

DEL PROTOTIPO A LA MATERIALIZACIÓN DE LA CUBIERTA;
Proceso evolutivo para el concurso Solar Decathlon Latinoamérica y
Caribe 2019. (vol. 1.2)

Autor: Eugenio José Moruno Muñoz
Tutor: Miguel Hernández Valencia

Profesores: Felipe Palomino González
Tomás García García
Félix de la Iglesia Salgado
Rafael Herrera Limones
Olga Fajardo González

Concurso de Arquitectura para estudiantes, Ingeniería y Construcción
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Sevilla
Curso 2018 - 2019 | 18 de junio de 2019

Este trabajo propositivo y de investigación ha sido desarrollado como continuación del TFG de título “De la “cubierta urbana” al prototipo; Proceso evolutivo para el concurso Solar Decathlon Latinoamérica y Caribe 2019. (vol. 1.1)”. Por tanto, no se entendería, ni se disfrutaría en su plenitud leyéndolos por separado. Además debo agradecer a mi compañero Jose Antonio Sánchez Guerrero por su colaboración en todo momento, durante el proceso de evolución de este documento. Sin olvidar claro está, a mi tutor y a todos los demás profesores que también forman parte de este trabajo.

ÍNDICE

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

2. INTRODUCCIÓN

- 2.1. Motivación
- 2.2. Hipótesis y objetivos
- 2.3. Metodología

3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

- 3.1. Normativa del concurso
- 3.2. Materiales empleados
- 3.3. Transporte por módulos
- 3.4. Montajes durante el concurso

4. CASOS DE ESTUDIO DE CUBIERTAS DE PROTOTIPOS DEL CONCURSO SOLAR DECATHLON

- 4.1. Caso práctico 1. SolarKit (Universidad de Sevilla). SDEU 2010 (Madrid, España)
- 4.2. Caso Práctico 2. La Casa Patio 2.12 (Andalucía Team). SDEU 2012 (Madrid, España)
- 4.3. Caso práctico3. Proyecto Aura (Hiscali Team). SDLAC 2015 (Cali, Colombia)

5. EVOLUCIÓN DE LA PROPUESTA DE CUBIERTA DEL PROYECTO AURA 3.0

- 5.1. Propuesta de cubierta sencilla de placas solares
- 5.2. Propuesta de cubierta centrada en la iluminación
- 5.3. Propuesta de cubierta adaptada al clima tropical de Cali

ÍNDICE

6. PROPUESTA COMO CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO

- 6.1. Análisis de la influencia de los vientos en la propuesta actual
- 6.2. Reflexión y análisis sobre los sombreros en dos climas heterogéneos
- 6.3. Exposición del concepto de cubierta
- 6.4. Propuesta de ventilación del prototipo a través de sus superficies horizontales
- 6.5. Exposición de la composición de la cubierta
- 6.6. Análisis y conclusiones de la influencia del viento en la propuesta
- 6.7. Estructura y materialidad

7. BIBLIOGRAFÍA

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

Resumen

Este trabajo propositivo ha sido realizado con el objetivo de resolver uno de los puntos más incidentes en la funcionalidad del prototipo realizado por la Universidad de Sevilla, para el concurso más importante a nivel internacional de arquitectura sostenible, que es el Solar Decathlon Latinoamérica y Caribe 2019.

La cubierta de cualquier edificación es uno de sus elementos fundamentales, pero en Colombia, que es donde se va a desarrollar el concurso SDLAC, es importante resolverlo adecuadamente, debido a las condiciones, tanto climáticas, como sociales, como arquitectónicas de esta zona del planeta. Por esto, nosotros apoyados en el TFG de título, “De la “cubierta urbana” al prototipo; Proceso evolutivo para el concurso Solar Decathlon Latinoamérica y Caribe 2019. (vol. 1.1)”, y en el análisis de estas circunstancias de partida, hemos desarrollado la cubierta para el prototipo del Proyecto Aura 3.0, hasta finalizarla constructivamente, para que se realice su montaje en el próximo mes de diciembre en Cali, Colombia.

Después de los análisis desarrollados y de conocer lo allí existente actualmente, hemos concluido el trabajo con una propuesta que produce una ventilación pasiva del prototipo y que ayuda a refrigerarlo, en una zona donde el calor y la humedad continuados son el mayor problema de confort térmico. La cubierta contiene una cámara de aire que apoyada en el efecto Venturi acelera el aire, tan lento casi todo el año en Cali, favoreciendo así la succión de las partículas de aire cálidas generadas en el interior del prototipo. Además, arquitectónicamente tiene una forma que se adapta a la idea de proyecto y que incorpora una superficie vistosa, para ser observada desde el telesférico del barrio de Siloé.

Se trata de un documento abierto a continuaciones futuras, debido a que ya está formado por dos TFG continuados el uno del otro y a que es un tema que se puede seguir desarrollando, tanto a nivel urbano, como individual de una edificación.

Palabras clave

Cubierta | Prototipo | Concurso | Fragmentación | Sombrero | Clima



a



b

a. Logotipo Solar Decathlon LatinoAmérica y Caribe 2019.
(Fuente: www.solardecathlon.gov)

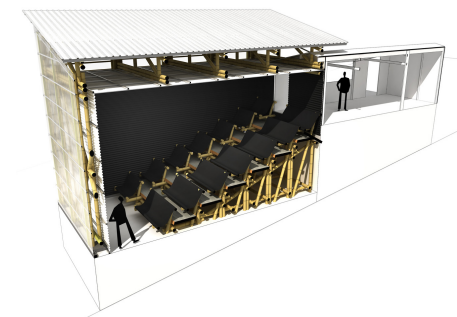
b. Vista aérea del SDEU 2012. Fase final del concurso en Madrid.
(Fuente: www.construible.es)

c. Cali, la niebla y la humedad. La humedad es muy densa en Cali y esa crea un ambiente incómodo para los ciudadanos.
(Fuente: www.canalcalitv.com)

d. Potocine de Medellín. Cubierta inclinada con cámara de aire.
(Fuente: plataformaarquitectura.cl)



c



d

Abstract

This proactive work has been done with the objective of solving one of the most important points in the functionality of the prototype made by the University of Seville, for the most important contest in the world about sustainable architecture, that is the Solar Decathlon Latinoamérica y Caribe 2019.

The cover of all buildings is a fundamental element, but in Colombia, where will be developed the contest SDLAC, it is important to solve it suitably, for the climatic, social, architectural conditions of this place of the planet. Therefore, we based in the TFG of title, "De la "cubierta urbana" al prototipo; Proceso evolutivo para el concurso Solar Decathlon Latinoamérica y Caribe 2019. (vol. 1.1)", Volumen 1, and in the analysis of these initial conditions, we have developed the cover for the prototype of the Proyecto Aura 3.0, to finish constructively, so that it will be assembled in the next month of december in Cali, Colombia.

After developed analyzed and to know what is currently existing, we have concluded the work with a proposal that it produces a passive ventilation of the prototype and it helps to refrigerate, in a zone where the heat and the humidity are the most important problem of thermal comfort. The cover has a air chamber that based in the Venturi effect, it accelerate the wind, that is very slow nearly all year in Cali. This favors the suction of the heat air particles, it generated inside de prototype. Also, architecturally, it has a form that adapts to the project idea and it incorporates a colorful surface, for it to be observed from the cable car of the neighborhood of Siloé.

It is an open document to future continuations, because it is already did by two TFGs continued from one another and it is a subject that can follow developed, at the urban level and individual building.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Motivación

Como ya hemos recogido anteriormente, el tema a tratar es la actividad propositiva y constructiva de la cubierta que se va a erigir en el prototipo del Proyecto Aura 3.0 planteado por la Universidad de Sevilla para el concurso SDLAC. Utilizando así dicho trabajo para la entrega final de este concurso. La envolvente superior de este prototipo se preocupará por temas medioambientales, sostenibles y de confort para el usuario, además de tener en cuenta que es un trabajo apoyado ya en las bases del TFG de título, “De la “cubierta urbana” al prototipo; Proceso evolutivo para el concurso Solar Decathlon Latinoamérica y Caribe 2019. (vol. 1.1)”.

Por tanto, acogiéndonos a este TFG anterior y a las normas del concurso, nos hemos planteado preguntas sobre temas sociales de Cali, también sobre condiciones climáticas del lugar, además de investigar en el uso de materiales ligeros y autóctonos de la zona, complementado con la fase de montaje en tiempo limitado que se nos exige.

Debido al gran sentimiento de pertenencia que existe en el barrio de Siloé, donde teóricamente se plantea la propuesta, y a la participación ciudadana y de autoconstrucción que existe en dicha zona de esta ciudad, es importante que la cubierta sea sencilla en cuanto a su construcción, pero no tanto en su imagen superior, ya que, no debemos olvidar que el sistema de transporte más importante allí es el teleférico, que conecta este barrio con el resto de la ciudad. Por estas razones, la cubierta debe responder a una imagen diferente y concreta para este lugar.

Por consiguiente, hemos analizado algunas propuestas que han participado en años anteriores en este concurso, SD, tanto las ganadoras, como las realizadas por la Universidad de Sevilla, además de algunas que nos resultaban adecuadas para nuestro trabajo por el tratamiento climático que aplicaban y el uso de materiales naturales y de la zona. Observando en estas que es muy importante entender la climatología del lugar para saber que es necesario, en cuanto a conseguir un confort térmico adecuado en el interior del prototipo.

Todo esto, con el fin de conseguir una funcionalidad idónea en las viviendas y edificios realizados en Cali o lugares similares, además de fomentar la participación ciudadana en el barrio de Siloé siendo una propuesta asequible para la autoconstrucción. Considerando siempre el medio de una forma respetuosa y sin crear ningún tipo de impacto negativo hacia el barrio. El planteamiento se realiza desde una arquitectura propositiva y analítica.



a

a. Interior Casa Patio 2.12. Podemos observar el tratamiento de cubierta de un segundo puesto. (Fuente: www.solardecathlon.com)

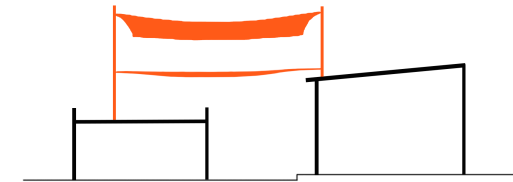
b. Yo amo a Siloé. Muestra el sentimiento de propiedad de los ciudadanos hacia su barrio. (Fuente: occidente.co)

c. Esquema de propuesta urbana. Es un esquema de propuesta urbana que comienza a parecerse a la cubierta del prototipo. (Fuente: Elaboración propia)

d. Vistas desde la parada del teleférico. Se observa Siloé en primer plano y al fondo la ciudad de Cali. (Fuente: Proyecto Aura 3.0)



b



c



d

2.2. Hipótesis y objetivos

El objetivo de este trabajo es considerar las diferentes opciones de construcción sostenible que se pueden aplicar en cubierta en Cali, para posteriormente definir una propuesta de cubierta para el prototipo planteado por el Proyecto Aura 3.0 para el concurso SDLAC. Con la complejidad de que esta propuesta debe resolver o colaborar en la solución del confort térmico interno de dicha edificabilidad, para conseguir su funcionalidad.


Para lo anterior, analizaremos en profundidad el clima como parte fundamental del habitar individual en edificios y las premisas sociales que existen este barrio edificado en la cordillera occidental del valle del Cauca, en Colombia.

Con la ayuda y el análisis de propuestas participantes en anteriores concursos del SD, conseguiremos también rescatar los puntos fuertes de estas que nos puedan servir de ayuda, modificándolos y adaptándolos a nuestro trabajo.

Los edificios resueltos con una cubierta adecuadamente, es decir, que se preocupan por los temas sociales, climatológicos y constructivos del lugar, aportan un mayor confort y tienen un impacto positivo superior en sus habitantes.

El planteamiento idónea para una construcción en Siloé es mediante autoconstrucción, debido a que allí todo se edifica con esa metodología, pero no solo por esto, sino que asumir estas condiciones es muy oportuno porque la cubierta que debe construirse en el concurso SDLAC tiene un plazo de tiempo para ello muy limitado. Por tanto, la facilidad y rapidez de montaje es importante en nuestro trabajo propositivo.

El clima en Cali es muy húmedo y con unas temperaturas constantes algo cálidas para el confort humano, debido a que es un clima definido como tropical. Por esto, en zonas con climas de este tipo, lo idóneo para conseguir el confort térmico es proteger el espacio de la radiación solar y permitir un viento continuo, para así conseguir que la radiación no suba la temperatura y la brisa elimine humedad y baje dicho exceso de calorífico. Esta idea es muy competente en lugares así y es una de las bases que utilizaremos en nuestra propuesta.

Parámetros climáticos promedio de Cali 													
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	36.6	33.9	35.8	34.4	36.2	34.6	32.4	32.6	32.1	33.8	36.2	35.3	36.6
Temp. máx. media (°C)	29.9	31.1	30.0	28.0	28.5	32.5	32.6	33.0	30.5	28.0	28.5	31.0	30.3
Temp. media (°C)	23.4	23.9	24.2	24.7	24.6	24.1	24.0	24.2	23.8	23.7	23.6	23.5	24
Temp. mín. media (°C)	19.4	20.0	19.8	16.9	18.2	20.1	20.7	20.5	19.5	16.4	18.7	19.6	19.2
Temp. mín. abs. (°C)	16	15	17	14	16	14	15	16	15	14	15	17	11
Precipitación total (mm)	52.6	78.6	103.3	122.8	117.4	48.7	28.0	46.2	69.0	114.6	109.2	78.4	968.8
Días de precipitaciones (≥)	10	10	13	15	16	10	8	9	11	17	14	12	145
Horas de sol	183.0	155.8	166.5	139.0	147.1	153.1	189.9	175.1	157.4	151.1	153.8	170.1	1941.9

Fuente: Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales²³

a



c

a. Tabla climática estadística. Se observan las temperaturas y precipitaciones constantes. (Fuente: IHMEA)

b. Proceso de montaje del prototipo del Proyecto Aura 3.0. Construcción de cara a la Fase final del concurso en Colombia. (Fuente: Proyecto Aura 3.0)

c. Siloe desde el miocable. El transporte más eficiente en un barrio como este. (Fuente: 90minutos.co)



b

2.3. Metodología

En cuanto al razonamiento que vamos a utilizar en este trabajo es el inductivo, esto se debe a que ejecutaremos unos análisis a casos prácticos particulares edificados en ediciones anteriores del SD, de los cuales obtendremos unos resultados con los que alcanzaremos unas conclusiones generales. Dichas conclusiones las usaremos en la finalización del documento donde irá desarrollada la propuesta final para el prototipo del Proyecto Aura 3.0, el cual se debe de construir en diciembre de este mismo año, siendo esta una premisa base a considerar.

Asimismo, utilizaremos la lógica hipotético-deductiva, realizaremos, por tanto, un análisis de la situación social, de infraestructura y económica del barrio de Siloé, donde se plantea en teoría el asentamiento del prototipo. Pero además, efectuaremos un estudio a la normativa del concurso, al tiempo que se debe de tardar en edificar dicha cubierta y a la ligereza y agilidad de los materiales y su montaje en el solar. Partiendo de este análisis, deduciremos lo diferentes problemas a los que plantearemos una hipótesis o solución, que demostraremos empíricamente que es totalmente válida y que posteriormente se demostrará cuando deba superar las diferentes fases del concurso SDLAC. Es importantes resaltar que esta lógica también será utilizada para las condiciones climáticas tan importantes en la arquitectura sostenible.

La metodología es cualitativa, ya que, los análisis de los casos prácticos de participaciones anteriores en el concurso SD, aunque serán realizados en base a los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU, las conclusiones finales estarán realizadas de forma subjetiva y aplicativa a la propuesta del Proyecto Aura 3.0.

El tiempo en el que se estudian estos fenómenos es un periodo largo, debido a que la sostenibilidad y los objetivos de la ONU nombrados anteriormente no pueden valorarse en un corto plazo. A esto se le puede llamar también una metodología diacrónica, por la que siguiendo una fase de experimentación a largo plazo se puede comprobar si la solución es adecuada e idónea para ese lugar y ese momento.

Además, incluiremos una evolución de las diferentes propuestas de cubierta del prototipo realizadas anteriormente por el Proyecto Aura 3.0, de las cuales hemos sido participes en la mayoría, para sí poder comprender el origen y el proceso que se ha seguido hasta conseguir el resultado final que expondremos en las conclusiones.



a



b

a. Cercha de guadua.
(Fuente: bambusa.es)

b. Estructura de cubierta construida con guadua. Es un material típico de Colombia.
(Fuente: www.construible.es)

c. Objetivos de desarrollo sostenible. Son la base del concurso Solar Decathlon.
(Fuente: www.repsol.com)

d. Fase final Hiscali Team. observamos la materialidad ligera del prototipo del 2015.
(Fuente: Proyecto Aura)



c



d

3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

3.1. Normativa del concurso

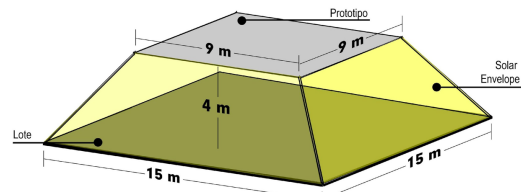
Como es característico en este tipo de concursos para que todos los participantes cuenten con las mismas oportunidades e igualdades a la hora de participar, se realizan una serie de normas que valoraran las propuestas. Aunque la mayoría de estas sean de carácter obligatorio para la intervención y para no perjudicar a otros participantes, algunas son de carácter orientativo con la intención de que los prototipos agudicen los diseños o ideas para que ayude a la investigación y evolución hacia una arquitectura más sostenible.

Una de las normativas características de este concurso desde su inicio es la envolvente solar, encargándose de que los prototipos no excedan un volumen y dimensiones específicas. Esta surge por una serie de razones determinantes del lugar donde se va a realizar el concurso, como son para la reducción de recursos después del concurso; las dimensiones limitadas de la Villa Solar donde se compite, junto al número de participantes; y principalmente como describe su propio nombre para que no cree sombras a los prototipos colindantes, por ello esta envolvente solar se grafía como una pirámide truncada cuadrangular.

Otras reglas obligatorias son la realización de entregas y workshops en períodos determinados. Esto obliga a una evolución continua de los prototipos en todos los aspectos, sin necesidad de que las ideas de la primera entrega concuerden con las finales, ya que a medida que se avanzan los prototipos van surgiendo problemas como son el transporte, las medidas estándares de los elementos de construcción, o los acuerdos entre empresas para obtener recursos para la construcción del prototipo.

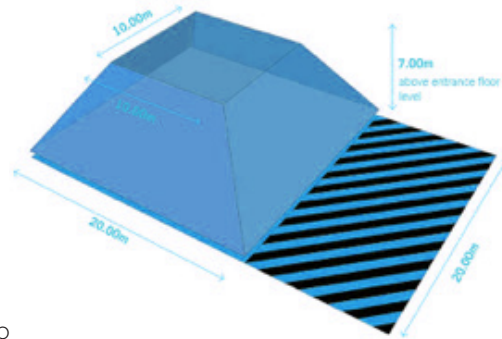
Las demás medidas de la normativa expresan como se realizarán las valoraciones de los jueces a la hora de puntuar a cada equipo participante. Todas las puntuaciones se basan en 10 pruebas principales del concurso: 1. Arquitectura, 2. Ingeniería y Construcción, 3. Eficiencia energética, 4. Balance de energía eléctrica. 5. Condiciones de bienestar, 6. Funcionamiento de la casa, 7. Comunicación y sensibilidad social, 8. Industrialización y viabilidad en el mercado, 9. Innovación y 10. Sostenibilidad. Estas están muy influenciadas por los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU. Además, en cada prototipo se monitorizará en varios espacios durante el periodo del concurso conforme con las pruebas antes descritas al igual que otras pruebas complementarias como son la realización de una cena y fiesta o el uso de algunos electrodomésticos.

A modo de conclusión, podemos extraer que algunas normativas condicionan enormemente las ideas de proyecto como es el caso de la envolvente solar, tal y como se ha podido apreciar en las comparaciones entre el proyecto Aura 3.0 y el de Aura 3.1. Por otra parte, las pruebas y la mayoría de la normativa obligan a que no sea solo un concurso de Arquitectura, sino que se exploren y se interrelacionen las diversas disciplinas que implican, obligando así a que haya una multidisciplinariedad en los equipos participantes.



* El Solar Envelope es el contenedor del prototipo.

a



b

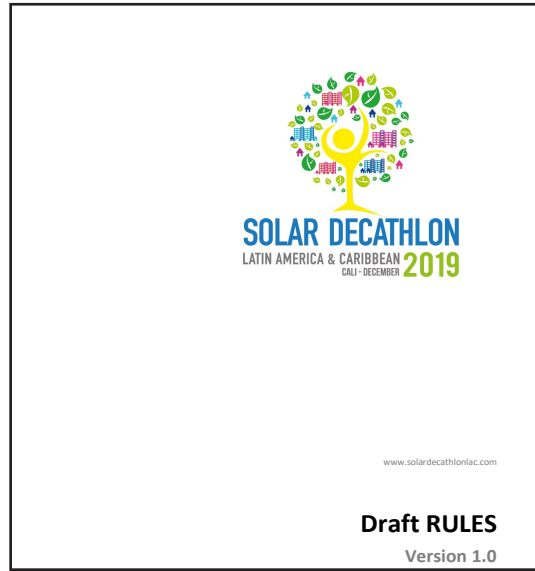
a. Pirámide límite de envoltura SDLAC 19.
(Fuente: Normativa SDLAC 19)

b. Pirámide límite de envoltura SDEU 19.
(Fuente: Normativa SDEU 19)

c, d. Normativa para el SDLAC 19 y SDEU 19.
Aquí se recogen todas las bases del concurso.
(Fuente: www.solardecathlon.com)

e. Ejemplo de la solar envoltura. El prototipo no debe tocar ninguna de sus paredes.
(Fuente: Normativa SDLAC 19)

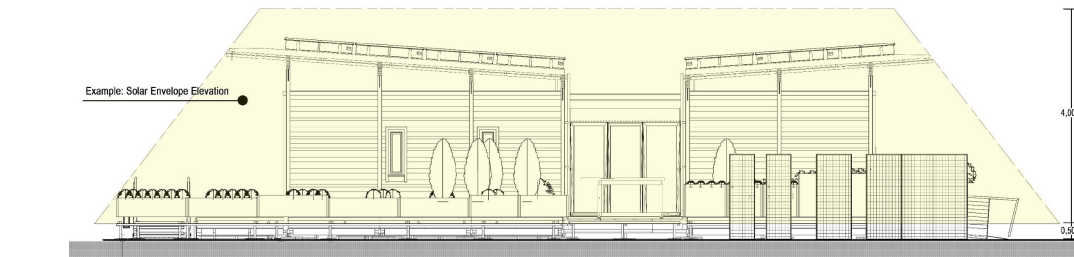
f, g. Objetivos de desarrollo sostenible. Son la base del concurso SD.
(Fuente: www.un.org)



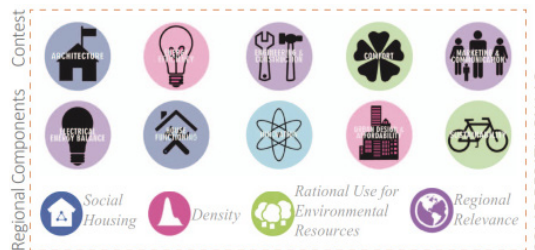
c



d



e



f



g

3.2. Materiales empleados

Dado que los prototipos se tienen que ejecutar en la Villa Solar en un periodo de 20 días según las reglas del concurso, lo que implica que la construcción y los materiales se puedan ensamblar y realizar de manera rápida, o incluso se pueda construir previamente y transportado para ser terminado durante este tiempo determinado.

Todo esto conlleva que la mayoría de la construcción se realice en seco con materiales ligeros para facilitar su posible transporte y su fácil montaje. Con esto quedará prácticamente inutilizados materiales pesados y que necesitan de fraguados o de bastante tiempo en sus procesos de ejecución como son el uso de ladrillos o de hormigón. Por lo que en su mayoría serán elementos constructivos ligeros prefabricados como paneles sándwich o trasdosados de cartón yeso. En cuanto a la estructura serán en su mayoría de madera o metálicos debido a sus fáciles uniones, su manejo y su transporte, además de sus posibles reciclajes del material.

Los materiales también serán valorados en cuanto a sus procesos de ejecución, los recursos que se han empleado en ello y su contaminación o reciclaje durante y después de su vida útil. Por lo tanto, los materiales autóctonos naturales del lugar del concurso serán valorados muy positivamente, ya que podrán reciclarse fácilmente y su contaminación será mucho menor tanto por su transporte como por los recursos que se emplean en su proceso de fabricación.

Por ello se han investigado materiales autóctonos como son la guadua, el denominado bambú colombiano. Este material es muy utilizado en Sudamérica para la realización de estructuras o como material de revestimiento o decoración, y empleado tanto en el interior como el exterior, e incluso como material de fabricación del mobiliario. Es tan aplicado en la construcción que está recogido como material estructural en el reglamento colombiano sismo-resistente (NSR-10). Incluso, se han ejecutado construcciones y proyectos de gran escala, desafiando a su vez la capacidad estructural del material. En estos proyectos hay que resaltar las obras del arquitecto colombiano Simón Vélez, caracterizado principalmente por utilizar este tipo de material.

También serán muy valorados la utilización de materiales reciclados provenientes de cualquier tipo siempre que no contaminen al medio ambiente. En el proyecto Aura 3.0 se ejecutarán al igual que en el proyecto Aura 3.1 envolventes decoradas con materiales o elementos reciclados como el uso de latas recicladas como elemento compositivo de las fachadas de algunos módulos. Esta idea implica la reducción significativa de materiales que puedan contaminar e involucra de manera social a la participación tanto en la recolección de estos materiales como en la integración en la construcción pertinente.



a



b

a. Obreros en una cubierta de guadua
(Fuente: www.construible.es)

b. Interior vivienda construida con materiales del lugar. Fase final del concurso en Madrid.
(Fuente: www.plataformaarquitectura.cl)

c. Templo sin religión, Simón Vélez. La guadua es un material muy usado en construcción, incluso en grandes edificios de culto.
(Fuente: www.plataformaarquitectura.cl)

d, e. Proceso de construcción. Materiales ligeros y de rápido montaje.
(Fuente: Proyecto Aura 3.0)



c



d



e

3.3. Transporte por módulos

Debido la mayoría de participantes del concurso elaboran la construcción de los prototipos antes del comienzo del mismo, parten con la ventaja de realizarlos en un plazo más amplio que la que aporta el concurso (20 días), pero también tienen un gran inconveniente, el transporte. Este tiene dos principales soluciones, por barco o por camiones.

El transporte por barco se debe de realizar con las medidas en las que puedan introducirse en contenedores. Este transporte guarda a su vez otras desventajas, como son la poca seguridad e integridad en el proceso de transporte de los módulos introducidos en estos contenedores para que no resulten dañados. Además, este transporte es más lento que efectuarlo en camiones a la vez contar con un precio más elevado. Este es el único modo de transporte que se puede decidir si se determina efectuar partes del proyecto en Sevilla. Otra posible solución sería la elaboración de los módulos en un lugar próximo a la Villa Solar y su favorable transporte en camiones cuando se aproxime las fechas que impone el concurso para la ejecución del proyecto.

El transporte por carretera en camiones es el más efectivo por el momento. Por una parte, permite más flexibilidad con las medidas de los módulos que el anterior transporte, basándose en cumplir con las dimensiones del camión con el que se pretenda trasladar al igual que las normativas de tráfico por los lugares o países por donde va a transcurrir. Por otra parte, guarda una virtud muy importante a destacar, la posibilidad de llevar todos los módulos directamente a la Villa Solar y así mediante una grúa colocar fácilmente estos en la parcela indicada, reduciendo significativamente el tiempo de ejecución de la obra. Este ha sido el medio escogido para transportar los diferentes módulos del prototipo Aura 3.0 desde el antiguo polideportivo de la Escuela Superior de Arquitectura de Sevilla al lugar del concurso Szentendre, Hungría.

Se puede sacar en claro que este tema condiciona enormemente el proyecto por lo que se preverá con antelación al proyecto final, ya que si se decide ejecutar previamente el prototipo o partes del mismo se deberá pensar cómo se va a realizar el transporte y las medidas de los vehículos, ya que condicionarán en gran parte el desarrollo del proyecto.

En cuanto a la cubierta, es recomendable que también se fragmente en módulos que puedan facilitar su transporte y su colocación rápida sobre el prototipo en su mayoría desarrollado. Este punto sería de enorme interés ya que este elemento consume el mayor tiempo de la ejecución del prototipo, y lo reduciría considerablemente si solo requiere su apoyo o colocación.



a



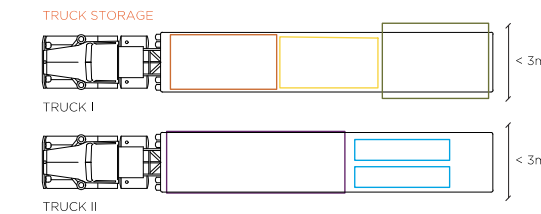
b



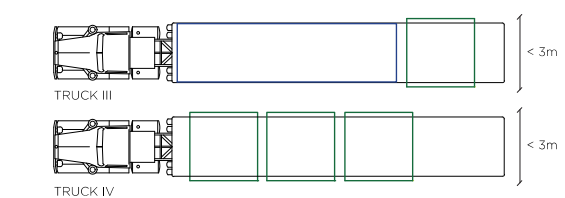
a. Descarga de soportes metálicos.
(Fuente: Proyecto Aura 3.0)

b. Construcción del prototipo SDLAC 19. Fase final de construcción y evolución.
(Fuente: Proyecto Aura 3.0)

c. Transporte. El transporte se hace por módulos para que quepan en el mínimo número de camiones posibles.
(Fuente: Proyecto Aura 3.0)



c



3.4. Montajes durante el concurso

Este tema guarda relación con el anterior, ya que si se previene una ejecución en fases o por módulos agilizan de manera circunstancial el desarrollo de los montajes y su colocación durante el periodo que efectúa dicho concurso.

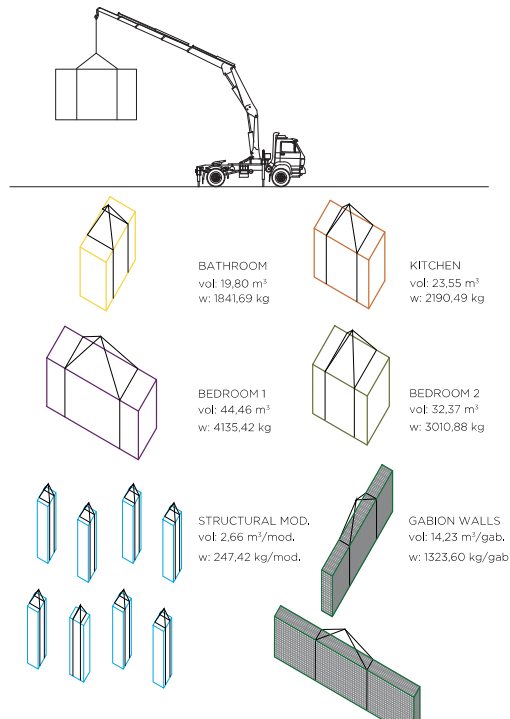
En las propias reglas de los concursos imponen que en una determinada entrega se realizará un desarrollo de las fases de ejecución y de montaje con las correspondientes medidas de seguridad, garantizando la entrada de los camiones con los módulos y la maniobrabilidad de las maquinarias para colocar en la parcela asignada las partes indicadas. Las maquinarias las dictaminará el concurso por lo que no serán ilimitadas y corresponderán con las utilizadas en los lugares donde se realiza el concurso, esto conlleva a que una vez más no se realicen módulos excesivamente pesados ni dimensiones que no puedan ser soportadas por dichas maquinarias.

Al igual que se ha mencionado con anterioridad el uso de materiales prefabricados también reducirá considerablemente el tiempo de construcción, siendo más acordes con los plazos determinados por el concurso. La estructura también será un elemento importante a la hora de montaje, siendo principalmente de madera o metálicas por su fácil ejecución de las uniones y su rápido montaje en su conjunto.

En el caso del proyecto Aura 3.1 la elección de la estructura a sido de enorme importancia, siendo un gran acierto entre las opciones que se barajaban. Se ha designado una estructura metálica de la marca comercial Rehasa, dedicada específicamente al uso de estructuras de apeos. La versatilidad de sus piezas y sus nudos junto a sus uniones por tornillos hacen que haya bastante variabilidad a la hora de realizar el proyecto y de montar un prototipo de estas dimensiones en un tiempo relativamente corto.

La ejecución en un periodo previo al que dictamina el concurso hace que a la vez que se avanza en el proceso de construcción se resuelvan problemas que surgen en obra, teniendo mayores facilidades y con más tiempo de respuesta de la que se ejecutarían durante este periodo determinado, disponiendo así de distintos recursos.

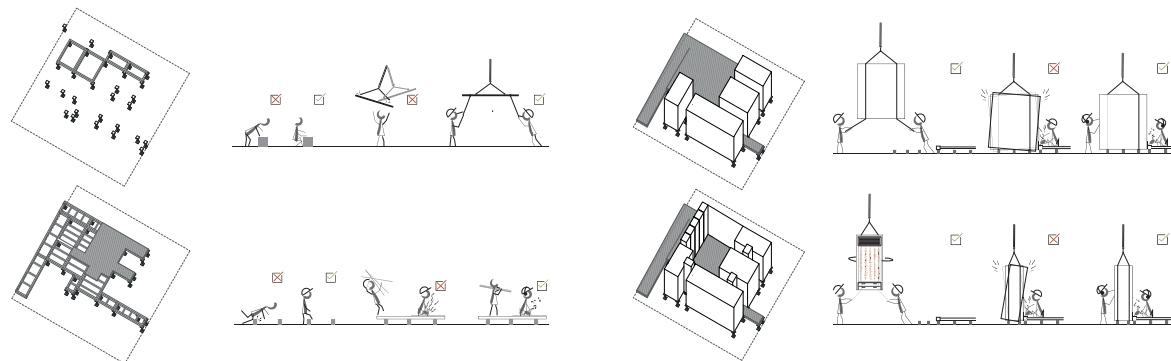
En el caso concreto de la cubierta, deberá de estar también fragmentada tanto por su transporte como para facilitar el montaje en el periodo requerido. Esto haría que su montaje fuera relativamente rápido, resumiéndose en apoyar sobre otros módulos o sobre la propia estructura del prototipo, reduciendo así la mitad del tiempo de la fase de ejecución del conjunto.



a



b



c

a. Esquema de montaje.
(Fuente: Proyecto Aura 3.0)

b. Construcción fase final en el solar.
(Fuente: Proyecto Aura 3.0)

c. Esquemas de trabajo. Todo está pensado para que no surja ningún inconveniente.
(Fuente: Proyecto Aura 3.0)

4. CASOS DE ESTUDIOS DE CUBIERTAS DE PROTOTIPOS DEL CONCURSO SOLAR DECATHLON

A continuación, se exponen una serie de casos de estudio de los que se extraen una cadena de ideas llevadas a la realidad física, con el fin de justificar las intenciones sustraídas de estas plasmadas en la propuesta final. Para llegar a estos se realizó una búsqueda específica centrándose en los elementos que se aproximarán a unos temas específicos.

El **clima**: todos los casos se han escogido por pertenecer al clima tropical en el que se va a realizar el concurso (Colombia), para conocer con más cercanía la manera de proyectar.

La **localización y situación**: al igual que el anterior son los más importantes ya que sería incongruente que el lugar donde se realizan no estuviera en concordancia con las ideas urbanas o con sus problemáticas específicas. Por lo tanto, no es razonable elegir un proyecto aislado sino uno que se relacione con el entorno, adaptándose e integrándose con el mismo.

La **idea de proyecto**: es un elemento fundamental a la hora de realizar una propuesta para partir de referencias que estén conectadas con las planteadas.

Escalas: dado que la propuesta se encuentra entre un desarrollo entre lo urbano y la del prototipo se barajarán proyectos que relacionen con ambas escalas al mismo tiempo y no a los proyectos que tengan una escala incompatible a las de su entorno.

Elementos arquitectónicos pasivos: debido a que en el concurso se valoran muy positivamente y ayudan a reducir el consumo de las instalaciones mecánicas son realmente importantes conocer su funcionamiento, y cuáles de ellos se realizan en este tipo de climas.

Instalaciones: al igual que el anterior, si los proyectos incorporan instalaciones innovadoras o novedosas que aporten una nueva manera de entender más sus propias funciones y a realizar un confort térmico, serán un complemento que magnifique la idea del proyecto.

Estructura: su diseño es una consecuencia de las anteriores al que hay que darle especial atención, ya que junto al material y al modo de construcción darán el sentido a la propuesta.

Construcción y material: estos deberán ser acordes con la localización en donde se va a realizar el proyecto, para ello convendrá que sean lo más autóctonos posibles para contribuir a una sostenibilidad mayor, con la posibilidad incluso de utilizar elementos reciclados.

Conclusión: aunque la mayoría de proyectos puedan tener varios elementos sustraídos al mismo tiempo, se escogerá un el que prevalecerá sobre los otros a modo de resumen del proyecto.

4.1. Caso práctico 1. SolarKit (Universidad de Sevilla). SDEU 2010 (Madrid, España)

Este proyecto es muy importante ya que es la **primera participación de la Universidad de Sevilla en un concurso de estas características**. Del mismo modo, es la primera vez que se realiza el concurso Solar Decathlon en Europa y concretamente en España.

La **idea de proyecto** es crear un prototipo de vivienda desmontable, autosuficiente energéticamente, adaptable a distintas localizaciones y de bajo coste. Representa una arquitectura innovadora que ofrece todas las condiciones de habitabilidad de una vivienda permanente, con la funcionalidad y flexibilidad de un sistema desmontable a partir de componentes modulares y ligeros.

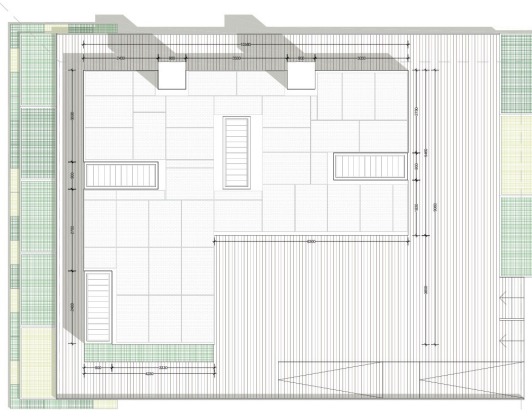
El proyecto incorpora **elementos arquitectónicos pasivos** para la realización de una vivienda sostenible como son: el uso de cerramientos muy aislados y con fachadas ventiladas; construcción de una arquitectura compacta, minimizando las pérdidas por la envolvente; y la utilización de patios, para el control de la ventilación e iluminación naturales, que funcionan además como reguladores térmicos.

Los **materiales y su construcción** se realizan de manera ligera, utilizando un sistema constructivo modular patentado, adaptables a distintos usos, vivienda «perfectible». Hay que resaltar la composición del pavimento, constituidos por materiales de cambio de estado (PCMs: Phase Change Materials) que, con las variaciones de temperatura, captan o ceden el calor necesario para su cambio de fase, aumentando así la inercia térmica de la vivienda.

La **estructura** se basa en el sistema innovador de construcción llamado «kit de muebles». Descomponiéndose en «elementos-mueble», independientemente de la función que albergan, estos actúan a la vez como cerramiento, partición y estructura en una composición ligera y fácilmente transportable. La agregación de elementos-mueble construye la casa.

En cuanto a las **instalaciones**, se utilizan instalaciones de acondicionamiento más eficientes, incorporando torres de climatización que aportan una innovación relevante en el concepto de la ventilación y el acondicionamiento sin consumo energético. Utilizando también la climatización por techo radiante no requiriendo impulsión y retorno de aire; funcionando por estratificación del aire y minimizando el consumo energético en condiciones extremas. Además, las luminarias de bajo consumo integradas en estos muebles permitían alcanzar niveles de iluminación requeridos. La calificación energética global del prototipo fue A+.

A modo de **conclusión**, podemos intuir como este proyecto era el origen de todas las ideas que después se desarrollarían en las posteriores participaciones, como son el desarrollo del prototipo en módulos o la preocupación por viviendas sociales y autoconstruidas.



a



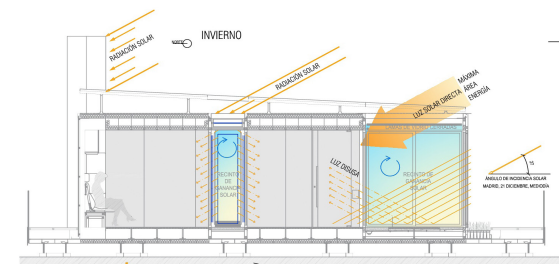
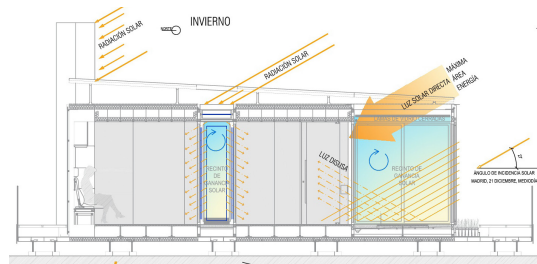
b

a. Planta del Solarkit.
(Fuente: Proyecto Aura)

b. Perspectiva exterior. Se aprecian las chimeneas de ventilación pasiva planteadas.
(Fuente: Proyecto Aura)

c. Sección con clima. Se observa el estudio climatológico empleado para el confort.
(Fuente: Proyecto Aura)

d. Objetivos de desarrollo sostenible. Cumple con varios de ellos y de manera óptima.
(Fuente: Elaboración propia)



c



d



4.2. Caso Práctico 2. La Casa Patio 2.12 (Andalucía Team). SDEU 2012 (Madrid, España)

Este proyecto tiene gran interés en su conjunto por las numerosas **similitudes** con los proyectos desarrollados **Aura 3.0 y Aura 3.1** al igual que por su idea de cubierta, el material empleado y los diferentes elementos de innovación e integración con los elementos pasivos y las instalaciones pertinentes.

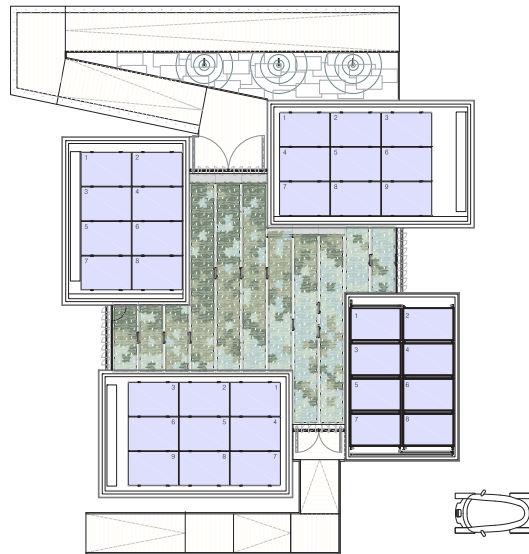
La **idea de proyecto** consistió en realizar una cubierta ligera como nexo de los 4 módulos habitacionales. Esta idea está enormemente relacionada con el prototipo Aura 3.1 desarrollado para el Solar Decathlon Latinoamérica 2019. Para la protección solar además se diseña un elemento auxiliar que simula la sombra vegetal de una parra, el cual representa una cubierta novedosa e innovadora. Esto da un giro de enorme relevancia en la manera de tratar este espacio central que ha derivado posteriormente, a tratar este espacio con aun mayor importancia en los prototipos Aura 3.0 y Aura 3.1.

La cubierta se desarrolla con **elementos arquitectónicos pasivos** que permite la ventilación cruzada del espacio central, además de la protección de la radiación solar en verano y la posible apertura en invierno, con la integración de chimeneas solares.

Los **materiales** empleados son muy ligeros con paneles sándwich como cubierta tipo, y otra cubierta en la parte central como si de un muro cortina se tratara. En ella se le adosa un elemento auxiliar realizado con acero a modo de protección solar para la estancia central del prototipo.

En cuanto a las **instalaciones**, cabe destacar su correcta integración en su conjunto. Las placas fotovoltaicas y térmicas están debidamente colocadas en las cubiertas de los módulos habitacionales, próximas a los puntos de consumo, para así reducir las pérdidas. Además, la evacuación de las aguas pluviales está resuelta de manera similar, apoyando además la evapotranspiración de la fachada.

A modo de **conclusión**, podemos aclarar que la idea de proyecto junto a los materiales empleados está en perfecta concordancia, dando en este prototipo una enorme importancia de la cubierta en el conjunto, relacionándola además con el espacio más importante del proyecto, el espacio central.



a



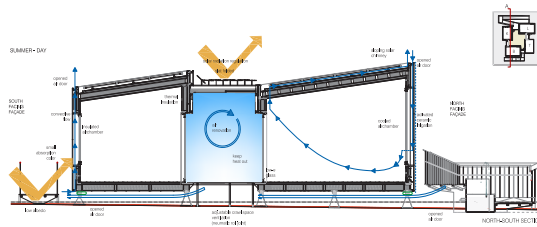
b

a. Planta de la Casa Patio 2.12.
(Fuente: Proyecto Aura)

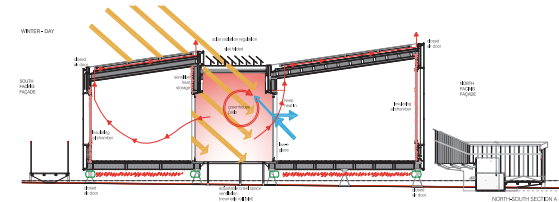
b. Prototipo del SDEU 2012 construido. Fase final del concurso en Madrid.
(Fuente: Proyecto Aura)

c. Sección con clima. Se observa el estudio climatológico empleado para el confort.
(Fuente: Proyecto Aura)

d. Objetivos de desarrollo sostenible. Cumple con varios de ellos y de manera óptima.
(Fuente: Elaboración propia)



c



d



4.3. Caso práctico3. Proyecto Aura (Hiscali Team). SDLAC 2015 (Cali, Colombia)

Este proyecto es muy importante ya que es la **primera vez que se introducen ideas urbanas en la participación del concurso**, llevando a otras escalas las problemáticas en las ideas de proyecto, siendo más interesantes y acordes a la escala de lo urbano. Se puede decir que este es el origen de los proyectos Aura 3.0 y Aura 3.1, que también desarrollan sus pertinentes ideas urbanas conformes con el lugar donde transcurre el concurso, en el caso del proyecto Aura 3.0 comparte el mismo lugar donde se realiza el concurso.

La **idea de proyecto** nace de la reconsideración de la cultura latina arquitectónica, aplicada a la vivienda colectiva social, desde un punto de vista medioambiental y sostenible. Así, del estudio de la tradición latino-mediterránea, surge una propuesta que pretende enlazar los dos extremos de la realidad urbana latina: la americana y la europea del sur: no solo en lo arquitectónico sino en el modo de habitar, lo denominado la “arquitectura de países cálidos”.

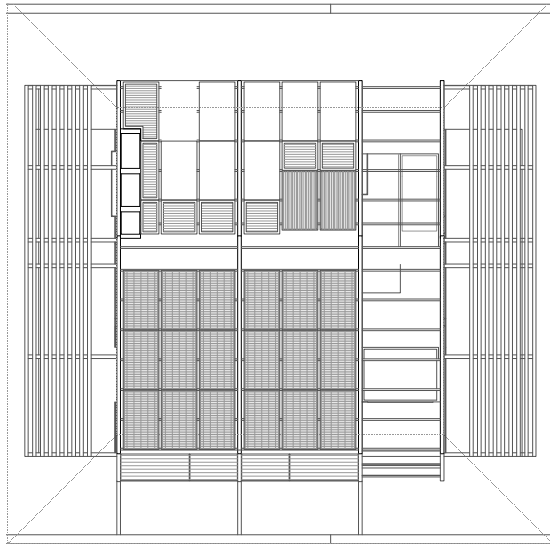
El proyecto incorpora **elementos arquitectónicos pasivos**, que se desarrollan principalmente en el módulo zaguán-antejardín bioclimático. El aire, funcionando como elemento que garantiza la ventilación cruzada tanto a nivel individual-vivienda como colectivo-bloque, mejorando la sensación de confort térmico. La luz, funcionando como espacio de transición-umbral entre el exterior y el interior, consiguiendo una regulación-gradación lumínica, permitiendo tamizar y regular la luz. La tierra, el zaguán es capaz de enmarcar el paisaje exterior, diluyendo los límites entre interior y exterior. Se introduce además un “mueble bioclimático”, la chimenea solar, funcionando como un “shunt” pasivo que ayuda a evacuar el aire caliente residual del interior de la vivienda.

Los **materiales** empleados son ligeros, formados en su mayoría por paneles sándwich de paneles OSB con aislante térmico en su interior. Además, se incorpora por primera vez la guadua como material, integrándola como elemento filtrante en la celosía.

La **estructura** se realiza en torno a un núcleo estructural-instalador originario presente en la gayola. Este corazón de la vivienda, aúna todas las instalaciones de luz y agua de la misma además de aportar rigidez estructural. Es el punto de enganche de cada familia a la gayola colectiva, sobre el que empezará la construcción de cada lote.

En cuanto a las **instalaciones**, su incorporación en el conjunto se realiza de manera convencional. Las placas fotovoltaicas se integran con la inclinación de la cubierta conforme con la distribución modular realizada en planta.

A modo de **conclusión**, podemos sustraer que la idea de proyecto del prototipo se combina con la urbana, integrándose en el modo de habitar del lugar y la vivienda social desde un punto de vista sostenible e incorporándole elementos pasivos que permitan dicha función.



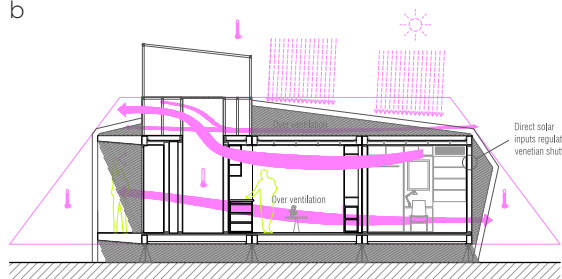
a

a. Planta Solar Decathlon Latinoamérica y Caribe 2015.
(Fuente: Proyecto Aura)



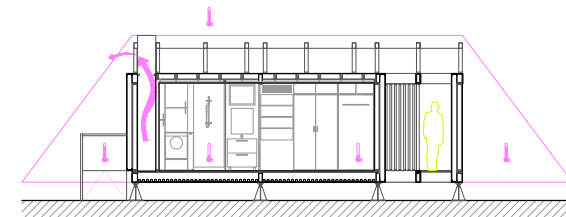
b

b. Perspectiva exterior del SDLAC 2015. Fase final del concurso en Cali.
(Fuente: Proyecto Aura)



c

c. Sección con clima. Se observa el estudio climatológico empleado para el confort.
(Fuente: Proyecto Aura)



d. Objetivos de desarrollo sostenible. Cumple con varios de ellos y de manera optima.
(Fuente: Elaboración propia)



d



5. EVOLUCIÓN DE LA PROPUESTA DE CUBIERTA DEL PROYECTO AURA 3.0

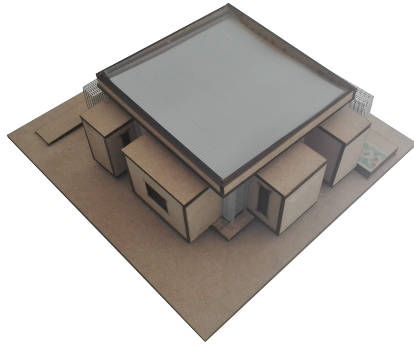
5.1. Propuesta de cubierta sencilla de placas solares

La primera idea de proyecto de cubierta del prototipo para el concurso que se pensó era simple y uniforme, realizando una cubierta plana convencional con una ligera pendiente para la evacuación de las aguas pluviales en un sentido y así recogerlas en un mismo punto donde fluctuarían.

En cuanto a las instalaciones de producción eléctrica de las placas fotovoltaicas, se encuentran integradas con la pendiente oportuna que provoca la cubierta. Esta instalación carece del estudio óptimo del número de placas suficientes que se deben instalar para que su producción sea igual o mayor al consumo que genere el prototipo. Por lo tanto se opta por abarcar toda la superficie de la misma sin haber realizado este estudio previo, realizando una integración uniforme en toda superficie.

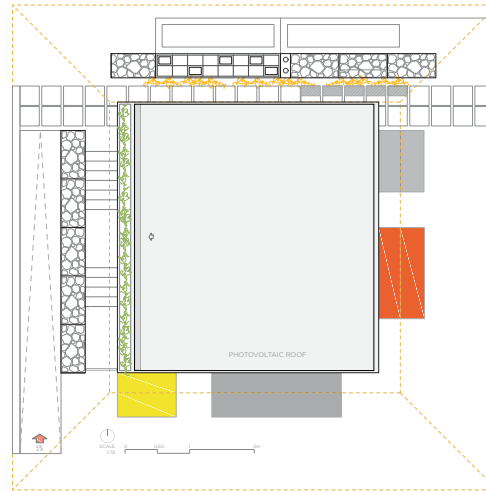
Podemos extraer como conclusión que esta idea de proyecto se encontraba en una primera fase poco desarrollada en aquel momento. Llegando a decir incluso, que no aportaba grandes ideas que le permitieran relacionarse y fusionarse con los elementos que le rodean, es decir, no le proporcionaba la expansión con el conjunto, de la misma manera en la que se producía la idea de la propuesta urbana, adquiriendo ese carácter parasitario.

Por ello, se concebía como un elemento auxiliar que se adosaba a la propuesta del prototipo, pero que a la vez le perjudicaba, haciéndole perder fuerza a la idea principal de la estrategia que se producía en el prototipo, es decir, se notaba en demasía el poco desarrollo que este tenía en aquel momento determinado y su poca integración con la idea de conjunto y los elementos que la conforman.



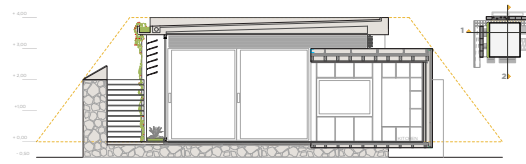
a

a. Maqueta vista superior. Se observa la sencillez de la cubierta que a veces es simple. (Fuente: Proyecto Aura 3.0)



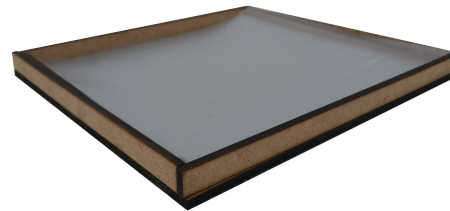
b

b. Planta cubierta. Al la cubierta solar se le adosa una tira de vegetación. (Fuente: Proyecto Aura 3.0)



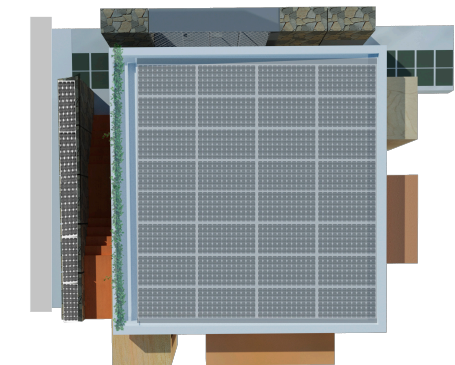
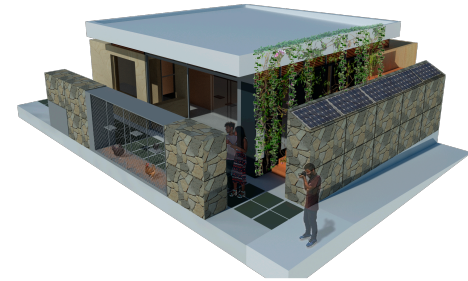
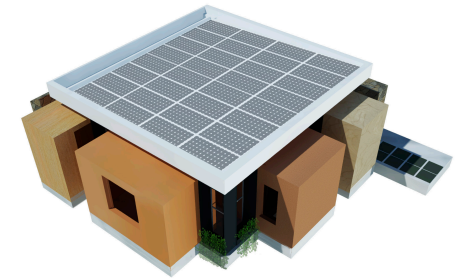
c

c. Sección transversal. La inclinación de la cubierta vierte sus aguas en la escalera y en la vegetación. (Fuente: Proyecto Aura 3.0)



d

d. Maqueta de cubierta. (Fuente: Proyecto Aura 3.0)



e

e. Volumetría 3D de la propuesta vista de diferentes ángulos. (Fuente: Proyecto Aura 3.0)

5.2. Propuesta de cubierta centrada en la iluminación

La segunda propuesta intentaba resolver los puntos más débiles que se habían extraído de las conclusiones, una vez realizada la idea anterior. Las más significativas eran su simpleza y su uniformidad. Por lo tanto, había que realizar un cambio drástico en este sentido, relacionándose con la complejidad de la idea de proyecto general del prototipo, **la teoría de la fragmentación**¹.

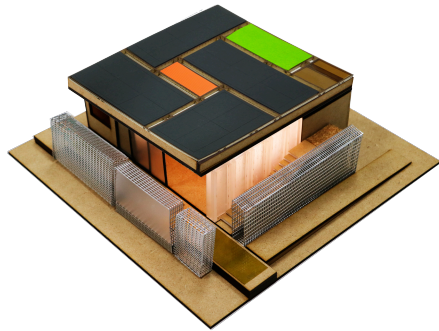
Esta aproximación a la idea de proyecto fundamental le daría cierto sentido a la idea propia de la cubierta, permitiéndole esa complejidad que le faltaba. La introducción de la idea de fragmentarismo permite que la composición a nivel de diseño evolucione la sencillez y uniformidad, en complejidad y alteración en su estética. Se puede comparar con las numerosas composiciones de las obras de Piet Mondrian, siguiendo las tramas ortogonales discontinuas que crea en sus cuadros y su calidad cromática con colores primarios.

Como antes se ha mencionado para romper aún más con la uniformidad y apoyar a la comprensión de esa fragmentación se le aporta distintos colores al igual que Mondrian en sus cuadros. Estos colores no solo son simples cambios de pintura, sino que irán relacionados a los materiales y su color característico, dando una variedad que favorezca a la idea de la fragmentación.

Todo esto implica además cambiar toda la estructura antes planteada creando una trama que vaya ligada a los fragmentos desarrollados. Esta estructura se plantea como una estructura de dobles vigas con un espacio determinado entre ellas, permitiendo al mismo tiempo la entrada de iluminación natural y la percepción de esos fragmentos desde el interior del prototipo.

Como conclusión podemos sustraer que hay un gran avance y evolución desde la primera idea hasta la mencionada, dando esa complejidad que le faltaba y dándole una integridad aún mayor en su conjunto y relacionándola con la idea principal. Sin embargo, sigue sin efectuarse esa expansión que la vincule con los otros elementos del prototipo que también carecía la propuesta anterior.

La teoría de la fragmentación¹. *¿En qué consiste esta teoría? Esta teoría consiste en desmenuzar el problema o proyecto en la mayor cantidad de partes posibles, e ir solucionando, poco a poco, cada sub problema, para no dejar nada librado al azar. Esta teoría esta aplicada a numerosos ámbitos: arte, pintura, filosofía... y por supuesto a la arquitectura. Lo importante es saber qué partes están ligadas entre sí, e ir resolviendo lo que en ese momento se necesita para reducir el tiempo y obtener resultados óptimos. "todo problema es más pequeño y fácil de resolver si lo partimos". Fuente <https://prezi.com/o1pcv7hkhgvj/la-teoria-de-la-fragmentacion/>*



a



b

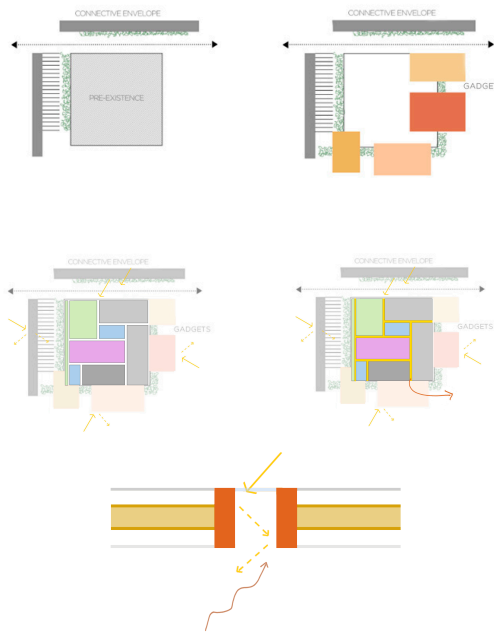
a. **Maqueta de la propuesta.** La cubierta tiene una composición vistosa.
(Fuente: Elaboración propia)

b. **Fragmentarismo.**
(Fuente: Proyecto Aura 3.0)

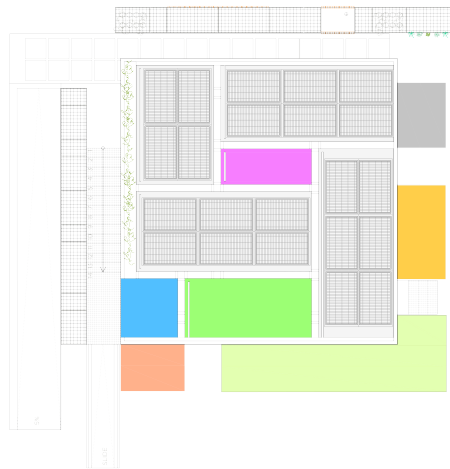
c. **Esquemas.** Muestran tanto la evolución como la entrada de luz por las dobles vigas.
(Fuente: Elaboración propia)

d. **Planta cubierta.** Diferentes materiales.
(Fuente: Elaboración propia)

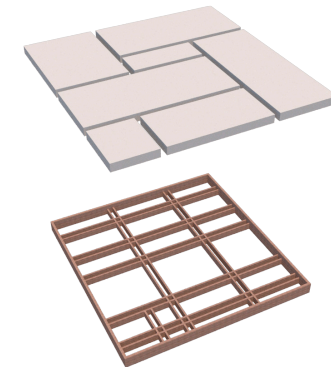
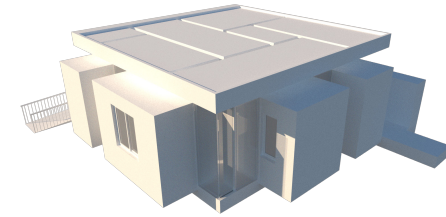
e. **Modelado 3D.** Se aprecia el efecto sugerente producido por las ranuras en la cubierta.
(Fuente: Elaboración propia)



c



d



e

5.3. Propuesta de cubierta adaptada al clima tropical de Cali

La tercera propuesta da un cambio drástico con la anterior propuesta, surgiendo de un factor determinante que contaba la propuesta urbana pero que aún no se había introducido en el diseño de esta, el viento. La idea es que la forma y diseño se vean influenciados por la orientación de los vientos predominantes con la intención de realizar una cubierta “ventilador”.

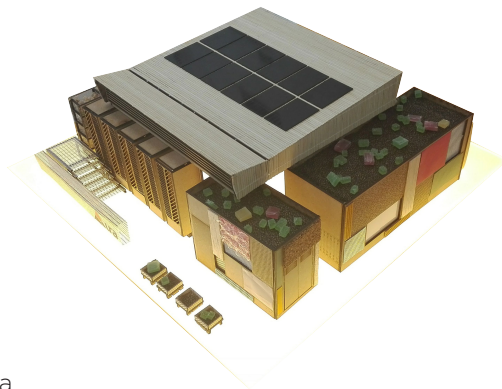
Esta premisa implica que se elabore un estudio exhaustivo de las orientaciones exactas, al igual que la velocidad del viento que circula en el emplazamiento preciso en el que va a ser ejecutado, suponiendo un análisis aerodinámico en el diseño de la cubierta. Debido a que la velocidad de los vientos predominantes en Cali es escasa pero constantes diariamente, es conveniente aprovechar esta continuidad diaria con un aumento de la velocidad, provocada por su diseño y su forma.

La significación de la forma en el diseño viene influenciada por el efecto Venturi acorde con la arquitectura bioclimática, siguiendo el mismo el principio que las alas de los aviones. Esto se basa en controlar con la forma, la diferencia de presiones provocada por el rozamiento y recorrido del viento. Además, se efectuará un tipo de embudo que permitirá aumentar significativamente la velocidad en este punto. La orientación de la cubierta será Oeste-Este captando los vientos predominantes de estas direcciones.

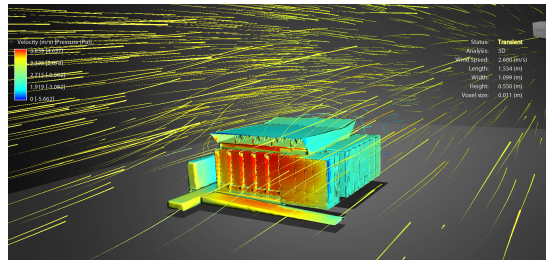
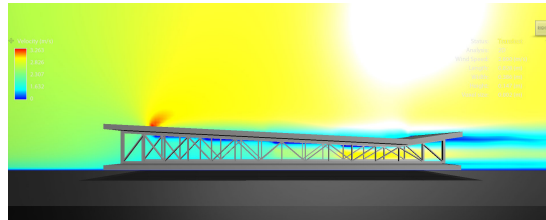
También, cambia considerablemente la estructura en la que se apoya la cubierta, desarrollándose una serie de cerchas equidistantes entre ellas. Esta estructura tendría dos posibles materiales para su ejecución, metálicas o de guadua. Los dos materiales aportan características similares, pero habrá que valorar otros factores para determinar el material más adecuado.

Hay que mencionar que se retoma en esta propuesta un elemento de la idea urbana, el de mejorar las condiciones de confort térmico en el interior del prototipo. Lo cual desemboca en crear una cámara de aire que reduzca la radiación térmica solar directa que incide sobre la cubierta, reduciendo así las altas temperaturas y el sobrecalentamiento de la misma.

Como conclusión, podemos extraer de la propuesta que al desligarse tanto de la anterior soluciona otros aspectos no introducidos previamente, pero si incluidos en la propuesta urbana. Retomar estas ideas permite que estén más conectadas la propuesta urbana y la propuesta del prototipo. Sin embargo, olvida otros problemas que se habían solucionado en la anterior propuesta que serán idóneas retomar para que se llegue a una propuesta final.



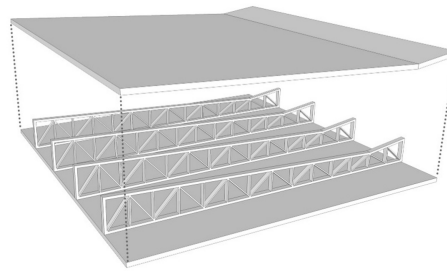
a



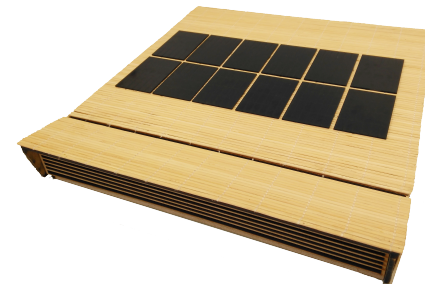
b



c



d



a. **Maqueta de la propuesta.** Así se envió la última entrega de Colombia con la misma maqueta.

(Fuente: Elaboración propia)

b. **Análisis de influencia de vientos.** La cubierta funciona en cuanto a la captación de vientos.

(Fuente: Elaboración propia)

c. **Modelado 3D.** Se aprecia claramente la intención de la cubierta.

(Fuente: Elaboración propia)

d. **Maqueta de la propuesta de cubierta.** Esta no se adapta al prototipo, por tanto, seguirá evolucionando a continuación.

(Fuente: Elaboración propia)

6 . PROPUESTA COMO CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO

6.1. Análisis de la influencia de los vientos en la propuesta actual

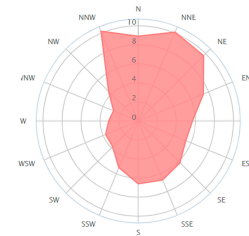
Para llegar a una propuesta final a modo de conclusión, habrá que valorar las conclusiones elaboradas anteriormente tanto por sus diseños, por sus ideas o por lo que han ido aportando para que se llegue a esta conclusión.

El primer factor que se ha estudiado es el de los vientos predominantes, en cuanto a sus direcciones, velocidades, probabilidad y sus temperaturas. Para ello, se retoma la primera propuesta, valorando su diseño tras realizar su modelo en un programa de simulación de fluidos de viento, llamado **Flow Design de Autodesk²**.

Como conclusión del estudio, podemos ver como los vientos inciden en los módulos y en los gaviones, obstruyendo la ventilación cruzada realizada por unas rejillas que se pretendía en esta propuesta. Con lo cual, el diseño planteado para esta propuesta una vez estudiado el modelo se puede sacar en claro que no funcionaría de la manera en la que esta desarrollado, resultando ser descartado por completo.

En el modelo, a la vez que se observa que no funciona su diseño podemos extraer como va a incurrir el viento en la propuesta del prototipo en general. Sacamos puntos claves para la realización del nuevo diseño y la importancia de cambiar algunos puntos, como son eliminar el gavión que obstaculiza la entrada de los vientos predominantes en la dirección exacta en la que van a estar orientados, o la premisa de atraer los vientos que chocan y desvían con los módulos en la orientación este.

Flow Design de Autodesk²: es un software de túnel de viento virtual para los diseñadores de productos, ingenieros y arquitectos. Modela el flujo de aire alrededor de los conceptos de diseño para ayudar a probar ideas en una etapa temprana del ciclo de desarrollo. Fuente: <https://www.autodesk.mx/education/free-software/flow-design>



b

Mes del año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Año
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12	
Probabilidad de viento >= 20 a 28 km/h (%)	4	4	4	4	3	3	3	4	5	4	3	3	3
Velocidad media del viento (km/h)	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	7.4	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	7.4	7.4
Temperatura media del aire (°C)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	24	24	24	24

a

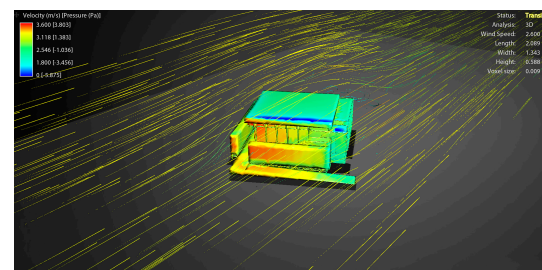
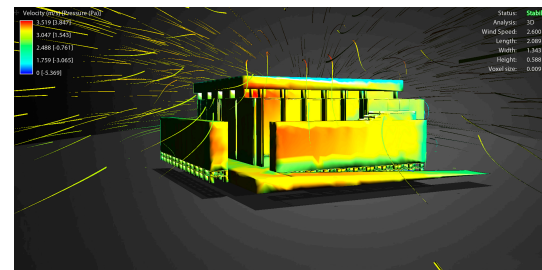
a. Tabla climatológica estadística. Se aprecian las temperaturas constantes y la falta de viento. (Fuente: Windfinder)

b. Viento predominante Norte. No es tan fiable como la otra fuente. (Fuente: Windfinder)

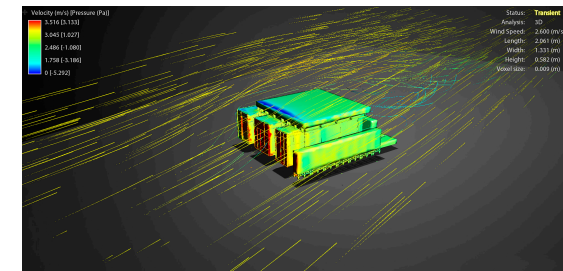
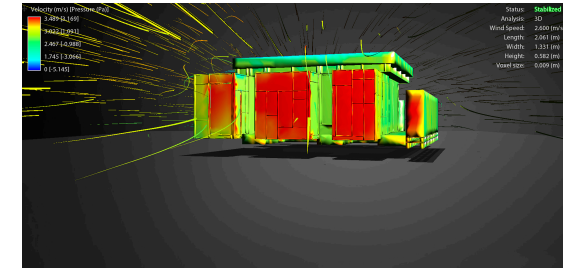
c. Análisis prototipo viento en dirección Norte. Los gadgets penalizan en la ventilación. (Fuente: Elaboración propia)

d. Análisis prototipo viento en dirección Oeste. Con una propuesta adecuada se pueden captar lo vientos. (Fuente: Elaboración propia)

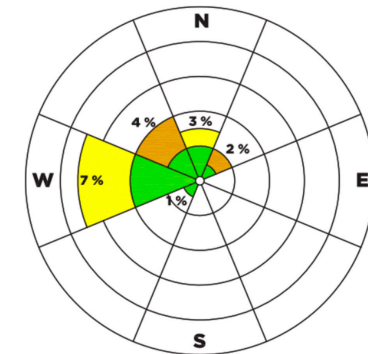
e. Rosa de vientos. Predomina la dirección Oeste, es más fiable. (Fuente: IDEAM)



d



c



e

6.2. Reflexión y análisis sobre los sombreros en dos climas heterogéneos

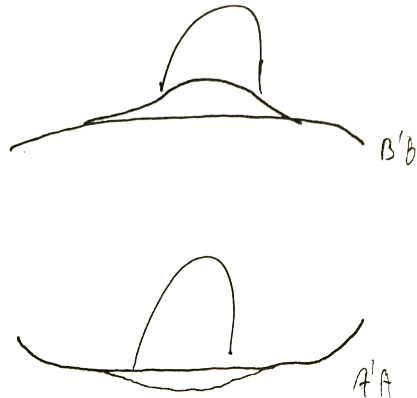
Como idea de proyecto de la cubierta como elemento particular se realiza una comparativa análoga entre la función de la cubierta y la de los sombreros. Ya que la idea es prácticamente la misma, la función de ambas es cubrir un elemento en el que incide de manera directa la radiación solar, y está en relación con el entorno y las condiciones que lo rodean. En el caso de la cubierta sería el interior del prototipo, y en el del sombrero las personas.

Al igual que las cubiertas, no hay dos sombreros tradicionales o característicos propios de cada zona idénticos. Todo ello, porque del mismo modo que las cubiertas, sus diseños varían de diversos factores que tienen que ver con el medio en el que se utilizan. Estos factores son compartidos con los de las cubiertas como son la importancia de la estética, la sombra que crean para protegerse de la radiación solar directa, y las aberturas y diseño de sus alas. En el caso que tengan estas últimas, su función será permitir que el viento mejore el confort térmico.

El último punto anteriormente mencionado de las alas es el que ayuda en cierto sentido a compararlo con su símil en las cubiertas. Por ejemplo, el sombrero tradicional colombiano tiene unas alas alargadas no siendo simétricos en los dos sentidos. En una dirección, el sombrero abre sus alas en las dos orientaciones para que permita la ventilación en la parte de las orejas, parte en la que la radiación solar directa no molesta en exceso. Sin embargo, en la otra dirección el sombrero recae sus alas, protegiendo con sombra y por tanto de la radiación solar directa en la parte de la nuca y de la cara. Lo que nos sugiere recrear esta idea o diseño en nuestra propuesta de cubierta.

Sin embargo, aún no se ha logrado fusionar la parte de la cubierta con el resto del proyecto, quedando todavía como un elemento aislado que se apoya sobre el prototipo. Dado que existen infinidad de tipos de sombrero como de cubiertas, se decide buscar otro que resuelva de manera parecida este elemento en el que se indaga. Es aquí donde, se encuentra el sombrero perfecto, o más bien dicho la gorra del desierto.

Esta gorra se puede apreciar como esta aparentemente formada como una gorra tradicional con visera, y por una tela que protege la nuca. Sin embargo, aunque se puedan concebir ambos elementos como componentes aislados, una vez que aprecias detenidamente la gorra del desierto se entiende como una unidad o conjunto constituido por un mismo material. Las funciones y diseños que componen el sombrero tradicional colombiano y la gorra del desierto, son la perfecta referencia con la que realizar el diseño para la propuesta de cubierta.



a



a. Croquis seccionando el gorro colombiano. Sección en las dos direcciones es sugerente. (Fuente: Elaboración propia)

b. Sombrero colombiano. Tapa el sol y ventila a la vez. (Fuente: www.Pinterest.co)

c. Sombrero del desierto. Es muy utilizado en la famosa carrera, La Maratón Des Sables. (Fuente: www.marathondessables.com)



b



c

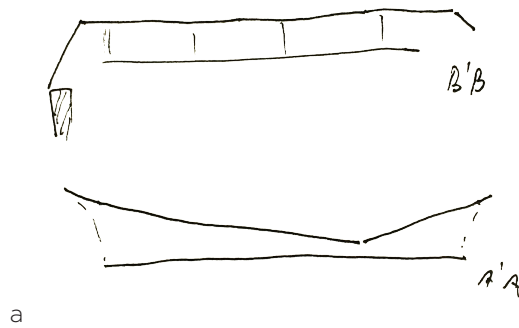
6.3. Exposición del concepto de cubierta

Volviendo a la propuesta última, se decide incorporar las ideas aportadas por el diseño y función del sombrero tradicional colombiano y la gorra del desierto. Lo que permitirá combinar estas ideas con las preconcebidas y de resultados de los factores estudiados anteriormente.

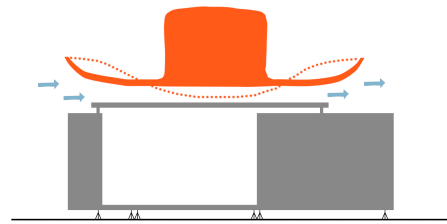
En la orientación Oeste-Este, relacionada con la dirección de los vientos predominantes se colocaría la idea del sombrero tradicional colombiano, ya que nos aporta como se ha mencionado con anterioridad, una abertura de sus alas que permiten enfocar la incidencia de esos vientos, creando así una ventilación cruzada.

En la orientación Norte-Sur, vinculando principalmente el norte con el acceso al prototipo se emplea la idea de la gorra del desierto, ya que nos aporta sombra en la dirección norte por elemento de los gaviones, y debajo de esta, posibilitando así una mejor entrada en el acceso al interior del prototipo, y mejorando por tanto el confort térmico de este espacio recibidor.

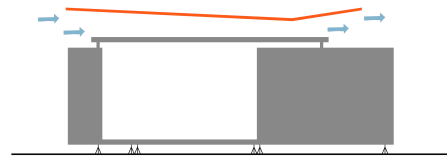
En cuanto a la vista en planta, como ya se ha examinado en ideas anteriores debe tener una composición acorde con la idea del fragmentarismo. Además, dado que en el barrio de Siloé donde se desarrolla la propuesta urbana, existe como medio de transporte el Miocable, se puede apreciar desde él, como las cubiertas de algunas de las edificaciones subyacentes tienen un componente artístico con una composición determinada. Por ello, no hay que olvidar que este punto junto a la idea de lo fragmentado deben realizar una simbiosis para que pueda ser plasmado en la propuesta de cubierta.



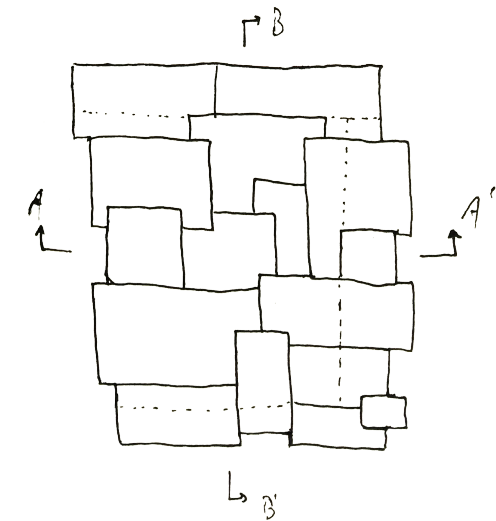
a



b



c



d

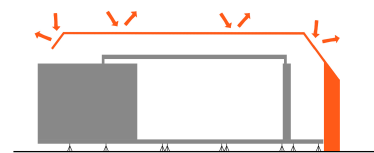
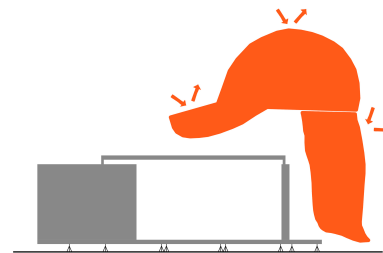
a. Croquis explicativo con la doble sección.
(Fuente: Elaboración propia)

b. Aplicación del concepto de sombrero colombiano. Es importante analizarlo y quedarse con lo adecuado para el prototipo.
(Fuente: Elaboración propia)

c. Aplicación del concepto de sombrero del desierto. Es importante analizarlo y quedarse con lo adecuado para el prototipo.
(Fuente: Elaboración propia)

d. Planta cubierta. Se observa un mosaico formado por diferentes fragmento desiguales.
(Fuente: Elaboración propia)

e. Vista aérea de la cubierta orgullo. Se demuestra el orgullo que tienen los ciudadanos de su barrio.
(Fuente: Proyecto Aura 3.0)



e

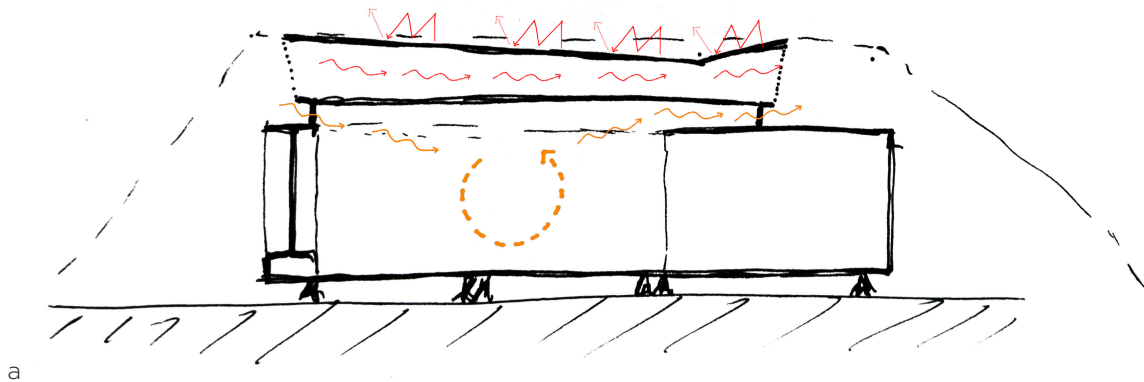
6.4. Propuesta de ventilación del prototipo a través de sus superficies horizontales

Para que haya de verdad un confort térmico adecuado en el interior del prototipo hay que estudiar los diversos factores que estén relacionado con este, como son la temperatura, la forma de climatizar y la ventilación.

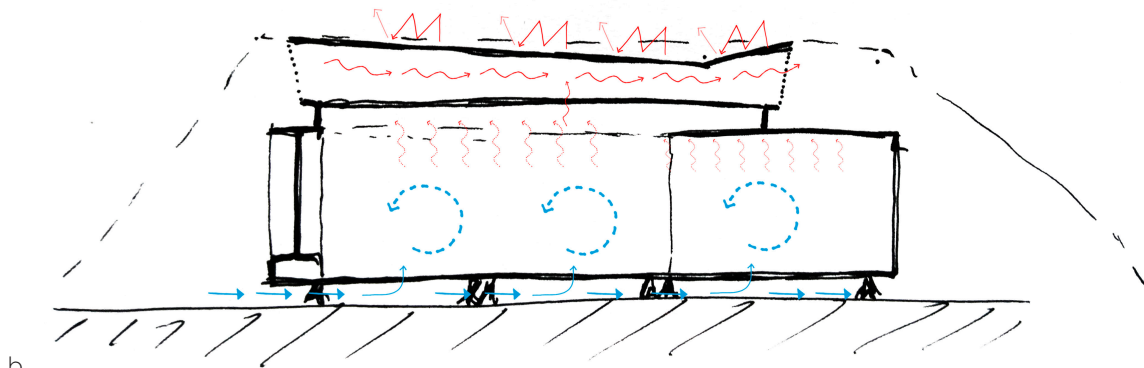
En la última propuesta, el modo de climatizar y ventilar al no estar muy desarrollado, se puede apreciar como el diseño planteado no es eficaz. Aunque, el prototipo no cambia en su construcción con el actual, si sufre variaciones en la forma de plantear los elementos pasivos. En ambos, se plantea la cubierta como componente que protege de la radiación solar directa y crea una cámara de aire como material de aislamiento y permitiendo la ventilación cruzada por ella. Sin embargo, en la última propuesta se abren rejillas en el interior, careciendo de sentido la anterior función, y produciendo una consecuencia que provoca una gran problemática. Esto permite la entrada del aire exterior en unas condiciones no idóneas al interior.

En el modo de climatizar y ventilar de manera pasiva e incluso mecánica que se plantea en la propuesta final se realiza principalmente por el suelo. Si se combinan climatización y ventilación al mismo tiempo y se realizan ambas por la parte inferior del prototipo, sucederá que al refrigerar desde abajo el aire caliente ascienda, evacuándose este por la cubierta con la ayuda de su diseño. En definitiva, el prototipo en sí funcionaría como una chimenea de refrigeración, reduciendo ampliamente el consumo de los aparatos mecánicos, gracias a un buen diseño arquitectónico pasivo.

Pero, hay una aclaración que mencionar en como se plantea la refrigeración. Ya que se va a realizar por la parte inferior los conductos que circulan por esta zona reducirán su temperatura gracias a la grava y a una aportación de humedad, reduciendo así el aporte de energía de las máquinas de climatización.



a



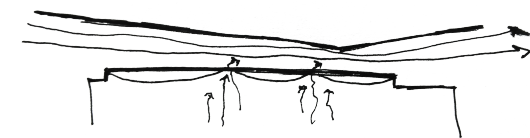
b

a. **Propuesta actual de ventilación.** Se puede mejorar para conseguir confort térmico. (Fuente: Elaboración propia)

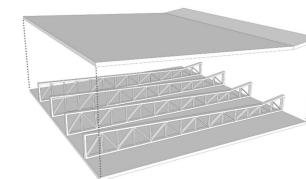
b. **Nueva propuesta de ventilación.** Se consigue ventilar por el simple empuje y succión de la cubierta. Resolviendo correctamente la cubierta se solucionan más problemas. (Fuente: Elaboración propia)

c. **Croquis explicativo.** Nos muestra la ventilación que planteamos en la parte superior. (Fuente: Elaboración propia)

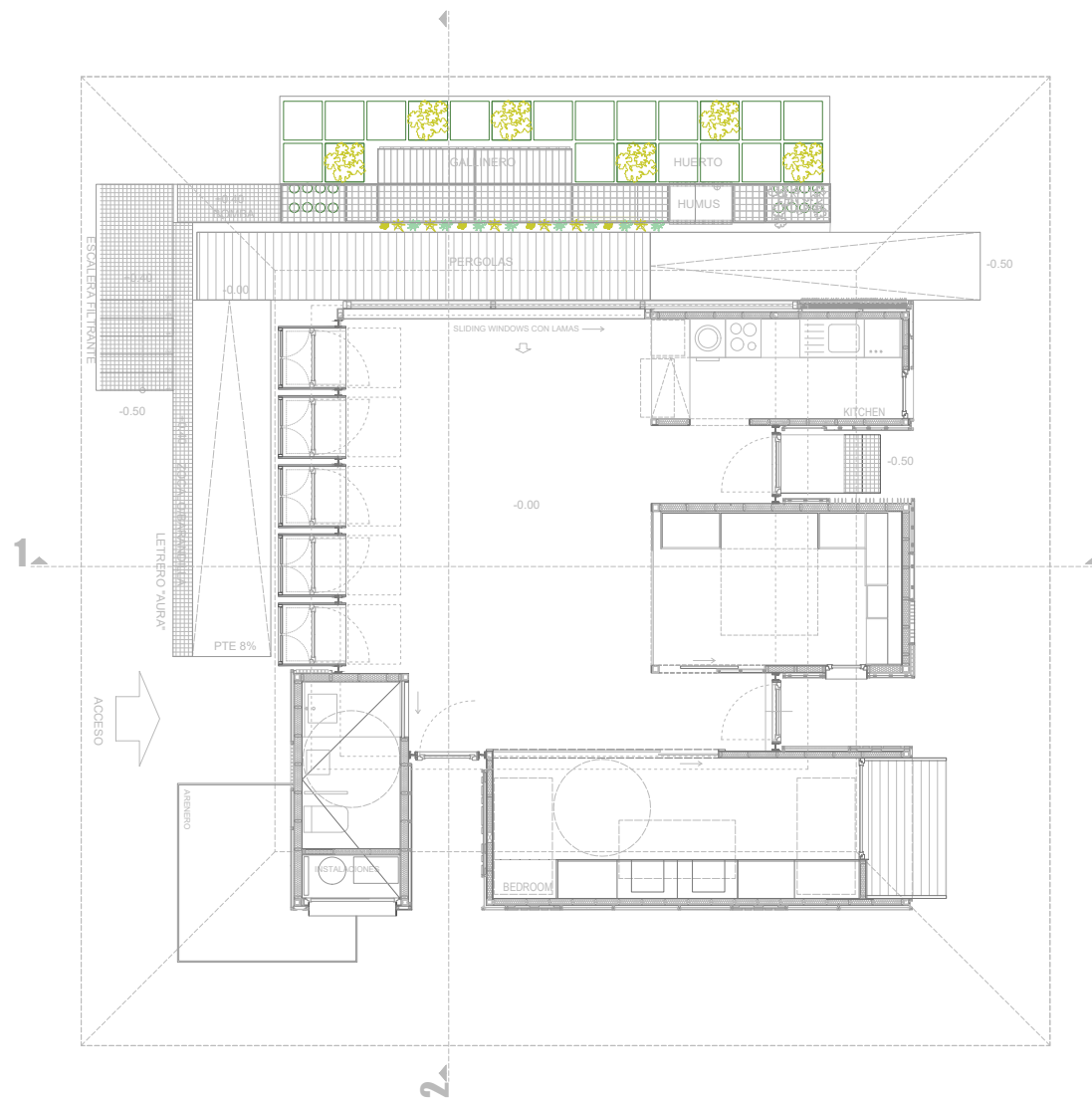
d. **Modelado 3D de la cubierta.** (Fuente: Elaboración propia)



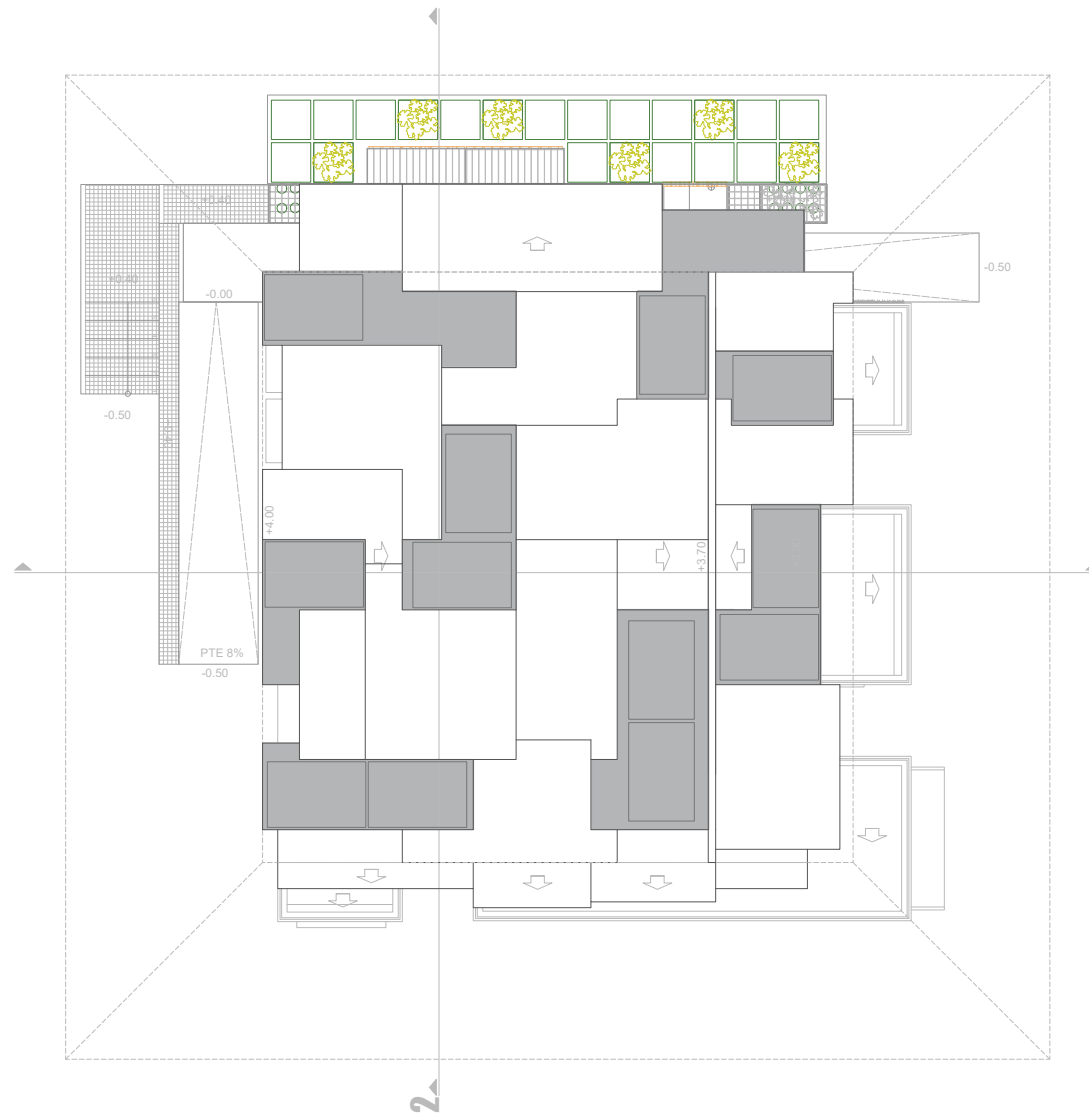
c



d



🕒 PLANTA 1: DISTRIBUCION



🕒 PLANTA DE CUBIERTA: TERMINADA

6.5. Exposición de la composición de la cubierta

Como ya se ha mencionado con anterioridad en la idea de proyecto, un factor determinante en la propuesta de la cubierta, es la composición y su vista en planta.

Recordando apartados anteriores en los que se desarrolló la composición de la planta de la cubierta, veámos como se relacionaba con la idea general del prototipo, la teoría de la fragmentación. Se realizaba de manera similar que las composiciones en las obras de Piet Mondrian. También, hay que recordar las obras artísticas que se pueden apreciar desde lo alto del Miocable, puesto que esta se considera una característica que resalta en este barrio. Por último, mencionar el caos de su urbanismo y arquitectura, careciendo de límites definidos, donde la expansión y el entrecruzamiento de las edificaciones se modifican constantemente.

Con todas estas premisas o ingredientes se realiza la composición final, intentando llevar esas ideas tan generales y algunas específicas a una resolución compositiva y estética. Se puede apreciar como la cubierta rompe su uniformidad de la primera idea concebida, creando discontinuidades que permitan romper esa trama ortogonal. Esta composición hace referencia en cierta medida a la idea del caos del urbanismo del barrio de Siloé, que junto a lo fragmentado proporciona esa sensación de observar como los fragmentos o partes se entrecruzan, mezclan y se invaden entre ellos, describiendo límites indefinidos y donde la expansión esta permite que se conecte con los demás elementos del prototipo.

No obstante, todavía no aparece ese toque de color y creatividad en la propuesta que tanto caracteriza las obras artísticas en las cubiertas del barrio de Siloé. Es aquí donde cada fragmento se vincula a un material diferente, con su color característico, como si de un píxel se tratara. Esto se aproxima a la composición del proyecto de cubierta del **Mercado de Santa Caterina**³ de Miralles.

Los elementos sombreados en planta hacen referencia a una parte de un recorrido que asocia todos los módulos, equiparando al trayecto de visita del tour que se realiza durante el concurso. Además, integran las placas fotovoltaicas, haciendo aún más énfasis en destacar este trayecto.

Mercado de Santa Caterina³. El diseño arquitectónico es de Enric Miralles y Benedetta Tagliabue. La espectacular cubierta de coloridos mosaicos fue diseñada por el artista Toni Comella. La intervención pretende "mezclarse y confundirse" con la estructura original. Ambos propósitos se logran mediante la realización de una nueva cubierta, que envuelve la estructura y la extiende más allá del perímetro de la primera construcción. La esencia de este proyecto se basa en el diseño de su cubierta, la cual parte de la metáfora de un inmenso mar coloreado por el recuerdo de frutas y verduras. La obra es espectacular y juega un importante papel en la recuperación urbanística de Ciutat Vella. La cubierta se transforma en la fachada más importante del edificio, con el inconveniente de que solamente es visible desde la altura. Fuente: es.wikiarquitectura.com



a

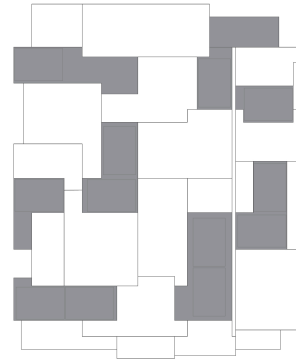
a. **Textiles bordados artesanalmente.** Igual que existe arte urbano en forma de grafiti, los textiles de composición son muy vistosos. (Fuente: www.elcomercio.com)

b. **Cubierta con recorrido inferior.** Las placas solares siguen un recorrido similar al de los viandantes cuando visiten el prototipo. (Fuente: Elaboración propia)

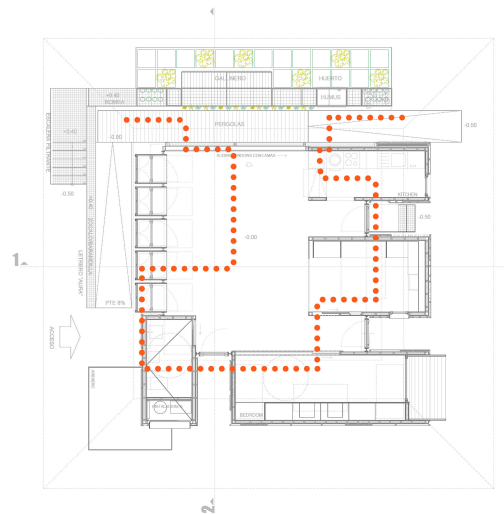
c. **Recorrido de visita.** La cubierta se ha guiado por la planta inferior. (Fuente: Elaboración propia)

d. **Cubierta del mercado de Santa Caterina.** Miralles proyecta un bodegón formado por un gran mosaico. (Fuente: www.pinterest.de)

e. **Vista aérea de la cubierta orgullo.** Muestra el sentimiento de orgullo de los ciudadanos hacia su barrio. (Fuente: revista.visionmedia.es)



b



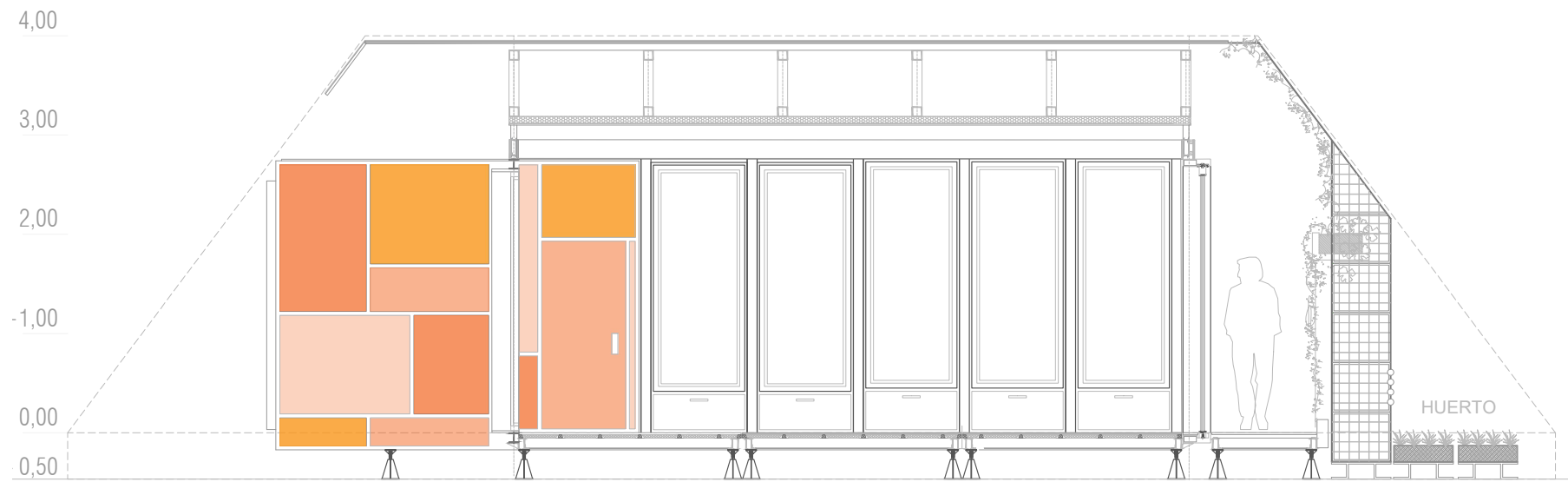
c



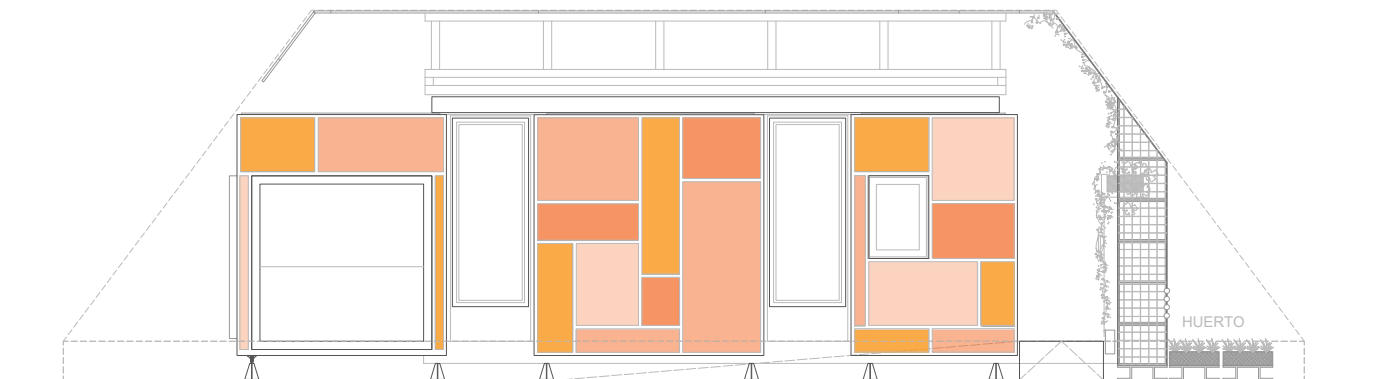
d



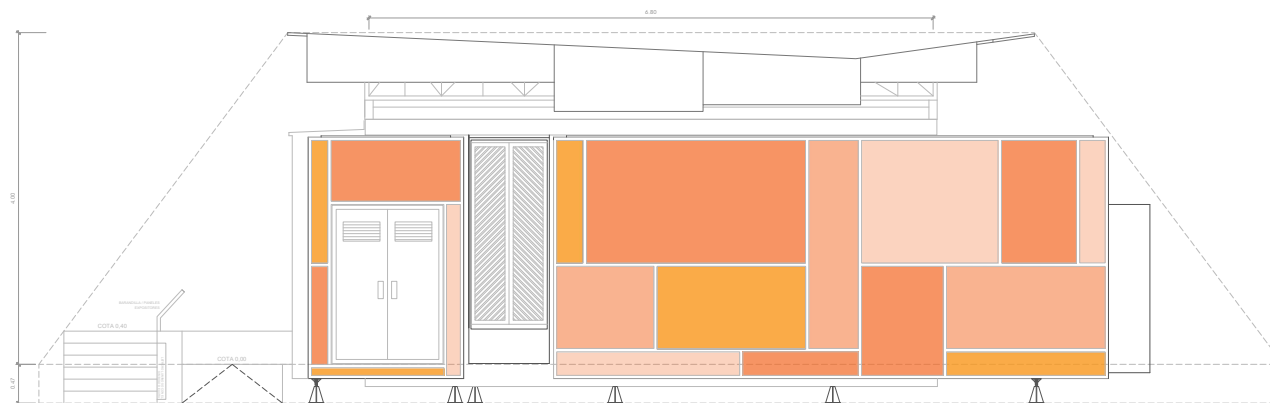
e



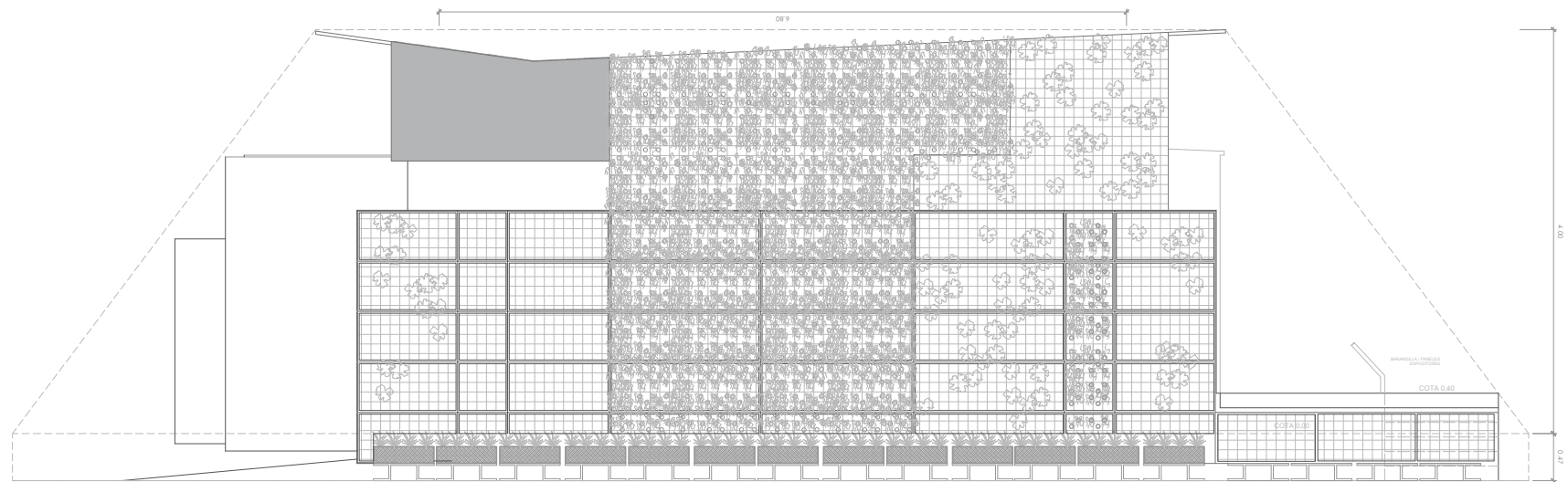
SECCIÓN 2



ALZADO ESTE



ALZADO SUR



ALZADO NORTE

6.6. Análisis y conclusiones de la influencia del viento en la propuesta

Una vez elaborado toda la idea y diseño de la cubierta, se vuelve a comprobar mediante un nuevo modelo elaborado, si de verdad funciona la circulación de los vientos como se pretende.

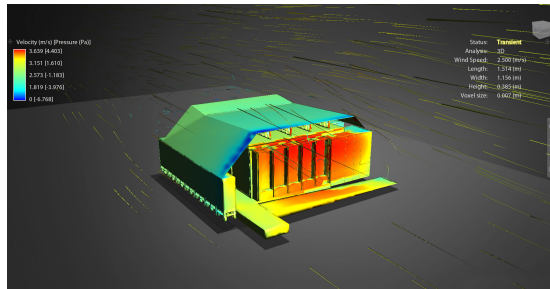
Tomadas ya la decisión de quitar el gavión de la orientación Oeste, la del viento predominante, por su obstaculización, pudiendo contemplarse en los análisis volumétricos de la circulación del viento, diferenciado por una gama de colores que representan las presiones del viento ejercidas sobre las superficies del prototipo. Leyéndose, esta gama de colores con tonos cálidos a las presiones más altas y los tonos más fríos con las presiones más bajas.

Esto implica tomar la decisión de alargar el ala o la inclinación de la cubierta para recoger el mayor número de volumen de aire, obligándole a su introducción y a que realice el **efecto Venturi**⁴. Esto permitirá aumentar la velocidad del viento y reducir la presión, que a su vez desplazará la masa de aire caliente del interior del prototipo. En la sección del modelo se puede percibir con la gama de colores como aumenta la velocidad del viento en el estrechamiento, marcado con colores más cálidos.

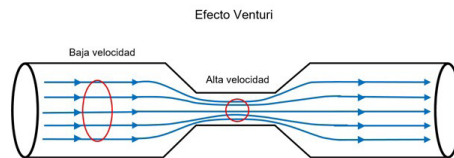
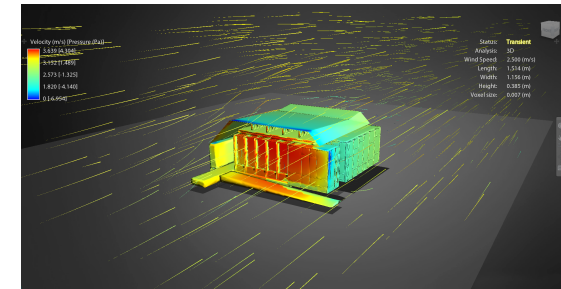
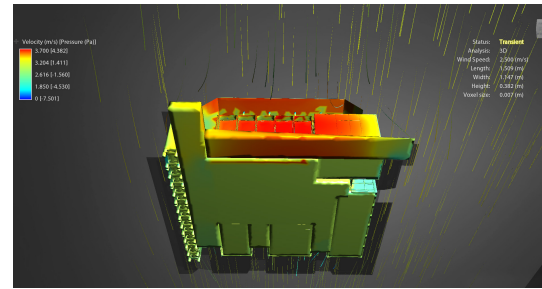
Se puede apreciar además, como se crea una ventilación cruzada en el espacio receptor que da acceso a la entrada del prototipo, mejorando así el confort térmico en este espacio.

En general, se observa como el planteamiento y diseño proporcionado por las referencias del sombrero tradicional colombiano y de la gorra del desierto, funcionan con su cometido.

Efecto Venturi⁴. (También conocido tubo de Venturi) consiste en que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión al aumentar la velocidad después de pasar por una zona de sección menor. Si en este punto del conducto se introduce el extremo de otro conducto, se produce una aspiración del fluido contenido en este segundo conducto. Este efecto, demostrado en 1797, recibe su nombre del físico italiano Giovanni Battista Venturi (1746-1822). El efecto Venturi se explica por el Principio de Bernoulli y el principio de continuidad de masa. Si el caudal de un fluido es constante pero la sección disminuye, necesariamente la velocidad aumenta tras atravesar esta sección. Por el teorema de la energía si la energía cinética aumenta, la energía determinada por el valor de la presión disminuye forzosamente. Fuente: www.ecured.cu/Efecto_Venturi



a

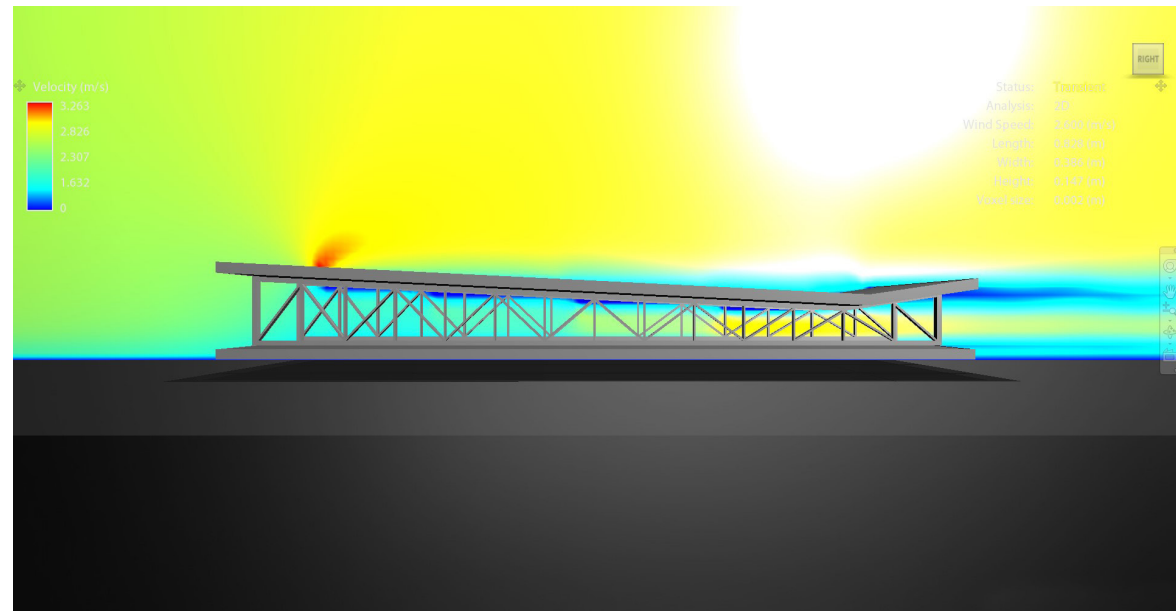


b

a. Influencia de los vientos en la nueva propuesta de cubierta. Se observa su mejor funcionamiento y adaptación al prototipo. (Fuente: Elaboración Propia)

b. Esquema efecto Venturi. Por el cual el aire se aceleran al estrecharse. (Fuente: www.ecured.cu)

c. Comprobación del efecto Venturi. La forma de la cubierta produce el efecto de aceleración y eso produce una mayor velocidad del aire de forma pasiva. (Fuente: Elaboración Propia)



c

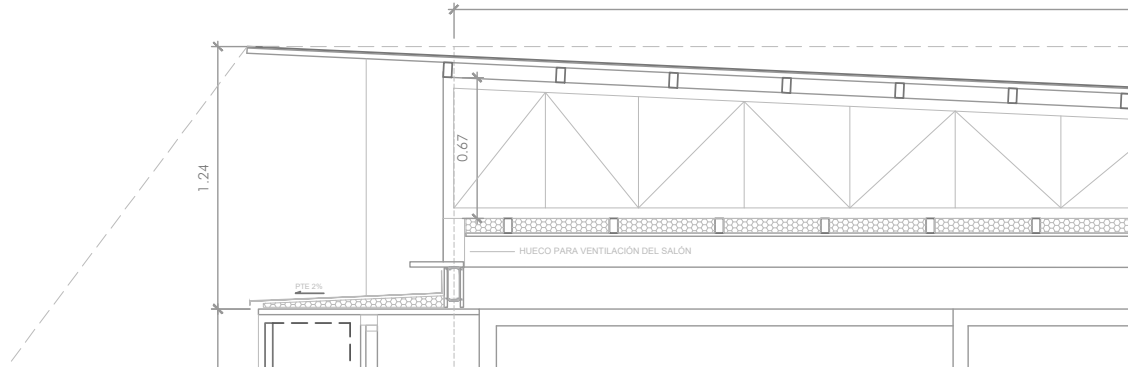
6.7. Estructura y materialidad

En cuanto, a la ejecución, construcción y materialidad de la cubierta existía la posibilidad de elaborarse en estructura metálica o de guadua. Dado que las cerchas que se van a confeccionar tienen un carácter importante y además se van a quedar vista por el exterior, sería adecuado de que se construyera con guadua.

Hay numerosos condicionantes por lo que utilizar este material. Uno de ellos es su predominio y abundancia en esta parte geográfica por lo que su precio y disposición se reducirán considerablemente en el proceso de extracción. Asimismo, es un material estandarizado pero que puede con excepción ser flexible en sus medidas y dimensiones, a la vez que es más ligero que el metal, con la posibilidad de ser manejado por operarios sin necesidad apenas de grúas. Incluso, es un material que se amolda muy bien a las cerchas que se pretenden realizar, siendo sus uniones más fáciles y rápidas de ejecutar que las metálicas.

Después de colocar la estructura, se instalaría una serie de paneles sándwich prefabricados a modo de faldones, para ejecutar el paño de soporte de los demás materiales que van apoyados, realizando además la propia inclinación de la cubierta. Continuadamente, se anclarían mediante atornillado a los paneles, unas chapas metálicas, con la función de material impermeable por el que transcurran la evacuación de las aguas pluviales.

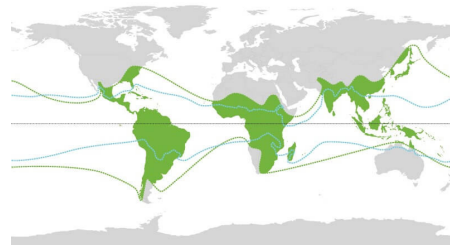
Por último, se anclarían de la misma manera que el anterior los diversos materiales que se quieran aportar para la composición en planta. También, se apoyaría sobre la chapa los paneles fotovoltaicos correspondientes para la producción eléctrica y terminar así con este último componente las capas de la solución constructiva de la cubierta.



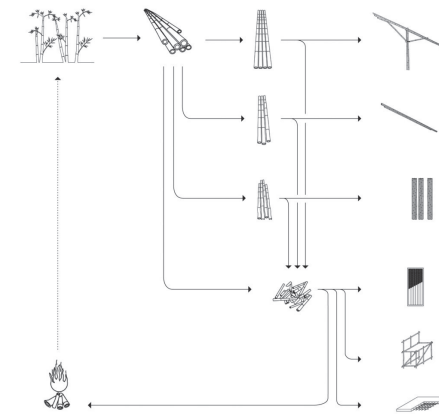
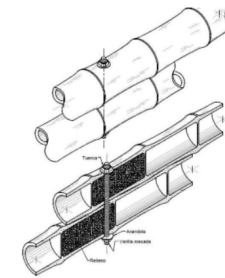
a



b



c



e

a. Sección constructiva de la cubierta.
(Fuente: Elaboración propia)

b, e. Estructura de bambú. La imagen e nos muestra las uniones aprobadas por norma.
(Fuente: www.pinterest.es)

c. Mapa de zonas de bambú o guadua.
(Fuente: arquitectura-sostenible.es)

d. Operarios montando cubiertas de guadua. Es una cubierta ligera apta para estas localizaciones cerca del ecuador.
(Fuente: www.construible.es)



d

7. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

Olgay, Victor (1963: 1998): *Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Pinceton University press. Gustavo Gili.

González Sandino, R; López de Asiaín, J. (1994). *Análisis bioclimático de la arquitectura*. Sevilla : Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Yáñez Parareda, G. (2008). *Arquitectura solar e iluminación natural : conceptos, métodos y ejemplos*. Madrid : Munilla-Lería

(2010). *Solar Decathlon Europe 2010*. AV proyectos; 38. Madrid : Arquitectura Viva.

Fernández Galiano, L. (2010). *La hora solar : entre la casa y la ciudad, del Solar Decathlon a Masdar*. Madrid : Arquitectura Viva.

(2012). *Solarkit : una vivienda desmontable y energéticamente autosuficiente : Concurso Solar Decathlon Europe 2010*. Sevilla : Universidad de Sevilla.

Súarez Corchete, F. (2015). *Investigación en vivienda industrializada con energías renovables, Solar Decathlon y Proyecto Siver*. Sevilla : Universidad de Sevilla, Departamento de Proyectos Arquitectónicos.

Súarez Corchete, F.; Terrados Cepeda, F. (2018). *La experiencia de Solar Decathlon Europe en la vivienda prefabricada y ligera*. Sevilla : Universidad de Sevilla, Departamento de Proyectos Arquitectónicos.

Página oficial del concurso Solar Decathlon Europa 2012 Madrid, España (2012) [en línea]. <http://www.sdeurope.org/?lang=en> [capturado: 13 de junio de 2019]

Página oficial del concurso Solar Decathlon Latinoamérica y Caribe 2015 Cali, Colombia (2015) [en línea]. <http://solardecathlonlac.com/> [capturado: 13 de junio de 2019]

Página oficial del Departamento de U.S. de Energía, Solar Decathlon (2002) [en línea]. <https://www.solardecathlon.gov/index.html> [capturado: 13 de junio de 2019]

