

Ecomobiliario universitario a partir del reciclaje de las maquetas de arquitectura

Stephanie Zapata Giraldo⁽¹⁾, Diana María Bustamante Parra⁽²⁾,
Catherine Preciado Santa⁽³⁾, Sandra Margarita Vélez Murcia⁽⁴⁾,
Daniela Borja Zuluaga⁽⁵⁾, Susana Montoya Vásquez⁽⁶⁾ y Luis Alejandro Betancur⁽⁷⁾

Resumen: A nivel mundial la situación medioambiental está generando la necesidad del desarrollo de hábitos sustentables, implementando estrategias para el tratamiento de residuos aprovechables. Entendiendo esto, surge la necesidad de reciclar y reutilizar las maquetas construidas con celulosa de cartón, donde los porcentajes significativos de modelos arquitectónicos son depositados en contenedores de basura sin ningún tratamiento, evidenciado un impacto negativo al medio ambiente. Se encontró que, mediante la transformación de propiedades físicas y químicas del cartón, es posible crear un Eco Mobiliario universitario flexible, que permita suplir las funciones de sentarse, trabajar y almacenar, útiles para los estudiantes de arquitectura e incorporarlo en espacios como aulas o entornos institucionales. Los lineamientos de diseño establecieron procesos de modulación de láminas elaboradas con el cartón, cuya proporción y dimensiones determinan la función de su aplicabilidad en encastres, uniones y estructura física del material, buscando generar características sostenibles tanto en su fabricación, ergonomía, confort, ciclo de vida útil y consumo responsable del prototipo. Lo anterior, está alineado con la implementación del doceavo Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) donde se detalla y se hace alusión a la producción y el consumo responsable como parámetro para la generación de estrategias para la ejecución del diseño de un producto.

Palabras clave: Sostenibilidad - Materiales reciclables - Mobiliario - Cartón - Maquetas - Diseño - Ecomesa - Ecosilla

[Resúmenes en castellano y en portugués en las páginas 340-341]

⁽¹⁾ **Stephanie Zapata Giraldo** es Arquitecta Investigadora. Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia Medellín, Colombia. Stephanie.zapata@colmayor.edu.co

⁽²⁾ **Diana María Bustamante Parra** es Docente Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. Arquitecta de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Magíster en Arquitectura. Diana.bustamante@colmayor.edu.co

⁽³⁾ **Catherine Preciado Santa** es Docente Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. Arquitecta de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Magíster en Arquitectura. catherine.preciado@colmayor.edu.co

⁽⁴⁾ **Sandra Margarita Vélez Murcia** es Docente Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. Arquitecta de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Magíster en Hábitat. sandra.velez@colmayor.edu.co

⁽⁵⁾ **Daniela Borja Zuluaga** es Arquitecta. Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia Medellín, Colombia. Daniela.borja@colmayor.edu.co

⁽⁶⁾ **Susana Montoya Vásquez** es Arquitecta. Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia Medellín, Colombia. smontoyav71@gmail.com

⁽⁷⁾ **Luis Alejandro Betancur** es Arquitecto. Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia Medellín, Colombia. luylyb@gmail.com

Introducción

La situación medioambiental a nivel mundial está generando la necesidad del desarrollo de soluciones sostenibles que requieren la implementación de estrategias para el tratamiento de residuos, ejemplo de esto es la regla de las tres erres la cual se compone por las siguientes acciones: “*Reducir* la producción de objetos susceptibles de convertirse en residuos, *Reutilizar* un producto para darle una segunda vida, con el mismo uso u otro diferente y *Reciclar* a partir de la obtención, clasificación y recolección de estos desechos” (Cordero, 2011, p. 9). Al respecto, es pertinente la implementación del doceavo Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) donde se detalla y se hace alusión a la producción y el consumo responsable como parámetro para la generación de estrategias para la ejecución de un prototipo. Reducir el impacto ambiental mediante la transformación de la materia prima reciclable como el cartón, es direccionado desde la implementación de los ODS permitiendo el aumento en la eficiencia de los recursos y promoviendo estilos de vida sostenibles (PNUD, P. D. 2019).

La integración de elementos reciclables con el consumo global de recursos sigue en aumento, la industria del papel y el cartón es la primera consumidora de madera en el mundo: el 42% de los bosques explotados sirven para alimentarla, afectando directamente el medio ambiente en la fase de transformación de materia prima en producto terminado. Esta industria es altamente contaminante debido a que se consumen grandes cantidades de agua (60 litros por kg de papel) y de energía, además en el tratamiento de la materia prima se emiten gases de efecto invernadero, compuestos de azufre y cloro (Varela, 2009). Estas cifras hicieron que el reciclaje de papel y cartón tomará mayor pertinencia en los últimos años, principalmente por la preocupación frente a los daños ambientales, teniendo en cuenta que el proceso de reciclado de estos materiales ahorra agua, energía y no consume madera de los bosques nativos de todo el mundo. Además, representa una ventaja inicial, ya que a pesar de que el producto obtenido del reciclaje no posea todas las

propiedades que se obtienen con la primera producción del material, sí se logra reducir el alto impacto generado en el ciclo de vida del producto (Bustamante, 2004).

En las oficinas y facultades de arquitectura se crean constantemente maquetas para representar a escala los proyectos arquitectónicos, urbanos, o de concepción de la idea de diseño. En estos oficios creativos suelen implementarse materiales reciclables como el cartón y el papel, lo que genera una pregunta por las posibilidades que se tienen para aprovecharlos luego de su uso y encontrar posibilidades de creación que puedan apoyar otras actividades (Vásquez, 2012). En el caso de la presente investigación se encontró la necesidad de apoyar los espacios universitarios con mobiliario que permita a más estudiantes desarrollar de forma cómoda y adecuada sus trabajos, además se tuvo en cuenta al estudiante de arquitectura, el cual requiere de superficies amplias para la elaboración de sus modelos y dibujos. Teniendo esta necesidad presente, se identificó que el cartón era un material utilizado en mayor cantidad en las maquetas de los estudiantes y a partir de ello se establece la idea de reciclar este material y aprovecharlo, para la creación de mobiliario flexible que permita suplir funciones para el desarrollo de los prototipos proyectuales y como apoyo a los estudiantes en la facultad de Arquitectura e Ingeniería.

En la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia (I.U. Colegio Mayor de Antioquia) en el programa de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería se organiza al final de cada semestre académico la *entrega conjunta de diseño arquitectónico*, donde se exponen los trabajos finales de los cursos de Diseño Arquitectónico, por medio de la elaboración de maquetas urbanas o de proyecto arquitectónico, el desarrollo de este evento ha evidenciado el alto impacto ambiental en los espacios académicos del campus universitario, debido a que se desechaban estos residuos sin ningún tipo de tratamiento o separación. Situación que generó interés debido al alto porcentaje de material reciclable de las maquetas. Para ahondar en este proceso, en el año 2019, el Semillero de investigación A+D (Arquitectura y Diseño) de la facultad elaboró una encuesta con una muestra de 175 estudiantes de la asignatura Diseño Arquitectónico, donde se identificó que el 45% de los estudiantes que participaron en ella, reciclan de alguna manera sus maquetas de entrega final. Lo anterior, fue una prueba contundente para la obtención de la materia prima de este estudio.

Esta situación de desperdicio de las maquetas es un suceso recurrente en muchas facultades de arquitectura de Colombia y a nivel mundial, lo que ha llevado a que se desarrollen propuestas para reutilizarlas, convirtiéndose en referentes importantes para la presente investigación, buscando ir un paso más allá, se pretende reciclar los materiales y otorgarles nuevos usos, transformar su vida útil, en la elaboración de mobiliarios que apoyen los espacios de uso común de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería, un ejemplo claro de esto es la Fundación Marte cuando realizó una donación de maquetas en navidad del año 2010 para que los niños las utilizaran como juguetes; según estos, en el mundo más de 1 millón de maquetas se votan a la basura cada semestre académico, una vez concluido su fin educativo en las escuelas. La Fundación Marte busca generar una difusión y réplica de este proyecto en todo el mundo, conectándose con representantes en cada ciudad para poder darle una segunda vida a estas maquetas (Bayona, 2017). Esta dinámica requiere, entonces, que las facultades de arquitectura y diseño asuman una postura más sostenible con relación al reciclaje de los residuos que sus estudiantes generan, no solo fomentando

un uso consciente de los recursos para sus diseños proyectuales, sino buscando estrategias de transformación de la materia prima inmediata.

De esta manera, este estudio contribuirá al desarrollo sostenible y amigable de la institución, buscando un equilibrio de la participación de los integrantes de la universidad en conjunto con estrategias que nos permitan aprovechar los recursos y aportar soluciones al contexto inmediato, es importante resaltar que, a través de la socialización de los resultados obtenidos, se podrá influir en el mejoramiento de procesos de reciclaje en el contexto local, regional, nacional e internacional.

Basado en lo anterior, este artículo se plantea las siguientes preguntas: *¿De qué manera se pueden aprovechar los materiales reciclables utilizados en la elaboración de maquetas de arquitectura para transformarlos en un nuevo material que permita la construcción de un mobiliario universitario? ¿Cómo integrar herramientas digitales como la parametrización? ¿De qué forma pueden integrarse datos antropométricos de los estudiantes en el diseño del mobiliario?* Se dará respuesta a estos interrogantes mediante la recuperación de la materia prima, implementando procesos de experimentación de la mezcla de material reciclado, desarrollando un Eco Mobiliario Universitario que supla las funciones de sentarse, trabajar y almacenar, enfocado en las necesidades de los estudiantes de arquitectura, ejecutado a partir de la modulación que otorgan características sostenibles en su producción y ciclo de vida útil (RECIMED, 2018).

Para la argumentación teórica y conceptual de este proyecto de investigación, es importante considerar las diferentes dimensiones a las que la propuesta se refiere, pues el aprovechamiento de los residuos no solo tiene relación con el ámbito ambiental, que requiere el diseño del mobiliario universitario, sino también la generación de nuevos ciclos de producción que se desarrollen a partir de la reutilización de estos desechos reciclables presentes en las facultades de arquitectura.

El reciclaje se inscribe en la estrategia de tratamiento de residuos de las tres R³ compuesto básicamente por las siguientes acciones: Reducir la producción de objetos susceptibles de convertirse en residuos, Reutilizar un producto para darle una segunda vida, con el mismo uso u otro diferente y Reciclar a partir de la obtención, clasificación y recolección de estos desechos (Cordero, 2011).

La articulación y guía de estudios referentes a los procesos de reutilización del cartón y el papel está liderada por la Agencia de Residuos de Cataluña (España), la cual ha investigado, de manera detallada, los procesos de reutilización y aprovechamiento de los materiales reciclables a partir de la elaboración de una *Guía de Buenas Prácticas* (2012), en la cual se explican las propiedades químicas de estos materiales, los procesos de recuperación, clasificación y transformación para el desarrollo de actividades de gestión de residuos que cumplan con condiciones técnicas adecuadas. Este documento es un soporte fundamental para el desarrollo de la investigación, pues en Colombia no se identifica información bibliográfica con tal grado de especialización en el tema.

Con relación al aprovechamiento de estos residuos para la fabricación de muebles, se identificó la tesis de Linares Forero (2011), *Mobiliario infantil de cartón reciclado*; en esta investigación se propone la elaboración, la reutilización del cartón, el cual tiene como característica fundamental, su gran estructura y poco peso. Se analizó la cadena productiva de papel y cartón en Colombia, evidenciándose diversidad de problemas, de los cuales se

pretende extraer una oportunidad de diseño a partir de estas problemáticas, con sentido de pertinencia hacia el diseño y el usuario a quien es destinado su uso y con esto realizar intervenciones que operan en resolución de necesidades del entorno inmediato. Además, vale la pena mencionar la investigación, *Propuesta de una línea de mobiliario ergonómico para estudiantes de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de las Américas* (2016), en la cual plantea dar una solución a la problemática de mobiliario educativo para carreras universitarias enfocadas en diseño y arquitectura. Además, utiliza información obtenida directamente de usuarios para la construcción de un esquema de necesidades que se transforma en un diseño que responde a la necesidad de la mejor forma, evaluando diferentes alternativas técnicas y materiales.

Una aplicación similar se identifica en la investigación de la profesora Haydee Yulady Jaramillo (2015), quien propone desarrollar estrategias para el reciclaje y reutilización de materiales livianos, para el mejoramiento del Barrio la Honda en Medellín. En este proyecto se aplican nuevas estrategias y técnicas constructivas de materiales sostenibles como lo es el cartón, contemplando las características de estos territorios como posibilidades sociales de adaptación y optimización del hábitat, de manera consciente y en contexto con la reutilización de materiales, permitiendo nuevas tendencias en la construcción de las viviendas y sus mobiliarios para dotar a las comunidades más vulnerables de nuestro contexto regional. En cuanto al ámbito del diseño del mobiliario estudiantil, vale la pena mencionar la investigación, *propuesta de una línea de mobiliario ergonómico para estudiantes de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de las Américas* (2016), en la cual plantea dar una solución a la problemática de mobiliario educativo para carreras universitarias enfocadas en diseño y arquitectura. Además, utiliza información obtenida directamente de usuarios para la construcción de un esquema de necesidades que se transforma en un diseño que responde a la necesidad de la mejor forma, evaluando diferentes alternativas técnicas y materiales.

De igual forma, se sabe que el reciclaje de papel y cartón ha entrado en vigencia en los últimos años, principalmente por la preocupación frente a los daños ambientales, cada vez se implementa más el aprovechamiento de los materiales que han cumplido su uso inicial y son transformados en otros. Se conoce también que el proceso de reciclado de papel o cartón ahorra agua, energía y no consume madera de los bosques nativos de todo el mundo, lo cual representa una ventaja inicial, a pesar de que no posea todas las propiedades que se obtienen con la primera producción del material (Bustamante, 2004). Logrando con esto poder reducir el impacto ambiental que se genera de la producción del material para implementación del mobiliario.

Para finalizar, es relevante mencionar que el problema de los residuos reciclables a nivel mundial son en este momento foco de análisis de diferentes disciplinas, y están muy presentes en nuestro cotidiano al habitar, como lo menciona en el artículo, *Consumismo y sociedad: una visión crítica del homo consumens* (Rodríguez, 2012). Este enfoque nos invita a reflexionar sobre la noción arraigada de que un aumento en el consumo equivale a una mejora en la satisfacción de nuestras necesidades, sin cuestionar la premisa de que más es mejor. Ante este escenario, se hace evidente la necesidad de explorar diversas alternativas en cuanto a empaques, la gestión de papel y cartón, con el propósito de establecer procesos ecológicos de transformación. De esta manera, se enfoca el camino hacia la obtención de

láminas recicladas, como subraya Vassal (2016) al plantear la necesidad de estrategias para discernir lo esencial y llevar a cabo la máxima eficiencia con el mínimo impacto ambiental. ¿Qué consideramos esencial y cómo podemos lograrlo? ¿Se trata entonces de maximizar resultados con recursos mínimos? Estas interrogantes resuenan como guías esenciales en la búsqueda de soluciones sostenibles.

Desarrollo metodológico

En la ejecución de la metodología se contemplaron 4 etapas (*Ver Figura 1*), la primera etapa correspondió a la exploración teórica de referentes técnicos, seleccionando y analizando los procedimientos y materiales que optimicen en mayor medida los recursos aprovechables (ANDI, 2006), sirviendo como guía para el desarrollo de la segunda etapa, en la cual se seleccionaron los materiales clasificados y posteriormente se transformaron sus propiedades físicas y químicas, estos materiales se obtuvieron de las maquetas desechadas de los estudiantes de arquitectura de la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia en la Entrega conjunta de Diseño Arquitectónico. Una vez comprendido el proceso de reciclaje que se va a emplear, se realizó la tercera etapa, en la que se desarrolló el diseño y parametrización del prototipo de mobiliario, atendiendo a las siguientes funciones: sentarse, trabajar y almacenar, por último, se ejecutó la fase cuatro donde se realizó la consolidación y construcción del Eco Módulo Universitario en escala 1:1.

En el desarrollo de la fase I de exploración teórica, se estudiaron alternativas de aprovechamiento del cartón y el papel, es necesario mencionar que estos materiales pueden ser triturados y reciclados en repetidas ocasiones, sin embargo, en cada ciclo de reutilización del 15% al 20% de las fibras se degradan y es necesario complementar el volumen con más material como nos menciona Montes (2003) en su estudio, el papel y cartón por lo general se separan y se mezclan con agua para ser convertidos en pulpa, que es de gran utilidad en la creación de diversos materiales con mayor resistencia. A mayor porcentaje de celulosa de fibra virgen en la composición del cartón, mayor resistencia tendrá el producto, demostrando la estrecha relación existente entre la longitud y el número de fibras con la resistencia del material, es necesario la identificación de la problemática que se vive en la actualidad con los residuos en las ciudades para generar directrices de desarrollo del estudio del mobiliario que establezca los procesos de experimentación, diseño y construcción del prototipo.

En la fase II de experimentación se definieron los mecanismos a desarrollar, inicialmente se analizaron el tipo de maquetas que presentaban características idóneas para ser separadas y posteriormente recicladas, obteniendo una cifra significativa de materia prima, en mayor porcentaje el cartón caja fue el material más utilizado en las maquetas de los estudiantes del programa de arquitectura. Fue necesario, realizar varios procesos para la obtención de la transformación química y física del material particulado del cartón, en este desarrollo se identificaron variables y condiciones que se debían estandarizar a la hora de ejecutar el proyecto. El cartón fue separado de elementos adicionales con los que se construyen las maquetas como los árboles de alambre, acetato, cartulinas, escalas hu-

manas de acrílico, entre otros; se realizó el triturado manual de los cartones que se encontraban en formatos grandes, posteriormente se solicitó maquinaria y equipo al Fablab Colmayor debido a que se requería una dimensión menor de las piezas, fue triturado de forma mecánica. Se realizaron algunas pruebas con las partículas obtenidas inicialmente, pero la adherencia del material no presentó resultados óptimos debido a que el cartón no se desintegró en su totalidad, esto determinó la necesidad de realizar un tercer triturado mediante la utilización de una licuadora industrial, logrando que el cartón se transformara en celulosa al adicionarle agua.

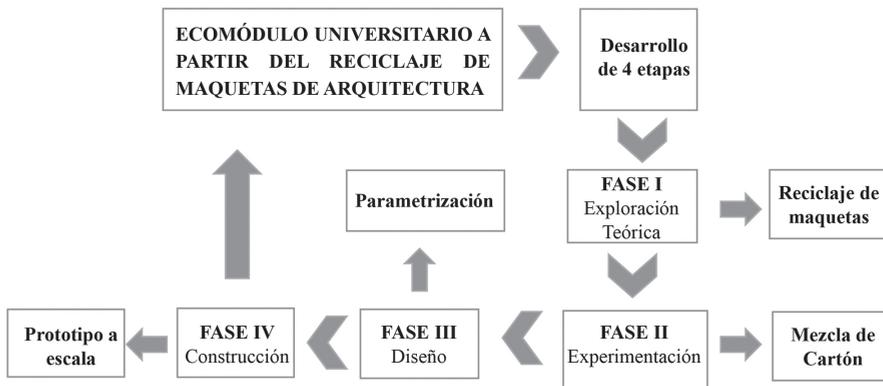


Figura 1. Metodología Eco Mobiliario Universitario (Fuente: Elaboración autores).

Se realizaron procesos con el material desde el año 2019 hasta el 2022, allí se encontraron diversos resultados y tipos de aglomerantes que se pueden utilizar para la elaboración de la mezcla del cartón, es importante mencionar que algunas dosificaciones presentaron resultados óptimos, estudiando las características, deformaciones y patologías evidenciadas en las experimentaciones del cartón, por medio de pruebas de resistencia en prensas hidráulicas, realizando pruebas como compresión, flexión y tensión, en el cual se identificó la necesidad de transformar químicamente el cartón para que el material sea moldeable; fue indispensable agregar un material con propiedades de cohesión de partículas de la celulosa del cartón, debido a su alta porosidad y flexibilidad, obteniendo como resultado dureza y estabilidad de la muestra.

Ahora bien, para la *fase III* correspondiente al diseño del mobiliario, se desarrolló primero la forma de cada pieza con relación a la manera como se iban a ensamblar, en un prototipo a escala real, para ello fue necesario utilizar elementos como moldes de madera reciclada

y ángulos en impresión 3D como se ve en la *Figura 2*, al ensamblar las láminas modulares mediante encastres se logra la construcción del Eco Mobiliario. El diseño se elaboró con la configuración de un mobiliario con fines educativos, en el proceso metodológico para la exploración de forma y geometrización, el mobiliario diseñado se realizó desde la norma técnica colombiana NTC 4734 para sillas universitarias, por ser los modelos más usados en la mayoría de las facultades que tiene programas de diseño o áreas afines a realizar trabajos manuales, estableciendo tamaños y dimensiones específicos según el uso del mobiliario y su función; estas medidas fueron estipuladas de acuerdo con los métodos desarrollados en la evaluación dimensional entre el mobiliario escolar que busca garantizar el confort de los estudiantes de la facultad de arquitectura e ingeniería (Jaramillo, 2016).

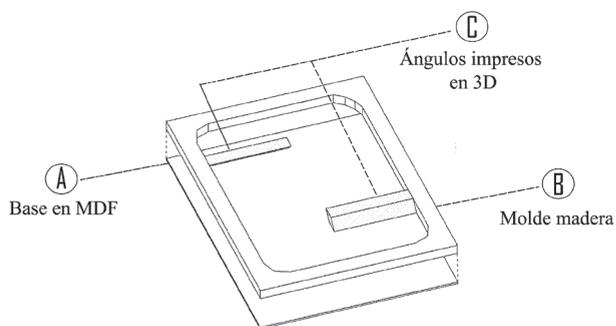
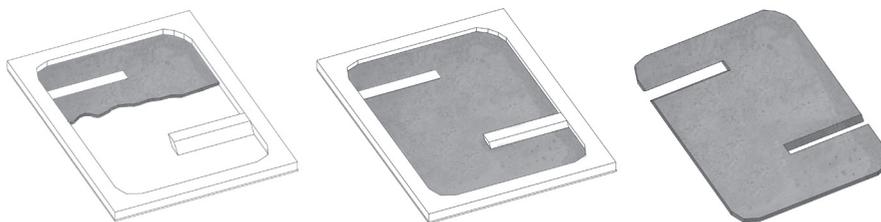


Figura 2.
Proceso de láminas
recicladas de
cartón 1:1 (Fuente:
Elaboración autores).



Se proponen los lineamientos para el diseño y construcción del prototipo, inicialmente a partir de la composición de las láminas realizadas con el material reciclado del cartón. Para su ensamblaje fue necesario generar uniones a 45° que garantizan la funcionalidad y estabilidad, la geometrización de la forma se ejecuta por medio de la triangulación en la que está presente la distribución de cargas por medio de los módulos de soporte principal, estos se

encastran para formar la estructura principal la cual, es un apoyo para las partes superiores de la silla y de la mesa; al obtener los prototipos, estos se pueden apilar de tal manera que logren generar una zona de almacenamiento a mayor escala, dispuesta para los estudiantes de arquitectura de la facultad; el prototipo se plantea para dar respuesta a necesidades presentadas en la realización de actividades académicas en el plantel universitario.

Para la construcción de la **fase IV** se empleó la digitalización de la forma, por lo que fue indispensable la utilización de software como AutoCAD y Sketchup, donde se establecieron los procesos que llevaron al desarrollo técnico para la construcción en escala 1:1. Se realizó el manual de instrucciones que se debe seguir en el ensamble del prototipo, para esto es necesario la construcción de moldes para el vaciado del material que se está desarrollando, se establecieron lineamientos de diseño que nos permitieron correlacionar los resultados obtenidos de la fase de exploración con el diseño desarrollando el prototipo, supliendo necesidades de mobiliario que se presentan en la facultad. Cabe aclarar que todos los parámetros que se tuvieron en cuenta a la hora de la propuesta del prototipo fueron basados en estudios que nos ayudan a garantizar que sea un Eco Módulo amigable con el ambiente y que tenga características accesibles para los estudiantes de la Facultad de arquitectura e ingeniería.

Diseño y prototipado del ecomobiliario

Para la realización del prototipo fue necesario partir de lo que plantea Linares (2011) en donde se establece la implementación de procesos digitales en los cuales se puedan establecer las medidas que proporcionaron el diseño, mediante la integración de soluciones tecnológicas eficientes para la realización de cada pieza, es decir, el mobiliario cuenta con características de sostenibilidad y flexibilidad en el espacio, al ser una estructura liviana y desarmable, posibilita que se pueda trasladar a diferentes espacios del campus universitario.

Algunas estrategias de composición como los pliegues, el estiramiento, la superposición, ondulación y compresión ayudan en gran medida a generar nuevas maneras de componer dentro de la arquitectura, además del uso de las nuevas tecnologías que ayudan a reforzar estas ideas dando mayor precisión a algo tangible a nuestra escala, generando mecanismos del relacionamiento de la idea manual a la transformación digital.

Mediante el estudio ergonómico realizado a los estudiantes, se establecieron las medidas y las inclinaciones a las que debía responder el mobiliario, es allí donde se relacionan los datos antropométricos estructurales y funcionales; los datos antropométricos **estructurales** se enfocan en las diferencias de las dimensiones humanas, adoptadas sin tomar en cuenta el movimiento relativo en las partes anatómicas de la persona, mientras que en los **funcionales** se toman en cuenta los movimientos relativos. Entre las medidas tomadas se lograron las dimensiones de un escritorio, los datos antropométricos que se tomaron a consideración son: la altura del piso hasta el ojo cuando la persona se encuentra sentada, holgura del muslo, altura de la rodilla hasta el piso, altura poplítea y largura de la nalga hasta la rodilla. (Santos, 2018) (*Ver Figura 3*).

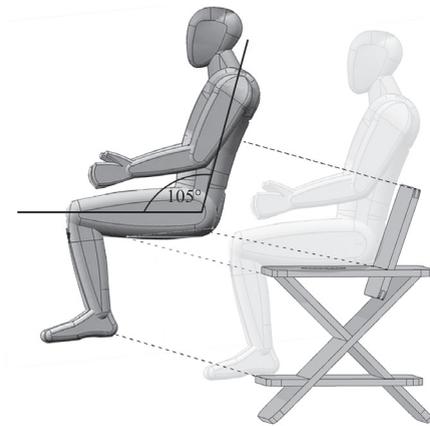


Figura 3.
Ergonomía usuario
(Fuente: Elaboración
autores).

Las aproximaciones del diseño paramétrico de la pieza, logradas al relacionar la estructura, la forma y la ergonomía como conceptos detonadores para las funciones como almacenar, sentarse y trabajar, crean respuestas a diversidad de ideas, en donde criterios de ensambles uniones y encastres logran cumplir la necesaria variación en las posibilidades de uso y eficiencia. En la *Figura 4* se muestra una aproximación inicial de encastres y forma constructiva, el reto de nuestro estudio fue garantizar que la pieza por sí sola resista cargas externas, optimizando el material y sin necesidad de elementos adicionales. Se debe tener en cuenta que el área que ocupa debe ser proporcional a su altura. Estos criterios de diseño deben cumplir características específicas para la obtención de mobiliario, y su proceso creativo establecerá parámetros modulares que son determinados por la actividad de la pieza y los datos antropométricos del público objetivo (Petersen, 2014).

Para el diseño y elaboración del ecomobiliario se tuvieron en cuenta dos ejemplos de sillas: La silla tiburón y la silla *Chick 'n' Egg*, ambos, ayudaron a comprender aspectos importantes para la propuesta, al entender la aplicación de la antropometría y la resolución de encastres. El ejemplo referente de La silla *Chick 'n' Egg* es un ejemplo de mueble ligero para sentarse hecho completamente de cartón corrugado. Su forma consiste en una rejilla mejorada tipo gofre, que fue modelada digitalmente en el software de modelamiento Rhinoceros y luego procesada paramétricamente con algoritmos en lenguaje de programación Grasshopper3D. El público objetivo de dicho desarrollo fueron niños con dimensiones de (57cm x 42cm x 51cm, 5.5kg) y otra para adultos (90cm x 75cm x 85cm, 11kg) y la configuración dinámica permite que la pieza sea re-escalada a cualquier tamaño deseado. Lo anterior demuestra que el eco módulo universitario, permite la creación de procesos y metodologías que se desarrollan desde la experimentación manual hasta el desarrollo del prototipo en escala real (Ruiz, 2014).

Por otro lado, el referente de Silla Tiburón, usa como base para crear el módulo Sketchair donde se dibuja un polígono irregular adecuándose a las necesidades de ergonomía del cuerpo humano. Se suavizan las aristas con la herramienta *bezier* para crear el elemento, este mismo programa crea el número de elementos que uno desee y este puede ser modificado dependiendo de las necesidades que sean requeridas. Después de crear dichos elementos, se hacen los encastres para dar un soporte entre dichos elementos y crear así la pieza del mobiliario.

Al correlacionar lo anterior con la posibilidad de generar el algoritmo para el elemento, se evidencia como esto nutre al proyecto de orden y metodología de cómo se ejecutará cada paso tanto en diseño como en construcción, es así como nos menciona Melina Lilian Takvorian en su tesis de grado, *Diseño Paramétrico. Lo orgánico y lo maquínico*, (2015) esta nueva forma de diseñar nos acerca a unos escenarios nuevos y prometedores que nos muestra la llegada de la era digital, cómo se nos está educando para la conciencia ecológica ambiental social, guiando la mirada al estudio de lo natural y cómo de esta manera podemos dar respuesta a formas que en nuestro que hacer como arquitectos requerimos solucionar. La parametrización permite la posibilidad de optimizar la mayor cantidad de residuos y el tiempo para la ejecución de la pieza.

La búsqueda teórica, tanto de procesos para ejecutar como las referencias empleadas en estudios previamente desarrollados, ayudó a establecer qué principios fundamentales, son necesarios para la aproximación al ecodiseño, es claro que al dar respuesta a problemáticas que abarcan gran porcentaje de población de la facultad, la mirada debe ser más universal, y accesible garantizando que la eficiencia del producto sea óptima tanto en tiempo, recursos, impacto social y la participación directa de los estudiantes en la utilización del prototipo, la creación de la pieza fue a partir de datos y necesidades empleadas para la construcción del elemento en escala real.

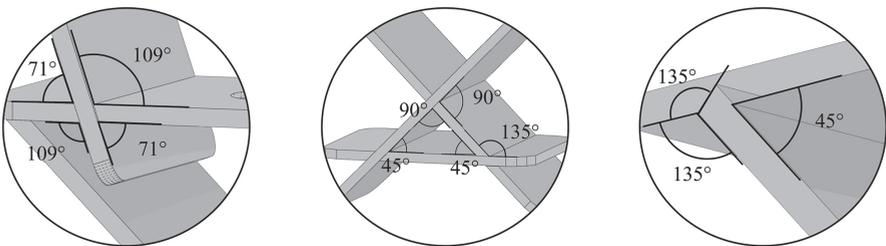


Figura 4. Encastres y ángulos de ensambles (Fuente: Elaboración autores).

El Eco Mobiliario está compuesto por láminas desarrolladas mediante moldes que logran que las dimensiones sean ajustadas según la necesidad de la función, la geometrización de la forma ayudó a establecer una estructura que soporta pesos sin sufrir fallas mecánicas, la utilización de encastrados y ángulos estableció la dimensión total del módulo, es decir, relacionando las piezas de diseño en dos escalas diferentes (*Ver Figura 5*) según su función para trabajar y almacenar, se propone la mesa y con la misma relación de estructura, se ajusta la silla para sentarse y almacenar. Al obtener los datos, se ejecutan los parámetros a realizar en el FABLAB COLMAYOR, se desarrollaron técnicamente los siguientes componentes gráficos que evidencian el funcionamiento y las directrices a la hora de proponer el diseño del Eco Módulo Universitario.

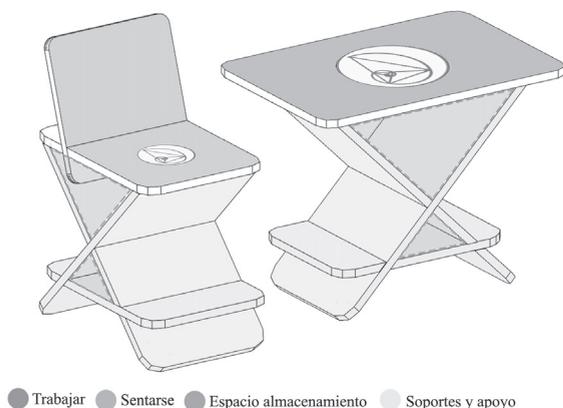


Figura 5.
Eco Mobiliario
Universitario Funciones
(Fuente: Elaboración
autores).

A partir de guías se desarrollaron técnicamente los siguientes componentes planimétricos (*Ver Figura 6*) donde se evidencian el relacionamiento a la hora de proponer un Eco Mobiliario Universitario. Se debe considerar como nos menciona Takvorian (2011) que los módulos inferiores respondan a la misma relación de ensamble y estructuración, pero varían en las dimensiones debido a su actividad a desarrollar por medio de la parametrización que logra la ejecución de procesos que permiten que la pieza pueda tener cambios en las dimensiones con el carácter de cuidar las proporciones estándar que establecen las medidas de las piezas, optimizando en mayor medida la cantidad de recursos necesarios para el ensamble del prototipo (López, 2011).

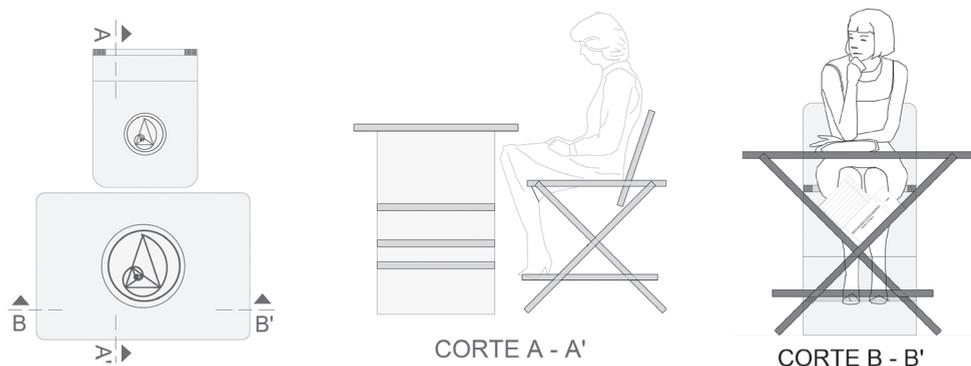


Figura 6. Secciones Eco Mobiliario Universitario (Fuente: Elaboración autores).

Para lograr este resultado, fue determinante de la exploración de la forma y la geometrización, a partir de la revisión de referentes bibliográficos como la tesis de grado de Pablo Meza (2015) *Mobiliario modular para unidades educativas rurales de la parroquia Cunchibamba* mediante la reutilización de pallets, donde nos hacen énfasis en cómo desde los 70s los científicos interesados por el desorden de cómo se concebían los lenguajes de las ciudades lograron que por medio de la geometrización de la forma y la parametrización, encontrando una manera de abstraer la realidad denominada como la corriente de Geometría fractal que nos permitirá estudiar sobre los patrones y posturas del cuerpo humano al realizar diversas actividades.

Al identificar varios ejemplos de los años cincuenta establecen las tendencias que se llevaron para la concepción de la idea de los diseños escolares, que en la actualidad se encuentran en funcionamiento, de allí se tiene que partir para la valoración necesaria, en características, componentes, dimensiones reguladas que permiten variedad de posturas que se realiza en actividades académicas y la diversidad de los usuarios, relacionando los métodos cómo se desarrolla el diseño, la ergonomía, la estructura humana y la forma (Costa, 1997).

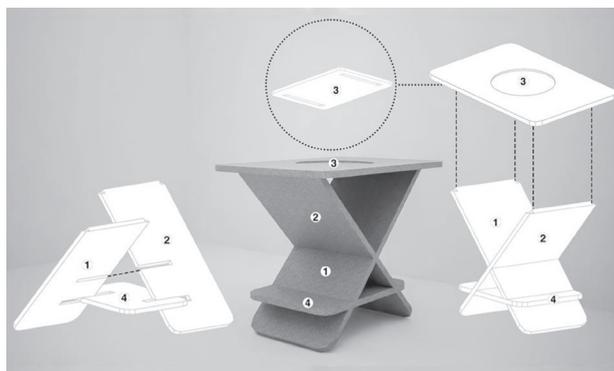
En la actualidad, hay un resultado constante de mobiliarios que no suplen todas las características de los criterios que responden a la ergonomía humana y a la función no presentan afecciones de manera física con respeto a la flexión y la curvatura hacia delante en la cadera y en la espalda se reducía enormemente, preservando la lordosis lumbar. Es una posición de descanso natural, en la que los músculos están relajados y el cuerpo equilibrado, y es la más adecuada para largos periodos de tiempo en posición sedente (Neufert, 2007). Los estudios demuestran que las afecciones en el cuerpo humano por la utilización de diseños que no cumplan con dimensiones o propiedades adecuadas pueden generar un deterioro en la salud y calidad de vida, viéndose afectado directamente la labor que desarrolle con el prototipo.

Es claro, en ese sentido, que se requiere un estudio antropométrico que incluya las medidas en postura sedente de la población escolar colombiana, la Norma Técnica Colombiana (NTC) establece a partir de estudios ergonómicos y tipología de mobiliario estudiantil unas normas con dimensiones mínimas para garantizar el confort de los usuarios; adicional la norma establece unos ítems a tener en cuenta para la fabricación y adecuada disposición del mobiliario educativo para implementación en las aulas de clases del país. Por lo tanto, uno de los factores que influyen en la construcción de la Ecosilla es la modulación de las láminas que permiten que el usuario pueda armar y desarmar el prototipo, y al relacionar el estudio ergonómico establece la inclinación de los encastres, garantizando que el diseño sea confortable. El diseño responde a la curvatura de la espalda e inclinaciones de las extremidades inferiores que se apoyan en soportes inferiores, logrando que la postura del usuario sea cómoda para realizar actividades académicas que requieren un lapso de tiempo prolongado.

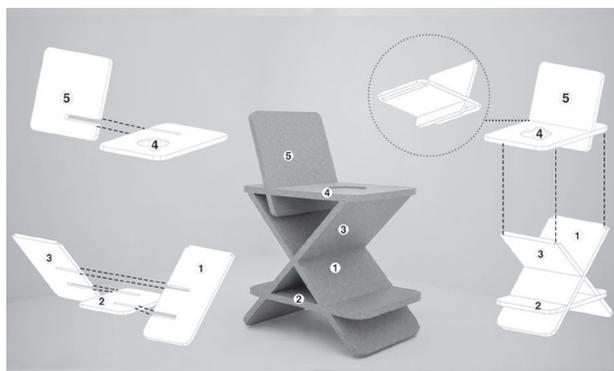
El diseño de la Ecosilla tiene en cuenta la articulación de encastres con 45° de inclinación entre las piezas de la parte inferior, estas componen la estructura que soporta la parte superior para sentarse y el espaldar para garantizar la ergonomía de la silla, los espacios generados de la triangulación pueden ser utilizados para almacenamiento de herramientas de los estudiantes o usuarios que hagan uso del prototipo.

Para desarrollar la Ecomesa fue necesario seguir estos lineamientos de diseño: el elemento está compuesto por cuatro piezas, en la parte inferior fue necesario la utilización de ángulos de 45° y 135° para darle la inclinación necesaria para encajar con la pieza superior horizontal por medio de encastres permitiendo que esta se apoye y realice su carga de forma uniforme. En los ensambles el llevar a cabo una actividad académica requiere de la relación de varios aspectos: área visual sobre la cual se va a trabajar, área adecuada para realizar las actividades o área de trabajo y unas dimensiones ergonómicas para la estancia prolongada de un usuario.

Es por esto que el diseño de la Ecomesa se debe pensar de forma paralela con el de la Ecosilla porque el uso del prototipo es necesario la articulación de ambos, sin excluir que se puede desarrollar actividades de forma independientes, ejercicios manuales, o trabajo digital, y a su vez la Ecosilla responder a dimensiones que al usuario estar sentado pueda desarrollarse la actividad sin dificultades (*Ver Figuras 7 y 8*).



7



8

Figura 7.
Mesa Eco Mobiliario
Universitario (Fuente:
Elaboración autores).
Figura 8.
Silla Eco Mobiliario
Universitario (Fuente:
Elaboración autores).

Como resultado se obtuvo la ejecución del Eco mobiliario, mediante la estructuración por medio de láminas recicladas de cartón a partir del reciclaje de las maquetas de arquitectura, la disposición del prototipo en la facultad de arquitectura se realiza en el taller de maquetas, aula abierta para los estudiantes de la facultad, dando respuesta a las funciones de **almacenar, sentarse y trabajar**, enfocado a las actividades que desarrolla el estudiante de arquitectura (Ver Figura 9). El módulo, al presentar características que suplan estas funciones, logra una configuración flexible al estar dispuesto en el aula o en el campus universitario, aportando al desarrollo sostenible mediante estrategias que mitigan la acumulación de residuos reciclables en las facultades donde se desarrollen procesos manuales o en oficinas de arquitectura en la cual la utilización de estos residuos es constante. La agrupación del prototipo permite que el trabajo en grupo se pueda realizar y el desarrollo de ejercicios o maquetas de escala urbana, sea posible, tanto en el aula de taller creativo como en instalaciones del campus universitario.

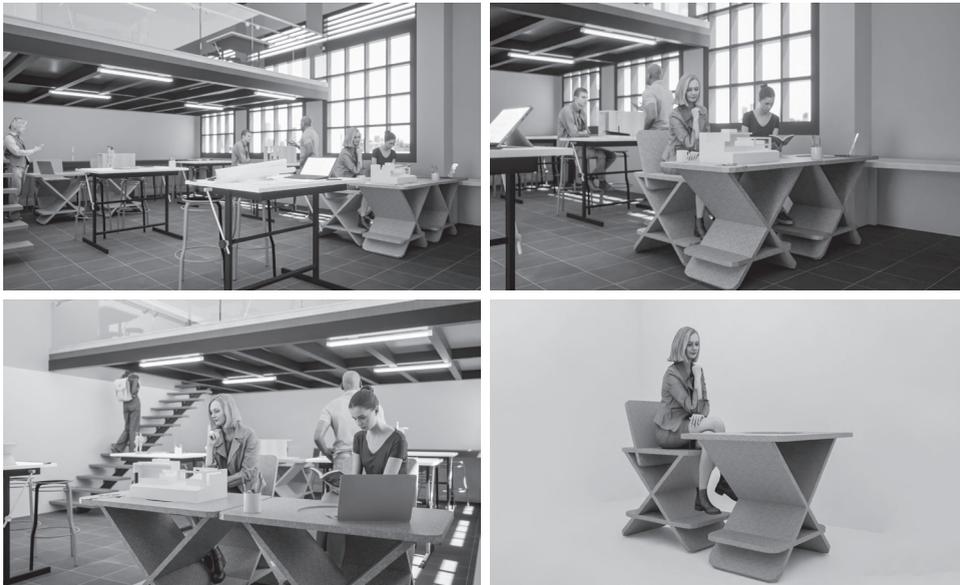


Figura 9. Imaginarios del Eco Mobiliario Universitario (Fuente: Elaboración autores).

Conclusiones

Se puede concluir que, en los procesos de recolección, separación y clasificación de los materiales de las maquetas de la entrega final de arquitectura, se hallan generalmente materiales en buen estado y condición para su reutilización o reciclaje, tales como el cartón, caja y cartón paja, la madera y el papel, entre otros. Es claro que desde la primera experimentación con cartón caja se identificó la capacidad y cualidades que presenta el material para llevar un proceso de transformación que se activa mediante la adición de elementos fluidos, obteniendo la celulosa, es importante establecer que se debe agregar un material que aglomere sus partículas y al cambiar de estado logre obtener la resistencia mecánica a las cargas máximas.

Se logra una cadena del ciclo de vida del mobiliario propuesto debido a que va destinado para el uso del estudiante de arquitectura, es decir, las maquetas que se desarrollan en el semestre académico en varias asignaturas del programa de arquitectura, son la materia prima de residuos aprovechables que se utilizan para transformar el cartón, el estudiante participa de forma directa al hacer uso del mobiliario en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, así como indirecta al realizar la donación del material recuperable para el desarrollo del prototipo a escala.

Se demuestra que la implementación del diseño del Ecomobiliario permite estar presentes en la optimización espacios, al ser un elemento flexible, puede estar dispuesto en varios espacios, y al ser construido mediante la integración de ensamblajes se logra que el mobiliario sea desarmable, articulando las necesidades del usuario. Es pertinente resaltar que su producción a nivel industrial puede darse mediante la aplicación del proceso metodológico ejecutado para la obtención de la pieza en masa, como la posibilidad de ejecutar módulos para el mantenimiento preventivo, para la disposición de otros usos, sea para un grupo de estudiantes determinado que requieran del realizar de actividades como trabajo manual, exposiciones finales de los proyectos arquitectónicos, trabajo digital de representación gráfica, la elaboración de modelos proyectuales como las maquetas finales y de proceso, identificando así las necesidades que presenta el estudiante de arquitectura y los procesos que se desarrollan al estar inmersos en una facultad, en una oficina de diseño o en talleres creativos que requieran de un mobiliario para la realización diferentes acciones manuales. Con el estudio presente, se dan soluciones de la integración de procesos de economía circular con énfasis en el aprovechamiento de los recursos y métodos estandarizados que se lograron con la obtención del mobiliario, al relacionar procesos manuales y digitales, enfocados en mitigar el cambio climático como problemática mundial, establece respuestas de procesos que se desarrollaron a partir de mecanismos de sostenibilidad, garantizando el ciclo de vida del material, obteniendo una reducción en el consumo de materiales reciclables a escala global, cumpliendo con el Objetivo de Desarrollo Sostenible ODS planteado desde la formulación del proyecto, que alude al consumo responsable de los productos, siendo guía para futuras investigaciones en materiales aprovechables para la construcción en diferentes escalas de exploración, sea para la recuperación de materia prima existente: para la transformación que permita crear un nuevo material de aplicación o la implementación de procesos constructivos con residuos inmediatos que encontramos en las ciudades actuales (*Ver Figura 10*).

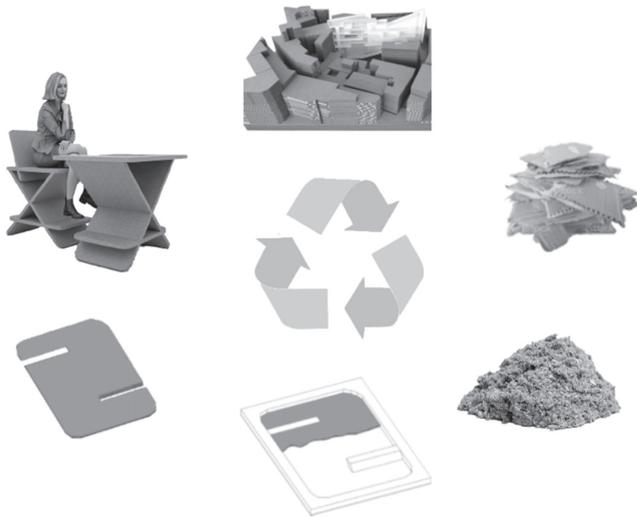


Figura 10.
Economía circular
Eco Mobiliario
Universitario (Fuente:
Elaboración autores).

Referencias bibliográficas

- Agencia de residuos de Cataluña, (2012), *Guía de buenas prácticas para el reciclaje y recuperación de papel y cartón de Cataluña*. Recuperado de: http://residus.gencat.cat/web/content/home/lagencia/publicacions/prevenio/guiapapercartro_web_es.pdf
- Bayona, D. (7 diciembre de 2017). ¿A dónde van las maquetas después de la entrega? ArchDaily Colombia. Recuperado de: <https://www.archdaily.co/co/884788/adonde-van-las-maquetas-despues-de-la-entrega>
- Bustamante Aguirre A. (2004). *Mobiliario escolar sano: estudio sobre las condiciones que debe reunir el mobiliario escolar para las aulas tradicionales y de informática*. Editorial Mapfre, Madrid. ISBN 978-84-7100-737- recuperado de: <https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/80/451/a451.pdf>
- Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón de la ANDI, (2006), *Reciclaje de papeles y cartones en Colombia*. Recuperado de: <http://www.andi.com.co/Uploads/18.%20JUAN%20CARLOS%20LOPEZ,%20SKCC%20-El%20reciclaje%20actual%20en%20la%20Industria%20Papeler%20Colombiana.pdf>
- Cordero Zavala, M. J. (2011). *Experimentación con materiales reciclables y remanentes para su aplicación en el diseño interior*. Tesis de grado Universidad del Azuay. Recuperado de: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/123>
- Costa Rico, A. (1997). *Mobiliario, dotación y equipamiento escolar en el siglo XIX. Historia de la educación: revista interuniversitaria*. Recuperado de: <http://revistas.usal.es/index.php/0212-0267/article/view/10529/10943>

- Jaramillo Jarrín, G. (2016). *Propuesta de una línea de mobiliario ergonómico para estudiantes de la facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de las Américas*. Recuperado de: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/6187/1/UDLA-EC-TDGI-2016-17.pdf>
- Jaramillo, H. (2015). *El reciclaje y reutilización de los materiales livianos una respuesta de la ingeniería de lo imposible en la ladera de Medellín*. Memorias Simposio Internacional de Diseño Sostenible.
- Linares Forero, S. (2011). *Mobiliario infantil de cartón reciclado*. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de arquitectura y diseño. Bogotá. Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/3919/tesis205.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, G. A. R. (2011). *Elaboración de metodología basada en la ergonomía de producto y ecodiseño aplicada al mobiliario escolar. Validación metodológica del producto* (Doctoral dissertation, Universidad de Oviedo). Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=101131>
- Meza Trujillo, P. (2015). *Mobiliario modular para unidades educativas rurales de la parroquia Cunchibamba mediante la reutilización de pallets, trabajo de grado*. Recuperado de: <http://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/1143>
- Montes Henao, H.J (2003). *Factibilidad de divisiones interiores en cartón corrugado*, Tesis de grado. Universidad nacional de Colombia, sede Medellín
- PNUD, P. D. (2019). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. Recuperado de: https://www.undp.org/es/sdgvaluechains?gclid=Cj0KCCQiAxbefBhDfARIsAL4XLRpN99v1xkMGy7C8BbM-6aiO2nlkkFXPeKGG0jcVYbFIpN_3i8rwYhMaAo32EALw_wcB
- Neufert, E. (2007). *Arte de proyectar en arquitectura*. Recuperado de: <https://biblioteca.uazuay.edu.ec/buscar/item/61679>
- Norma técnica colombiana NTC 4734(Tercera actualización) <https://docplayer.es/54685021-Norma-tecnica-colombiana-4734.html> PAG 2
- Petersen, J. (2014, 5 mayo). *Wave cave- cueva de onda*. Behance recuperado de: https://www.behance.net/gallery/16640101/wavecave?tracking_source=roject_owner_other_project
- Rodríguez Díaz, S. (2012). *Consumismo y sociedad: una visión crítica del homo consumens*. Recuperado de : <http://148.202.167.116:8080/xmlui/handle/123456789/849>
- Ruiz, C. (10 de agosto de 2018). *Reciclar con innovación: el reto de la Medellín*. *El Tiempo*. Recuperado de: <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/reciclar-con-innovacion-el-reto-de-la-medellin-254278>
- Ruiz Merino, I. (2014). *Diseño de un modelo de silla en cartón*. Recuperado de: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/12921/TFG-P-205.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santos, H. (2018). *Diseño de un mobiliario multifuncional para el ahorro de espacio en las viviendas*. Recuperado de: [Http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/15962/tesis.pdf?sequence=1](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/15962/tesis.pdf?sequence=1)
- Sevilla Cadavid, G. A. (2007). *Evaluación dimensional entre el mobiliario escolar NTC 4734 y la población escolar del Colegio San Juan Eudes*. Medellín-Colombia 2005. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.11912/7141>
- Takvorian, L M. (2015). *Diseño Paramétrico. Lo orgánico y lo maquínico*, trabajo de grado. Recuperado de: <http://repositorio.ub.edu.ar/handle/123456789/8714>
- RECIMED. (2018). *Tejido Verde*. Recuperado de: <https://reciclaje.com.co/tejido-verde/>

- Vásquez Ángeles, J., (2012). *Arquitectura de cartón: Shigeru Ban*, Revista Casa del Tiempo, Vol. V, No 57-58, pp. 49-52. Recuperado de: http://www.uam.mx/difusion/casadel tiempo/57_58_v_jul_ago_2012/casa_del_tiempo_eIV_num_57_58_49_52.pdf#page=1&zoom=50
- Varela Fernández, S. (2009, 16 de Julio), *Como reciclar papel y cartón*, *El blog verde*. Recuperado de: <http://elblogverde.com/como-reciclar-papel-y-carton/>, recuperado: 7 de agosto de 2010.
- Vassal, J-S (2016) *Congreso Internacional Arquitectura: Cambio de clima. Fundación Arquitectura y Sociedad* recuperado de: <https://www.cosasdearquitectos.com/2020/05/necesitamos-estrategias-para-conocer-que-es-esencial-jean-philippe-vassal/>

Abstract: At a global level, the environmental situation is generating the need for the development of sustainable habits, implementing strategies for the treatment of usable waste. Understanding this, the need arises to recycle and reuse the models built with cardboard cellulose, where significant percentages of architectural models are deposited in rubbish containers without any treatment, evidencing a negative impact on the environment. It was found that, by transforming the physical and chemical properties of cardboard, it is possible to create a flexible university eco-furniture that can be used for seating, working and storage functions, useful for architecture students and incorporated into spaces such as classrooms or institutional environments. The design guidelines established processes of modulation of sheets made with cardboard, whose proportion and dimensions determine the function of its applicability in sockets, joints and physical structure of the material, seeking to generate sustainable characteristics both in its manufacture, ergonomics, comfort, useful life cycle and responsible consumption of the prototype. This is aligned with the implementation of the twelfth Sustainable Development Goal (SDG) which details and alludes to responsible production and consumption as a parameter for the generation of strategies for the execution of the design of a product.

Keywords: Sustainability - Recyclable materials - Furniture - Cardboard - Models - Design - Ecomesa - Ecosilla

Resumo: Em nível global, a situação ambiental está gerando a necessidade do desenvolvimento de hábitos sustentáveis, implementando estratégias para o tratamento de resíduos aproveitáveis. Entendendo isso, surge a necessidade de reciclar e reutilizar os modelos construídos com celulose de papelão, onde porcentagens significativas de modelos arquitetônicos são depositadas em contêineres de lixo sem nenhum tratamento, evidenciando um impacto negativo no meio ambiente. Descobriu-se que, ao transformar as propriedades físicas e químicas do papelão, é possível criar um mobiliário ecológico universitário flexível que pode ser usado para funções de assento, trabalho e armazenamento, útil para estudantes de arquitetura e incorporado a espaços como salas de aula ou ambientes institucionais. As diretrizes de design estabeleceram processos de modulação de chapas feitas

com papelão, cuja proporção e dimensões determinam a função de sua aplicabilidade em encaixes, articulações e estrutura física do material, buscando gerar características sustentáveis tanto em sua fabricação, ergonomia, conforto, ciclo de vida útil e consumo responsável do protótipo. Isso está alinhado à implementação do décimo segundo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que detalha e faz alusão à produção e ao consumo responsáveis como parâmetro para a geração de estratégias para a execução do design de um produto.

Palavras-chave: Sustentabilidade - Materiais recicláveis - Móveis - Papelão - Modelos - Design - Ecomesa - Ecosilla.
