Licenciatura en Arquitectura
- Sistemas Ambientales I y II | Licenciatura en Arquitectura



FIGURA 45. Curso “Concretos Arquitectónicos” del Posgrado en Arquitectura.



FIGURA 46. Realización de una práctica en el curso “Técnicas y Materiales” de la Licenciatura en Arquitectura.

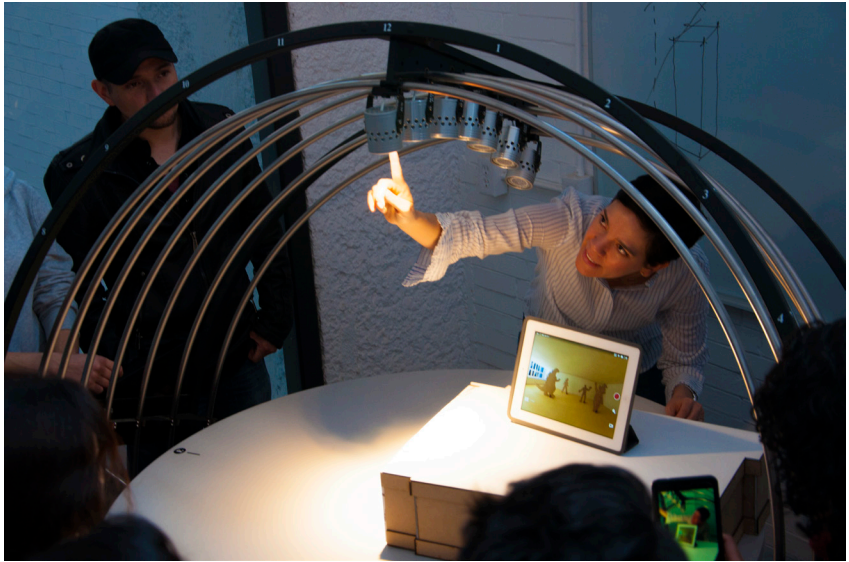


FIGURA 47. Curso de “Luz Natural” de la Especialización en Diseño de Iluminación Arquitectónico.

9. PÁGINA WEB

Se ha finalizado con la página web en donde se describen los diferentes laboratorios (producto de el presente proyecto) incluyendo sus objetivos, líneas de investigación, proyectos, prácticas de laboratorio y manuales didácticos. La liga a la página web es la siguiente:

<http://leias.fa.unam.mx>

Las ligas particulares al LES y al LMSE son las siguientes:

<http://leias.fa.unam.mx/les/>

<http://leias.fa.unam.mx/lmse/>

10. CONCLUSIONES

Es indudable que la Facultad de Arquitectura e la UNAM se ha fortalecido en cuanto a su infraestructura, ya que cuenta con 20 equipos de medición de calidad científica y 3 programas computacionales reconocidos internacionalmente. Con estos equipos ya se comenaron a realizar proyectos de investigación, y tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Estos equipos y programas computacionales ya se instalaron y probaron exitosamente.

Los nuevos equipos y programas computacionales están permitiendo la formación de nuevos profesionistas calificados para el desarrollo de proyectos sustentables y energéticamente eficientes. Actualmente se realizan prácticas en los laboratorios para 12 cursos, de los cuales 4 pertenecen al Posgrado de Arquitectura, 1 al programa de Especializaciones del Posgrado de Arquitectura, y 7 a la Licenciatura de Arquitectura. Por otro lado se están realizando 3 tesis de doctorado, 6 de maestría y 9 de licenciatura. Estos cursos de manera práctica han permitido a los estudiantes comprender los conceptos técnicos y científicos de mejor manera, de forma tal y ha interesado a los estudiantes de licenciatura a perseguir estudios a nivel posgrado e involucrarse en la investigación.

Hasta la fecha, se han implementado 20 de las 25 prácticas en los 12 cursos antes mencionados, teniendo un impacto en 3,200 alumnos. De estos cursos, se lograron recabar 8 estudiantes de licenciatura, los cuales están desarrollando proyectos para la investigación y aplicación de nuevos materiales. De estos cursos, se lograron recabar 9 estudiantes de

licenciatura, los cuales están desarrollando proyectos para la investigación y aplicación de nuevos materiales y estrategias de diseño para la eficiencia energética y sustentable en los edificios. Actualmente, estos estudiantes están utilizando varios equipos de medición científica, como son el reflectómetro solar marca Surface Optics, el medidor de difusividad térmica, el medidor de conductividad térmica, la máquina de esfuerzos universales, la prensa, y el programa de computación CES.

La creación de la base de datos a partir de las medidas de las propiedades físicas de los materiales, se comenzará desde un principio con los tesis de licenciatura y posgrado. Los tesis de maestría están comenzando a realizar las medidas de las propiedades térmicas, ópticas y mecánicas, por lo que todavía no se tiene la primera parte de la base de datos. Sin embargo, si están logrado realizar avances en sus proyectos de tesis, e incluso, dos de ellos han finalizado.

Los nuevos laboratorios han impactado en el nuevo plan de estudios, ya que las nuevas materias de éste, Sistemas Ambientales I y II, se crearon de tal forma a que fueran prácticas, además de teóricas y que realizaran prácticas en los laboratorios.

Por último, se han desarrollado 2 proyectos de investigación de forma exitosa ya que los resultados se han publicado en revistas internacionales arbitradas e indexadas.

Arq. HondA

22

77

88

99