

TEJAS DE CARTÓN REUTILIZADO COMO ALTERNATIVA DE CUBIERTA
PARA CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS SOSTENIBLES

YESID RICARDO ALDANA LOPEZ
OSCAR YESID RAMIREZ



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS
BOGOTÁ D.C. Junio de2015

TEJAS DE CARTÓN REUTILIZADO COMO ALTERNATIVA DE CUBIERTA
PARA CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS SOSTENIBLES

Presentado para optar al Título de
Tecnólogo En Construcciones Arquitectónicas

Coordinador PTCA y Docente Proyecto de Grado
ARQUITECTO NELSON RICARDO CIFUENTES VILLALOBOS



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS
BOGOTÁ D.C. Junio de 2015

NOTA DE ACEPTACIÓN

OBSERVACIONES

ARQ. NELSON R. CIFUENTES VILLALOBOS.
COORDINADOR PTCA

ARQ. STEVEN GONZÁLEZ ZABALA
COORDINADOR NÚCLEO ÉNFASIS PTCA

JURADO 1

BOGOTÁ D.C., Junio de 2015

DEDICATORIA

Yesid Ricardo Aldana López

A mis padres que siempre han creído en mí y con su apoyo y amor siendo
incondicionales en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial para todas aquellas personas que nos acompañaron durante este camino para lograr llegar a dónde estamos y con expectativas muy altas de seguir creciendo profesionalmente, porque aquí no se termina un camino es el inicio de uno nuevo.

A todos ¡Gracias!

Tabla de contenido

Contenido de imágenes	7
Contenido de tablas	9
Resumen.....	11
Abstract	12
Introducción	13
Contextualización del proyecto.....	16
Marcos referenciales.....	16
Marco teórico.....	16
Marco conceptual	16
Marco técnico.....	19
Marco normativo	27
Marco histórico	28
El proyecto	32
Características y elaboración del módulo CUBIERTA TC.....	33
Ensayos técnicos modulación panel.....	33
Prueba de aplastamiento	33
Prueba de flexión	36
Caracterización general de los materiales empleados para la elaboración le cubierta TC.....	39
Proceso de construcción de cubierta TC.....	41
Análisis costo del APU	45
Características y elaboración de la estructura para la CUBIERTA TC.....	48
Estructura para el montaje de la cubierta	48
Resultados y discusión	53
Montaje de la cubierta.....	53
Conclusiones	55
Recomendaciones	56
Referencias.....	57
Anexos.....	59

Contenido de imágenes

Imagen 1. Tipos de cubiertas.....	17
Imagen 2. Partes de una cubierta.....	19
Imagen 3. Componentes de una cubierta.....	21
Imagen 4.silla de cartón del arq. Frand o. Gehry	26
Imagen 5. Muro can tubo.....	28
Imagen 6. viviendas de cartón	30
Imagen 7. Pabellón con tubos de papel - shigueru ban	31
Imagen 8. Pruebas de aplastamiento.....	34
Imagen 8. Pruebas de aplastamiento.....	35
Imagen 9. Resultado de pruebas de aplastamiento	35
Imagen 10. Selección de muestras para pruebas de flexión	36
Imagen 11.prueba de flexión muestra c.....	37
Imagen 12. Pruebas de flexión muestra b y c	37
Imagen 13. Pruebas de flexión muestra a y b.....	38
Imagen 14. Resultado de la deformación en aplastamiento y flexión	38
Imagen 15. Tubo de cartón.....	39
Imagen 16. Varilla roscada.....	39
Imagen 17. Cinta doble faz.....	40
Imagen 18. Emulsión asfáltica	40
Imagen 19. Tela asfáltica.....	40
Imagen 20. Pintura bituminosa.....	41
Imagen 21. Pintura en acrílico siliconado	41
Imagen 22. Nivelación de tubos de cartón	41
Imagen 23. Agrupación de tubos de cartón	42
Imagen 24. Perforación de tubos de cartón	42
Imagen 25. Unión de tubos de cartón.....	42
Imagen 26. Verificación de la unión de los tubos de cartón.....	42
Imagen 27. Colocación de la varilla roscada en los tubos de cartón	43
Imagen 28. Aplicación de la emulsión asfáltica en los tubos de cartón	43
Imagen 29. Colocación de tela asfáltica sobre el panel.....	44
Imagen 30. Panel con pintura bituminosa	44
Imagen 31. Acabado final con pintura acrílica siliconada.....	44
Imagen 32. Detalle del modulo	45
Imagen 33. Perfil para la cumbrera	48
Imagen 34. Despiece perfil cumbrera.....	48
Imagen 35. Perfil para la fijación de los extremos de los paneles.....	49
Imagen 36. Despiece del perfil para uniones entre paneles.....	50
Imagen 37. Perfil remate voladizo.....	50
Imagen 38.despiece perfil remate voladizo	51

Imagen 39. Perfil contra muro.....	51
Imagen 40.despiece perfil contra muro	52
Imagen 42. Detalle técnico del panel - teja de cartón.....	59
Imagen 43. Detalles técnicos de los perfiles para la estructura	60
Imagen 44.detalles técnicos de los perfiles para la estructura ii.....	60



Contenido de tablas

Tabla 1. Resultados pruebas de aplastamiento.....	33
Tabla 2. Resultados de flexión	35
Tabla 3. APU 1 costo m2	45
Tabla 4. APU 2 costo m2	46
Tabla 5. APU 3 costo m2	46
Tabla 6. APU 4 costo m2	47



Resumen

En la actualidad los sistemas constructivos han evolucionado ofreciendo nuevas alternativas tanto de materiales como la elaboración y montaje de los mismos, con el avance tecnológico la innovación en la construcción en los últimos años se ha enfocado en optimizar los recursos para mitigar el impacto ambiental. Es por esta iniciativa que se hace la siguiente propuesta como una alternativa de cubierta para construcciones arquitectónicas sostenibles que pretende dar a conocer un nuevo sistema que consiste en un panel elaborado con tubos de cartón paralelos de 10 cm de diámetro, con una longitud que puede ir desde 1.00mt - 1.20mt - 1.40mt y hasta 1.60mt con un grosor de 0.5cm el cual se llamara CUBIERTA TC. Estos tubos se obtienen luego de ser utilizados en la industria textil, de plásticos como parte de su envoltura o de la presentación de ciertos productos, una vez utilizados pierden su vida útil y pasan a un proceso de reciclaje para usarlo nuevamente. Mirando los tubos de cartón como posible material de construcción no es necesario reciclar sino reutilizar, aprovechando su morfología circular y vacío en su interior se obtienen ventajas de propiedades físicas, químicas como puede ser resistencia, confort acústico y confort térmico. A través de su desarrollo, se exponen entonces la propuesta de uniones, estructura e impermeabilización que se consideren pertinentes para el producto final. Para el desarrollo de CUBIERTA TC fue necesario conocer las características de una cubierta, los tipos de tejas en el mercado, el proceso de elaboración y reciclado del cartón y métodos de impermeabilización por lo cual se llegó a las conclusiones que se expondrán en el desarrollo del presente trabajo.

Palabras clave: Cubierta, cartón, unión, impermeabilización, estructura.



Abstract

Today the building systems have evolved to offer new alternatives in materials and processing and assembly thereof, with the technological breakthrough innovation in construction in recent years has focused on optimizing resources to mitigate the environmental impact. For this initiative the following proposal is made as a housing alternative for sustainable architectural constructions that tries to present a new system that consists of a panel made from cardboard parallel tubes 10 cm in diameter, with a length that can go from 1.00mt - 1.20mt - up to 1.40mt and 1.60mt with a thickness of 0.5cm which is called DECK TC. These tubes are obtained after being used in the textile; plastics as part of its wrapping or presentation of certain products, once used lose their life and go to a recycling process for use again. Looking cardboard tubes as possible building material is not necessary but reuse recycle, using its circular morphology and empty inside advantages of physical, chemical properties such as resistance, acoustic comfort and thermal comfort are obtained. Through its development, the proposed bonds, structure and waterproofing deemed relevant for the end product is then exposed. COVER for the development of TC was necessary to know the characteristics of a cover tile types on the market, the process of development and cardboard recycling and methods of waterproofing which reached the conclusions set forth in the development of this work.

Keywords: Cover, cardboard, union, waterproofing structure.



Introducción

La presente propuesta pretende ser un instrumento útil para las construcciones con diseños de cubiertas a un agua y hasta dos aguas por sus características físicas y de instalación, además un nuevo sistema para profesionales que intervienen en el proceso constructivo: arquitectos, constructores, instaladores, etc.

Una de las alternativas es el uso del cartón como teja, cuyas características y especificaciones están recopiladas en el presente trabajo teniendo en cuenta los materiales, elementos y sistema de cada uno con sus respectivas propiedades considerando básicamente los siguientes elementos que van a componer la teja de cartón: cubierta, teja, impermeabilización y cartón.

Así mismo, se analizan los elementos utilizados en la ejecución; cobertura, fijación, soporte, base estructural y complementos.

Previamente se definirá el tipo de modulación para la teja de cartón a emplear, teniendo en cuenta que se pretende suplir necesidades de gran importancia como ventilación, aislamiento térmico, aislamiento acústico y mantenimiento con una cubierta de cartón.

Actualmente existe una gran variedad de sistemas constructivos económicos que proporcionan estabilidad y rapidez de ensamble en comparación a los sistemas tradicionales.

Sin embargo, el desarrollo de la cubierta ha tenido pocas mejoras en los últimos años, sobresaliendo únicamente los que se han realizado en grandes proyectos, mientras que en las construcciones comunes se han mantenido con materiales tradicionales, como la teja de fibrocemento, de barro o de zinc.

Comercialmente se encuentra un sin número de propuestas pero aún no existe una que realmente satisfaga no solamente las necesidades básicas constructivas en un componente sostenible.

Las cubiertas en su proceso de mejoramiento se han desarrollado en cuanto al material, utilizando plásticos como el policarbonato en tejas translúcidas, alveolares y domos, de mismo modo se han desarrollado propuestas metálicas, en tipos de teja como la termo-acústica o cubiertas metálicas modulares donde se usan generalmente acero galvanizado, que en otras palabras sobre un metal base se funde con un gran porcentaje zinc, o en otros casos al ser un material por excelencia el aluminio tiene mayor acogida, sin embargo se hacen tratamientos químicos para mejorar sus propiedades físicas, de la misma manera están las cubiertas

Tejas De Cartón Reutilizado

compuestas tipo sándwich, que entre láminas de un metal que puede ser acero, aluminio u otros, se aplica un relleno de poliuretano como aislamiento térmico y acústico, Estos materiales que actualmente ofrece el mercado son una buena solución estética y confortable en comparación a lo que puede ofrecer los tradicionales, sin embargo estos materiales de innovación exigen procesos industrializados que incrementan su valor, así mismo su aplicabilidad es especializada, a lo que en obras de bajo presupuesto predomina lo tradicional.(Instituto De Ciencias De La Construcción, 2007).

Para manejar un producto que sea asequible al mercado, se puede mirar a los materiales reciclables como lo es el cartón, según estudios por día se obtienen 900 toneladas de residuos de cartón, el cual el 95 % es reciclado, así mismo un gran porcentaje de este material reciclado se usa en renovación o materias derivadas del mismo, mas no se usa en una actividad específica que marque un porcentaje considerable a la hora de reutilizarlo, por lo que se podría utilizar en un principio la pulpa usada en la base principal, además un tipo de residuo del cartón son los tubos utilizados en la industria textilera, de plásticos, rollos de plotter entre muchos otros como parte de presentación y empaque de sus productos. Es por esto que aprovechando su morfología se pueda proponer una mejor alternativa.(Ibañez, 2002)

El interés investigativo de este trabajo es proponer un tipo de teja elaborada a partir de cartón reutilizado y luego desarrollarse como elemento fundamental de un sistema de cubierta que permitirá generar propuestas económicas, rápida en tiempos de ejecución y más aún confortable en términos térmicos y acústicos para quien la utilice, aprovechando las ventajas que ofrece éste material sobre otros tradicionales existentes en el mercado.

Con todo lo anterior nos proponemos las siguientes preguntas problema:

¿Cómo se puede diseñar y procesar un prototipo de cubierta de cartón como alternativa en un proceso de arquitectura sostenible?

¿Qué se necesita para la instalación de una cubierta elaborada con tubos de cartón reutilizados?

La propuesta de la investigación plantea en un principio un tipo de teja modulada a partir de tubos de cartón reutilizado, compuesta por una técnica de impermeabilización, unión de los elementos e innovación en la utilización de correas para la unificación del sistema estructural de éstas. Aprovechando la morfología de los tubos de cartón se determina un

Tejas De Cartón Reutilizado

confort termo-acústico para el sistema de cubierta confortable y asequible económicamente por lo que se formula la siguiente hipótesis:

Las cubiertas de cartón son una alternativa de construcciones arquitectónicas sostenibles si en el proceso se incluye solamente tubos de cartón reutilizado incorporando los módulos al sistema estructural.

Consecuente a lo anterior el objetivo general será:

Diseñar y proponer un prototipo de alternativa de teja que cumpla estándares de confort termo- acústica elaborada a partir de elementos de cartón reutilizado. Este objetivo se logrará si se cumplen los objetivos específicos y cada uno de ellos es positivo para la propuesta de las tejas de cartón, por consiguiente se plantean los siguientes objetivos:

El primer objetivo se direcciona a conocer los componentes de una cubierta y establecer cómo serán aplicados al sistema de cubierta en cartón y para ello la investigación se concentra en caracterizar las cubiertas con tejas para conocer los materiales, tipos de tejas, elementos que conforman una cubierta, condiciones que debe cumplir una cubierta y de esta manera hacer un análisis e implementarlo al nuevo sistema con las tejas de cartón.

Seguido de ello se propone, elaborar el proceso constructivo para la cubierta de cartón y para cumplir con el proceso constructivo de CUBIERTA TC se debe seguir con las siguientes fases: determinar el tipo de amarre más adecuado para hacer el módulo de CUBIERTA TC; esta es una fase experimental en la cual se diseñan diferentes tipos de amarre y se analiza el comportamiento a flexión del módulo propuesto.

Como tercer objetivo se propone, investigar los tipos de impermeabilización y concluir cual será el más indicado para el cartón. En esta fase de la investigación se experimentará con prototipos a escala y cada uno será sometido a una impermeabilización diferente.

Como acción última se diseñará y unificará el sistema estructural con las tejas de cartón, para lo cual primero se definen los módulos con el tipo de amarre indicado y la impermeabilización establecida y luego se simula el alzado en obra para identificar como serán puestos en una cubierta.



Contextualización del proyecto

Marcos referenciales

Marco teórico

Para efectos de dar un marco teórico preciso y adecuado al diseño que se propone nos concentraremos en cuatro conceptos clave: cubierta, teja, impermeabilización y cartón ya que estos son los que le dan el cuerpo al nuevo elemento que se propone como cubierta, pero antes cabe destacar los eco-materiales ya que de implementarse las tejas de cartón entrarían a hacer parte de este grupo de materiales.

Eco-materiales valorización de residuos.

Observando la arquitectura moderna se concluye que hoy en día es más amigable pero sobre todo respetuosa con el medio ambiente, cambios que se comenzaron a notar desde la década de los 80's cuando las naciones unidas incorporaron el concepto de desarrollo sostenible para las construcciones, uno de sus objetivos fue minimizar el consumo de los recursos e indagar en nuevas alternativas aplicadas a la arquitectura. (Portal Container, SF)

Como parte de la innovación tanto para arquitectos y constructores se han desarrollado técnicas y diseños con materiales reutilizados que son valorados actualmente y convertidos en nuevos materiales de construcción, minimizando los procesos y tiempos de producción.

“Reutilizar el cartón y convertirlo en eco-material tiene beneficios industriales y ambientales: ya que aproximadamente por cada tonelada de cartón reciclado, se ahorran 140 litros de petróleo, 50000 litros de agua, dos metros cúbicos de espacio en un vertedero, y 900 kilos de dióxido de carbono, frente a un cartón obtenido de materias primas”.(Inforeciclaje, SF)

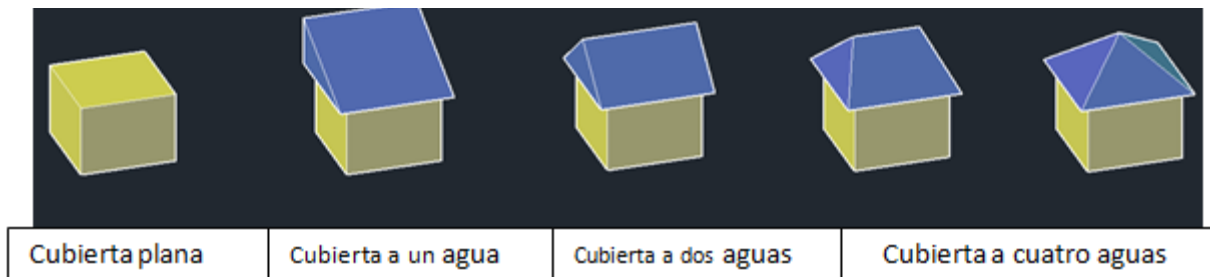
Marco conceptual

Cubierta.

Elemento arquitectónico que se conoce en todo tipo de construcciones desde las chozas indígenas hasta las obras de arquitectura moderna, generando espacios estéticos, seguros y modernos

Se conoce como cubierta a la estructura y al recubrimiento apoyada sobre muros verticales generando un cierre superior a toda edificación generando protección del medio ambiente, esto es; la lluvia, el sol, los vientos, el frío, el calor, ruido; ofreciendo intimidad y aislación del entorno.(Construmatica, SF)



Tipos de cubiertas.**IMAGEN 1.** *Tipos de cubiertas***Fuente** Autores

Según su inclinación se pueden distinguir dos tipos de cubierta diferentes;

Cubierta plana. Son aquellas que se encuentran sometidas a una inclinación mínima casi imperceptible que generan desagüe hacia un punto. Por lo general se prolonga un poco más del perímetro de la edificación generando un alero.

Cubierta inclinada. Son aquellas que se someten a una o más pendientes desde un punto generando más altura y cambiando la morfología de la edificación, este tipo de cubiertas son ideales para desagües y se caracterizan por su número de pendientes a lo que se llama a un agua, a dos aguas, a tres aguas, a cuatro aguas o más.

Teja.

Es el recubrimiento que se utiliza para las cubiertas al cual se le llama tejado, en el mercado existe una gran variedad de tejas en cuanto a forma, materiales, elaboración.

Este tipo de cubiertas tiene dos piezas principales que es la teja canal que recoge y direcciona las aguas lluvias y la otra pieza es la cobija la cual tapa las juntas entre las canales.

Tipos de teja.

Las tejas han evolucionado en su forma, materiales según la época y lugar de uso aunque el objeto es el mismo recubrimiento de un espacio.

Se clasifica en:

Teja romana. Tiene la pieza canal plana, con los bordes laterales levantados y la cobija curva.

Teja árabe. Con una sola pieza, con la forma un tronco de cono, cortado por la mitad longitudinalmente, tal como las cobijas romanas.



Teja plana. Su forma es más compleja y se fabrica con moldes y posee una gran serie de piezas especiales para su montaje.

Teja mixta. Posee la canal y la cobija en la misma pieza con un solape en el borde, igual que la plana requiere piezas especiales para su montaje.

Las piezas especiales son de variadas formas, y están destinadas a solucionar los puntos singulares del tejado, como las "limas" (limatesas, aristas convexas, y lima hoyas, aristas cóncavas), encuentros con otros elementos, y puntos singulares.

La teja de alfarería. Ha sido la más utilizada durante varias épocas y regiones a nivel mundial gracias a su utilidad y elaboración.

La teja de cemento. Se hacen con moldes imitando a las anteriores y son más económicas, resistentes y variedad de colores.

La teja plástica. Aísla el calor, variedad de colores, fácil de instalar, termo acústica, no se corroe. Dos tipos primordiales *tapan de cumbrera* y *tapa canoas*.(Manual Para El Diseño y Ejecucion de Cubiertas, SF)

Impermeabilización.

Cuando se habla de una impermeabilización es el proceso que hay entre dos elementos para evitar el paso del agua.

Debido a las inclemencias climáticas y capacidad de filtración que posee la humedad es recomendable impermeabilizar todo tipo de construcción que se encuentre en riesgo de sufrir filtraciones, esto prolonga la vida útil de elementos más específicamente las cubiertas, por otro lado un mantenimiento preventivo es menos costoso que uno correctivo.

Existen dos etapas fundamentales para determinar una impermeabilización la primera si el material a impermeabilizar lo requiere según sus componentes y la segunda identificar signos visibles que indiquen una impermeabilización.

Cada caso tiene su particularidad, en el mercado existe gran variedad de productos impermeabilizantes con características específicas según cada necesidad. (Vega, SF)

Cartón.

El cartón a través de la historia se ha visto y se ha utilizado como elemento de empaque y de embalaje para infinidad de artículos gracias a sus propiedades y manejabilidad que ha aportado a la industria desde que fue inventado en el siglo XVI para almacenamiento, transporte, agrupación y venta de productos.



Con las tecnologías y el desarrollo el cartón ha evolucionado perfeccionando sus características y modificando su presentación en cajas, tubos, láminas las cuales han dado la oportunidad de ser utilizados y reutilizados con una diversidad de formas y usos. (Cartox, SF)

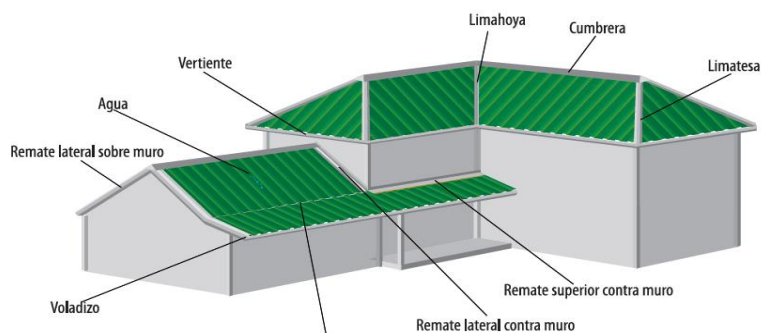
El cartón está formado por varias capas de papel a base de fibra virgen y papel reciclado, el cartón es más resistente que el papel. La materia prima se obtiene a través de procesos mecánicos, químicos y semi - químicos de fibras de maderas duras o blandas.

Se relacionan físicamente a los calibre de los papeles, cartulinas o cartones. El Papel es el material con un peso máximo de 130 gr/m², Cartulina hasta 240 gr/m² y Cartón con pesos mayores.

Marco técnico

Partes de una cubierta.

IMAGEN 2. *Partes de una cubierta*



Fuente (Acesco, 2014)

Agua o faldón. Caída principal de la cubierta.

Cumbre. Parte más alta de una cubierta donde se encuentran dos aguas.

Limatesa. Parte alta inclinada donde inician dos aguas.

Lima hoya. Parte baja inclinada donde terminan dos aguas.

Voladizo. Longitud de la parte final de una teja que queda sin apoyo estructural.

Remate lateral contra muro. Elemento que sella la cubierta lateralmente, entre la teja y el muro más alto que el nivel de la cubierta.

Remate lateral sobre muro. Elemento que sella la cubierta lateralmente, entre la teja y el muro que termina al mismo nivel de la cubierta.



Remate superior contra muro. Elemento que sella la cubierta lateralmente, entre la teja y un muro que termina al mismo nivel de una cubierta.

Remate superior sobre un muro. Elemento que sella la cubierta en el inicio de un agua, entre la teja y un muro que termina al mismo nivel de la cubierta.

(Acesco, 2014)

Materiales utilizados para una cubierta.

En la construcción de cubiertas se encuentra una gran variedad de materiales que predominan según la época, clima, cultura tecnología y acceso a la materia prima.

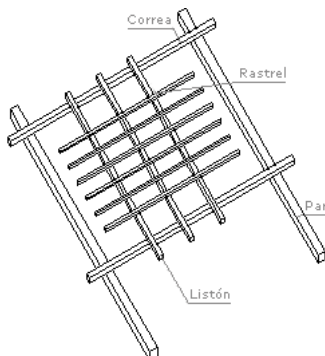
Desde la época de romanos y griegos se han elaborado con materiales pétreos con teja labradas, tejas de alfarería, piezas cerámicas en forma de azulejos.

Las cubiertas en su proceso de mejoramiento se han desarrollado en cuanto al material, utilizando plásticos como el policarbonato en tejas translúcidas, alveolares y domos, de mismo modo se han desarrollado propuestas metálicas, en tipos de teja como la termo-acústica o cubiertas metálicas modulares donde se usan generalmente acero galvanizado, que en otras palabras sobre un metal base se funde con un gran porcentaje zinc, o en otros casos al ser un material por excelencia el aluminio tiene mayor acogida, sin embargo se hacen tratamientos químicos para mejorar sus propiedades físicas, de la misma manera están las cubiertas compuestas tipo sándwich, que entre láminas de un metal que puede ser acero, aluminio u otros, se aplica un relleno de poliuretano como aislamiento térmico y acústico. Estos materiales que actualmente ofrece el mercado son una buena solución estética y confortable en comparación a lo que puede ofrecer los tradicionales.(Manual Para El Diseño y Ejecucion de Cubiertas, SF)

Actualmente existen también cubiertas verdes, realizadas a base de distintos tipos de plantas que incluso se utilizan en las fachadas.

Componentes del sistema estructural de una cubierta.

IMAGEN 3. Componentes De Una Cubierta



Fuente (Aitemin, 2010)

Las correas. Perfiles fijados con tornillos formando el entramado para apoyar la cubierta.

Vigas portantes. Se encargan de transmitir las cargas de apoyo a la cubierta.

Pilares estructurales. Soportan y transmiten las cargas a los cimientos.

Pilares de cierre. Soportan y transmiten las cargas a los cimientos originados por los vientos.

Anclajes. Hacen la unión entre la teja y la cubierta.

Arrostramiento. Son los elementos distribuidos en la cubierta para transmitir las cargas horizontales.

Cubierta. Es la piel o última capa se pueden utilizar distintos materiales, desde fibrocemento, paneles sándwich, chapas de acero galvanizados

Lucernario. Es la parte de la cubierta en donde se puede aprovechar la luz natural.

Canalones. Son los caminos que conducen el agua.

Aislamiento térmico. Material que va extendido sobre las correas.

Falso techo. Elemento que va suspendido en las correas.(Aitemin, 2010)

Condiciones para la construcción de cubiertas.

Las cubiertas deben proporcionar condiciones de estanqueidad, protección y aislamiento.



Estas condiciones se deben a los diseños constructivos teniendo en cuenta sus funciones de impermeabilización, naturaleza, circunstancias, materiales capaces de resistir cambios térmicos de acuerdo a la zona donde se resuelve la cubierta.

Toda cubierta se apoya sobre una base resistente, la cual está construida con los elementos constructivos correspondientes e independientes del tratamiento de la superficie de la cubierta en sí. No obstante, existen casos en que el elemento resistente está ligado a ella.

Se presentan cubiertas compuestas con los mismos elementos de la estructura, en este caso no se recomienda separar el uno del otro; esto genera puntos singulares complejos.

También puede haber cubiertas con soluciones específicas como el caso de los forjados; es conveniente determinar materiales, elementos y sistemas.

Colocación de las tejas.

La teja se recibe en el tejado sobre un elemento sustentante.

Vana. Son piezas colocadas sobre tablas, cerchas y correas.

Provenzal. Muy semejante a la *teja vana*: sobre las correas de sustentación se colocan unas piezas de madera de sección triangular, separadas de modo que puedan apoyarse las canales.

Sobre tablero de obra. Se hace un tablero de rasillón, apoyado en tabiques palomeros, y sobre él, las tejas. Permite clavar las piezas canales al tablero para asegurar su inmovilidad. En caso contrario se aconseja fijar con mortero de cemento una hilera de cobijas cada seis o siete hileras.

Segoviana. Solamente tiene piezas canales, recibidas sobre un lecho de barro que permite la dilatación e impermeabiliza las juntas, sin necesidad de piezas cobija, no son curvas sino en forma de V. (Perez, SF)

Tipos de sistemas para impermeabilizaciones.

Existe un impermeabilizante para cada tipo de problema y de clima.

Sistema asfáltico. Los Sistemas Asfálticos pueden ser multicapa, base agua y base solvente, es ideal para aplicar principalmente en techos y azoteas húmedas o secas, en climas templados o cálidos.

Cuando se utiliza una impermeabilización con productos asfálticos es necesario aplicar un acabado que permita reflejar los rayos del sol evitando que se acumule el calor dentro del hogar.



Impermeabilizante para superficies horizontales ideal para losas de concreto armado con pendiente propia en climas templados.

Siempre es mejor utilizar acabado de color blanco, ya que éstos son mucho más frescos que los de color oscuro, como son el aluminio o el terracota que se emplean por ser más económicos.

Sistema impermeable multicapa asfálticos. Es un proceso sobre puesto de capas de emulsión asfáltica que tienden a tener mayor seguridad y duración, requiere de una membrana de refuerzo en los puntos críticos.

Sistemas impermeables base agua. Se utilizan en techos húmedos o secos.

Sistemas impermeables base solvente. Se utilizan para todo tipo de estructuras secas, sitios bajo inmersión ideal para todo tipo de clima.

Sistema Acrílico. Fácil de aplicar, refractivo, elástico.

Sistema Prefabricado. Son rollos de impermeabilizante que se extienden sobre una superficie adhiriéndolos con un soplete. Son productos elaborados a base de asfalto modificados con hules o plásticos sintéticos, y con la membrana de refuerzo integrada desde el proceso de fabricación, lo cual garantiza un espesor uniforme.(Vega, SF)

Sistema Cementoso. Son productos impermeabilizantes que se utilizan en el concreto, cemento, y superficies reduciendo la penetración del agua en la estructura. Su aplicación varía dependiendo del tipo de impermeabilizante a utilizar.

Aditivo. El producto se aplica como aditivo directamente en la mezcla.

Poro abierto. El producto se aplica sobre la superficie terminada, ésta debe estar libre de polvo y a poro abierto.

Ventajas del cartón como material de construcción.

Los papeles y cartones son altamente reciclables.

Manejabilidad en los procesos industriales.

Facilidad para ser adheridos entre sí y con otras superficies.

Fabricación de objetos livianos, rígidos, auto portante y resistencia al impacto y a la deformación.

Bajo costo en la elaboración de envases en comparación de otros artículos con las mismas características.

Se adapta para ser utilizado en combinación con otros materiales.



Desventajas del cartón como material de construcción.

Sin combinar con otros materiales, tienen deficientes propiedades de barrera a líquidos, aceites y gases.

Son materiales altamente higroscópicos y al absorber humedad pierden sus propiedades mecánicas.(Xalapa, 2009)

Características técnicas del cartón.

El grosor y el volumen son determinantes en la elaboración del cartón para poder soportar cargas y demás usos.

El gramaje. En la industria, el cartón se mide generalmente por su gramaje, que es el peso del cartón expresado en g/m².

Grosor. El *grosor* es la distancia entre las dos superficies de la lámina de cartón y se mide en milésimas de milímetro.

Densidad y calibre. La *densidad* del cartón se refiere al grado de compactación del material y se mide en kg/m³. En la práctica, se sustituye esta característica por el *calibre*, que expresa la Superficie de cartón en metros cuadrados por cada 10 kg de peso. Esta cifra indica la cantidad de hojas de cartón, de tamaño 70 × 100 (centímetros), que conforman 10 kilogramos.

Tipos de cartón.

En el mercado se encuentran cuatro tipos de cartón:

Cartón sólido blanqueado o cartulinas SBS. Fabricado con pasta química blanqueada en las capas interiores y capas de estuco en la cara superior y en el reverso. Se utiliza para envase de la industria cosmética, farmacéutica y otros envases de lujo.

Cartón sólido no blanqueado. Su más resistente que el anterior, se utiliza para embalajes de bebidas (grupos de botellas y latas, etc.).

Cartón folding, GC. Es fabricado con varias capas de pasta mecánica entre capas de pasta química. Se utiliza en envases de alimentos congelados y refrigerados, de dulces, etc.

Cartón de fibras recicladas. GD y GT: Es fabricado con fibras recuperadas; está formado por muchas capas de diversos tipos de fibras. Se utiliza para los envases de cereales, juguetes, zapatos, etc.(Manual de Elaboración Del Cartón, 2007)



Fabricación del cartón.

El cartón es relativamente barato de fabricar lo que es un material conveniente para empaquetar y enviar productos. También se utiliza para algunos muebles y casas prefabricadas. Las fibras largas y fuertes utilizadas para fabricar cartón facilitan que pueda ser reciclado varias veces

Materia prima cruda.

Los pinos son la principal materia prima utilizada en la fabricación de cartón. Crecen con rapidez, y las fábricas de envases poseen miles de hectáreas dedicadas al cultivo y a la cosecha de los mismos. Las extremidades son desechadas y los troncos enviados a una fábrica de pasta. También se utilizan materiales reciclados.

El proceso Kraft.

Carl F. Dahl perfeccionó el proceso de fabricación de papel al cual llamó el proceso Kraft, término que deriva de la palabra alemana *kraft*, que significa *fuerte*. Los troncos de los árboles se rompen en pequeños pedazos y se colocan dentro de una bomba trituradora, que es un tanque de alta presión que disuelve la lignina, la cual une las fibras de madera. Las fibras se limpian y se refinan y posteriormente se envían a través de una máquina Fourdrinier utilizada para fabricar el papel. (Renta + Espacio, SF)

Máquina de corrugado.

Una máquina de corrugado mide usualmente 300 pies (91,4 m) de largo. Utiliza rodillos pesados para ondular el papel. Cuenta con rodillos de precalentamiento y rodillos de ondulación, que están cubiertos con estrías o rebordes que doblan el papel para convertirlo en cartón corrugado.

El encolado.

El cartón ondulado se coloca entre dos hojas de papel kraft. La estación de encolado simple utiliza un conjunto de rodillos y cola de almidón para fijar la primera hoja de papel kraft. La otra hoja se pega mediante otro conjunto de rodillos llamados estación de encolado de doble respaldo, también usando cola de almidón. (Universo Material, 2015)

Los espacios en blanco de caja.

Las hojas grandes de cartón, llamadas espacios en blanco de caja se eliminan del cartón corrugado con una cortadora. Las piezas se envían a una máquina llamada flexo, que es



la abreviatura de *máquina flexo gráfica*, la cual devuelve el producto acabado, es decir, una caja.(Manual de Elaboración Del Cartón, 2007)

Cartón y medio ambiente.

El cartón se ha convertido en recurso renovable gracias a sus ventajas de reutilización, en algunos países es obligatorio que la fabricación del cartón sea 100% reciclado, en la industria se aprovecha este material para elaborar elementos de embalaje y actualmente hay una nueva tendencia con mobiliarios de cartón.(Careaga, 1993)

Un gran ejemplo es el uso que le dio el arquitecto Frank O. Gehry “Wiggle Side Chair”

IMAGEN 4.Silla de Cartón del Arq. Frank O. Gehry



La forma escultural de la -Wiggle Side Chair- es sobresaliente. A pesar de su aspecto sorprendentemente simple, está construida con la consumada destreza de un arquitecto y, además de extraordinariamente confortable, es duradera y robusta.(Wiggle Side Chair, SF)

Las técnicas más empleadas para el manejo del cartón, son:

- Aglomerado consiste en unir varias láminas de cartón hasta conseguir un elemento sólido y existente.
- Plano Seriado este sistema encaja secciones paralelas y transversales hasta formar una retícula.
- Grafado Técnica que facilita la generación de curvaturas y dobleces en la superficie del cartón.
- Pliegues como elementos generadores de estructura Las formas reticulares que se pueden obtener con piezas de cartón debidamente trabajadas, aportan al comportamiento estructural de una pieza determinada como las utilizadas en las

cerchas de construcción que distribuyen eficientemente los esfuerzos a través de la estructura, lo que disminuye el peso de la misma. (Mobilirio de carton SENA R. Antioquia, SF)

Marco normativo

Este trabajo se basa en la norma técnica NSR-10 que dispone la normativa para la construcción en Colombia reglamentando las condiciones con las que debe contar una construcción. Como parte fundamental para este trabajo se tomó en cuenta el título E que habla sobre las condiciones de una cubierta básica.

Título e – casas de uno y dos pisos NSR-10

E.5.2.1 – cubiertas.

Los elementos portantes de cubiertas, de cualquier material deben conformar un conjunto estable para cargas laterales. Por lo tanto, se deben disponer sistemas de anclaje en los apoyos y suficientes elementos de arrostramiento como tirantes, contra vientos, riostras, etc., que garanticen la estabilidad del conjunto.

Toda cubierta debe garantizar la estabilidad de la estructura mediante todos los elementos que la componen.

E.5.2.2 – soleras.

Las correas o los elementos que transmitan las cargas de cubierta a los muros estructurales de carga, deben diseñarse para que puedan transferir las cargas tanto verticales como horizontales y deben anclarse en la solera que sirve de amarre al muro confinado (viga o cinta de amarre).

La cubierta debe contar con un sistema estructural para transferir las cargas a las cuales serán sometidas.

E.9.3 – materiales de cubierta.

E.9.3.1 – Los materiales utilizados para el cierre de la cubierta deben garantizar una impermeabilidad suficiente para proteger de la humedad las guaduas y las maderas de la estructura de soporte.

Los materiales deben ser los más adecuados para garantizar la impermeabilidad.



E.9.3.2 – Cuando se utilicen las cubiertas de teja de barro, deben evitarse su contacto directo con la guadua o madera, previniendo la transmisión de la humedad por efecto de la capilaridad.

E.9.3.3 – No se permite el uso de losas de concreto o de mortero como cubiertas de casa de uno y dos pisos en muros de bahareque en cementado construidas de acuerdo con el Título E.(NSR-10, 2010)

Se debe clasificar los materiales utilizados en una cubierta para evitar que transmitan humedad entre sí. Las losas de la cubierta deben ser proporcionalmente al peso de los muros y al material.

Marco histórico

Luego de rastrear antecedentes se encontró que en México y Japón se usa el cartón para algunos tipos de estructura en construcciones arquitectónicas.

La empresa mexicana Can Tubos de Cartón, S.A. de C.V. con la siguiente información:

Empresa mexicana con más de 30 años de experiencia certificada bajo las normas ISO 9001 – 2008 en el año 2007. Esta empresa se especializa en la fabricación de tubos de cartón para uso en diferentes aplicaciones en la construcción, uno de los proyectos de los cuales tomamos referencia es el Can Tubo Panel TM.(CanTubos de Carton S.A. de C.V., 1984)

Can Tubo Panel TM. Producto desarrollado como sistema de muros de carga económicos con capacidades estructurales cumpliendo las normas mexicanas.

IMAGEN 5. Muro Can Tubo



Fuente: <http://tubosdecarton.com.mx/productos/tubo-panel/>



Cualidades.

Se soporta a sí mismo y no requiere estructura adicional, no requiere cimbra. Para la construcción de esta losa solo es necesario puntales, y como es un producto ligero, reduce los costos de la estructura principal y de la cimentación además de las siguientes ventajas:

- Secado rápido
- Mayor facilidad para la instalación de tuberías eléctricas e hidráulicas
- Ahorro en material pues se adhiere con facilidad
- Aplicación en 25 minutos
- No tóxico (sin CO₂)
- Producto ecológico fabricado con papel reciclado
- Terminado uniforme y liso(CanTubos de Carton S.A. de C.V., 1984)

Aplicaciones.

Los elementos construidos con CANTUBO PANEL™ resisten esfuerzos de compresión, flexión, cortante, flexo compresión y torsión, originados por cargas por gravedad (cargas vivas y muertas) y accidentales (viento y sismo) y se pueden utilizar para la construcción de:

- Muros de carga
- Muros divisorios
- Losas estructurales (con los refuerzos requeridos, según el proyecto)
- Edificaciones de uno a tres niveles, ya sea habitacional, comercial o industrial
- Construcción de losas inclinadas (con los refuerzos requeridos, según el proyecto)(CanTubos de Carton S.A. de C.V., 1984)

Por otra parte encontramos al arquitecto japonés Shigueru Ban quien usa el cartón en sus diseños y a partir de sus construcciones exitosas ha recibido especial reconocimientos por parte de los medios de comunicación dentro de los que se destaca el documento realizado por la revista Semana, (2014).

Este magazín presenta a Ban como el único arquitecto en el mundo que construye casas y edificios con papel. Cuenta entre sus creaciones más famosas la sede del Centro Pompidou-Metz en Francia, la Christ Church en Nueva Zelanda y el pabellón de Japón en la Expo 2000

de Hamburgo. Se menciona como importante que por el tamaño y la complejidad estructural de los edificios es casi increíble que los haya construido con tubos de cartón. Fue el último ganador del premio Pritzker, el más importante galardón de arquitectura. –sus mejores argumentos se centran en reconocer que este material es ideal para la construcción, pues “es estable, muy barato, puede encontrarse en cualquier lugar y es 100 por ciento reciclable”. Sus apuestas arquitectónicas se han dado siguiendo la tradición japonesa que busca preservar el universo en armonía y para ello el galardonado utiliza materiales naturales para que el interior de la vivienda esté en comunión con el exterior y considerando su mayor practicidad elige objetos reutilizables y al alcance de la mano. Un ejemplo perfecto de sus diseños son las elegantes casas que construyó en 1995 para los sobrevivientes del terremoto que arrasó con la ciudad de Kobe, compuestas de tubos de cartón y techo de tela blanca, fueron construidas sobre canastas de cerveza para facilitar su eventual desmantelamiento. El que sigue es otro ejemplo de construcción desarrollada por este arquitecto:

IMAGEN 6. *Viviendas de Cartón*



Fuente: (Revista Semana, 2014)



IMAGEN 7. Pabellón con tubos de Papel - Shigueru Ban

(El diario.es, 2013)

Un pabellón temporal para el campus madrileño de IE University.

Edificado con más de 173 tubos de papel unidos por juntas de madera que descansan sobre columnas de papel y los cuales construyó en doce semanas. La estructura del pabellón, enteramente formada por cerchas fabricadas a base de tubos de cartón y nudos de conexión de madera laminada, se apoya en 10 puntos del perímetro dejando completamente diáfano el interior.

El revestimiento está formado por carpinterías correderas de acero y la cubierta por una doble capa de chapa, mientras en su interior solo hay un mueble donde se alojan ocultas las máquinas de aire acondicionado y los sistemas de iluminación. (El diario.es, 2013)

Este es un proyecto sostenible, que ha contado con la participación de alumnos de la escuela de arquitectura y que se utilizará para diversas actividades como reuniones, presentaciones o recepciones. Su argumentación se centra en exponer que "uno de los retos principales en cualquier obra es diseñar acorde con las características específicas del lugar. En este caso, utilizamos el propio muro de contención existente como apoyo y alejamos el pabellón al máximo del edificio de al lado".

En sus obras, el arquitecto siempre apuesta por empresas del país en que trabaja y, en esta ocasión, los tubos, por ejemplo, fueron fabricados en Zaragoza.(El diario.es, 2013).



El proyecto

El proyecto que se presenta a continuación pretende diseñar un nuevo modelo de cubierta que cumpla con los estándares arquitectónicos y sostenibles basado en tubos de cartón reutilizado.

Para saber si es viable o no la propuesta, se propone esta investigación sobre cubiertas existentes en cuanto a materiales, elementos utilizados y tipos de instalación como se observa en los marcos anteriores.

Como parte de este proyecto investigativo surgen las inquietudes de cómo se puede diseñar un prototipo de tejas de cartón y cómo será su instalación.

Para esto se investigó acerca del cartón y la morfología de los tubos que serán utilizados, de modo que se pueda conocer sus cualidades técnicas que serán sometidos a diferentes pruebas como aplastamiento, flexión e impermeabilización y de acuerdo a sus resultados se tomarán decisiones.

Luego se clasificará y se definirá los materiales más adecuados para la modulación del panel de la teja de cartón.

Una vez conocido el comportamiento técnico del material y puesta la modulación de la teja el siguiente paso será diseñar e implementar el sistema estructural para el montaje de las tejas de cartón, finalmente se presentarán los cuadros comparativos sobre la viabilidad económica del nuevo módulo de tejas de cartón.



Características y elaboración del módulo CUBIERTA TC

Para encontrar las características del módulo de CUBIERTA TC se hace un reconocimiento individual de cada uno de los materiales utilizados destacando su composición y utilización en la construcción.

Ensayos técnicos modulación panel

Para determinar las condiciones y características más viables en el desarrollo del módulo se realizó una consulta de ensayos ya probados anteriormente en la elaboración de muros con tubos de cartón, posteriormente se hizo una comparación con diferentes tubos para concluir cual sería el más eficiente para la cubierta con tubos de cartón reutilizados.

Como apoyo a la investigación que se realiza en el presente proyecto se fallaron tubos de cartón los cuales fueron opcionales para la realización de las tejas de cartón, se tuvo en cuenta las siguientes características.

Prueba de aplastamiento

Para el proceso de pruebas de aplastamiento en los tubos de cartón, se seleccionó tres tipos de tubos de cartón con diferentes diámetros y grosores para identificar cual es más eficiente en la prueba de aplastamiento. Dando los siguientes resultados:

Tabla 1. Resultados pruebas de aplastamiento

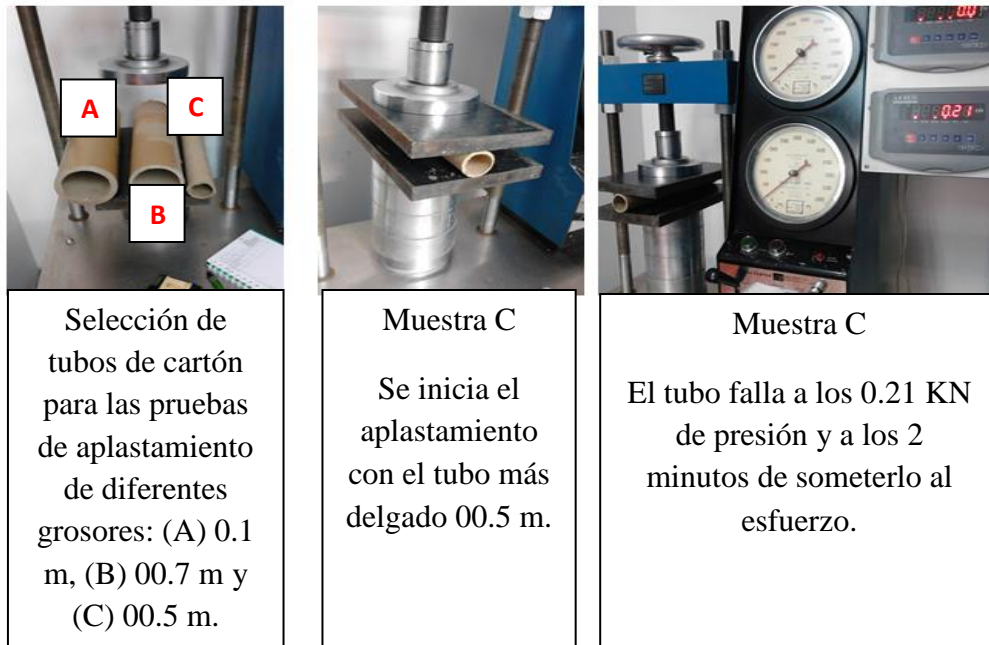
PRUEBA DE APLASTAMIENTO – VERSA TESTER				
Longitud	Diámetro	Grosor	Peso	Resultado
0.34 Mts	0.045 Mts	0.005 Mts	86.2 gr	0.21 KN
0.34 Mts	0.085 Mts	0.007 Mts	314 gr	1.42 KN
0.34 Mts	0.10 Mts	0.001 Mts	706.1 gr	2.79 KN

Fuente Autores

A continuación se muestra el proceso para la selección de los tubos que se emplearan para las tejas de cartón.

En la siguiente imagen se muestra la selección de los tubos que se sometieron a la prueba de aplastamiento.



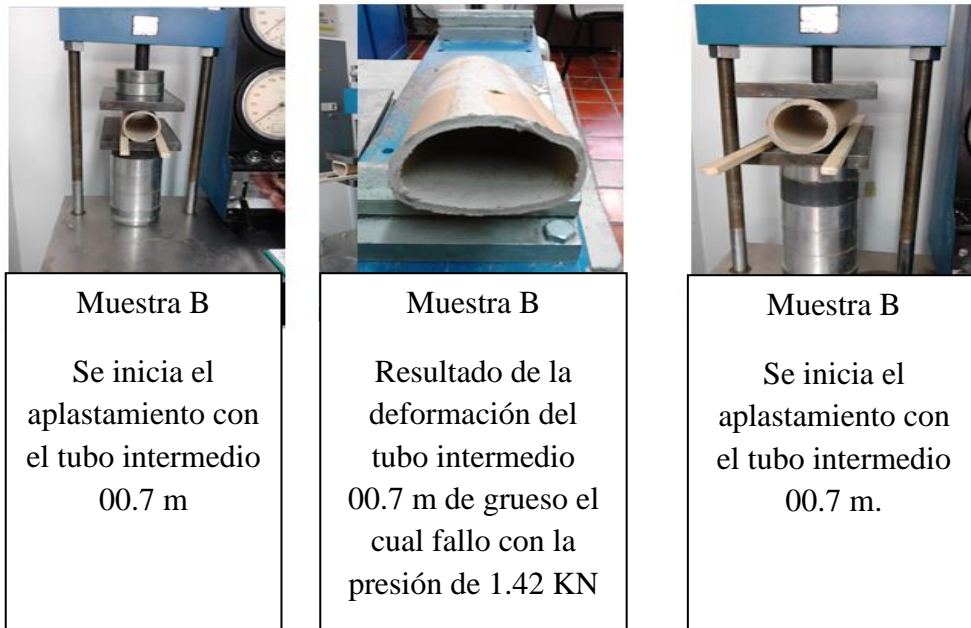
IMAGEN 8. Pruebas de aplastamiento**Fuente** Autores

En la imagen 8 se puede apreciar que se da inicio a la prueba de aplastamiento con los modelos seleccionados como posibles elementos para la fabricación de las tejas de cartón reutilizado. Se tomaron tres tipos de modelos con grosor y diámetro distintos; modelo A grosor de 1 cm y diámetro de 10 cm, modelo B grosor de 0.7 cm y diámetro de 8.5 cm, modelo C grosor de 0.5 cm y diámetro de 4.5 cm.

En el proceso de la prueba se observa que el tubo modelo A falla con una presión de 2.79 KN a los 2 minutos de someterse al esfuerzo. Modelo B falla con una presión de 1.42 KN a los 2 minutos de someterse al esfuerzo. C falla con una presión de 0.21 KN a los 2 minutos de someterse al esfuerzo.



IMAGEN 9. Pruebas de aplastamiento

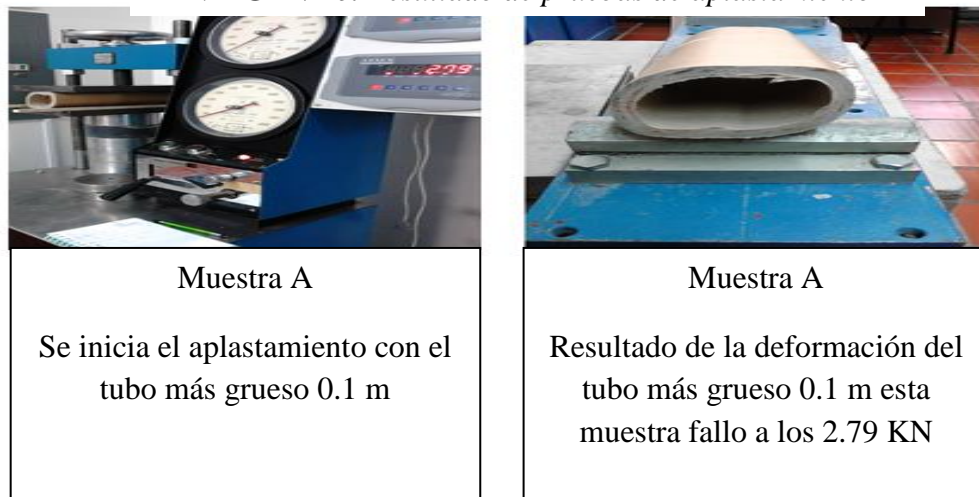


Fuente Autores

Resultado final para la prueba de aplastamiento, concluyendo que la muestra B es la que mejor cumple con las condiciones requeridas para la propuesta de tejas en cartón. Aunque el modelo A tiene una mayor resistencia por sus características físicas se excluye como elemento para la fabricación de las tejas de cartón siendo más grueso que los modelos anteriores duplica el peso de la teja haciéndola no mano portable.

En la siguiente imagen se muestra la deformación física del tubo al aplastamiento.

IMAGEN 10. Resultado de pruebas de aplastamiento



Fuente Autores



En la imagen 9 se puede observar como es la deformación física de los modelos tomados para la prueba de aplastamiento, luego de ser sometidos a la deformación pierde su forma cilíndrica inclinando el elemento hacia un lado irrumpiendo su resistencia y deformándolo.

Prueba de flexión

Para el proceso de pruebas de flexión en los tubos de cartón, se seleccionó tres tipos de tubos de cartón con diferentes diámetros y grosores para identificar cual es más eficiente en la prueba de flexión. Dando los siguientes resultados:

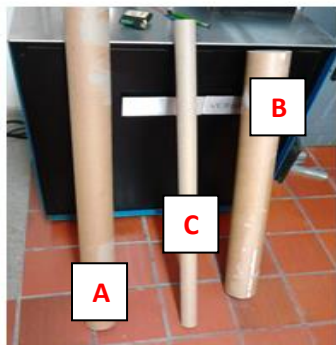
Tabla 2. Resultados de flexión

PRUEBA DE FLEXION				
Longitud	Diámetro	Grosor	Peso	Resultado
0.685 Mts	0.045 Mts	0.005 Mts	173.1 gr	3.56 KN
0.69 Mts	0.085 Mts	0.007 Mts	636.2 gr	1.05 KN
0.565 Mts	0.10 Mts	0.001 Mts	1165.4 gr	3.74 KN

Fuente autor de proyecto

Continuación se muestra en las imágenes la selección de los tubos para la prueba de flexión al igual que la deformación de cada uno.

IMAGEN 11. Selección de muestras para pruebas de flexión



Selección de tubos para la prueba de flexión.



Se inicia la flexión de la muestra C

Fuente Autores



En la imagen 10 se puede apreciar que se da inicio a la prueba de flexión con los modelos seleccionados como posibles elementos para la fabricación de las tejas de cartón reutilizado. Se tomaron tres tipos de modelos con grosor y diámetro distintos; modelo A grosor de 1 cm y diámetro de 10 cm, modelo B grosor de 0.7 cm y diámetro de 8.5 cm, modelo C grosor de 0.5 cm y diámetro de 4.5 cm.

IMAGEN 12.Prueba de flexión muestra C



Fuente Autores

En el proceso de la prueba se inicia con la imagen 11 donde se observa que el tubo modelo C con grosor de 0.5 cm, diámetro de 4.5 cm y longitud de 68.5 cm falla con una presión de 3.56 KN a los 2 minutos de someterse al esfuerzo.

IMAGEN 13. Pruebas de flexión muestra B y C



Fuente Autores



En la imagen 12 se observa que el tubo modelo C tiene una deformación de flexión encorvando el elemento por la parte inferior reduciendo su tamaño y alterando la resistencia.

IMAGEN 14. Pruebas de flexión muestra A y B



Muestra B deformación del tubo después de la deformación



Muestra A se inicia la prueba de flexión a la muestra A

Fuente Autores

IMAGEN 15. Resultado de la deformación en aplastamiento y flexión



En la siguiente imagen se aprecia la deformación de cada uno de los elementos a los que se le realizó la prueba de aplastamiento y flexión. Observamos que la prueba de aplastamiento inclina los elementos hacia los lados mientras que la prueba de flexión los encorva en la parte inferior.

Fuente Autores



En el proceso de la prueba se observa que el tubo modelo A falla con una presión de 3.56 KN a los 2 minutos de someterse al esfuerzo. Modelo B falla con una presión de 1.05 KN a los 2 minutos de someterse al esfuerzo. C falla con una presión de 3.74 KN a los 2 minutos de someterse al esfuerzo.

Resultado final para la prueba de flexión, concluyendo que la muestra B es la que mejor cumple con las condiciones requeridas para la propuesta de tejas en cartón. Aunque el modelo A tiene una mayor resistencia por sus características físicas se excluye como elemento para la fabricación de las tejas de cartón siendo más grueso que los modelos anteriores duplica el peso de la teja haciéndola no mano portable.

Caracterización general de los materiales empleados para la elaboración le cubierta TC.

Para la elaboración de CUBIERTA TC se hizo una selección de materiales utilizados que servirán como elementos de unión, de impermeabilización, de refuerzo, de acabado y de resistencia, a continuación se muestra el listado correspondiente:

Tubo de cartón. Material principal de esta propuesta para la modulación de tejas de cartón CUBIERTA TC, por sus características es un material ideal para la construcción porque es estable, económico, fácil de encontrar y 100% reciclable.

IMAGEN 16. *Tubo de cartón*



Fuente Autores

Varilla roscada de 1/8". Barra de acero de 0.80 mt. en forma de tornillos de extremo a extremo para permitir la unión de los tubos de cartón y asegurar su estabilidad ante la flexión y/o evitar la separación del panel.

IMAGEN 17. *Varilla*



Fuente Autores



Cinta doble faz. Cinta adhesiva con pegante en las dos caras con soporte de espuma, su uso en la elaboración de CUBIERTA TC tiene dos funciones; la primera es para unir y pegar los tubos de cartón y apoyar le eficiencia con la varilla roscada y, la segunda actúa como elemento impermeabilizante evitando el paso del agua entre tubo y tubo.

IMAGEN 18. Cinta doble faz



Fuente Autores

Emulsión asfáltica. Es un componente asfáltico bituminoso ideal para impermeabilizar cubiertas.

IMAGEN 19. Emulsión asfáltica



Fuente Autores

Tela asfáltica. Tela de micro fibra del algodón se utiliza para darle mayor consistencia a la superficie que se impermeabiliza con emulsión asfáltica.

IMAGEN 20. Tela asfáltica



Fuente Autores

Pintura bituminosa. Pintura a base de aluminio resistente a la humedad y a la intemperie, se utiliza para proteger los componentes usados en impermeabilizaciones.

IMAGEN 21. *Pintura bituminosa*



Fuente Autores

Pintura en acrílico siliconado. Impermeabilizante acrílico siliconado, diluible en agua con buena adherencia sobre cualquier superficie, alta flexibilidad y resistencia a la humedad.

IMAGEN 22. *Pintura en acrílico siliconado*



Fuente Autores

Como se observa en las imágenes 15 hasta la 21 estos son los materiales que permitirán la elaboración de la teja de cartón reutilizado: tubo de cartón, varilla, cinta doble faz, emulsión asfáltica, tela asfáltica, pintura bituminosa, y pintura en acrílico siliconado.

Proceso de construcción de cubierta TC

Elaboración del panel

IMAGEN 23. *Nivelación de tubos de cartón*



Fuente Autores



1. Selección de los tubos de catón según longitud, diámetro y grosor

IMAGEN 24. Agrupación de tubos de cartón



Fuente Autores

2. Después de seleccionar los tubos se cortan todos a una misma medida y se agrupan Paralelamente según la cantidad para el panel.

IMAGEN 25. Perforación de tubos de cartón



Fuente Autores

3. Agrupados los tubos se perforan a 8cm de los dos extremos para permitir el paso de la varilla roscada de 1/8.

IMAGEN 26. Unión de tubos de cartón



Fuente Autores

4. longitudinalmente se pone la cinta doble faz para iniciar la unión de los tubos de catón

IMAGEN 27. Verificación de la unión de los tubos de cartón



Fuente Autores

5. Teniendo ubicada la cinta a cada uno de los tubos, con las perforaciones en los extremos se inicia la unión para el armado del panel.

IMAGEN 28. Colocación de la varilla roscada en los tubos de cartón



Fuente Autores

6. En este punto ya tenemos la primera parte del panel pero, aun es inestable por lo tanto requiere el uso de la varilla roscada a través de todos los tubos para asegurar su eficiencia, estabilidad y unión entre cada tubo, las perforaciones que se hicieron con anterioridad deben quedar paralelas para evitar inconvenientes cuando se esté pasando la varilla roscada.

IMAGEN 29. Aplicación de la emulsión asfáltica en los tubos de cartón



Fuente Autores

7. Con el panel armado se da inicio a la aplicación de la primera capa de emulsión asfáltica.



IMAGEN 30. Colocación de tela asfáltica sobre el panel



Fuente Autores

8. Con la emulsión asfáltica fresca se coloca la tela asfáltica y se moldea según la forma del panel, una vez puesta la tela se aplica la segunda capa de emulsión asfáltica.

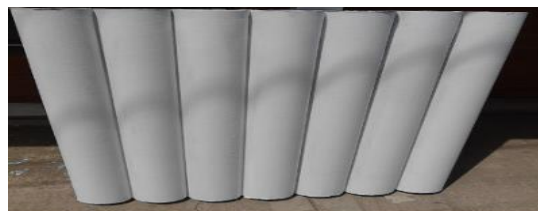
IMAGEN 31. Panel con pintura bituminosa



Fuente Autores

9. Luego de aplica las dos capas de emulsión asfáltica con la tela, se deja se deja secar y se aplica la pintura bituminosa para ser utilizada exteriormente.

IMAGEN 32. Acabado final con pintura acrílica siliconada

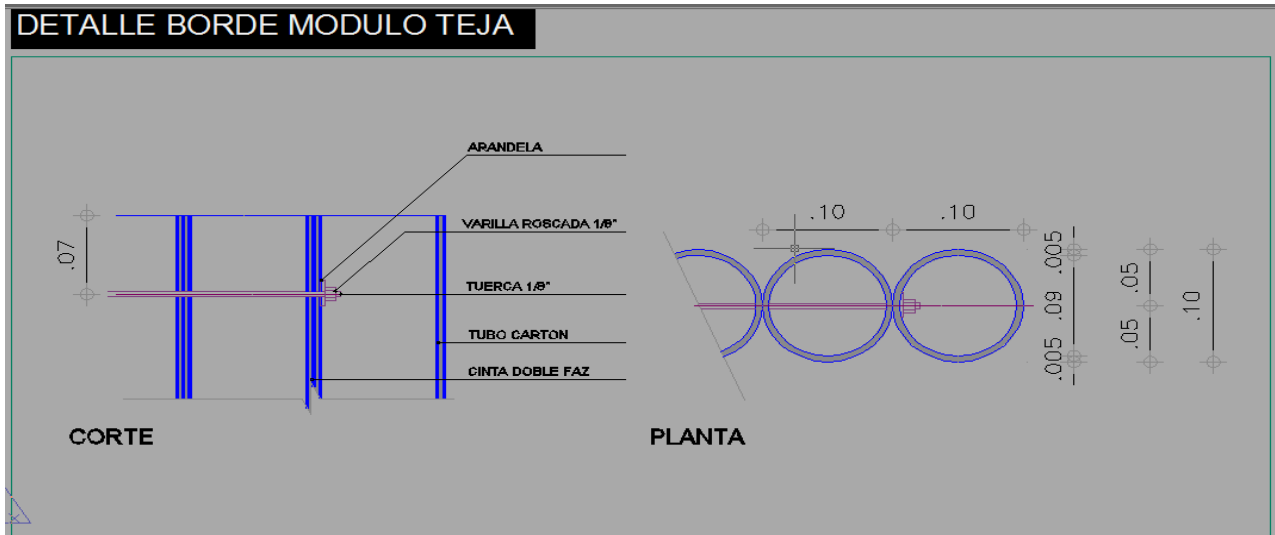


Fuente Autores



1. Posteriormente de la pintura bituminosa por la cara exterior para finalizar se aplica el acrílico siliconado impermeable para la parte interior de la teja.

IMAGEN 33. Detalle del modulo



Fuente Autores

Análisis costo del APU

Luego de hacer un estudio de costo que puede tener el metro cuadrado para poner en obra el montaje de una cubierta de cartón reutilizado se tienen las siguientes variables:

Comprando los tubos en recicladoras incluye estructura de soporte.

Tabla 3. APU 1 costo M2

M2 MODULO CUBIERTA				
DESCRIPCIÓN	Un. Medida	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
TUBO DE CARTON	Un	10	\$ 2.000	\$ 20.000
VARILLA ROSCADA ¼	L	1,60	\$ 2.200	\$ 3.520
IMPERMEABILIZANTE ACRILICO SILICONADA	kg	0.09	\$ 19.900	\$1.791
<i>Fuente Autores</i>				\$ 25.311

Obteniendo los tubos directamente de las empresas que los desechan incluye estructura de soporte.



Tabla 4. APU 2 costo M2

M2 MODULO CUBIERTA TC SOPORTADA EN ESTRUCTURA METÁLICA				
DESCRIPCIÓN	M	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
TUBO DE CARTON	Un.	10	\$ 0	\$ 0
VARILLA ROSCADA ¼	ML	1,60	\$ 200	\$ 3.520
IMPERMEABILIZANTE ACRILICO SILICONADA	kg	0.09	\$ 19.900	\$ 1.791
CORREAS METÁLICAS EN TUBO ESTRUCTURAL CERRADO cal. 2.5 mm	ML	1,00	\$ 104.284,00	\$ 16.680
				\$ 21.991

*Fuente Autores***Tabla 5. APU 3 costo M2**

M2 CUBIERTA EN TEJA TRANSLUCIDA DE POLICARBONATO ALVEOLAR				
DESCRIPCIÓN	M	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Lámina Policarbonato Alveolar 8mm	Un.	1,00	\$ 880.00	\$ 36.667
Lámina Policarbonato Alveolar cortes	Un	1,00	\$ 880.00	\$ 17.600
Clips de fijación	Un	1,00	\$ 330,00	\$ 1.980
				\$ 56.247

Fuente Autores

Tabla 6. APU 4 costo M2

M2 CUBIERTA EN TEJA ETERNIT #5 SOPORTADA EN CORREAS METÁLICAS				
DESCRIPCIÓN	M	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
TEJA ETERNIT # 5 DE 1.52 X .92	Un	1	\$ 20.764,00	\$ 14.742,44
CORREAS METÁLICAS EN TUBO ESTRUCTURAL CERRADO CAL. 2.5 MM	MI	1,00	\$ 104.284,00	\$ 16.68,00
SOPORTES TIPO GANCHO	Un	2.00	\$ 500	\$ 1.000,00
				\$32.427,88

Fuente Autores

Como dice el arquitecto Shigueru argumentando que reconoce que este material es ideal para la construcción, pues “es estable, muy barato, puede encontrarse en cualquier lugar y es 100 por ciento reciclable”. Se concluye que es factible para la construcción de tejas de cartón presentando un presupuesto comparativo respecto a otros modelos de cubiertas, las tejas de cartón podrían ser más económicas que las que se encuentran en el mercado. Siguiendo la tradición constructiva de una cubierta que busca la economía y preservar el medio ambiente y para ello se utiliza materiales al alcance de la mano. Un ejemplo perfecto son los diseños que utilizo Ban en las elegantes casas que construyó en 1995 para los sobrevivientes del terremoto que arrasó con la ciudad de Kobe, compuestas de tubos de cartón y techo de tela blanca, fueron construidas sobre canastas de cerveza para facilitar su eventual desmantelamiento.

Tejas con tubos de cartón reutilizado \$21.991

Teja translúcida de policarbonato alveolar \$56.247

Teja eternit \$32.428



Características y elaboración de la estructura para la CUBIERTA TC

Estructura para el montaje de la cubierta

Para el montaje de los módulos de CUBIERTA TC fue necesario diseñar el sistema estructural y el proceso de puesta en obra para incorporar los módulos a las correas ya que se propone una nueva alternativa de cubierta por lo tanto también se aplica la instalación en sitio.

A continuación se presenta los perfiles que se deben utilizar para el montaje de los módulos de CUBIERTA TC:

Perfil cumbre para iniciar montaje de los módulos de las tejas de cartón

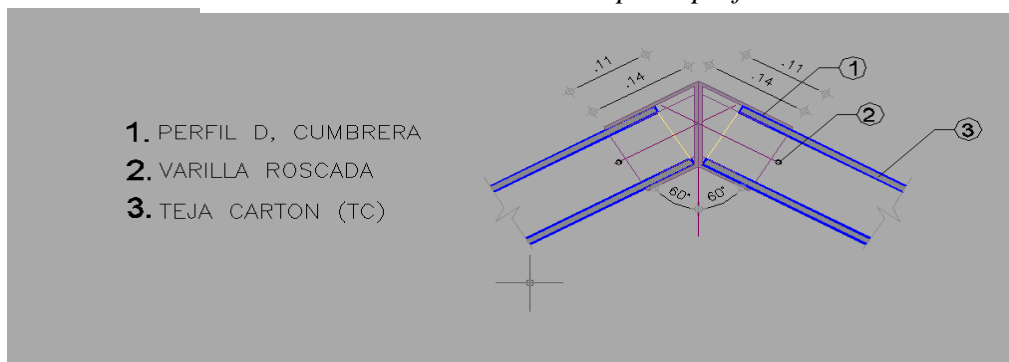
IMAGEN 34. Perfil para la cumbre



En la imagen 33 se muestra el diseño del perfil para la cumbre el cual consta de dos tubos a los costados para dos aguas, según la inclinación y la pendiente de la cubierta estos tubos tendrán un corte de 25° a 45°, se pueden variar según el diseño.

Fuente Autores

IMAGEN 35. Despiece perfil cumbre



Fuente Autores



En la imagen 28 se muestra el diseño del perfil para la unión de los extremos entre los paneles, el cual consta de dos tubos a los costados superiores con un corte en L y el inferior con un corte en C.

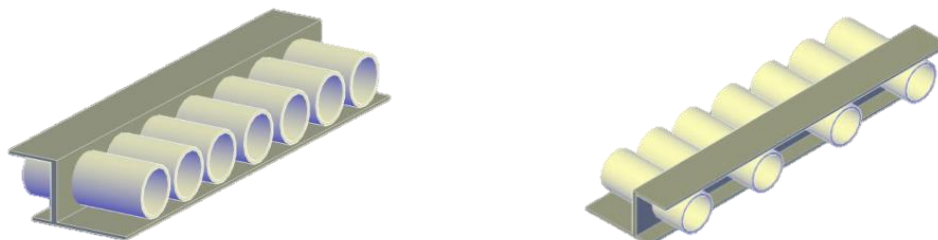
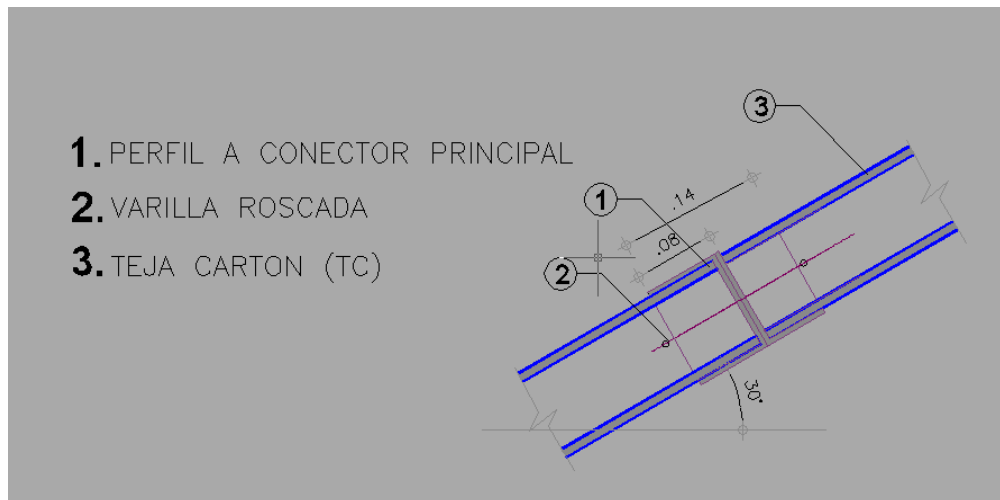
IMAGEN 36. Perfil para la fijación de los extremos de los paneles



Fuente Autores



IMAGEN 37. Despiece del perfil para uniones entre paneles



Fuente Autores

En la imagen 30 se muestra el diseño del perfil para el remate de voladizo de los paneles, el cual consta de un tubo entre el corte en L.

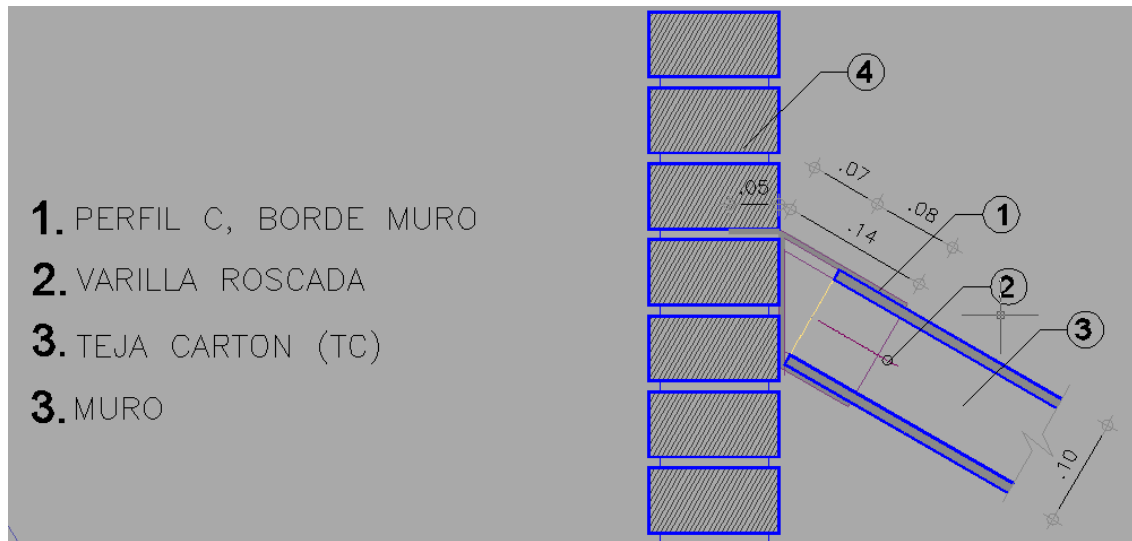
IMAGEN 38. Perfil remate voladizo



Fuente Autores



IMAGEN 41. Despiece perfil contra muro



Resultados y discusión

Desarrollando esta alternativa de cubierta se genera un nuevo sistema constructivo para construcciones arquitectónicas que no requieran mano de obra calificada, es decir cabe la posibilidad de ser implementado de manera artesanal por una, dos, tres personas según la magnitud de la construcción pero además, también se puede construir de manera industrial generalizando la elaboración de los paneles y los perfiles, supliendo la necesidad de una cubierta eficiente y sostenible.

Teniendo los elementos construidos paneles de las tejas de cartón y los perfiles para su montaje se dispone el siguiente proceso para instalar las tejas en la cubierta.

Montaje de la cubierta

1. En el proceso constructivo del sistema empezaría de igual forma que los demás sistemas tradicionales, partiendo de la cumbrera ya sean de mampostería confinadas con vigas cintas o comúnmente también pueden ser cerchas para este proyecto serán metálicas, las cuales garantizan el adecuado anclaje y soporte en sentido perpendicular a las correas del proyecto propuesto.

2. En este siguiente paso se debe contemplar la perfecta ubicación de la correa (MC 1) de inicio, localizada generalmente en la viga corona de la edificación, esta viga debe garantizar la pendiente general del sistema de cubierta que están entre el 30 y 35%, además de la adecuada distribución en planta de los paneles de la cubierta. La longitud de esta correa es de máximo 6 metros y se distribuye la cantidad necesaria dependiendo la distancia general del proyecto.

3. En el siguiente paso se localiza el primer panel de cartón CUBIERTA TC anclado al perfil MC 1, este panel ya debe estar tratado de fábrica.

4. Después de haber izado el primer panel de cartón se colocan los siguientes paneles formando la primera hilada de tejas o paneles, éstas van sujetas temporalmente por una correa falsa.

5. Temiendo la primera hilada de tejas se refuerzan con la siguiente correa MC 2, esta se ancla a las vigas cintas o cerchas con anclajes de 3/4" para confinar el primer módulo.

6. Los procesos 4 y 5 se repiten hasta lograr la totalidad de la distancia hasta el cambio de pendiente o voladizo, en ambos sentidos si el proyecto se presenta para dos aguas.



Luego se coloca la correa de remate de voladizo, vertiente o remate lateral sobre muro según sea el caso.

7. una vez armado la totalidad del cuerpo se procede a tratar las juntas panel- panel pintura acrílica al igual que se hace con los paneles de manera individual, panel-perfil sellar los extremos de los paneles con pintura plástica.

8 Por último se dan los acabados finales e instalación de piezas de especiales o adicionales.



Conclusiones

Para hablar de CUBIERTA TC primero especificaremos que se modulan los tubos de cartón para crear un panel y de esta manera dar inicio a esta propuesta. Aprovechando la forma cilíndrica de los tubos de cartón que son desechados por la industria una vez han cumplido su ciclo de utilidad como soporte o envoltente de textiles, plásticos entre otros llegando a su disposición final. Aquí se observa la ventaja técnica, ambiental, resistente, acústica, aislante en su proceso de fabricación que puede ser implementado como material de construcción y como sistema de cubierta identificando proceso constructivo, análisis técnico, propiedades y características, por tanto se concluye lo siguiente:

1. Se conoció los componentes de una cubierta y se logró establecer que los perfiles de unión entre los módulos de CUBIERTA TC se pueden usar como correas para fijar el entramado de la cubierta.
2. Se elaboró satisfactoriamente el modulo con tubos de cartón para CUBIERTA TC concluyendo que el tubo que mejor se comporta para este tipo de módulos es el utilizado, con diámetro de 0.10 cm, 0.05 cm de grosor según los resultados de las pruebas de aplastamiento y flexión que se realizaron.
3. Se diseñó el sistema estructural para CUBIERTA TC de acuerdo a cada una de las partes de una cubierta para hacer más efectivo el sistema.
4. El proyecto que se presenta significa un gran logro personal y profesional demostrando las capacidades que se adquirieron durante el curso del programa de tecnología en construcciones arquitectónicas.
5. Con el desarrollo de una nueva alternativa para cubiertas con un material reutilizado se demuestra que aún existen métodos y materiales por explorar teniendo en cuenta el respeto por el medio ambiente.
6. En cuanto a la Caracterización de los Materiales:

Luego de analizar el proceso y comportamiento de los materiales propuestos para la impermeabilización del panel con los tubos de cartón se concluye que por efectividad, estética y costo es más factible la impermeabilización con la pintura acrílica siliconada.



Recomendaciones

1. Al elaborar los paneles de CUBIERTA TC se debe verificar el buen estado de cada tubo.
2. Es importante que la inclinación de la cubierta esté entre un 30% y 35% para evitar apozamientos sobre la cubierta.
3. Éste sistema está diseñado para cubiertas de una y dos aguas.
4. Una vez armados los módulos se deben almacenar en lugares libres de humedad.
5. Es importante el estudio para nuevos materiales en la construcción que no tengan impacto negativo en la dimensión ambiental y socio-cultural, y sobre todo que sea estético.



Referencias

- (s.f.). Obtenido de [es.wikipedia.org/wiki/Cubierta_\(construcci3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Cubierta_(construcci3n))
- Acesco. (2014). *WWW.ACESCO.COM*. Recuperado el ABRIL de 2015, de www.acesco.com/downloads/manual/ManualDeCubiertas.pdf
- Aitemin. (2010). *Aitemin*. Recuperado el abril de 2015, de www.tejaceramicahdr.com/manual_teja/guia_cubiertas.pdf
- CanTubos de Carton S.A. de C.V. (1984). *Tubos de Carton* . Recuperado el 01 de Mayo de 2015, de <http://tubosdecarton.com.mx/productos/tubo-panel/>
- Careaga, J. A. (1993). Recuperado el 26 de MAYO de 2015, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/22.pdf>
- Cartox. (SF). Obtenido de <http://kartox.com/cuaderno/verdadera-historia-del-carton/>
- Construmatica. (SF). Obtenido de <http://www.construmatica.com/construpedia/Cubiertas>
- El diario.es. (20 de 03 de 2013). Shigeru Ban construye en Madrid un pabell3n de tubos de papel. *Eldiario.es*, http://www.eldiario.es/politica/Shigeru-Ban-construye-Madrid-pabellon_0_113039557.html.
- Ibañez, J. R. (2002). Recuperado el 20 de MAYO de 2015, de www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/valoriza-residuos.pdf
- Inforeciclaje. (SF). Obtenido de <http://www.inforeciclaje.com/reciclaje-carton.php>
- Instituto De Ciencias De La Construccin. (28 de FEBRERO de 2007). Recuperado el 27 de MAYO de 2015, de digital.csic.es/bitstream/10261/.../3/VOLUMEN_III_CEMCO_2007.pdf
- Jaramillo, H. Y. (2014). Recuperado el 27 de MAYO de 2015, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/39473/1/43112569.2014.pdf>
- Lopez, M. A.-I. (2003). *TESISI UNAL 2003*. Recuperado el 2015
- Manual de Elaboraci3n Del Cart3n. (2007). Recuperado el 02 de MAYO de 2015, de <http://es.slideshare.net/nathaliemonroe5/manual-carton-ondulado>
- Manual Para El Diseo y Ejecucion de Cubiertas. (SF). Recuperado el 27 de MAYO de 2015, de www.hispalyt.es/cd2/hispalit.htm
- Mobilirio de carton SENA R. Antioquia. (SF). Recuperado el 15 de MAYO de 2015, de <http://www.revista-mm.com/ediciones/rev83/taller.pdf>
- NORMA NSR-10. (2010). Recuperado el 04 de 2015
- NSR-10, N. (2010). Recuperado el 2015
- Perez, E. (SF). Obtenido de <http://eliizab.blogspot.com/2014/09/ladrillo-un-ladrillo-es-una-pieza-de.html>
- Portal Container. (SF). Obtenido de <http://blog.deltoroantunez.com/2013/11/definicion-arquitectura-sostenible.html>
- Renta + Espacio. (SF). Obtenido de <http://rentaespacio.co/blog-renta-espacio/post/empaque>
- Revista Semana. (05 de 04 de 2014). EL ARQUITECTO DEL PAPEL. *REVISTA SEMANA*, 1726, CULTURA.



- RICARDO, I. J. (2002). Recuperado el 15 de MAYO de 2015, de www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/valoriza-residuos.pdf
- Universo Material. (14 de ABRIL de 2015). Recuperado el 26 de MAYO de 2015, de <http://universomaterialmyp.blogspot.com/2015/04/ondulado-origen-el-carton-es-un.html>
- Vega, A. A. (s.f.). Recuperado el abril de 2015, de <https://composicionarqdatos.files.wordpress.com/.../impermeabilizantes.p...>
- Vega, A. A. (SF). Recuperado el abril de 2015, de <https://composicionarqdatos.files.wordpress.com/.../impermeabilizantes.p...>
- Wiggle Side Chair. (SF). Obtenido de iconosdeldiseño.com > ... > Frank Gehry > Wiggle Side Chair - VITRA
- Xalapa. (2009). Obtenido de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32793/1/barrientosgarciaisrael.pdf>

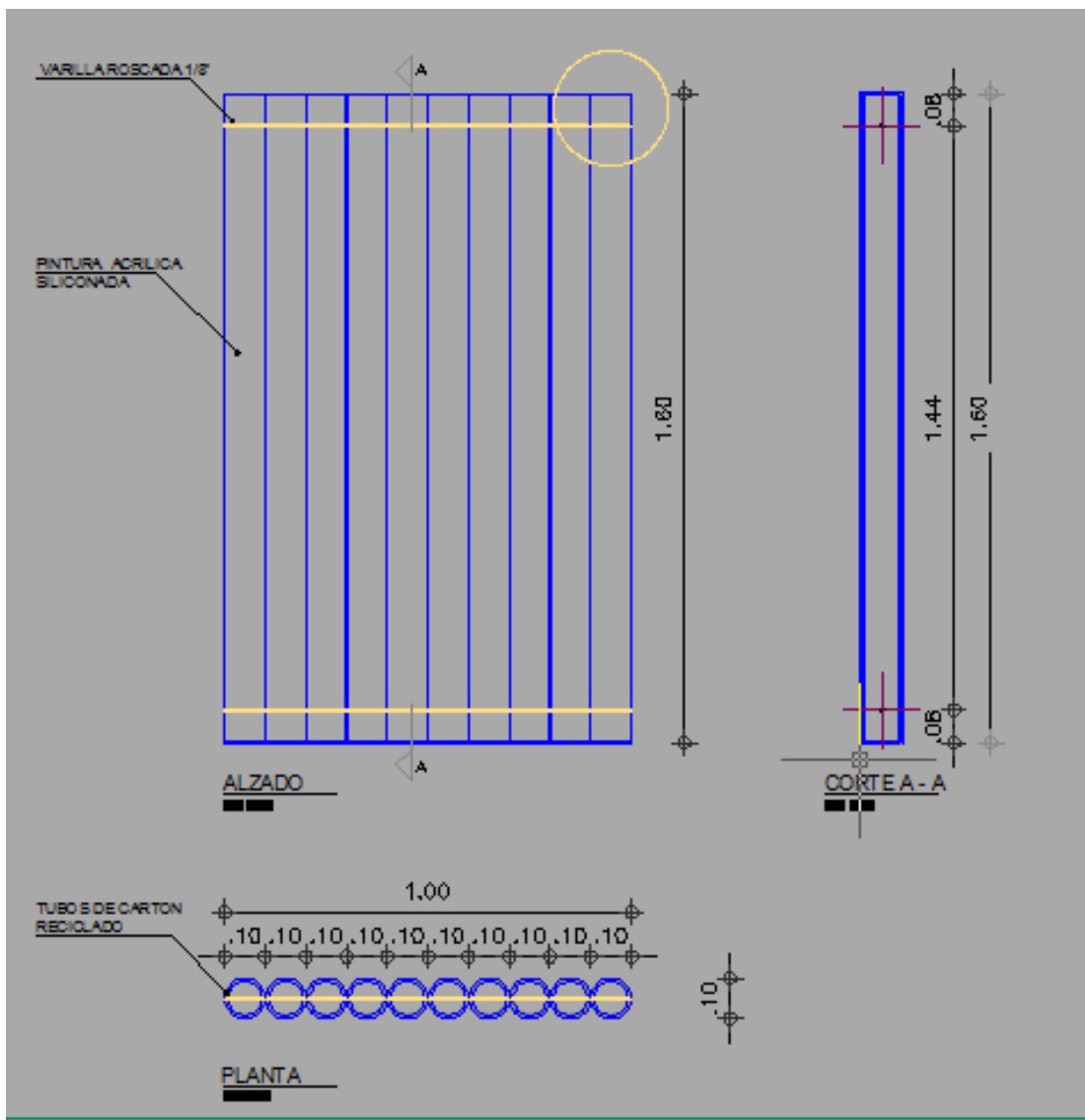


Anexos

Propuesta de prototipo

Detalles Del Módulo Teja cartón – CUBIERTA TC

IMAGEN 42. Detalle técnico del panel - teja de cartón

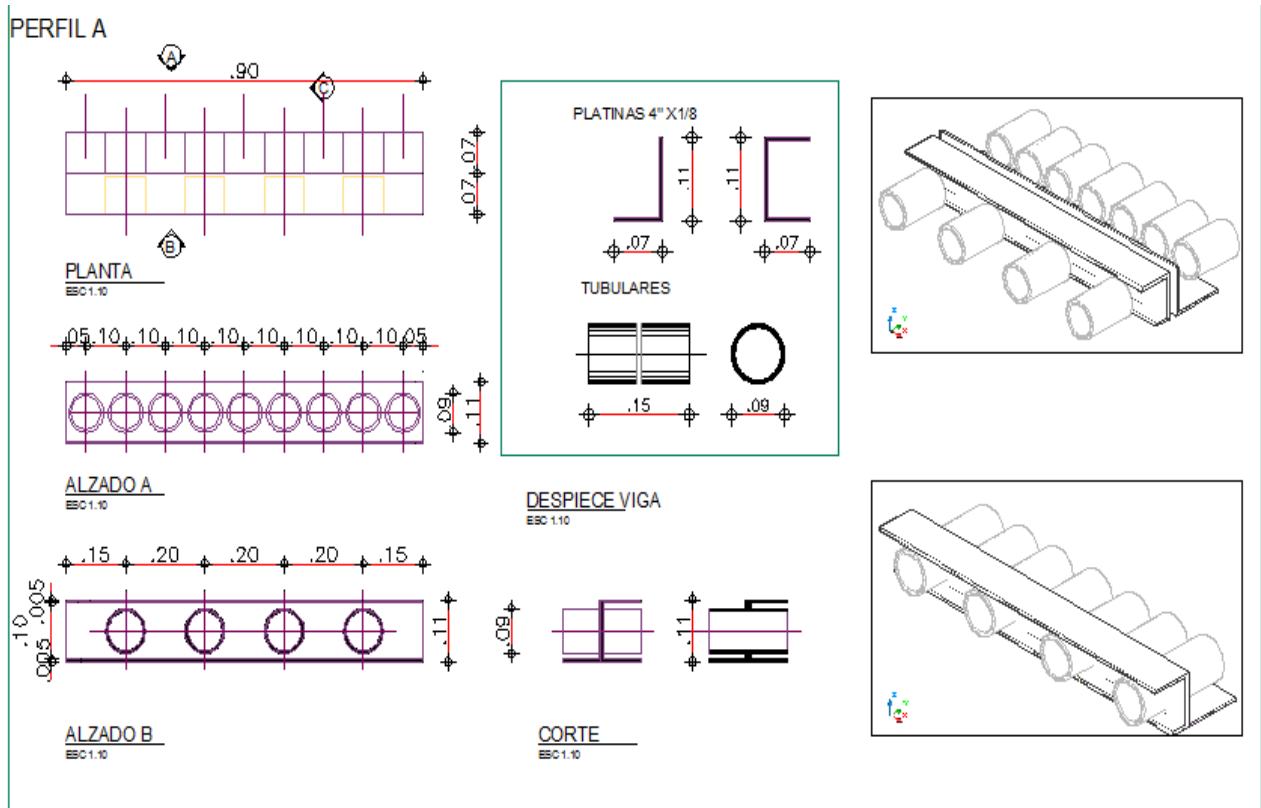


Fuente Autores



Detalles De Los Perfiles Para – CUBIERTA TC

IMAGEN 43. Detalles técnicos de los perfiles para la estructura

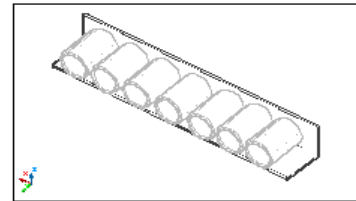
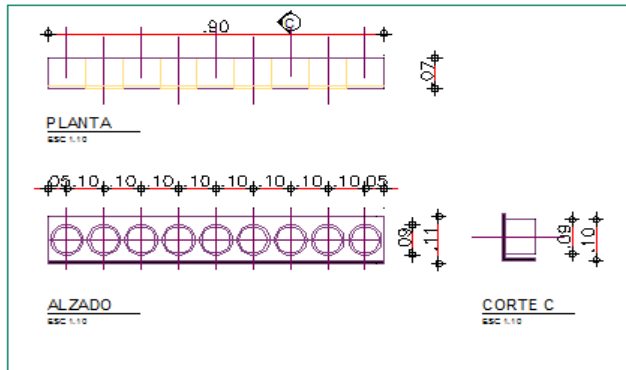


Fuente Autores

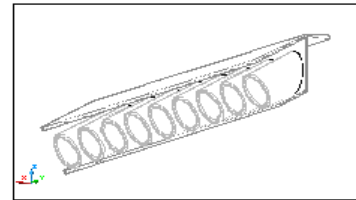
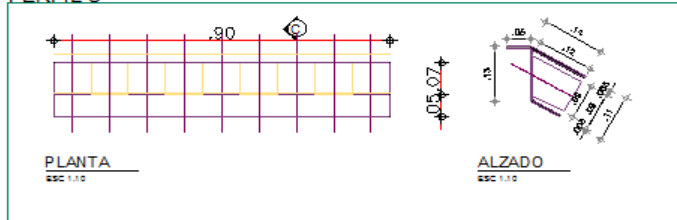


IMAGEN 44. Detalles técnicos de los perfiles para la estructura II

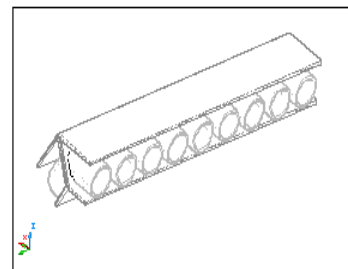
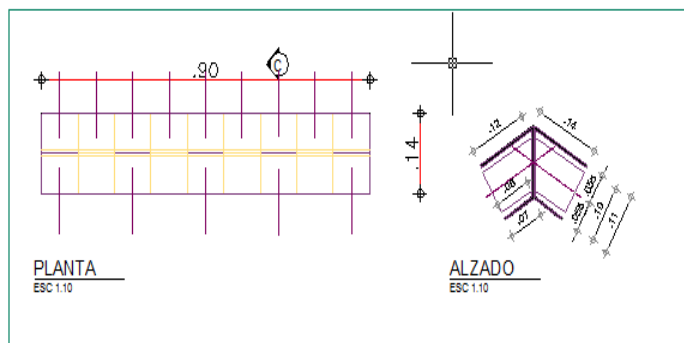
PERFIL B



PERFIL C



PERFIL D



Fuente Autores