

## **ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE: PROYECTO CASA ALERO**

**Iván Osuna Motta**

Magister en Arquitectura y Urbanismo. Director de la Carrera de Arquitectura - Pontificia Universidad Javeriana de Cali. Calle 18 # 118-250, Cali-Colombia. Tel 57 (2) 3218000 Ext 8980 ivan.osuna@javerianacali.edu.co

### **RESUMEN**

El Solar Decathlon es una competencia internacional abierta a universidades con programas de arquitectura, diseño urbano e ingeniería, interesadas en el estudio y desarrollo de soluciones de vivienda operables a partir del uso energías no convencionales. Es una gran oportunidad para que los estudiantes pongan en práctica sus conocimientos teóricos, realizando la construcción y operación de la vivienda en escala real, aplicando estrategias de climatización pasiva y reducción del consumo energético. El proyecto hace partícipe a las universidades de una estrategia educativa integral, ya que las viviendas desarrolladas y construidas por los estudiantes son exhibidas al público durante dos semanas, mostrando que es viable la utilización de energías no convencionales y fortaleciendo la conciencia ciudadana hacia la protección del medio ambiente. Con este propósito se conformó el equipo Calicivita con estudiantes de 7 programas académicos, quienes durante más de 18 meses participaron en una experiencia de aprendizaje activo, usando como soporte el espacio académico de un "Taller Integral de Proyectos".

Palabras clave: Solar Decathlon; Diseño Bioclimático; Construcción Sostenible, Educación Multidisciplinar

### **ABSTRACT**

Solar Decathlon is an international competition for universities with degrees in architecture, urban design and engineering, interested in the study and development of housing solutions that use unconventional energy for their operation. It is a great opportunity for the students to put their theoretical knowledge into practice, realizing the construction and operation of the housing in real scale, applying strategies of passive air-conditioning and reduction of energy consumption. The houses developed and built by the students are opened to the public for two weeks, showing that it is feasible to use non-conventional energies and strengthening the citizen's conscience towards the protection of the environment, making universities participate in an integral educational strategy. For this purpose, the Calicivita team was formed with students from 7 academic programs, who over 18 months participated in an active learning experience, using as support the academic space of a "Integral Projects Workshop".

Keywords: Solar Decathlon; Bioclimatic Design; Sustainable Construction, Multidisciplinary Education

## **1. INTRODUCCIÓN**

El trabajo en equipos multidisciplinarios es cada vez más necesario en todas las áreas de conocimiento y la construcción sostenible no es la excepción (Navarro et al., 2014). Sin embargo, en nuestro medio la formación universitaria aún se encuentra demasiado centrada en el aprendizaje disciplinar de cada profesión específica y se generan muy pocos espacios de trabajo colaborativo entre estudiantes de diferentes carreras.

Para realizar una formación integral de nuestros profesionales es necesario generar escenarios de aprendizaje en los cuales los estudiantes puedan desarrollar sus habilidades sociales para trabajar en equipos interdisciplinarios, ejercitando sus capacidades de innovación y sus conocimientos específicos. Por otra parte, los estudiantes de carreras profesionales relacionadas con la construcción tienen muy pocas oportunidades de realizar obras civiles

en escala real, perdiendo la posibilidad de entrar en contacto con los materiales y conocer de primera mano los procesos constructivos que estudian y aprenden en las aulas. La integración diseño-construcción en la enseñanza universitaria puede ayudar a generar en los estudiantes una conexión entre el mundo abstracto de los planos y el mundo real de los edificios construidos (Carpenter, 1997). La experiencia de aprendizaje significativo en un contexto real que se logra en este concurso, no es posible conseguirla en las aulas de clase (Grose, 2009) y solo es comparable con proyectos educativos como Rural Studio, de Auburn University (Dean, 2002).

## **2. OBJETIVO**

En este artículo se ilustrarán los beneficios académicos que se pueden derivar de la participación de las universidades en concursos como el Solar Decathlon, a partir de la implementación de estrategias de enseñanza y aprendizaje activas, con un fuerte componente interdisciplinar, que familiarizan al estudiante con situaciones reales que no pueden ser simuladas en el aula de clase.

## **3. ANTECEDENTES**

El Solar Decathlon es un evento internacional para estudiantes universitarios de todo el mundo que promueve la investigación y el desarrollo en el área de la construcción sostenible. Convoca a las universidades para que organicen equipos con estudiantes de diversas disciplinas, guiados por un grupo de profesores, para que durante más de 18 meses realicen un trabajo interdisciplinario que les permita poner en práctica los conocimientos adquiridos en las asignaturas (SDLAC, 2015a). Los equipos seleccionados deben diseñar, construir y poner un funcionamiento a una vivienda que utilice el sol como única fuente de energía, desarrollando estrategias de ahorro energético, utilización de energías limpias y manejo adecuado de los recursos naturales. Durante la etapa final del evento, los estudiantes deben mostrar al público las casas que construyeron, desarrollando sus habilidades comunicativas para demostrar que ya es posible realizar construcción sostenible, utilizando estrategias de climatización pasiva para reducir el consumo energético.

Desde su concepción en 1999, el evento ha sido organizado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE) con el apoyo técnico del Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL). La primera versión del concurso se llevó a cabo en 2002 en la ciudad de Washington, con la participación de 14 equipos, todos ellos estadounidenses. A partir de la siguiente versión, se abrió la convocatoria a universidades de diferentes países del mundo, logrando realizar eventos cada dos años desde el 2005 hasta ahora.

Desde el año 2010, se ha fomentado una política de descentralización y expansión internacional del concurso para incluir otras cinco competiciones mundiales: Solar Decathlon África, Solar Decathlon China, Solar Decathlon Europa, Solar Decathlon América Latina y Caribe y Solar Decathlon Middle East. El Solar Decathlon se convierte así en un grupo de concursos en el cual las seis competiciones se apoyan en bases y objetivos comunes, pero se posee una organización independiente y presentan características propias en reglamentación y pruebas, adaptándose de esta forma a su contexto y sus circunstancias particulares.

## **4. SOLAR DECATHLON LATIN AMERICA & CARIBBEAN**

En el año 2015 se realiza la primera versión del concurso Solar Decathlon para la región de América Latina y el Caribe, instando a los equipos participantes para que realicen proyectos concebidos y diseñados para las condiciones específicas del trópico, con consideración a las condiciones sociales y pensando en la naturaleza de las familias latinoamericanas.

### **4.1 Enfoque**

Los proyectos en competencia debían adaptarse a las necesidades climáticas del trópico y responder a la necesidad de vivienda social, en torno a cuatro ejes temáticos (SDLAC, 2014):

1. Vivienda Social: El Solar Decathlon LAC2015 se presenta como un espacio académico para la elaboración de propuestas y la construcción de soluciones reales que impacten de manera positiva a la comunidad, teniendo en cuenta las circunstancias de desigualdad social y económica que enfrenta la región de América Latina y del Caribe. Los proyectos debían tener la capacidad para albergar a una familia de 5 integrantes y demostrar que se puede implementar una tecnología sostenible en viviendas de bajo costo.

2. Densidad: Considerando que en la actualidad la mayoría de la población mundial vive en las ciudades y que los suelos urbanos son cada vez más escasos, se considera que las soluciones de vivienda con alta densidad son más sostenibles y ayudan a minimizar el impacto ambiental. Para minimizar la huella ecológica urbana, los proyectos debían garantizar una densidad mínima de 120 viviendas por hectárea, en un esquema de agrupación con una altura máxima de 8 pisos y cumpliendo las más elevadas normas de accesibilidad.

3. Uso Racional de Recursos del Medio Ambiente: La mayoría de la población de América Latina y del Caribe vive en la zona tropical, enfrentando altas emisiones de radiación solar a lo largo del año y una disponibilidad excepcional de las fuentes de agua (tasas relativamente altas de precipitación, frecuente durante todo el año). Los equipos participantes para esta versión, debían aprovechar las riquezas naturales de la región asegurando un equilibrio ambiental que garantice la disponibilidad permanente en el tiempo de estos recursos.

4. Relevancia Regional: El Solar Decathlon LAC2015 tenía como meta desarrollar ideas y tecnologías que beneficien a los habitantes de la región. Es por esto, que aunque los proyectos diseñados con base en las condiciones de los países de origen fueron bienvenidos, el eje central de la competencia era presentar propuestas que se adaptaran a las condiciones culturales, económicas y climáticas de la zona tropical. Lo anterior no sólo para asegurar la funcionalidad del prototipo en el sitio de competencia (Villa Solar), sino para que el proyecto de agrupación a escala real respondiera a las necesidades locales.

## **5. DESARROLLO DEL CONCURSO**

El concurso SDLAC 2015 tuvo una duración de 18 meses, iniciando en junio de 2014, mediante una convocatoria masiva a las universidades interesadas, a través de los medios de comunicación o por invitación directa.

Entre junio y octubre de 2014 se realizó la primera fase del concurso, consistente en la selección de los equipos que participarían desarrollando sus proyectos hasta la etapa de construcción. Las propuestas seleccionadas fueron las que demostraron la mayor sensibilidad y proyección en una solución de vivienda social solar para comunidades de bajos ingresos en el trópico, mediante los siguientes criterios: Innovación técnica (25%), Viabilidad económica y patrocinio (25%), Organización y planeación (20%), Concepto de diseño urbano y arquitectónico (15%) e Integración curricular (15%). Como parte de este último criterio, cada Institución de educación superior interesada en participar debería integrar el proyecto del Solar Decathlon LAC2015 dentro de los programas académicos, dando incentivos para garantizar la participación de los mejores estudiantes de cada disciplina, realizando compromisos a largo plazo.

En diciembre de 2014 la organización del evento anunció oficialmente que entre las 30 propuestas presentadas a consideración, se habían seleccionado 16 equipos y se dio inicio a la segunda fase en la cual se desarrollaron los diseños, planos y especificaciones de los proyectos. Para el logro de los objetivos del concurso se programaron una serie de entregas que permitieron a la organización SD verificar el avance de los proyectos y garantizar así una participación exitosa durante el periodo de construcción y exhibición, exigiendo el cumplimiento estricto de las reglas de participación (SDLAC, 2015a) y los códigos de construcción del concurso (SDLAC, 2015b). Los documentos exigidos estaban conformados por:

1. Plan Maestro Urbano que considere la distribución de los bloques de vivienda, los diseños de espacios públicos y los servicios complementarios garantizando la densidad mínima requerida. Complementaban esta entrega los esquemas básicos del Proyecto Arquitectónico, los costos estimados del proyecto y el primer material de divulgación de cada equipo.

2. Proyecto Arquitectónico identificando aspectos que pudieran estar incumpliendo alguna de las reglas del concurso. También se solicitaba un avance significativo en la estrategia de comunicación de los equipos.

3. Documentación Constructiva con la información gráfica y escrita detallada de las especificaciones de los materiales, los sistemas y procesos constructivos, los equipos, la cimentación y la estructura del prototipo de vivienda. Esta información debía estar acompañada por un presupuesto final detallado y los cálculos necesarios que demostrarán el cumplimiento de las normas de construcción de Colombia y las normas del concurso.

4. Manual de Operaciones en Sitio, que explicaba la estrategia y cronograma de ensamblaje de la vivienda en la Villa Solar. También incluía los planos “as built” del prototipo, acogiendo las correcciones y observaciones realizadas por la organización a los planos entregados en etapas previas.

## **5.1 La competencia.**

El concurso está organizado alrededor de 10 competencias que se puntúan de manera independiente, cada una con un máximo de 100 puntos. Algunos de los concursos son evaluados por un jurado externo, mientras que otros dependen de la realización de alguna tarea específica o del monitoreo de datos realizado por la organización SD LAC. Al final del evento se suman los puntos obtenidos por los equipos en cada competencia para conocer el ganador del Solar Decathlon LAC 2015, siendo 1000 el puntaje máximo posible.

1. **ARQUITECTURA:** El objetivo principal es evaluar la eficiencia espacial, los materiales apropiados en relación con las estrategias bioclimáticas para el futuro de la vivienda social en el contexto de América Latina y el Caribe. Se evaluó la organización conceptual del espacio arquitectónico y su coherencia con las tecnologías, los materiales, y las estrategias bioclimáticas planteadas de acuerdo con el contexto cultural, social y espacial de Latinoamérica y el Caribe.

2. **INGENIERIA Y CONSTRUCCION:** El objetivo es evaluar la construcción y el diseño del sistema de ingeniería y la puesta en práctica en el lugar de la competición (Villa Solar). Los equipos tendrán que demostrar la viabilidad, la funcionalidad y la adecuada integración en el proyecto de la estructura, la envolvente, las redes eléctricas e hidrosanitarias, el sistema fotovoltaico y el sistema constructivo.

3. **EFICIENCIA ENERGÉTICA:** Evaluar la funcionalidad de todos los componentes de la vivienda en aras de lograr un uso de adecuado y eficiente de los sistemas y equipos para que logren reducir el consumo de energía, haciendo especial énfasis en que los equipos propuestos puedan cubrir las necesidades de los habitantes de las casas, utilizando un mínimo de recursos posibles

4. **BALANCE ENERGÉTICO:** El objetivo es medir la autosuficiencia de energía eléctrica de la vivienda a través de un equilibrio entre la generación y el consumo, evaluando el consumo de energía eléctrica, el balance, la gestión de la carga de la red y la limitación de los picos de potencia. Se utilizan los datos recogidos de los diferentes flujos de energía eléctrica por sistema de supervisión de la Organización durante el periodo de competición.

5. **CONDICIONES DE CONFORT:** El objetivo es medir las condiciones interiores de temperatura del aire, humedad relativa, aislamiento acústico e iluminación natural para evaluar sensación de confort interior en cada solución de vivienda. Se basa en las mediciones realizadas en la casa durante la Semana de Competencia.

6. **FUNCIONAMIENTO DE LA VIVIENDA:** El objetivo principal se enfoca en medir la funcionalidad de un conjunto de instalaciones que garantizan el desarrollo de las actividades normales de una vivienda. Este concurso trata de reproducir el uso promedio de energía en un hogar moderno (uso de refrigerador, congelador, lavadora de ropa, estufa, micro-ondas, licuadora, computadora, TV, sonido y el consumo de agua).

7. **MARKETING Y COMUNICACIONES:** Evaluar las estrategias de marketing y comunicación más eficaces para generar conciencia social de los proyectos y los beneficios de la implementación de proyectos vivienda sostenible que funcionen mediante sistemas de energía limpia.

8. **DISEÑO URBANO Y FACTIBILIDAD:** Fomentar una investigación en torno a un diseño urbano denso aplicado al contexto de América Latina y el Caribe con el propósito de lograr una propuesta innovadora y práctica basada en las viviendas sociales de bajo costo.

9. **INNOVACION:** Estimar la incorporación de soluciones creativas para mejorar el estado convencional de habitabilidad en torno a la arquitectura, la ingeniería, la construcción, la eficiencia energética, el diseño urbano y la asequibilidad, mejorando su rendimiento y eficiencia.

10. **SOSTENIBILIDAD:** Evaluar la contribución del proyecto en la reducción del impacto ambiental a largo plazo, verificando las estrategias planteadas para gestionar adecuadamente los temas de arquitectura, ingeniería y construcción, eficiencia energética, diseño urbano y la asequibilidad.

## **6. EQUIPO CALICIVITA**

Para la participación en este evento, se realizó una alianza entre la Pontificia Universidad Javeriana de Cali y la Universidad Icesi, dos importantes universidades privadas de la zona sur-occidental de Colombia, sumando los potenciales de los programas de Arquitectura, Ingeniería Civil, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Industrial, Diseño Industrial, Ingeniería Telemática y Mercadeo y Negocios Internacionales, logrando el adecuado equilibrio multidisciplinar que exigía el proyecto Solar Decathlon

## 6.1 Composición del Equipo

El equipo se organizó a partir de un grupo base de 15 estudiantes de Arquitectura, Diseño Industrial y Mercadeo, quienes participaron activamente durante los 18 meses del concurso, desde el desarrollo de los documentos que formaban parte del primer entregable, hasta el evento final de exhibición y puesta en funcionamiento de la vivienda.

Para el desarrollo de la segunda fase, se realizó una convocatoria interna en las dos universidades aliadas (Javeriana Cali e Icesi) para incorporar al equipo estudiantes de Ingeniería Industrial, Ingeniería Civil, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Telemática quienes terminaron de conformar el equipo interdisciplinario necesario para el desarrollo del proyecto.

Al final de la segunda fase, se consolidó el grupo que participó en el ensamblaje, exhibición pública y el desarme de la casa Alero en la Villa Solar. La conformación final de equipo Calicivita, incluía 34 estudiantes de pregrado, 2 estudiantes de maestría, 2 docentes de apoyo y un profesor líder del equipo, organizados según la estructura determinada del concurso, en la cual algunos estudiantes eran designados “oficiales” y cumplían funciones específicas dentro del equipo.

Desde el inicio del proyecto, la arquitectura fue el área de conocimiento que aportó un mayor número de estudiantes al equipo, entendiendo su rol como disciplina encargada de aglutinar y coordinar los diversos componentes del proyecto, tal y como se aprecia en la figura 1.

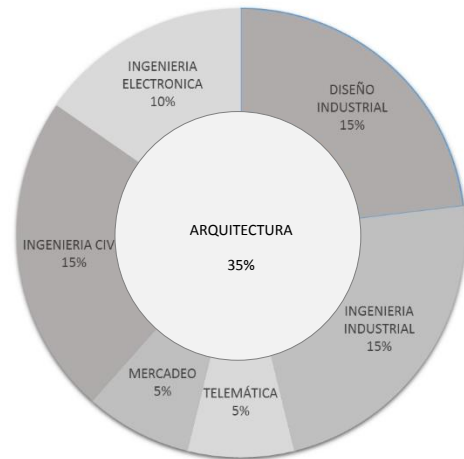


Figura 1, Composición del equipo Calicivita

## 6.2 Desarrollo del proyecto:

Para el equipo Calicivita, el concurso siempre se entendió como una oportunidad para poner en práctica procesos de enseñanza-aprendizaje que no son utilizados de manera habitual en nuestras universidades. El proyecto Casa Alero (nombre dado al prototipo) se convirtió en una excelente oportunidad para implementar una metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos ABP en equipos interdisciplinarios, buscando desarrollar en los estudiantes competencias transversales a diferentes disciplinas que complementan las competencias generales y específicas de cada profesión.

Dentro de la estructura curricular del ciclo de profesionalización del programa de arquitectura de la Universidad Javeriana de Cali, se trabaja en espacio de enseñanza-aprendizaje denominado Proyecto Integral, un paquete de 3 asignaturas que son co-requisitos entre ellas y que integran las áreas de conocimiento proyectual, tecnológica y del ejercicio profesional. De esta manera, se consigue un adecuado equilibrio entre el saber y el hacer, logrando que los saberes complementarios apoyen la metodología proyectual, que se vincule el contenido de los cursos teóricos con la práctica profesional y se evite la fragmentación del conocimiento. A partir de esta estructura curricular, se realiza un ejercicio experimental de Laboratorio de Proyectos, en el cual se incorporan todos los estudiantes del equipo Calicivita, provenientes de 7 titulaciones diferentes y de dos universidades en un espacio de trabajo único y permanente tipo Design Studio. En este espacio de trabajo se desarrolló un proceso de diseño colaborativo en el cual tuvieron cabida el autoaprendizaje, la experimentación, la incertidumbre, la responsabilidad del proceso, el trabajo en equipo, el intercambio y la integración de la información, los enfoques interdisciplinarios, los debates, la capacidad crítica, la flexibilidad y el consenso (Palomares et al., 2013) permitiendo que los estudiantes tomaran decisiones, con el acompañamiento del docente tutor.

Como era previsible, esta metodología de enseñanza-aprendizaje tuvo tropiezos durante su implementación, pero el resultado final permitió que los estudiantes aprendieran a trabajar en equipos interdisciplinarios y adquirieran competencias de otras disciplinas que no podrían ser desarrolladas dentro de los planes de estudios tradicionales.

### 6.3 Construcción y Ensamblaje

Durante la fase final del concurso el grupo de 40 decatletas, apoyados y asesorados por 8 técnicos especialistas, materializaron el prototipo que habían concebido en planos. Para esta etapa, se gestionó el préstamo de un lote de terreno al interior de la Pontificia Universidad Javeriana en el cual, durante 3 semanas se realizó el armado y ajuste de la estructura metálica de soporte del prototipo, con el objetivo de verificar medidas de fabricación y corte de elementos como la cubierta, los pisos, los muebles fijos y el sistema de fachada. Este período de pre-construcción también fue muy productivo para la capacitación de los estudiantes en el manejo de herramientas, el uso de equipos de seguridad y la manipulación de materiales de construcción, así como para verificar la capacidad de cada estudiante para asumir el rol que había seleccionado dentro de la estructura del equipo.

Oficialmente, la etapa de ensamblaje en la Villa Solar se inició el 23 de noviembre de 2015. Cumpliendo con el calendario del concurso, durante 230 horas consecutivas el equipo de decatletas se organizó en tres grupos de trabajo, cumpliendo turnos de 8 horas diarias para lograr el objetivo de armar el prototipo en la Villa Solar, superando las dificultades y los imprevistos que surgieron en este proceso, e iniciando la exhibición del prototipo al público general el día 3 de diciembre (ver figura 2).

En estos 10 días, el grupo de decatletas pudo realizar un trabajo en equipos interdisciplinarios alrededor de un objetivo común, generando un proceso de apropiación del conocimiento que es imposible de conseguir en las aulas de clase. Se logró que entendieran el comportamiento real de los materiales que habían especificado en los planos y estudios, y verificaron como se ejecutan los procesos constructivos necesarios para la materialización de una vivienda. El entendimiento de estos procesos, producirá mejores profesionales, que podrán desde la mesa de trabajo plantear diseños más pertinentes y fácilmente realizables.



Figura 2, Ensamblaje del prototipo Casa Alero

La etapa de competencia y exhibición, realizada entre el 4 y el 14 de diciembre, permitió que los estudiantes verificaran el desempeño real del prototipo, comparando los resultados reales con lo planeado y presumido con las simulaciones y los cálculos realizados durante las etapas de diseño. Este proceso de puesta en operación de la vivienda acerca a los estudiantes a la realidad y les permite entender que los diseños y cálculos no logran predecir con absoluta certeza el comportamiento de los edificios, por lo cual es necesario considerar ciertos factores de seguridad o incertidumbre.

## 7. FUNDAMENTOS DEL PROYECTO CASA ALERO

La organización del Solar Decathlon consideró fundamental que el evento no se entendiera como un concurso de diseño de viviendas de alto costo, disponibles para una minoría privilegiada. Por el contrario, pretendía demostrar que la vivienda sostenible basada en el uso racional de energías no convencionales ya es accesible a la población general de los países en desarrollo. Por esta razón el objetivo primordial fue el desarrollo y la promoción de ideas, tecnologías y sistemas constructivos que puedan ser implementados en América Latina en beneficio de sus habitantes.



La política de vivienda de interés social en Colombia está basada en un esquema de financiación con bajas tasas de interés para adquisición de vivienda nueva. Dentro de este escenario, se consideró que el proyecto desarrollado por el equipo Calicivita para el Solar Decathlon LAC2015 debería ser entendido como un “prototipo demostrativo” que permitiera a los estudiantes realizar investigación y desarrollo de configuraciones arquitectónicas, sistemas constructivos, materiales y configuraciones técnicas sostenibles aplicables a la condición climática y cultural de los países de la región, desestimando la posibilidad de replicar la vivienda completa en proyectos de agrupación a gran escala. Plantear un prototipo demostrativo, en lugar de un prototipo replicable se apoya en el concepto mismo de la arquitectura solar, bioclimática y sustentable en el cual la edificación debe ser responder cuidadosamente a las condiciones específicas de un lugar (González Couret, 2012).

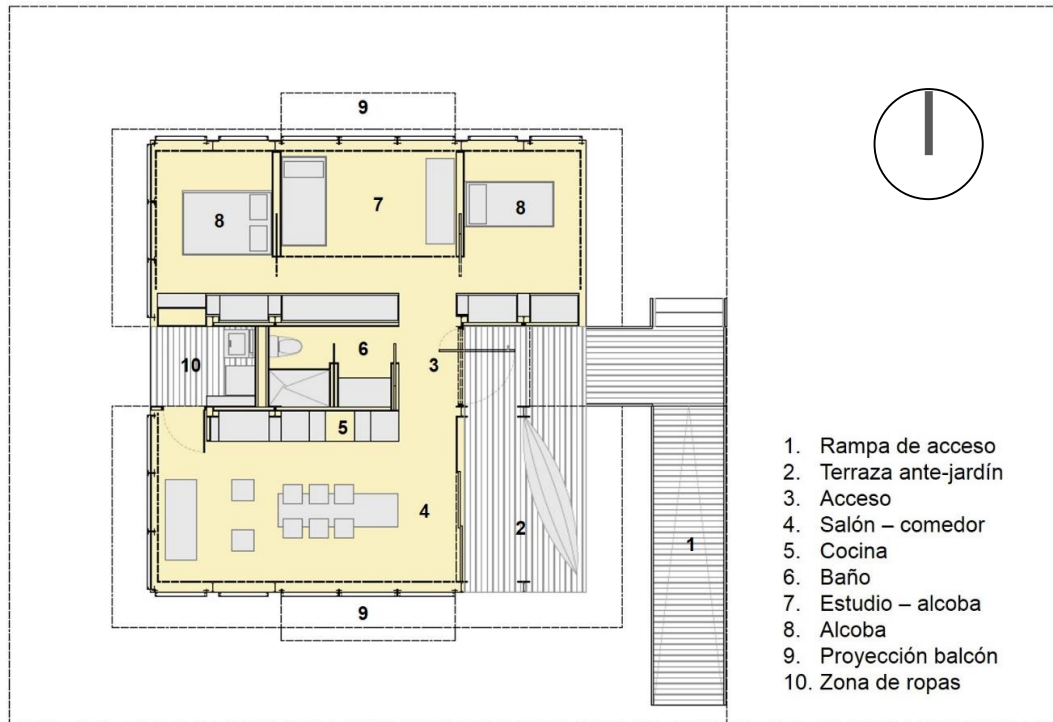


Figura 3, Vista en planta de la Casa Alero

La Casa Alero fue concebida por los estudiantes como un artefacto habitable que facilitara la interrelación entre el usuario y el medio exterior natural, social, económico y cultural. Habitar el trópico significa interactuar con el medio exterior; la benevolencia del clima, su poca variación durante el año y la idiosincrasia de sus habitantes permiten que la vivienda no necesite aislarse de las condiciones exteriores. El principal objetivo de la envolvente de las edificaciones es interactuar con el exterior, no protegerse de este; debe generar espacios de transición entre el interior y el exterior, convirtiendo a la fachada en un espacio habitable y no solo en una delgada lámina de aislamiento, usando como referencia las Casas de Hacienda de la región, las cuales se organizan a partir de un espacio central cerrado, rodeado por un corredor que provee sombra a la edificación y que permite a los habitantes el goce del paisaje y la brisa durante las tardes. Todo lo anterior en una vivienda de 80 M2 y para una familia de 5 habitantes, tal y como lo exigían la bases el concurso (figura 3).

## 8. CASA ALERO

Según la clasificación climática de Köppen, la ciudad de Santiago de Cali (3° 23' N - 76° 32' W - 979 msnm), posee un clima Tropical de Sabana semi-húmedo (aw), caracterizado por temperaturas medias por encima de los 24°C y una pluviosidad inferior a la que caracteriza a la zona húmeda tropical. La temperatura del aire presenta una oscilación diaria de casi 10 °C durante todos los meses del año, siendo la variable climática más representativa de la región. La humedad relativa de aire es bastante alta, pero presenta su valor más bajo hacia las 3:00 de la tarde, coincidiendo con el pico de temperatura máxima. La incidencia anual de la radiación solar se concentra principalmente en el plano horizontal de la cubierta, que recibe prácticamente la mitad del total, seguido por las

fachadas oeste y este con el 17 % cada una y finalmente las fachadas norte y sur, las cuales solo reciben sol directo durante seis meses de año.

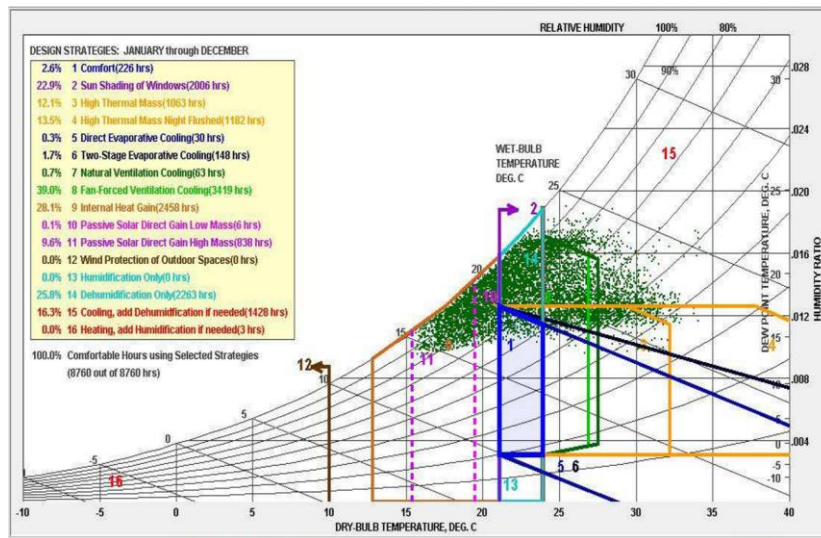


Figura 4, Carta Bioclimática para Cali

La carta bioclimática para la ciudad de Cali (figura 4) muestra que las estrategias más efectivas para lograr el confort climático son la ventilación cruzada y el sombreado de las fachadas. Teniendo en cuenta lo anterior y para atender las condiciones del concurso en el clima particular de Cali, se plantea una vivienda completamente pasiva, que atendiera los siguientes aspectos (figura 5): la cubierta debía proteger al máximo el interior de la vivienda de la fuerte radiación solar, proporcionando sombra a las fachadas y evitando la transmisión de calor; por su parte la fachada debía convertirse en un espacio habitable que permita la ventilación natural cruzada, el sombreado de los espacios interiores y la de interacción con el exterior de maneras diversas a voluntad del usuario, creando una fachada que puede cambiar durante el día (Calicivita, 2015).



Figura 5, Estrategias bioclimáticas pasivas de la Casa Alero

Tanto la cubierta como la fachada, se desarrollaron como prototipos demostrativos a escala real, que permitieran al equipo evaluar su desempeño con miras a una futura implementación en proyectos de vivienda social en la región. Para la cubierta se desarrolló e implementó un sistema de enfriamiento pasivo compuesto por un prototipo de techo vegetal sobrepuesto sobre tejas multicapa metálicas (figura 6). Con la utilización de este sistema se logró reducir la transmisión de calor al interior de la vivienda, mejorando las condiciones de temperatura del aire (Osuna, 2013).

El cerramiento de la edificación se planteó como un mecanismo de interacción con el exterior que permitiera diferentes configuraciones según la voluntad del usuario. Se desarrolló un sistema de envoltorio arquitectónico que permite al usuario cerrar completamente su vivienda, manteniendo unos niveles mínimos de iluminación natural y ventilación cruzada; o abrirla completamente generando un espacio adicional de balcón sin permitir la



entrada de radiación solar directa en los espacios interiores. El sistema de apertura de la fachada, que aún sigue estando en fase experimental, permite diversos grados de apertura, siempre teniendo en cuenta las dimensiones humanas (ver figura 7).



Figura 6, Vistas del prototipo Casa Alero en la Villa Solar

El prototipo demostró durante la semana de competición y exhibición que es posible construir una vivienda para el trópico, que mantenga unos adecuados niveles de confort térmico en su interior mediante la utilización de sistemas de climatización pasivos, reduciendo así el consumo energético y la huella ecológica.

El concurso Solar Decathlon es una oportunidad única para que las Universidades con programas de arquitectura e ingeniería, realicen investigación y desarrollo en temas de construcción sostenible, logrando equilibrar el enfoque competitivo del evento con los objetivos académicos propios de cada universidad. Ofrece una oportunidad única para realizar procesos de enseñanza-aprendizaje en entornos interdisciplinarios de trabajo colaborativo involucrando estudiantes de diferentes carreras (titulaciones) saliéndose de los esquemas tradicionales de los programas de estudio que privilegian el aprendizaje disciplinar o profesionalizante.



Figura 7, Configuraciones del cerramiento de Casa Alero

## 9. CONCLUSIONES

En consonancia con las intencionalidades formativas de las universidades, Casa Alero se utilizó como una actividad académica que permitiera el desarrollo de competencias de los estudiantes en aspectos de conciencia ambiental, interdisciplinariedad e integralidad de la formación. La Casa Alero se concibió como un “prototipo demostrativo a escala real” que sirviera como instrumento de aprendizaje y experimentación en el campo de la construcción sostenible, sin pretender convertirse en una vivienda modelo replicable en cualquier lugar del trópico.

El esquema actual de vivienda social en Colombia, basado en la capacidad de endeudamiento de los beneficiarios, hace muy difícil la implementación de viviendas solares sostenibles, debido a los altos costos de

algunos materiales y equipos. Sin embargo, el concurso SD se constituye en un escenario ideal para generar investigación y desarrollo de sistemas constructivos, materiales y procesos de ejecución y gestión de obra aplicables en diversos proyectos de vivienda en la región.



Figura 8, Casa Alero durante la semana de competencia

Durante el proceso de diseño, construcción, ensamblaje y puesta en funcionamiento de Casa Alero fue posible acercar a los estudiantes a los procesos constructivos, permitiéndoles verificar “in situ” el comportamiento de la vivienda durante su materialización y puesta en funcionamiento. Adicionalmente, la semana de exhibición de los prototipos permitió que los estudiantes fueran protagonistas de una estrategia de educación ciudadana en temas de sostenibilidad y responsabilidad social ambiental.

Este tipo de ejercicios formativos logran cerrar la brecha filosófica entre diseñadores y constructores, permitiendo que los estudiantes integren en su formación la abstracción de los procesos de diseño con las habilidades prácticas de los procesos constructivos. El aprendizaje práctico permite aprender haciendo, facilitando la adquisición de conocimientos y habilidades fuera del aula, aprendizaje que puede ocurrir a través del trabajo, el juego y otras experiencias de vida.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Calicivita (2015). Calicivita Team, Project Manual. Recuperado de <http://www.calicivita.com>
- Carpenter, W. J. (1997). Learning by building: Design and construction in architectural education. John Wiley & Sons.
- Congreso de Colombia. (13 de mayo de 2014). Ley no. 1715 por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. (República de Colombia)
- Dean, A. O. (2002). Rural studio: Samuel Mockbee and an architecture of decency. Princeton Architectural Press.
- González Couret, D. (2012). Vivienda, teoría y práctica. Treinta años de experiencia académica en La Habana. *Arquitectura y Urbanismo*, 33(1), 91-104.
- Grose, T. K. (2009). Compete to Learn. *ASEE Prism*, 19(3), 43.
- Holt, E., Loss, B., & Shaurette, M. (2012). Students involvement in the solar decathlon competition: giving context to the classroom experience. In Proceedings of the 48th ASC Annual International Conference, Associated Schools of Construction, Birmingham, UK (pp. 1-7).
- Navarro, I., Gutiérrez, Á., Montero, C., Rodríguez-Ubinas, E., Matallanas, E., Castillo-Cagigal, M., ... & Páez, J. M. (2014). Experiences and methodology in a multidisciplinary energy and architecture competition: Solar Decathlon Europe 2012. *Energy and Buildings*, 83, 3-9.
- Osuna, I. (2013). Prototipo de techo plantado como dispositivo de climatización pasiva en Cali. (Trabado de grado) Maestría en Arquitectura y Urbanismo, Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Palomares, M.; Portalés, A.; Esteve, M.C.; Vargas, M.D.; Pascual, N.; babiloni, M.E.; Asensio, S. (2013) El proyecto interdisciplinar como herramienta para una metodología de aprendizaje activo en las enseñanzas técnicas. En *Arquitectura v2020. La enseñanza y la profesión de arquitecto en un mundo en cambio*. Congreso Docente. Valencia, 20-22 febrero 2013. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2013, p. 187-193.
- SDLAC (2014). Solar Decathlon Latin America & Caribbean 2015. Request for proposals v3.2. Recuperado de <http://www.solardecathlon2015.com.co>
- SDLAC (2015a). Solar Decathlon Latin America & Caribbean 2015. Rules Final Version, Recuperado de [http://www.solardecathlon2015.com.co/competencias/normas/item/download/2\\_ccf5ca620275e8c26cb7cca6e1a1e01c](http://www.solardecathlon2015.com.co/competencias/normas/item/download/2_ccf5ca620275e8c26cb7cca6e1a1e01c)
- SDLAC (2015b). Solar Decathlon Latin America & Caribbean 2015. Building Code v.1. Recuperado de [http://www.solardecathlon2015.com.co/competencias/normas/item/download/3\\_2a46e10f9d6c2e149c61b9cac7e5572f](http://www.solardecathlon2015.com.co/competencias/normas/item/download/3_2a46e10f9d6c2e149c61b9cac7e5572f)