



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA

**DISEÑO DE PROTOTIPO DE REVESTIMIENTO DE
CARTÓN RECICLADO PARA TABIQUES INTERIORES
PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ARQUITECTO**

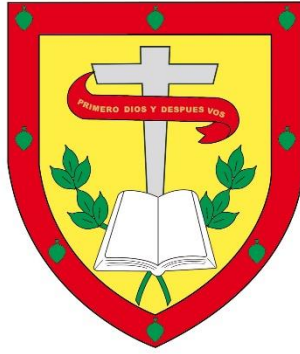
AUTOR: JUAN PABLO MALDONADO HURTADO

DIRECTOR: DR. FELIPE QUESADA MOLINA

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA

**DISEÑO DE PROTOTIPO DE REVESTIMIENTO DE
CARTÓN RECICLADO PARA TABIQUES INTERIORES
PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ARQUITECTO**

AUTOR: JUAN PABLO MALDONADO HURTADO

DIRECTOR: DR. FELIPE QUESADA MOLINA

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Juan Pablo Maldonado Hurtado portador de la cédula de ciudadanía N° 0105384366. Declaro ser el autor de la obra: "DISEÑO DE PROTOTIPO DE REVESTIMIENTO DE CARTÓN RECICLADO PARA TABIQUES INTERIORES", sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 17 de noviembre de 2023

F: 
Juan Pablo Maldonado Hurtado
0105384366

Certificación

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de ARQUITECTO con el título: "DISEÑO DE PROTOTIPO DE REVESTIMIENTO DE CARTÓN RECICLADO PARA TABIQUES INTERIORES" ha sido elaborado por el Sr. **Juan Pablo Maldonado Hurtado**, mismo que ha sido realizado con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que certifico que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.



ARQ. FELIPE QUESADA

Dedicatoria

Dedico este trabajo de titulación en primer lugar a mi abuelita Rosita que se encuentra en el cielo, ella creyó mucho en mí, me insistió tanto que me esfuerce y que consiga mis objetivos gracias por todo lo que me enseñaste y esa fuerza para llegar en donde estoy, me da mucha pena que no hayas llegado a ver mi logro pero te cumplí mi promesa, en segundo lugar a mi madre que siempre ha estado ahí para mí en todo siempre apoyándome, gracias Ma por darme el estudio y hacer todo el esfuerzo que has hecho para que tus hijos sean profesionales, decirme que si puedo ser mas en la vida gracias por tanto Ma y por ultimo a mi pilar quien me incentiva a seguir adelante creciendo como persona, como padre y su ejemplo en su vida que es mi hija te dedico esta tesis y te amo infinitamente con mi vida mi pequeña Cami.

Agradecimientos

Agradezco mucho a las personas que creyeron en mí, que siempre me apoyaron incondicionalmente para yo llegar en donde estoy a toda mi familia que siempre ha estado en todo, siempre queriendo que su hijo sea un profesional, a mis queridos ñas que siempre han apoyando en las buenas y en las malas y a todas las personas que supieron darme una mano en todo este proceso de titulación, les agradezco demasiado.

Resumen

Esta investigación se llevó a cabo con el propósito de desarrollar un panel de revestimiento apropiado para uso en viviendas, y se realizaron pruebas en diversos materiales como cartón, resina y fibra. Se realizaron evaluaciones de flexión, compresión, absorción de agua y densidad en estos materiales. Los resultados indicaron que la resina dorada y las virutas demostraron un rendimiento superior en términos de flexión y compresión, respectivamente. Además, se observó que la resina dorada tenía la menor tasa de absorción de agua, mientras que el cartón licuado resultó ser el material más liviano en términos de densidad.

Estas dos alternativas fueron elegidas para la fabricación del panel de revestimiento, con la resina dorada considerada ideal para áreas sociales y el cartón coloreado como una opción adecuada para espacios privados. Se generaron representaciones realistas para ilustrar cómo se vería este material en las áreas previstas. Además, se llevó a cabo un análisis comparativo de costos para evaluar la competitividad del panel en el mercado de la construcción.

Palabras clave: reciclaje, cartón reciclado, revestimientos, material reciclado

Abstract

This research aimed to develop a cladding panel suitable for use in housing, and tests were conducted on various materials such as cardboard, resin, and fiber. Evaluations of flexion, compression, water absorption, and density were performed on these materials. The results indicated that the golden resin and wood shavings demonstrated superior performance in terms of flexion and compression, respectively. Additionally, it was observed that the gold resin had the lowest water absorption rate, while the liquefied cardboard proved to be the lightest material in terms of density.

These two alternatives were chosen for manufacturing the cladding panel, with the golden resin considered ideal for social areas and the colored cardboard as a suitable option for private spaces. Realistic representations were generated to illustrate how this material would look in the intended areas. Furthermore, a comparative cost analysis was conducted to assess the panel's competitiveness in the construction market.

Keywords: recycling, recycled cardboard, cladding, recycled material

Índice de Contenidos

Declaración	I
Certificación	II
Dedicatoria	III
Agradecimientos	IV
Resumen	V
Abstract	VI
Índice de Contenidos	VII
Lista de Figuras	IX
Lista de Tablas	XII
Introducción	XIII
Problemática	XIV
Objetivos	XVI
Justificación	XVII
Metodología	XVIII
1. Marco teórico	1
1.1. El Reciclaje Y Su Papel En La Construcción	1
1.1.1. El Reciclaje	1
1.1.2. Reciclaje Y Medio Ambiente	4
1.2. Materiales Reciclados Y Su Uso En La Construcción	7

1.2.1.	Tipos De Materiales Reciclados Usados En La Construcción	10
1.2.2.	Materiales Reciclados Absorbentes	18
1.2.3.	Materiales Reciclados Para Acabados	19
1.3.	El Cartón Como Material Reciclado	21
1.3.1.	Propiedades Del Cartón	21
1.3.2.	Usos Del Cartón Reciclado	22
1.3.3.	Proceso De Reciclaje Del Cartón	24
1.3.4.	Materiales utilizados para la fabricación de revestimientos	28
1.4.	Marco legal y normativo para la realización de probetas y material final . .	31
1.4.1.	Ensayo de flexión	32
1.4.2.	Ensayo de compresión	33
1.4.3.	Ensayo de absorción de agua	34
1.4.4.	Ensayo de densidad	35
1.5.	Revestimientos	35
2.	Metodología	37
2.1.	Diseño	37
2.2.	Procedimiento	37
2.2.1.	Ensayo de flexión	40
2.2.2.	Ensayo de compresión	43
2.2.3.	Ensayo de absorción de agua	48
2.2.4.	Ensayo de densidad	50
3.	Resultados	52
	Conclusiones	61
	Recomendaciones	63
	Referencias bibliográficas	64
	Anexos	67
1.	Emplazamiento general	67
2.	Materiales utilizados	70
3.	Colocado del material	74
4.	Sistema de anclaje de revestimiento	82

Lista de Figuras

1. Pasos para realizar la investigación y experimentación.	XVIII
1.1. Materiales reciclados.	1
1.2. Llantas recicladas.	2
1.3. Materiales de desperdicio	3
1.4. Vertederos de basura.	4
1.5. Boardcrete	5
1.6. Impactos ambientales de la contaminación	5
1.7. Recolección de basura por parte del personal de la EMAC	7
1.8. Elementos constructivos hechos a base de material reciclado.	8
1.9. Edificios sostenibles.	9
1.10. Aislante térmico y acústico de pared.	11
1.11. Casa hecha con basura o eartship.	12
1.12. Vivienda sostenible hecha con botellas recicladas.	13
1.13. Vivienda ecológica hecha con contenedores.	13
1.14. Casa sostenible hecha con latas recicladas.	14
1.15. Casa ecológica hecha con el 86 % de materiales reciclados.	14
1.16. Reutilización del cartón	15
1.17. Usos de los tapones de corcho	15
1.18. Casa de Corcho	16
1.19. Cartón tubular.	16
1.20. Rollo de papel bond A1.	16
1.21. Ciclo de reciclaje de las botellas PET	17
1.22. Cercha de cartón tubular.	17

1.23. Papel reciclado	18
1.24. Origen y composición de los áridos reciclados.	19
1.25. Baldosas De Mármol Blanco De Carrara	20
1.26. Suelos vinílicos autoadhesivos	21
1.27. Cartón corrugado	22
1.28. Usos y ventajas del cartón reciclado	23
1.29. Revestimiento para interiores de cartón	24
1.30. Hidrapulper	25
1.31. Diagrama general del proceso de reciclado de cartón	26
1.32. Foto de la resina epoxi utilizada	28
1.33. Foto de la fibra de madera utilizada	29
1.34. Foto de la pintura utilizada	30
1.35. Esquema de ensayo de flexión. ASTM D790	32
1.36. Esquema de ensayo de compresión. ASTM D695	33
1.37. Revestimiento en interiores	36
2.1. Foto de materiales utilizados.	38
2.2. Proceso de elaboración de los moldes.	38
2.3. Proceso de elaboración de las probetas.	39
2.4. Foto de probetas realizadas.	40
2.5. Máquina de flexión.	42
2.6. Probeta en balanza.	44
2.7. Foto de la máquina de compresión.	44
2.8. Curva de esfuerzo y deformación del cartón de color.	45
2.9. Curva de esfuerzo y deformación de la resina dorada.	46
2.10. Curva de esfuerzo y deformación del cartón grande.	46
2.11. Curva de esfuerzo y deformación del aserrín molido.	46
2.12. Curva de esfuerzo y deformación del cartón mediano.	47
2.13. Curva de esfuerzo y deformación de la fibra de aserrín.	47

2.14. Curva de esfuerzo y deformación de la viruta.	47
2.15. Curva de esfuerzo y deformación de la resina con color turquesa.	48
2.16. Curva de esfuerzo y deformación del cartón licuado.	48
2.17. Procesos para la prueba de absorción de agua.	49
2.18. Foto del horno industrial.	49
2.19. Proceso para la prueba de densidad.	51
3.1. Resina dorada (vista frontal).	55
3.2. Resina dorada (vista en perspectiva).	56
3.3. Cartón de color (vista frontal).	56
3.4. Cartón de color (vista en perspectiva).	57
3.5. Revestimiento con resina dorada (vista frontal).	57
3.6. Revestimiento con resina dorada (perspectiva)	58
3.7. Revestimiento con cartón de color (vista frontal)	58
3.8. Revestimiento con cartón de color (perspectiva)	59

Lista de Tablas

2.1. Ensayo de flexión.	42
2.2. Ensayo de compresión.	45
2.3. Ensayo de absorción de agua.	50
2.4. Ensayo de densidad	51
3.1. Resultado del ensayo de flexión.	52
3.2. Resultado del ensayo de compresión.	53
3.3. Resultado del ensayo de absorción de agua	53
3.4. Resultado del ensayo de densidad.	54
3.5. Resultados de los ensayos según normativas ASTM.	54
3.6. Comparación de costos.	60

Introducción

El cuidado del medio ambiente es algo que aqueja a toda la población, sin entender que la cantidad de recursos finitos cada vez se reduce se reduce cada vez más en comparaci3ndo a la gran cantidad de generaci3n de residuos en el mundo; siendo este el principal problema que genera el buscar soluciones en este caso del tipo arquitect3nico buscando un manejo sustentable de los materiales, logrando generar una reducci3n de impactos ambientales y poder salvaguardar los recursos naturales ([Alvarez, 2013](#)).

Es decir, buscar la forma de poder construir un elemento que se pueda emplear en la construcci3n como material de revestimiento y/o agregado en estructura, buscando una soluci3n que permita reducir el impacto ambiental y el costo que significa el uso de materiales v3rgenes en t3rminos econ3micos y ambientales.

Raz3n por la cual es necesario este trabajo, ya que por medio del reciclaje del cart3n se busca generar materiales 3tiles para la construcci3n que sean amigables con el medio ambiente, implementando as3 una nueva forma de hacer arquitectura sustentable y de esta manera poder aprovechar al m3ximo los residuos s3lidos que muchas veces son desechados sin tomar en cuenta todas las cosas que se pueden hacer con los mismos. Para alcanzar dicho objetivo, plante3 producir un modelo de material de construcci3n 3til para revestimientos a base de cart3n reciclado en la ciudad de Cuenca.

Problemática

El reciclaje será quien guiará como actividad fundamental para poder preservar los recursos naturales, en el caso del Ecuador se generan en el año alrededor de 4.5 millones de residuos de los cuales, 75 % son orgánicos y un 25 % posee un potencial de poder ser reciclados. En cuanto al cantón Cuenca, la generación de residuos sólidos asciende a 127044 toneladas, de las cuales el 67 % corresponden a residuos orgánicos y aproximadamente un 33 % corresponden a materiales reciclables (Carrasco, 2018).

El sistema y la forma de reciclaje han evolucionado notablemente, dependiendo del problema, de la economía, de la población y del cuidado ambiental al que se desea llegar. La población se ha vuelto disciplinada al utilizar y reutilizar los productos, facilitándonos cambiar el mecanismo interno por otro moderno que puedan servir en distintos espacios o de distintas formas, buscando siempre un impacto positivo ambiental, cultural y económico (Angumba, 2016).

Dentro de la arquitectura y la industria constructora se ha planteado la reutilización de elementos (materiales) que se encuentran o se generan día a día, para plantearlos como sistemas de diseño o constructivos dentro de los proyectos (Vanegas, 2019), empleándolos en pequeña o en gran escala, lo que genera aparte de reducir costos económicos y ambientales, una ganancia en la educación para las futuras generaciones forjando una amplia gama de conocimientos de sistemas o materiales que sustituirán a aquellos ya conocidos.

Analizando de forma micro al Ecuador con respecto de los demás países, existen buenas posibilidades de reciclaje, pero se necesita más concientización

Delimitación del problema

En el cantón Cuenca, el total de materiales aptos para el reciclaje representa 1.7 millones de toneladas al año, de los cuales el 61.6 % corresponde a cartón y papel, sin embargo, existen otros materiales que pueden ser reciclados y utilizados en la industria de la construcción.

Dado el considerable volumen de material reciclable generado, es plausible inferir que el reciclaje constituye, una de las soluciones viables para conservar un equilibrio entre humanidad y su entorno ambiental. En este contexto, resulta esencial desarrollar estrategias destinadas a establecer un modelo de construcción que incorpore estos materiales reciclados. Actualmente, prevalece un enfoque orientado a la rentabilidad financiera, sin tomar en cuenta adecuadamente los contextos sociales, medioambientales y culturales de los posibles beneficiarios de viviendas.

La utilización del papel y el cartón a diario dentro de oficinas, escuelas, fábricas, es tan normal que la mayoría de las personas no se preguntan de dónde viene, como es su fabricación y lo más importante que pasa o que genera después de su uso, es por eso que mediante este proyecto se busca una solución para concientizar a las personas en la reutilización del cartón, aprovechando sus características y no convertirlo en basura. Por el tipo de propiedades y la versatilidad que tiene el cartón se busca la creación y manipulación de este material para conseguir un elemento de revestimiento que se adapte a varios estilos, buscando salir de lo habitual, buscando que de un elemento sencillo se pueda revolucionar un espacio o la presentación de este, generando proyectos sobrios, que ayudan al medio ambiente y que brinden la posibilidad de recrear de manera inusual a los materiales ya existentes.

Objetivos

GENERAL

- Diseñar prototipo de revestimiento de tabiques en base a cartón reciclado para la elaboración de elementos divisores de ambientes en viviendas.

ESPECÍFICOS

- Identificar la efectividad del uso de cartón reciclado como materia prima en los revestimientos de acabados de tabiques.
- Determinar las características físicas y mecánicas del prototipo de revestimiento de cartón reciclado para tabiques interiores.
- Comparar el modelo de revestimiento de cartón reciclado en base a sus características económicas, con un modelo de revestimiento convencional.

Justificación

El tema nace del interés de poder investigar y buscar una solución constructiva reutilizando elementos que ya cumplieron su función principal, con la idea de abaratar los costos en el mercado y pueda ser accesible para la mayoría de personas, ya que el material de reciclaje tiene un bajo costo y es de fácil acceso al existir grandes cantidades, comparado con otros materiales tradicionales como el ladrillo, la teja, el hormigón, etc. que tienen una gran demanda en la industria de la construcción, siendo mucho más costosos y contaminantes (Dobón, 2018).

Debido a la realidad ambiental que vivimos en el planeta, el aporte que se pretende dar con esta investigación es de gran importancia ya que al utilizar grandes volúmenes de un material que demoraría en desaparecer, se lo utilizará para transformar en la elaboración de un nuevo elemento para ser usado en la construcción, lo que ayudaría al ahorro energético y económico en la disposición de los residuos sólidos urbanos (Herrera, 2018).

La mayoría de las entidades constructoras están tratando de sustituir sus materias primas tradicionales por materiales ecológicos, buscando la resistencia del material así también incorporando la modernidad en los proyectos. Uno de los principales elementos que se ha visto dentro del reciclaje y solución en la arquitectura es el cartón, como elemento que es resistente a la humedad y sobre todo que no contiene elementos tóxicos (Dobón, 2018).

Este nuevo concepto resulta importante porque propone el estudio, e investigación del procesamiento del material reciclado para que su uso sea óptimo dentro de la industria de la construcción, y pueda ser utilizado como mejor convenga en estructura, revestimiento o acabados. Plantear estas nuevas soluciones dentro de la academia genera el conocimiento para que las futuras generaciones no solo traten, sino que trabajen con estos materiales nuevos elementos que permitan soluciones arquitectónicas rápidas y óptimas (Dobón, 2018).

Metodología

Se llevará a cabo un estudio bibliográfico y experimental, el cual, en primer lugar, nos permitirá obtener información sobre el cartón: su historia, obtención de la materia prima para su elaboración, la fabricación, sus características técnicas, el uso y sus aplicaciones en la construcción, su uso como material reciclado, datos estadísticos la producción local y nacional; lo que a su vez fijará las bases para poder crear un revestimiento a base de cartón reciclado, para lo cual se realizarán varias muestras con diferentes proporciones del material reciclado con aglomerantes u otros agregados para alcanzar las condiciones adecuadas.

Luego de las pruebas tipo ensayo-error será posible obtener las condiciones óptimas para la fabricación del revestimiento; se plantearán dos modelos para realizar los paneles con sus respectivas pruebas físicas, de resistencia. Con esto se definirá un modelo final con el cual se realizará una comparación con otros materiales utilizados en revestimientos, sus costos y el impacto que causa al medio ambiente.

Este trabajo será experimental ya que se manipularán las variables, será cuantitativo ya que los datos conseguidos serán cuantificables. Para el análisis de datos se utilizará el programa Microsoft Excel, el mismo programa será utilizado para la creación de una base de datos.

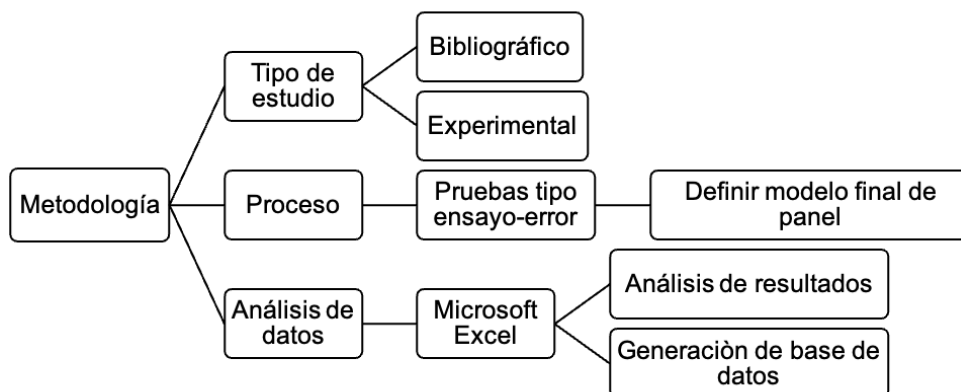


FIGURA 1: Pasos para realizar la investigación y experimentación. Elaboración propia Nota: en la figura se describe el tipo de estudio, el proceso para obtener el resultado propuesto y como se realizará el análisis de datos.

En el presente capítulo se tratará acerca de conceptos básicos respecto al reciclaje y como este ha ido cambiando a lo largo del tiempo, de igual manera se mencionará como esta industria se ha ido desarrollando a nivel mundial, nacional y local. También se abordará la información referente a los materiales reciclados (ver figura 1.1), y su uso en la construcción, con énfasis en el cartón, sus características y usos.



FIGURA 1.1: Materiales reciclados. Tomado de: Lista de materiales reciclados, TareaEducativa.com, 2023.

1.1. El Reciclaje Y Su Papel En La Construcción

1.1.1. El Reciclaje

Cuando hablamos de reciclar estamos hablando de someter un material consumado a un proceso para que se pueda volver a usar, a diferencia de la reutilización (ver figura 1.2), que es el proceso mediante el cual se pueden volver a utilizar productos o bienes que están en buen estado o que necesitan una pequeña compostura, la cual es una forma importante de reducir la generación de residuos y extender la vida útil de los objetos, lo que a su vez contribuye a la conservación de recursos naturales y a la reducción del

impacto ambiental (Rodríguez *et al.*, 2009).



FIGURA 1.2: Llantas recicladas. Tomado de: Qué es reciclar, Parques alegres, 2019.

Como bien mencionan (Pellegrini y Reyes, 2009), el reciclaje ofrece una forma efectiva de clasificar y gestionar los residuos desde su origen hasta su disposición final adecuada (ver figura 4). Algunos de los beneficios clave del reciclaje incluyen:

1. Reducción de la acumulación de residuos: al reciclar materiales como papel, cartón, plástico, vidrio y metales, se reduce la cuantía de desechos que terminan en vertederos o incineradores, lo que ayuda a reducir la contaminación y el impacto ambiental.
2. Conservación de recursos naturales: el reciclaje permite reutilizar materiales en lugar de extraer y procesar nuevos recursos naturales. Esto ayuda a preservar valiosos recursos como árboles, minerales y combustibles fósiles, al tiempo que se reduce la huella ecológica de diversas industrias.
3. Reducción de la contaminación: al disminuir la cantidad de residuos que se depositan en vertederos o se queman, se evita la liberación de gases de efecto invernadero y se previene la contaminación del suelo y el agua asociada con el manejo inadecuado de desechos.
4. Fortalecimiento de la cultura ambientalista: el reciclaje fomenta una mayor conciencia sobre la importancia de cuidar el medio ambiente y promueve la responsabilidad individual y colectiva en la gestión de los residuos.
5. Estimulación de la economía circular: el reciclaje crea oportunidades para la industria de la gestión de residuos y la producción de bienes reciclados, lo que contribuye a una economía más sostenible y genera empleo en el sector verde.

Para lograr un reciclaje efectivo, es crucial contar con la participación activa de la sociedad, el compromiso de las empresas y el apoyo de las autoridades gubernamentales. Además, es esencial educar a la población sobre las prácticas adecuadas de reciclaje y

fomentar el desarrollo de tecnologías más eficientes en el proceso de clasificación y reciclaje de los materiales.



FIGURA 1.3: Materiales de desperdicio. Tomado de: El Municipio busca generar un circuito para el retiro de residuos de cartón de los comercios, Gaceta Fuegoína, 2020.

El reciclaje implica un proceso convertidor lo que provoca un menor gasto de energía; la elección del procedimiento de reciclaje dependerá del estado de preservación que guarden los materiales a utilizar, el tipo de uso que se le venía dando y se debe ir clasificando los desechos y el uso que se le intenta dar (Villegas, 2012).

El sistema y la forma de reciclaje han evolucionado notablemente, dependiendo del problema, de la economía, la población y del cuidado ambiental que se desea alcanzar. La población ha empezado a utilizar y reutilizar los productos, buscando obtener un impacto positivo tanto a nivel ambiental, cultural como económico (Angumba, 2016).

El uso y la producción de polímeros están experimentando un aumento del 4% en la actualidad, con un incremento global en el consumo que ha pasado de 10 millones de toneladas métricas en 1978 a 60 millones de toneladas métricas. La mitad de este consumo se registra en los Estados Unidos, mientras que el resto se distribuye entre Japón y Europa. En el caso de España, el consumo alcanza los 2 millones de toneladas métricas. Existen dos tipos de reciclaje, el mecánico y el químico, y se utilizan cuatro métodos conocidos como primario, secundario, terciario y cuaternario. (Angumba, 2016).

El reciclaje primario implica un procedimiento maquinal que persigue la fabricación de productos similares al material original mediante etapas de trituración, lavado, extracción y granulación. Por su parte, el reciclaje secundario se basa en la fusión de polímeros con el propósito de transformarlos en productos con propiedades mejoradas, en lo que se

conoce como un proceso cascada”. Sin embargo, solo el 20% de los polímeros pueden someterse a este proceso. El reciclaje terciario, por otro lado, emplea un enfoque químico o térmico, dependiendo del tipo de polímero, para aprovechar todos sus componentes y convertirlos en hidrocarburos que pueden ser reutilizados como polímeros o materia prima en la industria petroquímica. Finalmente, el reciclaje cuaternario involucra la incineración con el objetivo de obtener energía, aunque este método no es considerado ambientalmente sostenible. (Angumba, 2016).

Para lograr un desarrollo sostenible y mantener el equilibrio de los ecosistemas del planeta, es necesario concienciar a la población en general sobre la importancia de restar el proceso de producción de plásticos a partir de las materias primas hasta el producto final, concentrando elementos reciclables en su totalidad.

Podemos decir que el reciclaje es un proceso que maneja ciertos materiales, que no son biodegradables, usualmente denominados como basura tales como: cartón, papel, plástico, metal y vidrio entre otros, con la finalidad de integrarlos al ciclo de la economía, y además podemos disminuir la contaminación ambiental, reducir la cantidad de desechos, fomentar fuentes de trabajo y materia prima secundaria a menores precios (Villacís, 2013).

1.1.2. Reciclaje Y Medio Ambiente

En varios países en vías de desarrollo es muy común encontrar que los materiales de desechos vayan a parar de manera ilegal en vertederos, o en su defecto que sean quemados (ver figura 1.4), cualquiera de estas dos formas contaminan el medio ambiente, por lo que autores como (Ahmad et al., 2021) proponen crear bloques para la construcción de edificios a base de cartón, cemento y arena, el cuál lo denominaron Boardcrete; (ver figura 1.5), esto con el objetivo de disminuir el impacto ambiental que genera la industria de la construcción.



FIGURA 1.4: Vertederos de basura. Tomado de: Reconversión de vertederos en parques urbanos: 5 casos, Perrozzi, 2020.



FIGURA 1.5: Boardcrete. Tomado de: Mechanical properties and durability of boardcrete block prepared from recycled cardboard, Ahmad, Adil, Khalil, & Rahman, 2021.

El acaparamiento de residuos de diferente tipo provoca focos de contaminación, capaces de provocar enfermedades de toda clase y se dirigen hacia los desagües subterráneos (Sanmartín *et al.*, 2016). Es por esto que el tema ambiental ha ocupado una parte central varios aspectos públicos y privados, así como en la toma de decisiones en varias partes del planeta; diversas organizaciones a nivel mundial han desarrollado acciones para aminorar el inconveniente de la contaminación ambiental.

El cuidado del medio ambiente es algo que aqueja a toda la población, sin entender que la cantidad de recursos finitos cada vez se reduce comparado a la gran cantidad de generación de residuos en el mundo, siendo este el principal problema que ha llevado a varios sectores a buscar soluciones para conseguir un manejo sustentable de los materiales, logrando generar una reducción de impactos ambientales (ver figura 1.6), y poder salvaguardar los recursos naturales (Alvarez, 2013).

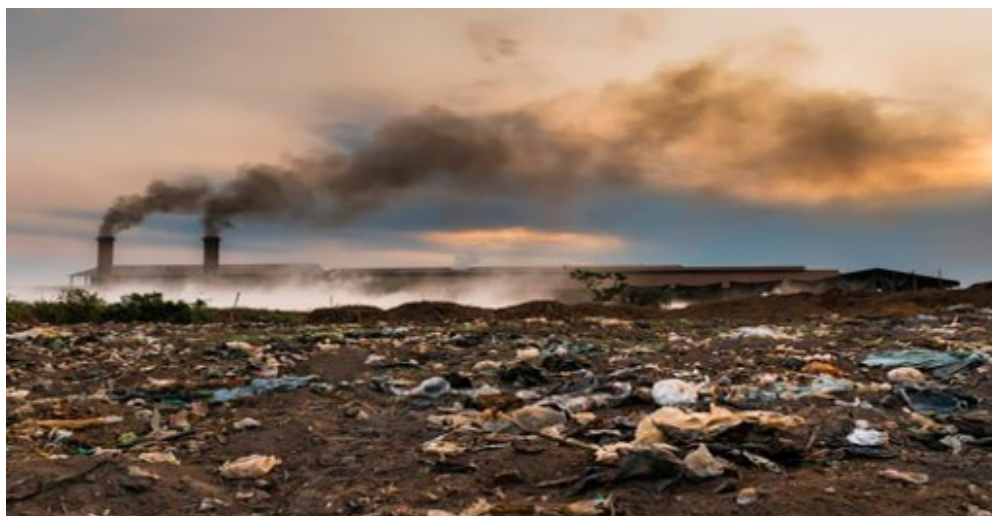


FIGURA 1.6: Impactos ambientales de la contaminación. Tomado de: Preguntas frecuentes acerca de contaminación y degradación de los suelos, SGK PLANET, 2023.

Debido a esta situación es necesario contar con un análisis que permita a los gobiernos vigorizar los aspectos efectivos y trabajar en los impactos dañinos que provoca el manejo de los residuos sólidos en la salud de los individuos y en el medio ambiente (Sanmartín *et al.*, 2016).

A nivel nacional, se estima que en Ecuador se generan alrededor de 4.5 millones de toneladas de residuos anualmente. de esta cantidad, aproximadamente 3.375 millones de toneladas, lo que representa un 75 % del total, corresponden a residuos orgánicos, mientras tanto, 1.125 millones de toneladas, lo que equivale al 25 % del total, tienen el potencial de ser reciclados. Estas cifras resaltan la importancia de implementar una gestión adecuada de los residuos para aprovechar el potencial de reciclaje y reducir la cantidad de desechos que terminan en vertederos o incineradoras. Es importante promover prácticas de compostaje y reciclaje para lograr un manejo más sostenible de los residuos en el país (Vanegas, 2019)

Según lo expuesto por (Burneo, 2020) en Ecuador, la responsabilidad de gestionar los residuos sólidos recae en los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM) en Ecuador. Según las cifras estatales hasta el año 2015, los GADM recolectaron en promedio 12,829.21 toneladas por día de desechos sólidos. De esta cantidad, el 59 % corresponde a residuos orgánicos, mientras que el 41 % se compone de material inorgánico. Dentro de los residuos inorgánicos, los plásticos representan un 11.44 %, seguidos por el papel y cartón con un 10.25 %. Además, se recolectaron desechos sanitarios no peligrosos, los cuales representan el 4.83 % del total, mientras que otro tipo de residuos constituyeron el 14.81 % restante.

En cuanto a la clasificación de residuos por parte de los hogares, la ciudad de Cuenca destaca con la tasa más alta, donde el 50.7 % de los hogares llevan a cabo la clasificación de sus desechos. Por otro lado, Guayaquil alcanza el 47.2 % de hogares que clasifican sus residuos, mientras que en Quito lo hacen un 32.4 % de los hogares.

Estos datos indican que, aunque se ha avanzado en la clasificación de residuos en algunas ciudades ecuatorianas, todavía hay margen de mejora en la concienciación y participación ciudadana para fomentar una cultura de reciclaje y una gestión más eficiente de los residuos sólidos en el país. La clasificación adecuada de los desechos es fundamental para promover el reciclaje y reducir la cantidad de materiales que terminan en vertederos o incineradoras, contribuyendo así a la protección del medio ambiente y al uso sostenible de los recursos naturales.

En Cuenca, la generación de residuos sólidos asciende a 127044 toneladas, de las cuales el 67 % corresponden a residuos orgánicos y aproximadamente un 33 % corresponden a materiales reciclables (Carrasco, 2018): el total de materiales susceptibles representa 1.7 millones de toneladas al año, de los cuales el 61.6 % corresponde a cartón y papel sin embargo existen otros materiales que pueden ser reciclados y utilizados en la industria de la construcción.

En nuestra ciudad el sistema de reciclaje se viene dando desde el año 2006, a cargo de la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC-EP) como política de protección de nuestra Alcaldía (ver figura 1.7).



FIGURA 1.7: Recolección de basura por parte del personal de la EMAC. Tomado de: recolección y barrido se desarrollarán con normalidad en el feriado, EMAC, 2020.

El sistema consiste en la recuperación de los residuos sólidos inorgánicos a través de concientizar a la población en la importancia de reciclar desde sus hogares los materiales reciclables y poder reutilizar algunos de estos materiales en el campo de la construcción (Acero y Álvarez, 2013).

1.2. Materiales Reciclados Y Su Uso En La Construcción

En la actualidad, los 7 mil millones de personas que viven en este planeta requieren el treinta por ciento de sus recursos naturales, estas personas son posibles usuarios de viviendas, lo que contribuye a un crecimiento exponencial y una demanda de este servicio. En consecuencia, existe una creciente necesidad de más recursos naturales, para la alimentación y para conseguir un refugio decente y cómodo (Angumba, 2016).

Históricamente, la cuestión de la vivienda ha sido un inconveniente a nivel mundial, ya que afecta a la sociedad en su conjunto, y por ende al planeta Tierra debido al agotamiento de recursos naturales en la construcción de edificios. La extracción indiscriminada de minerales y materiales de construcción está causando peligrosas secuelas para los ambientes, y se agrava por la falta de reposición de estos recursos. Además, la tenencia de tierras ha estado relacionada con el desplazamiento de poblaciones a lo largo de la historia, desde el uso de cavernas para protegerse hasta la apropiación de territorios por colonizadores, lo que condujo a la creación de latifundios en algunas regiones.



FIGURA 1.8: Elementos constructivos hechos a base de material reciclado. Tomado de: Materiales reciclados para la construcción sostenible, ATRIA INNOVATION, 2019.

Dentro de la arquitectura y la industria constructora se ha planteado la reutilización de materiales que se generan día a día, e implementar sistemas de diseño o constructivos en de los futuros proyectos (Vanegas, 2019), empleándolos en pequeña o en gran escala, lo que genera aparte de reducir costos económicos y ambientales, una ganancia para las futuras generaciones generando una amplia gama de conocimientos de sistemas o materiales que sustituirán a aquellos que ya existen.

Analizando de forma micro al Ecuador con respecto de los demás países, existen buenas posibilidades de reciclaje, pero se necesita más concientización dentro de la academia para que se refleje este tipo de construcciones en el país.

El impacto medio ambiental que provoca el manejo inadecuado de los desechos ha llevado a que varios arquitectos busquen alternativas de construcción fuera de lo común y ecológicas, la cual se encamina a programar, realizar, utilizar, reciclar y construir edificios sostenibles (ver figura 1.9). Este tipo de arquitectura está fundamentada en diez principios básicos que según Villacís (2013) son:

1. Considerar las necesidades: evaluar y tener en cuenta las necesidades de las personas y la comunidad antes de realizar cualquier construcción o proyecto.
2. Salud y seguridad: tomar medidas para evitar riesgos para la salud y garantizar un ambiente seguro tanto para los trabajadores como para los futuros usuarios de la infraestructura.
3. Energías renovables: priorizar el uso de fuentes de energía renovable y sostenible para reducir la dependencia de combustibles fósiles y mitigar el impacto ambiental.

4. Eficiencia energética: implementar prácticas y tecnologías que promuevan el ahorro de energía y reduzcan el consumo innecesario de recursos.
5. Conservación del agua: aplicar estrategias para el ahorro y uso responsable del agua, evitando su desperdicio y promoviendo la reutilización.
6. Uso de materiales sostenibles: utilizar materiales que provengan de fuentes sostenibles y que sean respetuosos con el medio ambiente, reduciendo así el agotamiento de recursos naturales.
7. Gestión adecuada de residuos: implementar sistemas de gestión de residuos que reduzcan, reutilicen y reciclen los desechos generados durante la construcción y la vida útil del proyecto.
8. Adaptación al clima local: diseñar las construcciones considerando el clima y el entorno local, con el objetivo de maximizar la eficiencia energética y minimizar el impacto ambiental.
9. Uso de materiales reciclados: priorizar el uso de materiales reciclados en la construcción para disminuir la demanda de materias primas y fomentar la economía circular.
10. Calidad en la construcción: construir edificios y estructuras que cumplan con altos estándares de calidad para garantizar su durabilidad y reducir el mantenimiento a largo plazo.

Estos principios son fundamentales para avanzar hacia una construcción más sostenible y responsable, que responda a las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.



FIGURA 1.9: Edificios sostenibles. Tomado de: Edificios sostenibles: el futuro de la arquitectura y el urbanismo, AIS Building Outnovation, 2023.

Podemos decir que la arquitectura reciclada es sustentable ya que busca mejorar recursos reduciendo el impacto ambiental; desde el campo económico se pueden reducir costos enfrentando el material tradicional para construcción, con los nuevos materiales que son resultado del reciclaje (Villacís, 2013); el material reciclado lo podemos obtener como agregados para el nuevo concreto (Villegas, 2012).

1.2.1. Tipos De Materiales Reciclados Usados En La Construcción

El uso de materiales reciclados en la construcción es una práctica cada vez más común y sostenible, que ayuda a reducir la cantidad de residuos y el impacto ambiental de la industria de la construcción; no solo ayuda a reducir la cantidad de residuos enviados a vertederos, sino que también puede ahorrar recursos naturales y energía, contribuyendo a una industria de la construcción más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Neumáticos reciclados

A nivel mundial existen millones de neumáticos que son eliminados cada año, lo que representa un problema serio de carácter ambiental, social y por ende cultural. El reciclaje eficaz de los mismos representa una posible solución, aplicando un adecuado manejo ambiental para poder utilizar esos residuos en la industria de la construcción, y así evitar que la mayoría de estos desechos se depositen en: calles, parques, rellenos clandestinos, bodegas o por último incinerarlos, con sus consecuentes efectos negativos al ambiente (Albañil y Ortega, 2019).

Se puede aseverar que sí la fibra extraída de las llantas garantiza ser aislante térmico – acústico (ver figura 1.10), el mampuesto con caucho reciclado podría desempeñar la misma función y con ello estaríamos evitando contaminar el ambiente y promoviendo el desarrollo sostenible (Albañil y Ortega, 2019).



FIGURA 1.10: Aislante térmico y acústico de pared. Tomado de: Soluciones especiales para la construcción, Soluciones especiales, 2022.

Vidrio reciclado

El vidrio como elemento agregado en el concreto, realza el atractivo estético, es resistente y mejora el aislamiento en conjunto con el hormigón, sustituyendo a la grava o piedra triturada ([Radosavljević et al., 2018](#)).

El vidrio desechado en áreas abiertas y vertederos representa una amenaza significativa para el medio ambiente y la salud global. El reciclaje del vidrio como material de construcción sostenible ha ganado atención en la industria debido a su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y los riesgos ambientales ([Hussein et al., 2022](#)).

Asfalto Reciclado

El asfalto reciclado se obtiene de la molienda y reutilización de pavimentos asfálticos viejos, lo que reduce la necesidad de nuevos materiales en la construcción de carreteras y calles ([Peralta et al., 2018](#)).

Botellas y aluminio reciclados

El aluminio es un residuo fácil de manejar debido a su ligereza y resistencia, ya que no se rompe, arde ni se oxida fácilmente gracias a la película protectora que se forma en su superficie. Además, puede compactarse fácilmente, lo que reduce su volumen y los costes de transporte.

En cuanto al reciclado, el aluminio ofrece importantes ventajas, ya que puede reciclarse al 100 % de manera indefinida sin perder calidad. A diferencia de otros materiales, el aluminio no se descompone en presencia de agua ni se deteriora por el contacto con el aire. Esto permite la fabricación de una amplia variedad de productos, como automóviles y carpintería de aluminio, promoviendo una economía circular y sostenible (ARPAL ALU, 2020).

En general el uso de estos materiales en la construcción se ve presente en varios proyectos, existen construcciones con elementos reciclados al 100 %, estructura de contenedores de transporte, el techo y la fachada con latas de botellas de aluminio, los paneles de fachada con papeles granulado tratado térmicamente, el revestimiento de piso consta de tapones de botella usados, mientras que los azulejos de los baños serían vidrio reciclado (ver figura 1.11, 1.12, 1.13, 1.14 y 1.15).



FIGURA 1.11: Casa hecha con basura o earthship. Tomado de: 6 casas ecológicas con materiales reciclados, INARQUIA, 2022.



FIGURA 1.12: Vivienda sostenible hecha con botellas recicladas. Tomado de: 6 casas ecológicas con materiales reciclados, INARQUIA, 2022.



FIGURA 1.13: Vivienda ecológica hecha con contenedores. Tomado de: Ventajas de las casas hechas con contenedores, Zarca, 2020.



FIGURA 1.14: Casa sostenible hecha con latas recicladas. Tomado de: 6 casas ecológicas con materiales reciclados, INARQUIA, 2022.



FIGURA 1.15: Casa ecológica hecha con el 86 % de materiales reciclados. Tomado de: Colillas, plástico, leche o lana: cómo construir una casa con materiales reciclados, La Vanguardia, 2017.

El resultado de estos proyectos son casas modernas amigables con el medio ambiente y con acabados que parecen costosos (Radosavljević *et al.*, 2018), podemos tomar como ejemplo de esto al trabajo de (Castillo *et al.*, 2019), quienes proponen elaborar un panel

aislante térmico a base de cartón y tapones de corcho reciclado para viviendas de interés social en Babahoyo-Ecuador, los autores buscan promover la innovación y conseguir una industrialización sostenible con el fin de reducir la contaminación ambiental reutilizando el cartón (ver imagen 1.16) y tapones de corcho (ver imagen 1.17), de forma tal que sea posible mejorar el desarrollo económico y se potencie el bienestar humano.



FIGURA 1.16: Reutilización del cartón. Tomado de: Cómo hacer muebles de cartón, ECO INVENTOS, 2020.



FIGURA 1.17: Usos de los tapones de corcho. Tomado de: los tapones de corcho triturados, una solución constructiva en auge, INSTITUT CATALÁ DEL SURO, 2021.

Cartón reciclado

Este trabajo tuvo como objetivo aprovechar las características físicas tanto del cartón como del tapón de corcho, siendo la más importante de estas el poder utilizarlas como aislante térmico, a más de esta tenemos otras características tales como: ligereza, impermeabilidad, elasticidad y ser químicamente inertes. Luego de 4 procesos de experimentaciones (Castillo *et al.*, 2019), lograron producir un material que es ligero, duro, resistente y que brinda un buen aislamiento térmico y acústico, una de las características que se encontró luego de la experimentación, fue que luego de disponer de cierta manera con los tapones de corcho se consigue un efecto estético que puede ser utilizado en los revestimientos decorativos en las viviendas de interés social (ver imagen 1.18), lo que reduciría el costo de las mismas en relación con otros materiales utilizados para diseño de interiores.

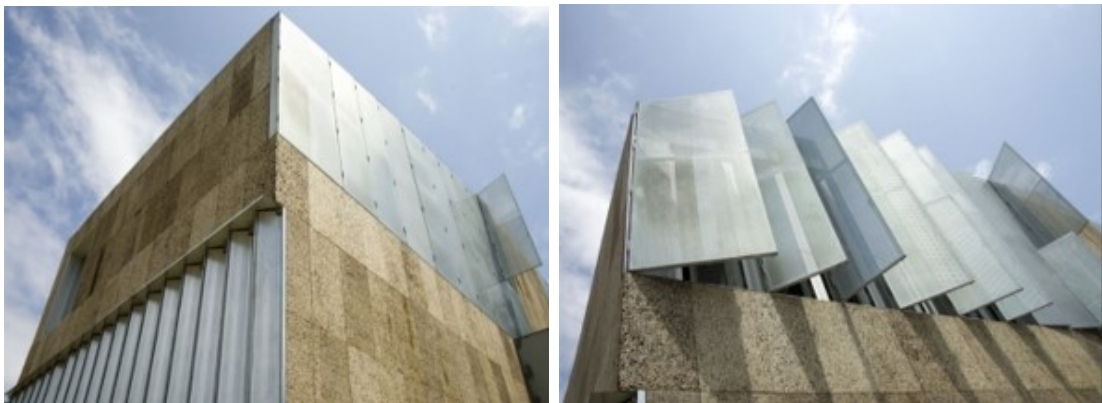


FIGURA 1.18: Casa de Corcho. Tomado de: Casa de Corcho, (ARCH DAILY, 2007)

De igual manera podemos tomar en consideración la propuesta de (Torres y Restrepo, 2020) la cual menciona la utilización del cartón tubular (ver figura 1.19), que es utilizado como medio de transporte para papeles de impresión y botellas de PET (ver figura 1.20 y 1.21), como base para la construcción de cerchas, debido a que este material está al alcance de cualquier persona y se le ha dado algún otro uso aparte del mencionado anteriormente, por lo que se podría decir que a más de que se está desperdiciando potencial materia prima, no se está haciendo nada en pro del medio ambiente y de la economía en general, la cual se vería ampliamente beneficiada con la implementación de nuevas tecnologías limpias que generen la creación e implementación de ideas sostenibles en la construcción.



FIGURA 1.19: Cartón tubular. Tomado de: PNGWING, 2022



FIGURA 1.20: Rollo de papel bond A1. Tomado de: Ecuatek, 2022.



FIGURA 1.21: Ciclo de reciclaje de las botellas PET. Tomado de: Empacar S.A., 2020

Luego de poner a prueba el uso de este material, los autores llegan a la conclusión de que es factible construir cerchas a partir del cartón tubular lo que en términos medio ambientales se traduce en una disminución en la contaminación ya que se da una segunda vida útil a este material (ver figura 1.22), además de esto, se comprobó una disminución en los costos de elaboración e instalación de las cerchas, en otras palabras utilizar el cartón tubular, tiene beneficios en costos, funcionalidad y medio ambiente.



FIGURA 1.22: Cercha de cartón tubular. Tomado de: El Pabellón de estructura de papel de Shigeru Ban, E-STRUCTUR, 2017.

Tomando estos dos proyectos como base podemos decir que el cartón puede y debe ser utilizado como material para la construcción en viviendas, ya que al ser procesado y junto con otros elementos tiene el potencial de convertirse en estructuras tanto para interiores como para exteriores, que sean estéticamente agradables y económicas.

1.2.2. Materiales Reciclados Absorbentes

En Estados Unidos inicia la utilización de papel reciclado el cual posee una excelente capacidad aislante, lo que lo convierte en una opción muy adecuada para ser utilizado en cerramientos y aislamientos térmicos. Sin embargo, es esencial tener en cuenta que este material es altamente absorbente y no resiste al fuego, lo que significa que debe ser protegido adecuadamente para evitar riesgos de incendios o propagación de llamas.

Por lo tanto, su aplicación requiere medidas de seguridad y protección para garantizar su uso seguro y eficiente en distintas aplicaciones constructivas o industriales (Herrero, 2019). Ver imagen 1.23.



FIGURA 1.23: Papel reciclado. Tomado de: Las posibilidades del papel reciclado, Experimenta, 2023.

Otro material reciclado utilizado en la construcción es la del árido reciclado (ver figura 1.24), sin embargo, este material no es tan absorbente como se necesita, por lo que es necesario limitar al 7% la absorción de humedad (Bolaños, 2015).

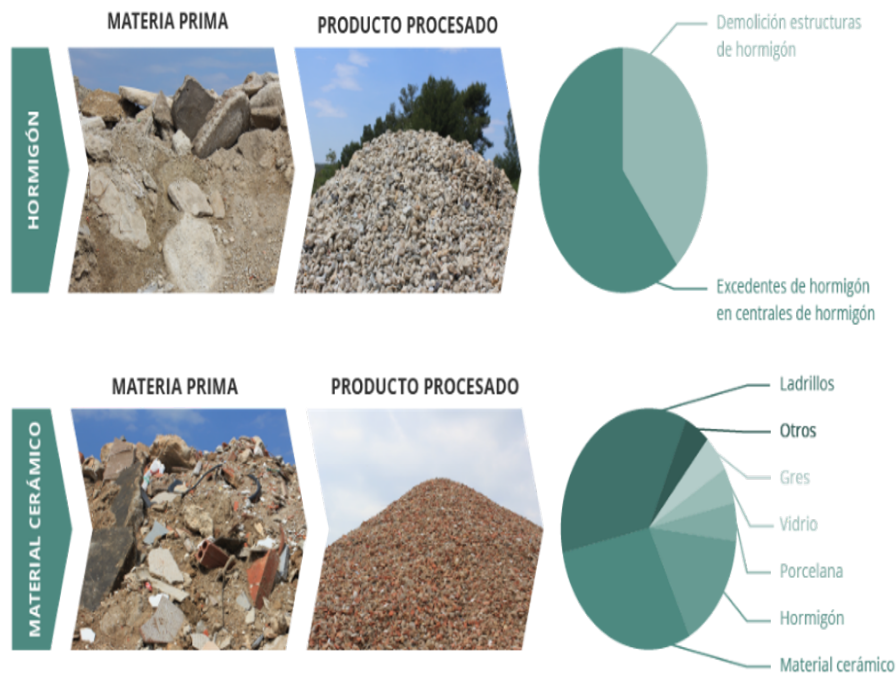


FIGURA 1.24: Origen y composición de los áridos reciclados. Tomado de: Productos ecológico que favorecen la sostenibilidad del entorno, PROMSA, 2022.

Según los resultados obtenidos en la propuesta de (Ahmad et al., 2021), el Boardcrete muestra una relación inversamente proporcional respecto a cantidad de cartón utilizado, resistencia mecánica y conducción térmica; y una relación directamente proporcional en cuanto a cantidad de pulpa de cartón y absorción de agua. En conclusión, los bloques de boardcrete son una excelente alternativa para ser utilizados en muros sin carga como por ejemplo en los tabiques o divisiones internas.

1.2.3. Materiales Reciclados Para Acabados

Dentro de este tipo de materiales tenemos el marmoleum striato (ver figura 1.25) original que está elaborado en un 43 % con material reciclado, acorde a (Dobón, 2018), los usos del linóleo (ver figura 1.26) son :

- Resistencia a la electricidad estática: el linóleo no acumula electricidad estática, lo que significa que repele el polvo y no atrae ácaros. Esta propiedad lo convierte en una opción ideal para hospitales y hogares de personas que sufren de alergias o episodios asmáticos, ya que contribuye a mantener un ambiente más limpio y saludable.
- Propiedades antibacterianas y facilidad de mantenimiento: es un material antibacteriano y se puede mantener de forma sencilla, lo que lo hace especialmente adecuado para su uso en colegios, oficinas, comercios e instalaciones deportivas. Estas propiedades ayudan a mantener espacios higiénicos y libres de gérmenes.

- Compatibilidad con suelos radiantes: puede ser utilizado en suelos radiantes, lo que lo convierte en una opción versátil para ambientes que requieran calefacción por este método. El material permite la transferencia de calor de manera eficiente y no se ve afectado por la presencia de suelos radiantes.

En resumen, el linóleo es un material altamente funcional y beneficioso para diversos entornos, ya que ofrece resistencia a la electricidad estática, propiedades antibacterianas y facilidad de mantenimiento. Su versatilidad lo hace adecuado para aplicaciones en hospitales, colegios, oficinas, comercios, instalaciones deportivas e incluso en suelos radiantes. Además, su capacidad para repeler el polvo y no atraer ácaros lo hace especialmente recomendado para aquellos que buscan mantener ambientes más limpios y saludables.



FIGURA 1.25: Baldosas De Mármol Blanco De Carrara, XIAMEN SHIHUI STONE, 2023.



FIGURA 1.26: Suelos vinílicos autoadhesivos, Suelos vinílicos, 2023..

1.3. El Cartón Como Material Reciclado

1.3.1. Propiedades Del Cartón

Según [Ginés y Vidal \(2017\)](#), las propiedades del cartón dependen del papel del cual éste se compone, dichas propiedades pueden ser separadas en: físicas (aspecto, estructura y textura del papel), mecánicas (resistencia y rigidez del papel), específicas (humedad y permeabilidad del papel) y de uso (define la aptitud del material en función del uso que se le va a dar).

El tipo de cartón más utilizado es el corrugado, por tal motivo, se nombrarán las propiedades de este; el cartón corrugado (ver figura [1.27](#)) tiene una alta durabilidad, esto debido a la rigidez de éste, la fuerte resistencia al arqueado, la resistencia a la rotura y la resistencia a la compresión, estas son características clave que se buscan para asegurar que el embalaje pueda mantener su forma y proteger el contenido durante el transporte y almacenamiento.

Estas propiedades garantizan que el embalaje no se deforme, se doble o se rompa bajo diversas condiciones, lo que ayuda a mantener la integridad del producto y evitar daños durante el proceso de distribución ([Ginés y Vidal, 2017](#)); además posee una gran sustentabilidad ya que es el material más reciclado, su materia prima proviene de los árboles; otra propiedad es la adaptabilidad ya que es sencillo de cortar, doblar y hasta se puede imprimir sobre él; el cartón corrugado tiene una buena estabilidad térmica, y es relativamente barato en comparación a otros materiales.



FIGURA 1.27: Cartón corrugado. Tomado de: Los diferentes tipos de cartón ondulado, Kartox, 2018.

1.3.2. Usos Del Cartón Reciclado

El cartón reciclado es un material versátil y sostenible que se utiliza en una amplia gama de aplicaciones. A continuación, se presentan algunos usos comunes y las ventajas del cartón reciclado:

Usos del cartón reciclado ([Soto-Chávez et al., 2020](#)):

1. Embalaje: El cartón reciclado es ampliamente utilizado en la fabricación de cajas, contenedores y envases para el transporte y protección de productos.
2. Material de construcción: Se emplea como material de refuerzo en paneles de yeso y tableros de fibra, así como para hacer estructuras de cartón reciclado para proyectos arquitectónicos temporales.
3. Artes y manualidades: El cartón reciclado es una opción popular para proyectos de arte y manualidades debido a su facilidad de manejo y disponibilidad.
4. Mobiliario: Se utiliza en el diseño y fabricación de muebles de cartón reciclado, especialmente en proyectos temporales o conceptuales.

Ventajas del cartón reciclado ([DS SMITH, 2019](#)):

1. Sostenibilidad: Al utilizar cartón reciclado, se reduce la demanda de materias primas vírgenes y se evita la tala de árboles, lo que contribuye a la conservación de los recursos naturales.
2. Reducción de residuos: El reciclaje del cartón ayuda a disminuir la cantidad de residuos enviados a los vertederos, contribuyendo a la reducción de la contaminación ambiental.

3. Energía y agua: La producción de cartón reciclado consume menos energía y agua en comparación con el cartón virgen, lo que resulta en una menor huella ambiental.
4. Menor emisión de gases de efecto invernadero: La fabricación de cartón reciclado emite menos gases de efecto invernadero en comparación con la producción de cartón a partir de pulpa virgen.
5. Versatilidad: El cartón reciclado puede adaptarse a diversas aplicaciones, lo que lo convierte en una opción económica y funcional.

En la figura 1.28 se describen algunos de los usos y de las ventajas de utilizar cartón reciclado.

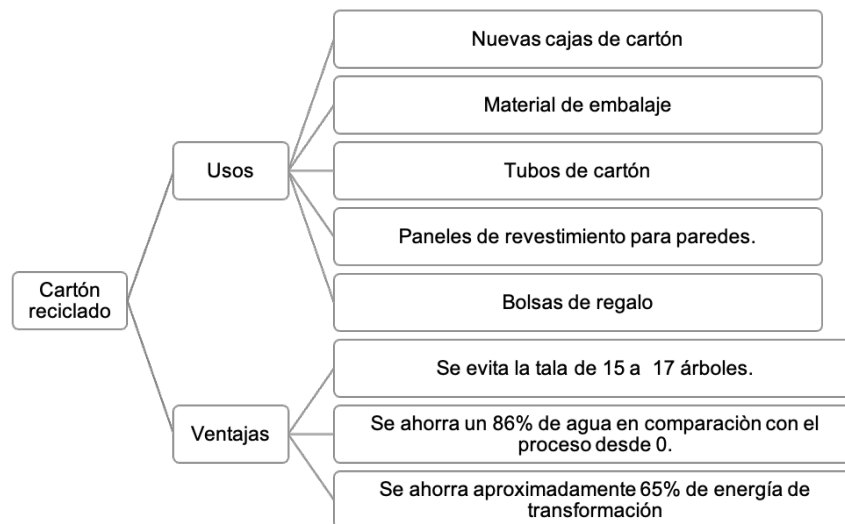


FIGURA 1.28: Usos y ventajas del cartón reciclado. Estudio técnico y económico para el uso de materiales reciclados de cartón, papel y madera en la producción de cajas para empaque de babaco y tomate riñón, Acosta, 2021; Materiales reciclados y sus usos, Ecoembes, 2021.

En lo concerniente a este trabajo cabe recalcar que debido a las propiedades aislantes que posee el cartón reciclado este puede ser utilizado en la construcción, por lo que es habitual que se lo emplee “para elaborar paneles de revestimiento de paredes y techos” (SMV, 2019), ver figura 1.29.

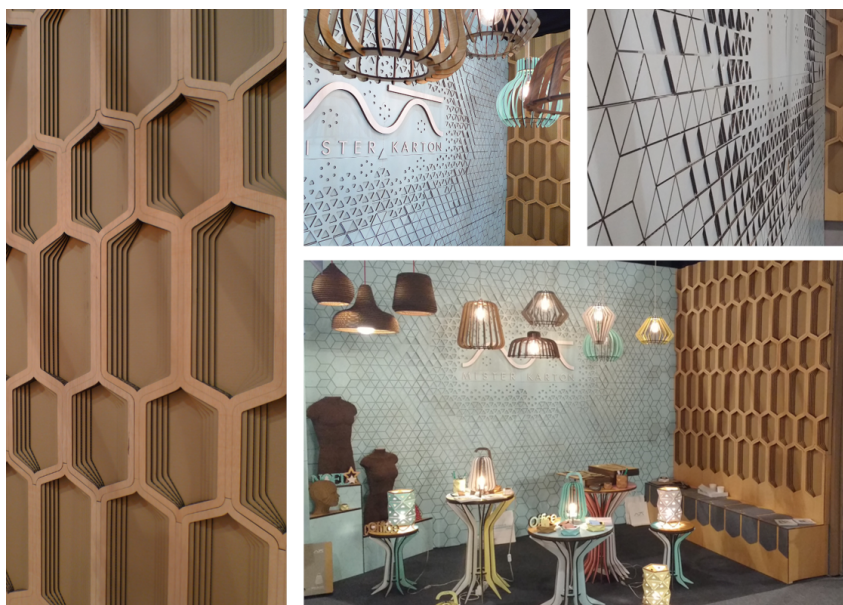


FIGURA 1.29: Revestimiento para interiores de cartón. Tomado de: Revestimientos para interiores de cartón, y cartón y madera, Mister Karton, 2023.

1.3.3. Proceso De Reciclaje Del Cartón

Para el proceso de reciclaje del cartón, según [Reyes \(2019\)](#), se requiere de múltiples operaciones que toman en cuenta diferentes parámetros tales como;

1. Estado de la materia prima: la calidad de la materia prima utilizada en un proceso o producción puede tener un impacto significativo en el resultado final del producto. Es importante asegurarse de que la materia prima cumpla con los estándares requeridos y esté libre de contaminantes o impurezas.
2. Presencia microbiana: en ciertos procesos industriales, especialmente en la producción de alimentos y bebidas, la presencia de microorganismos puede ser un factor crítico. Es necesario controlar y gestionar la presencia de bacterias, levaduras y mohos para garantizar la seguridad y calidad del producto final.
3. Calor de secado: el proceso de secado es común en diversas industrias para reducir el contenido de humedad de los productos. La aplicación adecuada de calor de secado es importante para evitar la degradación del producto y asegurar que se alcance el nivel de humedad deseado.
4. Desfibrado: en ciertas industrias, como la fabricación de papel, textiles o materiales compuestos, el desfibrado es un paso importante en el procesamiento de la materia prima. Este proceso implica separar las fibras de la materia prima original para su posterior uso y transformación.
5. Calidad: la calidad de los productos finales es un aspecto crítico para la satisfacción del cliente y la reputación de una empresa. Es necesario mantener altos estándares

de calidad en cada etapa del proceso de producción para asegurar que los productos sean seguros, duraderos y cumplan con las expectativas de los consumidores.

6. Consumo de agua: en muchas industrias, el consumo de agua es un factor relevante debido a su escasez en ciertas regiones o su importancia para otros usos. Es fundamental adoptar prácticas sostenibles para reducir el consumo de agua, reciclar y reutilizar el agua cuando sea posible, y gestionar de manera responsable el agua utilizada en los procesos industriales.

Este proceso inicia introduciendo la materia prima (pacas de cartón centros de recolección o de otras industrias) en el hidrapulper, el cual es un sistema mecánico que utiliza agua y aspas que desfibran la materia prima para producir una pasta de fibra (ver figura 1.30),



FIGURA 1.30: Hidrapulper. Tomado de: Hidropulper tipo D de alta calidad para máquina de fabricación de pulpa de papel, Alibaba, 2023.

Durante el desfibrado (ver figura 1.31), se eliminan sustancias como plásticos o envolturas, luego la pasta de fibra pasa a tanques de almacenamiento impulsada por bombas.



FIGURA 1.31: Diagrama general del proceso de reciclado de cartón. Tomado de: Proceso de reciclaje del papel y del cartón, IQR, 2020.

Luego de que la pasta es almacenada en los tanques, ingresa a la mesa de formación, en donde se adiciona almidón, caolín, cenizas y demás aditivos para formar una gran hoja, la cual para por unos rodillos para ser secada, si el papel obtenido es de buena calidad, se almacena para entregar, si no cumple con la calidad esperada se lo vuelve a procesar, la pasta residual pasa a una laminadora para producir hojas más gruesas de cartón.

A nivel internacional, específicamente en España el proceso de reciclaje tiene 4 pasos ([Leonardo, 2019](#)):

1. Clasificación y compactación: es necesario tener una mezcla homogénea por lo que se clasifica el residuo por tipo de papel reciclado y se compacta en balas para su almacenaje y tratamiento.
2. Centrifugado y triturado: las balas se llevan al pulper, donde se tritura y se separan las fibras para formar una pasta de papel, durante este proceso se añade agua.
3. Tratamiento de la nueva pasta de papel: se utilizan diferentes aditivos y minerales según las propiedades que se necesiten en el producto final.
4. Fabricación de papel: luego del afinamiento, prensado, secado y bobinado, la nueva pasta de papel se convierte en papel o cartón reciclado, durante esta fase se deciden las características deseadas para el producto final.

Según la página de [SMV \(2019\)](#), con dos objetivos:

1. Intentar separar y recuperar el máximo número de fibras de papel puras: en el proceso de reciclaje de papel, es fundamental separar y recuperar la mayor cantidad posible de fibras de papel puras. Esto implica eliminar cualquier material no deseado que pueda estar presente, como plásticos, metales, vidrios y otros elementos que no forman parte del papel. Cuanto más puras sean las fibras de papel recuperadas, mayor será la calidad del papel reciclado resultante.
2. Eliminar sustancias como pegamentos, grapas, tinta, etc.: durante el reciclaje de papel, se deben eliminar sustancias adicionales que puedan estar presentes, como pegamentos de etiquetas, grapas, cintas adhesivas, tintas y otros contaminantes. Estos elementos pueden afectar la calidad del papel reciclado y dificultar su posterior procesamiento. Por lo tanto, es necesario realizar procesos de descontaminación y depuración para asegurar que el papel reciclado sea de alta calidad y adecuado para su reutilización.

Ambos aspectos son esenciales para el éxito del reciclaje de papel, ya que garantizan que el material reciclado sea de calidad y pueda utilizarse para fabricar nuevos productos de papel, reduciendo así la demanda de materias primas vírgenes y el impacto ambiental asociado con la producción de papel a partir de pulpa de madera.

Durante este proceso de plastificación se centrifuga y tritura el cartón para conseguir una pasta que luego se calienta y amasa en una batidora industrial, cuando esta masa

está libre de contaminantes, se separan las fibras en función de su longitud (la celulosa corta se utiliza para periódicos, mientras que la larga se usa para fabricar cartón, cajas, etc.). Por último, la pasta de papel se afina, prensa, seca y bobina hasta tener diferentes calidades.

Debido a que el proceso de reciclaje del cartón es igual al del papel (*Reciclaje de cartón y papel*, 2023), tomamos el estudio de Pilco (2022), donde se encuentran seis pasos hasta obtener el producto final deseado, estos son: preparación de la materia prima, pulpeado y triturado, tamizado y limpieza centrífuga, destintado, formación de la hoja o cartón, prensado y secado.

1.3.4. Materiales utilizados para la fabricación de revestimientos

Además del cartón reciclado, para la fabricación de los revestimientos se suele utilizar resina epoxi, fibras de madera y pintura de agua; a continuación, se detallarán las características de estos tres últimos elementos.

La resina epoxi (ver figura 1.32) es el resultante de la mezcla de una base con un catalizador o endurecedor, este elemento se utiliza también para la fabricación de productos específicos, tanto industriales como decorativos (*Chemifloor*, 2021). Esta resina es “un polímero termoestable que pasa de un estado líquido a sólido tras aplicarle un catalizador” (*Quimicasnovelda*, 2022).



FIGURA 1.32: Foto de la resina epoxi utilizada.

Las ventajas que tiene la resina epoxi son: resistencia a la corrosión ya que proporciona un nivel alto de protección frente al desgaste de materiales en contacto con agua salada; resistencia térmica debido a que es capaz de soportar temperaturas de hasta 45^o centígra-

dos; es fácil de limpiar; cuando se aplica no se dispersa por lo que es posible nivelar la superficie tratada. En general podemos decir que las características de la resina epoxi son:

- Resistencia química, mecánica, a la humedad, a temperaturas elevadas.
- Propiedades adhesivas.
- Aislamiento eléctrico.

El uso de resina en las piezas se eligió cuidadosamente debido a sus cualidades de translucidez, brillo, dureza y durabilidad. Esta resina se utilizó como aglutinante para revestir el cartón, realzando sus características y, además, porque está ganando popularidad en la industria de la construcción.

La fibra de madera (ver figura 1.33) “se obtiene del triturado de madera natural sin tratar” (Miranda, 2018), una de sus propiedades esenciales es la de aislar, en el ámbito de la construcción ésta es muy utilizada ya que dentro de sus beneficios tenemos los mencionados por (Euroinnova, 2023):

- Es un material moldeable por lo que es posible adaptarlo a cualquier espacio.
- Sirve como aislante térmico, por lo que los cambios bruscos de temperatura son casi imperceptibles dentro de los hogares, esto sumado a su inercia térmica beneficia a las edificaciones en climas cálidos, por otro lado, su conductividad térmica ayuda a mantener el calor en climas fríos.
- Al ser un material versátil puede ser utilizado en fachadas, suelos, cubiertas, etc.



FIGURA 1.33: Foto de la fibra de madera utilizada. Tomado de: Pila de aserrín de madera para el fondo o la textura, 123RF, 2023.

Conjuntamente con los beneficios mencionados, este tipo de material también tiene beneficios medioambientales:

- Su origen es reciclable y sostenible ya que proviene de los restos de la industria de la madera.
- Contribuye a la reducción de la huella de carbono.
- Debido a que no se utilizan químicos en su fabricación está libre de tóxicos.
- Es un material reciclable que puede usarse luego como combustible natural.

Se llevaron a cabo diversas pruebas con cartón y resina para obtener muestras variadas. Estas pruebas incluyeron la experimentación con fibras de madera de diferentes granulometrías con el objetivo de lograr texturas diversas. La combinación de cartón, resina y fibras de madera dio lugar a resultados diferentes que mejoraron la estética de las muestras producidas.

La elección de este material se basó principalmente en consideraciones estéticas, con la esperanza de lograr resultados visuales superiores. Sin embargo, las pruebas realizadas no produjeron los resultados óptimos esperados en términos del manejo de las fibras de madera, lo que influyó en la apariencia final de las muestras.

La pintura a base de agua (ver figura 1.34), que se utiliza para realizar revestimientos es una pintura libre de amoníaco que puede ser usada tanto en interiores como en exteriores, tiene un olor bajo, su tiempo de secado es rápido y tiene un buen cubrimiento de superficies, además de esto es resistente a las algas y hongos (Glidden, 2023).



FIGURA 1.34: Foto de la pintura utilizada.

1.4. Marco legal y normativo para la realización de probetas y material final

Para realizar pruebas mecánicas como la flexión y pruebas físicas como la densidad, absorción del agua o impermeabilidad en materiales compuestos utilizados en la construcción de revestimientos, se requiere el uso de laboratorios especializados y la fabricación de probetas. Estas probetas deben cumplir con las características y dimensiones establecidas por las normas ASTM, ya que actualmente no existe una normativa específica que regule la aplicación de materiales compuestos en la construcción de revestimientos.

Las normas ASTM (American Society for Testing and Materials) son un conjunto de estándares internacionales reconocidos que establecen los procedimientos de prueba y las especificaciones para una amplia variedad de materiales y productos. En el caso de los materiales compuestos utilizados en revestimientos, las normas ASTM proporcionan pautas sobre cómo realizar pruebas y evaluar su desempeño en diferentes condiciones.

El uso de probetas fabricadas de acuerdo con las normas ASTM es fundamental para garantizar la precisión y la comparabilidad de los resultados de las pruebas. Estas probetas se diseñan específicamente para simular las condiciones a las que se someterá el material compuesto en la aplicación real. Por ejemplo, las probetas de flexión se fabrican con dimensiones y formas específicas para evaluar la resistencia y la deformación del material bajo cargas aplicadas.

Los laboratorios especializados en pruebas de materiales pueden realizar una variedad de pruebas mecánicas y físicas en las probetas, siguiendo los procedimientos y criterios establecidos por las normas ASTM. Estas pruebas proporcionan información importante sobre las propiedades del material compuesto, como su resistencia, rigidez, durabilidad y capacidad de resistir la absorción de agua o la penetración de líquidos.

Las normas bajo las cuales se realizaron las probetas y material final fueron:

- ASTM D790 (Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials), método de ensayo a flexión estándar para plásticos reforzados, no reforzados y materiales aislantes eléctricos.
- ASTM D695 (Standard Test Method for compressive properties of rigid plastics), método para determinar la resistencia a la compresión en materiales poliméricos.
- ASTM D570 (Standard Test Methods for Water Absorption of Plastics), método para determinar el porcentaje de absorción de agua en un material polimérico.
- ASTM D792 (Standard Test Methods for Density and Relative Density of Plastics by Displacement), método para calcular la densidad y densidad relativa de un material polimérico

1.4.1. Ensayo de flexión

El ensayo de flexión según la norma ASTM D790 se utiliza para determinar las propiedades de flexión de materiales rígidos, como plásticos y composites (Eurolab, 2023), (ver figura 1.35). Los pasos para este ensayo son:

- Preparación de las muestras: de acuerdo con las dimensiones y especificaciones requeridas por la norma ASTM D790.
- Acondicionamiento: se preparan las muestras según los requisitos de la norma ASTM D790 en términos de temperatura y humedad.
- Configuración del equipo: se configura el equipo de ensayo de flexión de acuerdo con las instrucciones del fabricante y las especificaciones de la norma ASTM D790.
- Colocación de la muestra: en los soportes de la máquina de ensayo de flexión de manera que la carga se aplique en el centro de la muestra.
- Realización del ensayo: se aplica una carga en la muestra mediante un cabezal móvil a una velocidad constante y continua. La carga debe aplicarse hasta que ocurre la falla de la muestra, que puede ser una deformación plástica significativa o la rotura completa.
- Registro de datos: Durante el ensayo, se registran datos como la carga aplicada y la deformación de la muestra, para calcular los parámetros de flexión y evaluar la resistencia y la rigidez del material.

Para transformar los valores del dial de carga a kilogramos, necesitaríamos conocer la relación entre el dial de carga y la carga real en kilogramos. Esta relación puede variar según las características y la calibración de la máquina utilizada; se utilizó la siguiente fórmula.

$$Carga = \frac{0.3094(x) + 0.4319}{2.204} = kg$$

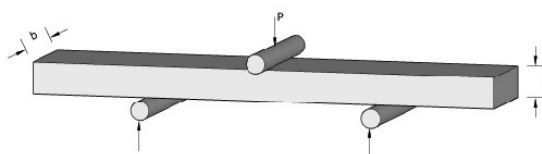


FIGURA 1.35: Esquema de ensayo de flexión. ASTM D790. Tomado de: Paneles prefabricados para cubiertas mediante el uso de resina de poliéster (p. 45), por A. Hugo, 2018.

En esta ecuación x corresponde a la lectura del dial de carga. Una vez que se han transformado los valores a kilogramos, se debe aplicar la siguiente fórmula para determinar el esfuerzo de flexión, donde:

$$\sigma = \frac{3PL}{(2bd)^2}$$

- σ = esfuerzo de flexión (kg/cm²)
- P = carga máxima en el punto medio (kg)
- L = distancia entre apoyos (cm)
- b = ancho de la probeta (cm)
- d = espesor de la probeta (cm)

1.4.2. Ensayo de compresión

La resistencia a la compresión se la realiza en base a las directrices de la norma ASTM D695, se utiliza la siguiente fórmula donde x equivale al valor de lectura del dial de carga. Ver figura 1.36

$$Carga = \frac{0.3094(x) + 0.4319}{2.204} = kg$$

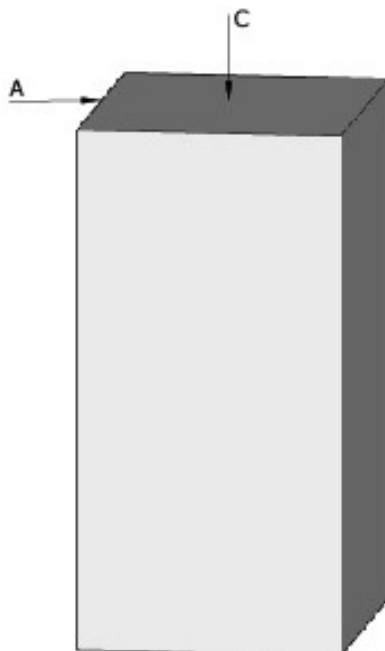


FIGURA 1.36: Esquema de ensayo de compresión. ASTM D695. Tomado de: Paneles prefabricados para cubiertas mediante el uso de resina de poliéster (p. 47), por A. Hugo, 2018.

Luego de haber convertido los valores a kg, se debe aplicar la siguiente fórmula donde:

- σ = esfuerzo de compresión
- C = carga (kg)
- A = área de la superficie de contacto (cm^2)

$$\sigma = \frac{c}{a}$$

1.4.3. Ensayo de absorción de agua

La norma ASTM D 570 se usa para determinar la absorción de agua en materiales poliméricos. El objetivo de este método es evaluar la capacidad de un material polimérico para absorber agua y determinar la cantidad de agua absorbida durante un período de tiempo determinado. La absorción de agua puede afectar las propiedades físicas y mecánicas del material, como la resistencia, la rigidez y la resistencia al impacto, por lo que es importante medirla para evaluar su idoneidad en diversas aplicaciones ([Infinitia Industrial Consulting, 2023](#)).

El resultado obtenido mediante este método puede depender de diversos factores, como la temperatura del agua, el tiempo de inmersión, el tamaño y la forma de la muestra, entre otros. Por lo tanto, es necesario seguir cuidadosamente el procedimiento establecido en la norma ASTM D570 para obtener resultados confiables y comparables. Para calcular este nivel de absorción se utiliza la siguiente fórmula donde:

- α equivale a la absorción de agua expresada en mg/cm^2 .
- Ma = masa de la probeta saturada en agua, después de inmersión (mg).
- Ms = masa de la probeta seca, antes de inmersión (mg).

$$\alpha = \frac{(Ma - Ms)}{Ms}$$

Para expresar la absorción en porcentaje el resultado la fórmula anterior debe ser multiplicado por 100.

1.4.4. Ensayo de densidad

La norma ASTM D792 es una norma comúnmente utilizada para determinar la densidad de materiales sólidos mediante el método de inmersión en agua (Nicolalde, 2018). Esta norma proporciona pautas específicas para realizar la medición de manera precisa y reproducible. Para determinar la densidad del material compuesto siguiendo la norma ASTM D792, se deben seguir los siguientes pasos:

- Preparación de la muestra: se obtiene una muestra representativa del material compuesto que se va a analizar. La muestra debe estar limpia y libre de cualquier contaminante que pueda afectar los resultados.
- Pesar en el aire: se coloca la muestra en una balanza de precisión para registrar su peso en el aire. Es necesario asegurarse de que la muestra esté seca y completamente libre de humedad antes de pesarla.
- Sumergir en agua destilada: se llena un recipiente con agua destilada a una temperatura de 23 °C y luego se coloca una platina dentro del recipiente. La platina debe ser lo suficientemente grande para mantener las muestras completamente sumergidas sin tocar las paredes del recipiente.
- Pesar en agua: es necesario colocar la muestra en la platina sumergida en agua destilada y asegurarse de que esté completamente sumergida sin burbujas de aire atrapadas.
- Por último, se procede a registrar el peso de la muestra sumergida.

Cálculo de la densidad: utilizando los pesos obtenidos en el paso anterior, calcule la densidad del material compuesto utilizando la siguiente fórmula:

$$Densidad = \frac{\text{Peso en aire}}{\text{Peso en aire} - \text{peso en agua}}$$

Los valores de temperatura y otros parámetros pueden variar según la norma ASTM D792, por lo que es importante seguir las instrucciones específicas establecidas en la norma para obtener resultados precisos y confiables.

1.5. Revestimientos

El concepto de acabado o revestimiento se refiere a cualquier tratamiento o elemento que se aplica en una etapa posterior a la construcción de una pared con el propósito de mejorar alguna de sus propiedades o para conferirle un aspecto específico a su superficie. Estos acabados desempeñan un papel crucial en la estética y funcionalidad de las estructuras arquitectónicas, contribuyendo tanto a la protección como a la apariencia de

los muros y superficies. Los revestimientos desempeñan un papel esencial en la protección y preservación de las estructuras, ya que aseguran la durabilidad de los materiales que componen un edificio, manteniendo su integridad y estabilidad. Además, garantizan el comportamiento térmico y de humedad previsto (Bozzano, 2017) (Ver figura 1.37).

Además de su función protectora, los acabados y revestimientos también pueden utilizarse de manera específica para crear una apariencia particular en la superficie de un edificio o para añadir cualidades plásticas, espaciales y estéticas al conjunto arquitectónico. En este sentido, contribuyen a la expresión visual y cultural de la construcción (Bozzano, 2017).



FIGURA 1.37: Revestimiento en interiores. Tomado de: Paredes decoradas con madera, ¡un acierto seguro!, Torrente, 2022.

Los revestimientos interiores, en comparación con los que se utilizan en áreas exteriores, suelen estar sometidos a requisitos menos rigurosos. Sin embargo, deben adaptarse a las necesidades específicas de los espacios interiores, como baños, cocinas, salas de estar, estudios, dormitorios, invernaderos y otros ambientes. Además, deben ser resistentes a factores ambientales en menor medida que los revestimientos exteriores, pero aún así deben soportar agentes biológicos, desgaste mecánico y la actividad humana.

Al igual que los revestimientos exteriores, es esencial que estos acabados y revestimientos interiores permitan una buena difusión del vapor de agua para prevenir problemas relacionados con la condensación. Esto contribuye a mantener un ambiente interior saludable y confortable.

2.1. Diseño

Se llevará a cabo un estudio bibliográfico y experimental, el cual, en primer lugar, nos permitirá obtener información sobre el cartón: su historia, obtención de la materia prima para su elaboración, la fabricación, sus características técnicas, el uso y sus aplicaciones en la construcción, su uso como material reciclado, datos estadísticos la producción local y nacional; lo que a su vez fijará las bases para poder crear un revestimiento a base de cartón reciclado, para lo cual se realizarán varias muestras con diferentes proporciones del material reciclado con aglomerantes u otros agregados para alcanzar las condiciones adecuadas.

2.2. Procedimiento

En primer lugar se deben preparar los moldes para lo cual se utilizaron tubos de PVC de 45x90cm, moldes de madera rectangulares 15x3cm con una profundidad de 0,5cm y moldes de madera cuadrados de 5x5cm con una profundidad de 0,5cm, estos se forraron con cinta de embalaje en las paredes interiores, para de esta manera poder desmoldar más fácilmente la probeta, para ayudar en este desmoldamiento también se utilizó aceite Jonhson, por método ensayo-error se llegó a la conclusión de que también era necesario forrar la base del molde ya que caso contrario el material usado se derramó, a este tubo se le colocó en la parte externa plástico para evitar filtraciones. (Ver figura 2.1 y 2.2) (Ver anexo 1)

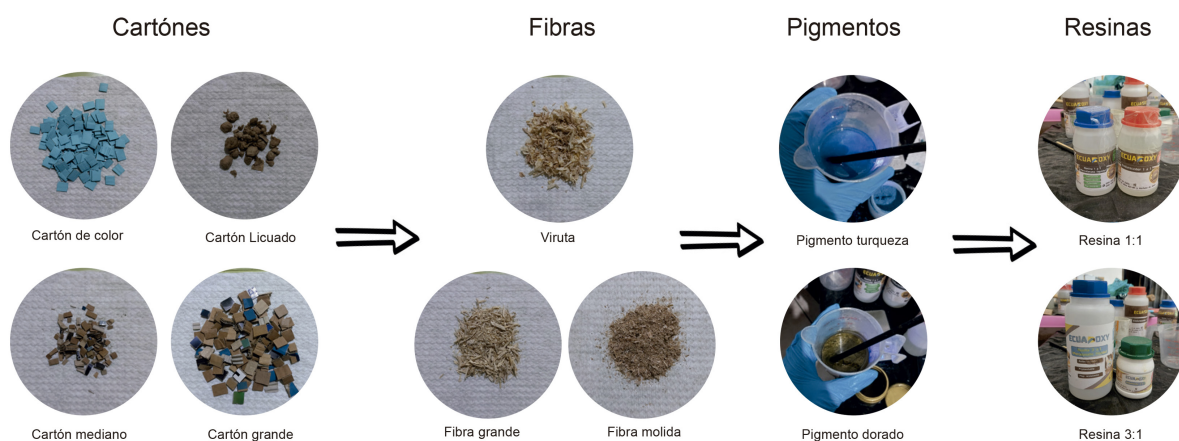


FIGURA 2.1: Foto de materiales utilizados.



FIGURA 2.2: Proceso de elaboración de los moldes.

En segundo lugar, se procedió a seleccionar el material, donde se tuvo como base en todas las probetas realizadas cartón corrugado de diferente tamaño (1.5, 1 y 0.5cm), este cartón se usó en proporción igual a 25.98gr; en cuanto la resina se utilizaron dos tipos, una de contextura más viscosa, con una proporción de 1:1 (una parte de resina y una parte de catalizador), y la otra de contextura más líquida, con una proporción de 3:1 (tres partes de resina y una de catalizador).

Para una primera prueba se distribuyó de la siguiente manera: 50 % (25gr) cartón y 50 % (141.72gr) resina, esta mezcla resulto ser eficiente. Sin embargo, se probó esta

mezcla añadiendo además fibra de madera (viruta, aserrín y residuos de la tala del árbol), quedando una proporción 40 % cartón, 40 % resina y 20 % fibra de madera; también se utilizó pintura de agua donde las proporciones fueron 45 % cartón, 50 % resina y 5 % de pintura de agua. (Ver figura 2.3) (Ver anexo 2)



FIGURA 2.3: Proceso de elaboración de las probetas.

Los materiales se fueron colocando de la siguiente manera: en primer lugar lo sólido (cartón corrugado, distintos tipos de fibra de madera), y luego la resina, acomodándolos para evitar huecos o espacios donde no pueda entrar la resina, la cual se colocaba por intervalos de sólido-líquido hasta llegar a completar la probeta, cabe recalcar que en el caso del cartón licuado se procedió a realizar una mezcla previa en un vaso dosificador junto con la resina evitando los excedentes de agua para luego verter esta mezcla en la probeta. (Ver figura 2.4) (Ver anexo 3)



FIGURA 2.4: Foto de probetas realizadas.

Con la finalidad de que los materiales se mezclen adecuadamente se utilizó una varita y de esta manera evitar en medida de lo posible la formación de burbujas, se mezcla durante 3 minutos. En función de que la resina epoxi se solidifique se esperó 24 horas, esto debido a que en un intento previo de desmoldamiento con un tiempo de espera menor a 24 horas el molde no se compactó por completo; durante este proceso, primero se retiró el plástico y cinta exterior del tubo, luego con ayuda de material de protección y con un martillo se procedió a golpear una de las caras de la probeta para que esta ceda y pueda ser desmolado el producto final.

Luego de realizar todo lo anteriormente mencionado se procedió a someter a ensayos de flexión, compresión, absorción de agua y densidad, los resultados de estos ensayos se muestran en las tablas [2.2](#), [2.3](#), [2.4](#) y [3.1](#).

2.2.1. Ensayo de flexión

Este ensayo se realizó según la normativa ASTM D790, utilizando una máquina eléctrica de compresión adaptada con una placa y tres varillas para someter la muestra a una carga en tres puntos (ver figura [2.1](#)), con el objetivo de provocar el pandeo y fisuración de la probeta hasta su punto máximo.

Una vez obtenida la información en unidades se utiliza una fórmula que transforma las unidades en carga que nos dan en libras y luego tenemos que transformar a kilogramos mediante la siguiente formula:

$$Y = 5,7069(x) + 20,29$$

Donde:

Y = Carga

X = Lectura del dial de carga en unidades

Una vez transformado estos valores en kilogramos se utiliza otra fórmula para obtener el esfuerzo máximo en flexión de cada una de nuestras probetas.

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Donde:

σ = Esfuerzo de flexión (Kg/cm^2).

P = Carga en el punto medio (Kg)

L = Distancia entre apoyos (cm)

b = Ancho de la probeta (cm)

d = Espesor de la probeta (cm)

Durante el ensayo, se fueron registrando valores en unidades proporcionados por la máquina a medida que se aplicaba la fuerza, hasta que la probeta fallaba y las unidades comenzaban a disminuir. Posteriormente, se utilizó una fórmula para convertir los valores de unidades en carga, expresada en libras.



FIGURA 2.5: Máquina de flexión. Nota: prueba de flexión aplicada al producto final

La fórmula empleada fue: $Y = 5,7069 (x) + 20,29$. En esta ecuación “Y” representa la carga en libras y “x” corresponde a los valores obtenidos en unidades durante el ensayo. Para convertir la carga de libras a kilogramos, se puede utilizar la siguiente fórmula de conversión: 1 libra = 0.4536kg; de esta manera, puedes multiplicar la carga en libras obtenida por 0.4536 para obtener la carga en kilogramos equivalente. Una vez transformado estos valores en kilogramos se utiliza otra fórmula para obtener el esfuerzo máximo en flexión de cada una de nuestras probetas.

Tabla 2.1: Ensayo de flexión. Fuente: elaboración propia

Muestra	Lectura dial de la carga (X)	Carga (Lb)	Carga (Kg)	Esfuerzo máximo (Kg/cm ²)	Esfuerzo máximo (Mpa)
Cartón de Color	34	214,32	97,24	253,23	24,84
Resina Dorada	52	314,04	143,84	374,58	36,74
Cartón Grande	17	117,3	53,22	138,59	13,59
Aserrín Molido	9	71,65	32,5	84,63	8,3
Cartón Mediano	22	145,84	66,17	172,31	16,9
Aserrín Fibra	9	71,65	32,5	84,63	8,3
Viruta	10	77,35	35,09	91,38	8,96
Resina Turquesa	41	254,27	115,36	300,41	29,47
Cartón Licuado	32	202,91	92,06	239,73	23,51

Nota: ensayo realizado en los laboratorios de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Católica de Cuenca

2.2.2. Ensayo de compresión

Este ensayo fue realizado según la normativa ASTM D695, se utilizó una balanza electrónica con una precisión de dos decimales para determinar el peso de las probetas en gramos. En la figura 2.2 se muestra el peso de la probeta, y en la figura 2.3 como se aplicó la prueba.

$$D = \frac{m}{v}$$

Donde:

D = Densidad de la probeta

m = Peso de la probeta (gr)

v = Volumen de la probeta (cm^3)

Luego se utiliza una prensa hidráulica para ensayos de compresión, donde se coloca la probeta en la maquina y se somete a una fuerza que cada vez va sometiendo a aplastamiento a la probeta en donde como resultado final fracasa la probeta llegando a su esfuerzo máximo. La máquina nos entrega datos que luego van a ser utilizados para verificar el esfuerzo máximo a compresión de la probeta, la maquina también nos entrega una gráfica como resultado del ensayo. Para obtener el esfuerzo de compresión utilizamos la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{C}{A}$$

σ = Esfuerzo de compresión (Kg/cm^2).

C = Carga (Kg)

A = Área de superficie de contacto (cm^2)



FIGURA 2.6: Probeta en balanza. Nota: prueba de compresión aplicada al producto final



FIGURA 2.7: Foto de la máquina de compresión.

El objetivo de este paso era obtener la densidad de las probetas utilizando la siguiente fórmula: $D = m/v$, donde:

- D representa la densidad de la probeta,
- m es el peso de la probeta en gramos y
- v es el volumen de la probeta.

El cálculo de la densidad se realiza dividiendo el peso de la probeta entre su volumen. Para obtener resultados precisos, es importante utilizar una balanza electrónica con una precisión adecuada.

Después, se emplea una prensa hidráulica para llevar a cabo ensayos de compresión. Durante este proceso, se introduce una muestra de prueba en la máquina y se le aplica una fuerza gradualmente, lo que provoca la compresión de la muestra. Eventualmente, la muestra falla alcanzando su esfuerzo máximo. La máquina registra los datos durante todo el ensayo, los cuales se utilizan posteriormente para determinar el esfuerzo máximo a compresión de la muestra.

Tabla 2.2: Ensayo de compresión. Fuente: elaboración propia

Muestra	Densidad de Volumen (gr/cm ³)	Deformación (mm)	Carga (Kg)	Esfuerzo máximo (Kg/cm ²)
Cartón de Color	1,12	23,84	1800	113
Resina Dorada	1,05	5,03	2960	186
Cartón Grande	1,13	7,86	9710	611
Aserrín Molido	1,04	31,6	3600	226
Cartón Mediano	1,07	11,86	2400	151
Aserrín Fibra	1,05	35,34	3270	206
Viruta	1,11	66,51	11450	720
Resina Turquesa	1,1	25,45	4589	289
Cartón Licuado	0,72	49,77	6733	423

Nota: ensayo realizado en los laboratorios de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Católica de Cuenca

Para escoger el mejor material se realizaron pruebas de esfuerzo y deformación a cada uno de los materiales, los datos obtenidos se muestran en las figuras 2.8 a la 2.16.

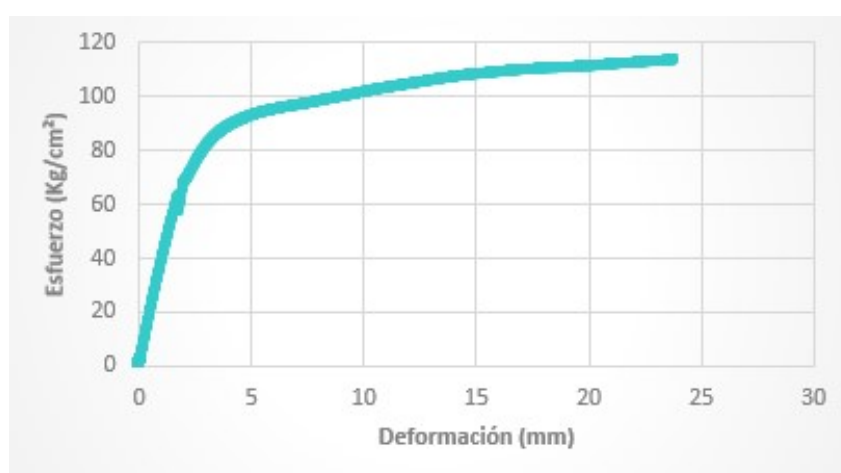


FIGURA 2.8: Curva de esfuerzo y deformación del cartón de color. Fuente: elaboración propia

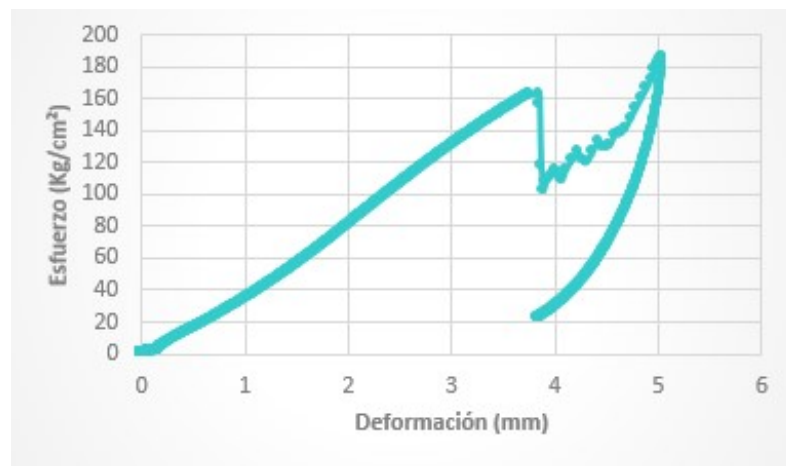


FIGURA 2.9: Curva de esfuerzo y deformación de la resina dorada. Fuente: elaboración propia

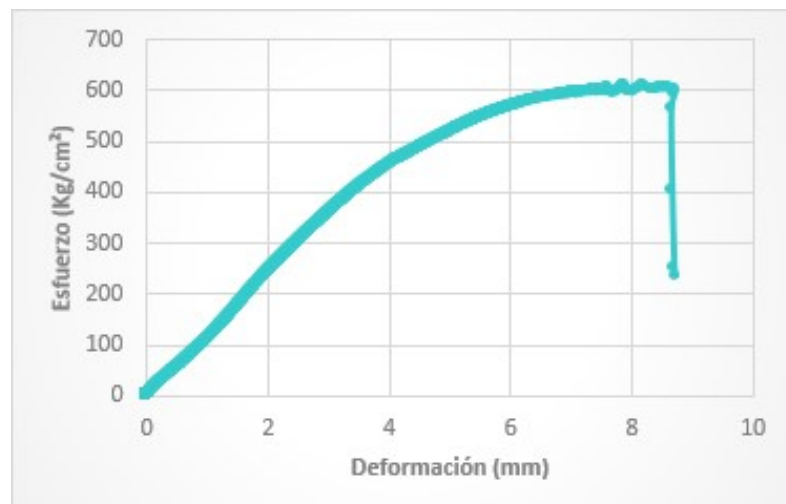


FIGURA 2.10: Curva de esfuerzo y deformación del cartón grande. Fuente: elaboración propia

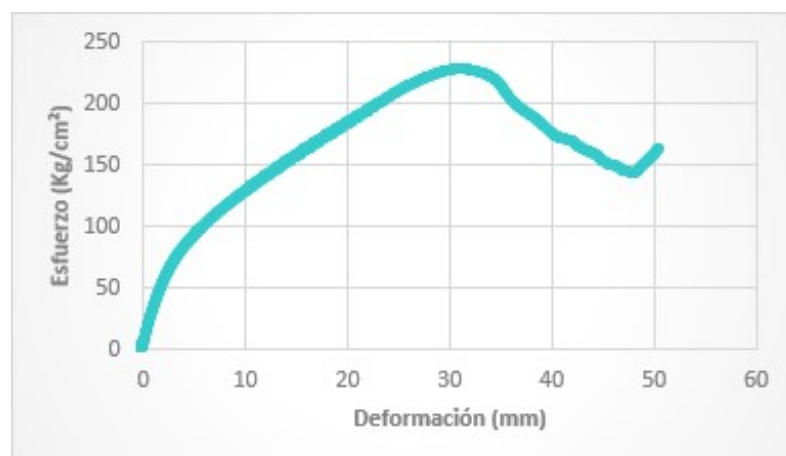


FIGURA 2.11: Curva de esfuerzo y deformación del aserrín molido. Fuente: elaboración propia

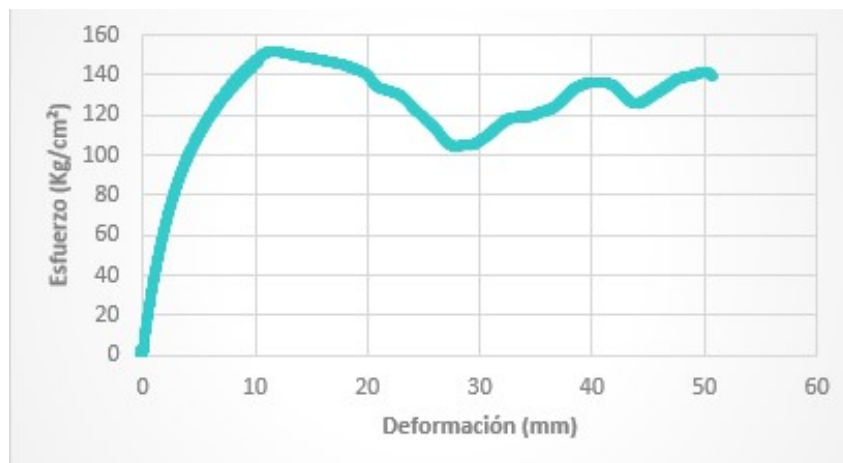


FIGURA 2.12: Curva de esfuerzo y deformación del cartón mediano. Fuente: elaboración propia

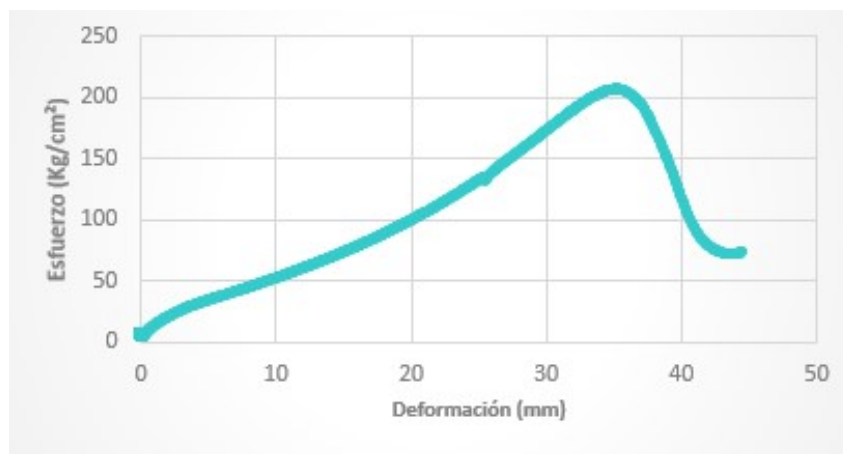


FIGURA 2.13: Curva de esfuerzo y deformación de la fibra de aserrín. Fuente: elaboración propia

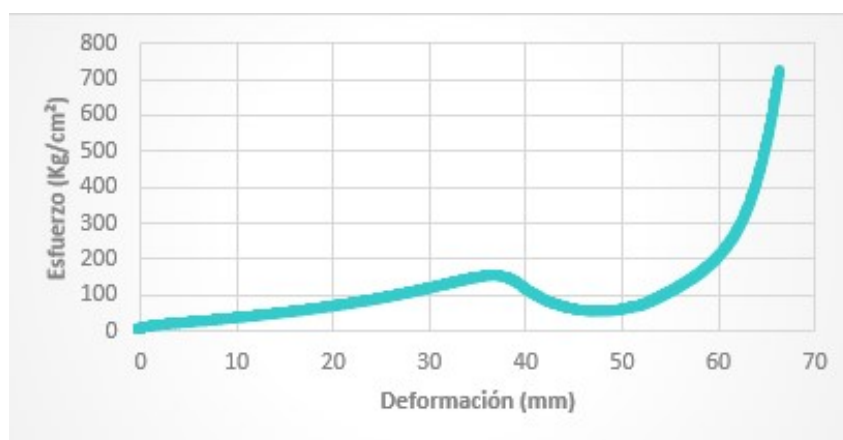


FIGURA 2.14: Curva de esfuerzo y deformación de la viruta. Fuente: elaboración propia

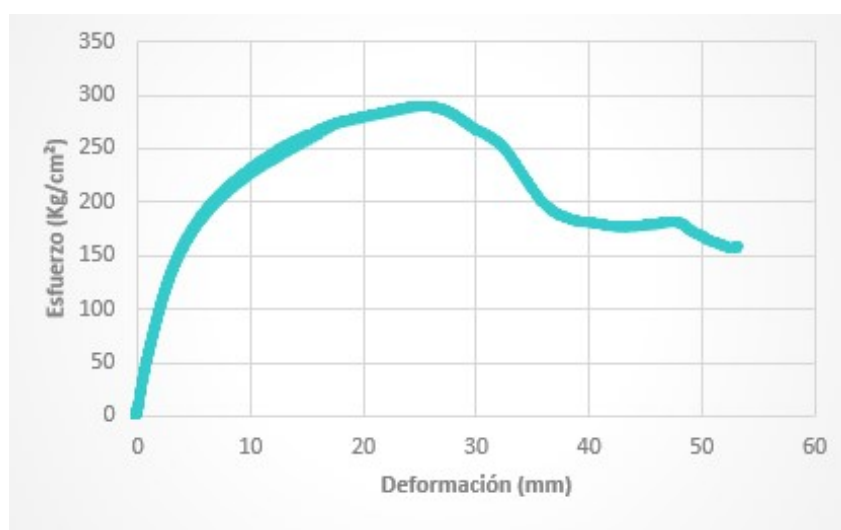


FIGURA 2.15: Curva de esfuerzo y deformación de la resina con color turquesa. Fuente: elaboración propia

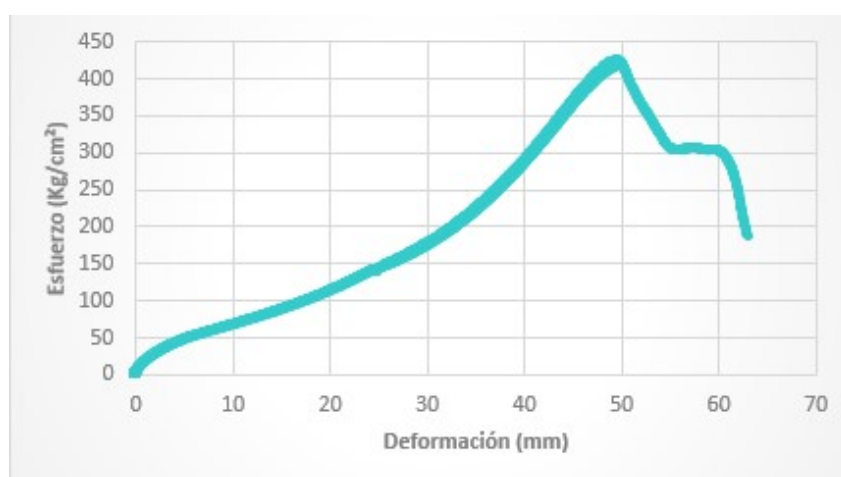


FIGURA 2.16: Curva de esfuerzo y deformación del cartón licuado. Fuente: elaboración propia

2.2.3. Ensayo de absorción de agua

Se llevó a cabo el ensayo de absorción de agua siguiendo la normativa ASTM D570. En este ensayo, las muestras de prueba se sumergieron en una bandeja de agua durante un período de 24 horas. Luego, se secaron las muestras por fuera y se pesaron en una balanza eléctrica para obtener su peso saturado. Posteriormente, las muestras fueron colocadas en un horno de secado a una temperatura constante de 110 °C durante 24 horas (ver figura 2.17 y 2.18). Esto permitió que las muestras se secaran completamente tanto en su interior como en su exterior. Finalmente, se volvieron a pesar en una balanza eléctrica para obtener los datos en gramos, los cuales fueron registrados y utilizados en el análisis posterior. En la siguiente tabla se observan los valores obtenidos.

$$a = \frac{(Ma - Ms)}{Ms} \times 100$$

Donde:

a = absorción de agua (%)

Ma = masa de la probeta saturada en agua (gr)

Ms = masa de la probeta seca (gr)



FIGURA 2.17: Procesos para la prueba de absorción de agua. Fuente: elaboración propia



FIGURA 2.18: Foto del horno industrial. Fuente: elaboración propia. Nota: horno utilizado para la prueba de absorción de agua.

Tabla 2.3: Ensayo de absorción de agua. Fuente: elaboración propia

Muestra	Masa de la probeta saturada en agua (gr)	Masa de la probeta seca (gr)	Absorción de agua (%)
Cartón de Color	30	26	15,38
Resina Dorada	33	29	13,79
Cartón Grande	31	26	19,23
Aserrín Molido	31	25	24
Cartón Mediano	30	26	15,38
Aserrín Fibra	30	26	15,38
Viruta	33	27	22,22
Resina Turquesa	36	31	16,12
Cartón Licuado	29	23	26,08

Nota: ensayo realizado en los laboratorios de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Católica de Cuenca

2.2.4. Ensayo de densidad

El ensayo se llevó a cabo siguiendo las directrices establecidas por la normativa ASTM D792. En este procedimiento, las muestras de prueba fueron pesadas utilizando una balanza eléctrica para obtener los datos en gramos. Posteriormente, se utilizó un equipo de flotabilidad en el cual se colocaron las muestras una por una en un cable y se sumergieron lentamente en agua, ver figura 2.17. Este equipo de flotabilidad permitió medir el peso de la muestra sumergida en el tanque, obteniendo así otros datos en gramos. Luego de ello a estos datos se les aplica la siguiente fórmula para obtener la densidad relativa:

$$dr = \frac{a}{a - b}$$

Donde:

dr = densidad relativa (adimensional)

a = masa del espécimen

b = masa del espécimen en el agua

Luego de obtener los datos de la densidad relativa, dichos datos son reemplazados en una nueva fórmula para obtener la densidad la cual viene expresada:

$$D = dr \times (\gamma \text{ agua})$$

Donde:

D = Densidad (Kg/m^3)

dr = densidad relativa (adimensional)

γ = Peso específico del agua (Kg/m^3)



FIGURA 2.19: Proceso para la prueba de densidad. Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla

Tabla 2.4: Ensayo de densidad. Fuente: elaboración propia.

Muestra	Masa de la muestra en el aire (gr)	Masa de la muestra en el agua (gr)	Densidad Relativa (sin unidades)	Densidad (kg/m^3)
Cartón de Color	30	2	1,071	1071
Resina Dorada	33	3	1,1	1100
Cartón Grande	31	3	1,107	1107
Aserrín Molido	31	3	1,107	1107
Cartón Mediano	30	2	1,071	1071
Aserrín Fibra	30	2	1,071	1071
Viruta	33	3	1,1	1100
Resina Turquesa	36	4	1,125	1125
Cartón Licuado	29	0	1	1000

Nota: ensayo realizado en los laboratorios de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Católica de Cuenca

Resultados

Se llevaron a cabo ensayos en los materiales (cartón, resina y fibra) con el objetivo de desarrollar un panel de revestimiento adecuado para espacios residenciales. Se realizaron cuatro ensayos: flexión, compresión, absorción de agua y densidad del material.

El propósito era obtener los dos mejores resultados en cada prueba y tomar una decisión sobre la fabricación del panel de revestimiento., a partir de estos datos se crearon probetas de diferentes formas (rectangular, cilíndrica y cuadrada) según lo requerido por las normas, para someterlas a las pruebas mencionadas.

En la prueba de flexión, se encontró que la resina dorada era la más adecuada en términos de flexibilidad y resistencia. La probeta de resina dorada mostró un esfuerzo máximo de 37 Mpa, superando a las demás, seguida por la resina turquesa con 29 Mpa. Estas dos probetas se convirtieron en las finalistas en la prueba de flexión. Ver tabla 5.

Tabla 3.1: Resultado del ensayo de flexión. Fuente: elaboración propia

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Masa (gr)	Esfuerzo Máximo (Mpa)
Cartón de Color	15	3	0,7	50,66	25
Resina Dorada	15	3	0,7	56,31	37
Cartón Grande	15	3	0,7	57,61	14
Aserrín Molido	15	3	0,7	56,39	8
Cartón Mediano	15	3	0,7	54,22	17
Aserrín Fibra	15	3	0,7	53,35	8
Viruta	15	3	0,7	61,37	9
Resina Turquesa	15	3	0,7	55,68	29
Cartón Licuado	15	3	0,7	50,1	24

Nota: ensayo realizado en los laboratorios de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Católica de Cuenca

En la prueba de compresión, se determinó que el material de viruta era el más idóneo en términos de resistencia a la compresión. La probeta de material de viruta obtuvo un esfuerzo máximo de 720 Kg/cm², superando al resto, seguida por el cartón grande con 611 Kg/cm². Estas dos probetas se convirtieron en las finalistas en la prueba de compresión. Ver tabla 3.2.

Tabla 3.2: Resultado del ensayo de compresión. Fuente: elaboración propia

Muestra	Largo (cm)	Diámetro (cm)	Masa (gr)	Esfuerzo máximo (Kg/cm²)
Cartón de Color	9	4,5	160,69	113
Resina Dorada	9	4,5	150,47	186
Cartón Grande	9	4,5	161,71	611
Aserrín Molido	9	4,5	149,43	226
Cartón Mediano	9	4,5	153,33	151
Aserrín Fibra	9	4,5	149,7	206
Viruta	9	4,5	158,84	720
Resina Turquesa	9	4,5	156,88	289
Cartón Licuado	9	4,5	102,44	423

Nota: ensayo realizado en los laboratorios de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Católica de Cuenca

En la prueba de absorción de agua, se determinó que la resina dorada era la más adecuada al absorber la menor cantidad de líquido. La probeta de resina dorada mostró un resultado de absorción de agua del 13,79 %, menor que las demás, seguida por el cartón de color con 15,38 %. Estas dos probetas se convirtieron en las finalistas en la prueba de absorción de agua. Ver tabla 3.3.

Tabla 3.3: Resultado del ensayo de absorción de agua. Fuente: elaboración propia

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Masa (gr)	Absorción de agua (%)
Cartón de Color	5	5	0,5	30,1	15,38
Resina Dorada	5	5	0,5	33,1	13,79
Cartón Grande	5	5	0,5	31,4	19,23
Aserrín Molido	5	5	0,5	31,06	24
Cartón Mediano	5	5	0,5	30,12	15,38
Aserrín Fibra	5	5	0,5	30,44	15,38
Viruta	5	5	0,5	32,39	22,22
Resina Turquesa	5	5	0,5	35,85	16,12
Cartón Licuado	5	5	0,5	26,97	26,08

Nota: ensayo realizado en los laboratorios de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Católica de Cuenca

En la prueba de densidad del material, se determinó que el cartón licuado era el más ligero, con una densidad de 1000 kg/m³, menor que las demás. El cartón de color ocupó el segundo lugar con 1071 kg/m³. Estas dos probetas se convirtieron en las finalistas en la prueba de densidad del material. Ver tabla 3.4.

Tabla 3.4: Resultado del ensayo de densidad. Fuente: elaboración propia

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Masa (gr)	Densidad (Kg/m ³)
Cartón de Color	5	5	0,5	30,1	1071
Resina Dorada	5	5	0,5	33,1	1100
Cartón Grande	5	5	0,5	31,4	1107
Aserrín Molido	5	5	0,5	31,06	1107
Cartón Mediano	5	5	0,5	30,12	1071
Aserrín Fibra	5	5	0,5	30,44	1071
Viruta	5	5	0,5	32,39	1100
Resina Turquesa	5	5	0,5	35,85	1125
Cartón Licuado	5	5	0,5	26,97	1000

Nota: ensayo realizado en los laboratorios de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Católica de Cuenca

Finalmente, se realizó una tabla comparativa de los datos de estas pruebas, seleccionando dos probetas como los mejores resultados para crear el panel de revestimiento para paredes en diferentes espacios de una vivienda (ver tabla 3.5). Según la tabla, la mejor probeta fue la resina dorada, que se aplicará en un espacio social debido a sus características estéticas. La segunda probeta seleccionada fue el cartón de color, que se utilizará en un espacio privado también por sus características estéticas y adecuación a dicho espacio.

Tabla 3.5: Resultados de los ensayos según normativas ASTM. Fuente: elaboración propia

Ensayo	Método de prueba	Unidad	Muestra	Resultado
Esfuerzo Flexión	ASTM D790	Mpa	Resina Dorada	37
Esfuerzo Compresión	ASTM D695	Kg/cm ²	Viruta	720
Absorción de agua	ASTM D570	%	Resina Dorada	14
Densidad	ASTM D792	Kg/m ³	Cartón Licuado	1000

Nota: ensayo realizado en los laboratorios de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Católica de Cuenca

Para el proyecto de revestimiento, se crearon múltiples muestras y se llevaron a cabo experimentos para identificar las mejores opciones. Las muestras que arrojaron los mejores resultados en las pruebas y que además ofrecieron una apariencia estética atractiva fueron las seleccionadas. Estas muestras no solo cumplen con los criterios de rendimiento, sino que también contribuirán a mejorar la estética y la ambientación de los espacios.

Después de los ensayos que se realizaron, tomando en cuenta los mejores resultados de las pruebas se llega a fabricar dos paneles tanto el mejor resultado que fue la resina dorada y la segunda mejor el cartón de color nombradas así. Se llega a fabricar un panel hexagonal con dimensiones de 30 x 30 centímetros tanto de ancho como de largo y con una profundidad de 2,5 centímetros. Estos paneles nos servirán para poder revestir tabiques interiores en una vivienda dando más vida al espacio, mejorando la estética del lugar, dando dos tipos de soluciones el primer panel para un espacio social en este caso en

una sale y el segundo panel para ser colocado en un espacio privado en este caso en un dormitorio.

Para la creación de las dos propuestas se utilizaron los siguientes materiales como base: en el primer caso se emplearon 1200 gramos de resina, 430.90 gramos de cartón y 0.5 gramos de pigmento. En el segundo panel, se utilizó una cantidad similar de materiales, con 1200 gramos de resina, 527.90 gramos de cartón y 0.1 litros de pintura turquesa. Estas cantidades exactas fueron las seleccionadas para las dos propuestas que arrojaron los mejores resultados en las pruebas y posteriormente fueron elaboradas para su aplicación.

Se ha realizado una exhaustiva investigación para encontrar la solución óptima para asegurar los paneles a la pared, teniendo en cuenta aspectos estéticos y funcionales. El objetivo principal es mejorar el aspecto interior del espacio de manera óptima.

Luego de considerar diversas alternativas, se ha llegado a la conclusión de que la forma más adecuada de asegurar los paneles es mediante tres perforaciones de un centímetro de diámetro en el panel, realizadas con un molde específico. Estas perforaciones permitirán encajar tres pernos de dos pulgadas y media que están anclados en la tabiquería y sobresalen un centímetro, permitiendo un ajuste preciso.

Para garantizar una sujeción sólida, se aplicará una cantidad mínima de silicona transparente en las perforaciones del panel. Finalmente, se utilizará un martillo de goma para dar golpes suaves y asegurarse de que las piezas queden firmemente fijadas a la pared. Este enfoque garantiza la seguridad y la estética en la instalación de los paneles. (Ver figura 3.1 a la 3.4) (Ver anexo 4)



FIGURA 3.1: Resina dorada (vista frontal). Fuente: elaboración propia.



FIGURA 3.2: Resina dorada (vista en perspectiva) Fuente: elaboración propia.



FIGURA 3.3: Cartón de color (vista frontal). Fuente: elaboración propia.



FIGURA 3.4: Cartón de color (vista en perspectiva). Fuente: elaboración propia.

Para su aplicación, se presentan renders realistas (ver figuras 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8) que muestran cómo luciría el material en los diferentes espacios propuestos. Esto permite presentar y promocionar el material al público como una opción estética para revestir paredes en viviendas, brindando un enfoque estético a las mamposterías.



FIGURA 3.5: Revestimiento con resina dorada (vista frontal). Fuente: elaboración propia.



FIGURA 3.6: Revestimiento con resina dorada (perspectiva). Fuente: elaboración propia.

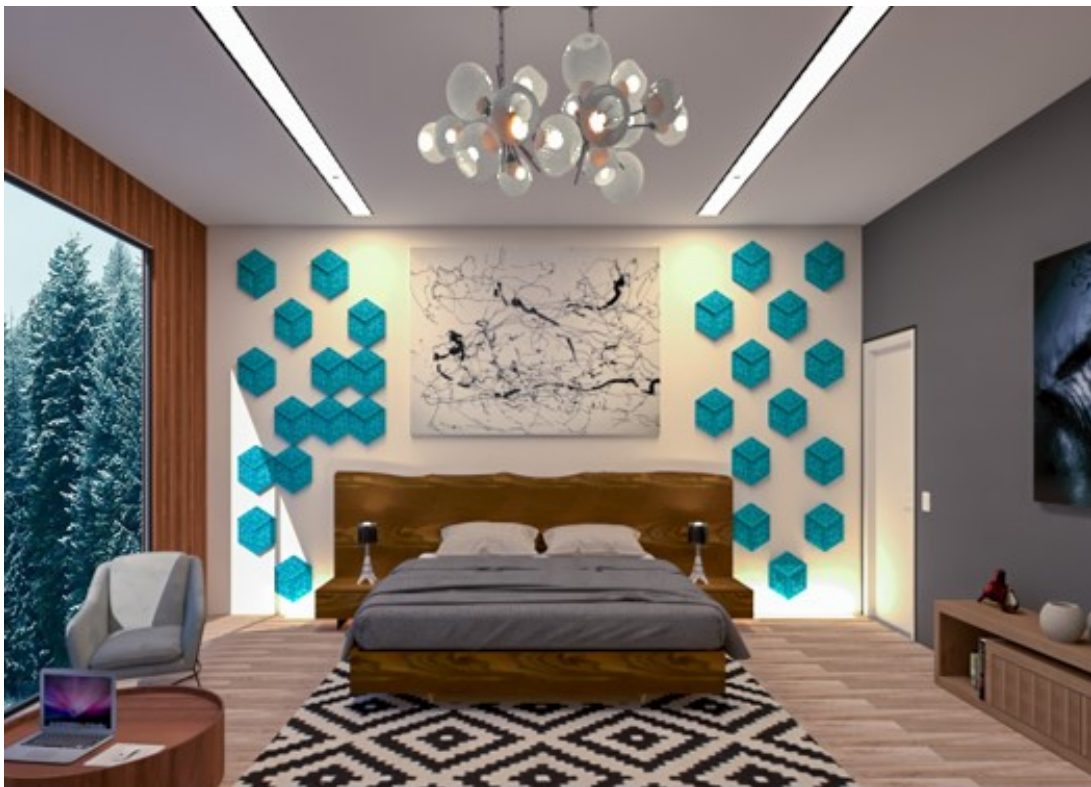


FIGURA 3.7: Revestimiento con cartón de color (vista frontal). Fuente: elaboración propia.



FIGURA 3.8: Revestimiento con cartón de color (perspectiva). Fuente: elaboración propia.

Además, se realizó una tabla comparativa de costos (ver tabla 3.6) para evaluar el precio del panel en comparación con otro material de revestimiento ya existente en el mercado. Este análisis proporciona información sobre la viabilidad y la competencia del nuevo material en el sector de la construcción. Se llevó a cabo un estudio de mercado para conocer los precios del material de comparación.

Se toma como ejemplo dos tipos de materiales de revestimiento como son el PVC de revestimiento y la piedra de revestimiento, cada uno de ellos se hizo un estudio para poder saber el precio unitario de cada uno de ellos, en donde el PVC viene en planchas de 2,60 x 1,49 metros, con un precio unitario de 41,65 dólares por plancha y la piedra viene en las piedras ya trabadas en plancha con dimensiones de 40 x 15 centímetros, con un precio unitario de 2,38 dólares por plancha. Para ello después se realizan varios cálculos donde podemos saber cuánto será el costo por metro cuadrado de estos dos materiales.

En cambio, con nuestras dos piezas fabricadas que fueron la una denominada como resina dorada, que contiene cartón triturado, resina y finalmente pigmento. El costo del cartón utilizado fue de 0,02 centavos, la resina en la cantidad que utilizamos para el panel fue de 20 dólares y finalmente el pigmento es un mínimo utilizado del costo de 0,01 centavos, con un costo total de 20,03 dólares por panel.

En el segundo caso la pieza se denominó cartón de color, en donde contiene cartón triturado, pintura de agua y resina. El costo del cartón utilizado fue de 0,02 centavos, la pintura de agua utilizada tuvo el costo de 0,85 centavos y finalmente la resina con un costo de 20 dólares, con un costo total de 20,87 dólares por panel.

Tabla 3.6: Comparación de costos. Fuente: elaboración propia

Materiales	Precio unitario (por pieza)	Piezas (1 m²)	Precio en 1 m² de revestimiento (\$)	Piezas (2,5 x 3 m)	Precio de revestimiento en un tabique de 2,50 x 3 m (\$)	Precio de mano de obra (\$)	Total (\$)
PVC	41,65	1	20,83	4	166,66	25	191,66
Piedra	2,38	21	49,98	158	376,04	100	476,04
Resina dorada	20,03	9	180,27	68	1362,04	45	1407,04
Cartón de color	20,87	9	187,83	68	1419,16	45	1464,16

Nota: revestimientos realizados en los laboratorios de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Católica de Cuenca

La tabla está dividida en distintos apartados que se consideraron adecuados para su organización. En primer lugar, se presenta el precio unitario de cada pieza, tanto del material de PVC, piedra y paneles utilizados en el proyecto. Luego, se indica la cantidad de piezas necesarias para cubrir un metro cuadrado, completándose con el costo total por metro cuadrado.

El siguiente apartado se muestra un ejemplo de aplicación en un muro de dimensiones 2,50 x 3 metros. En esta sección, se detalla la cantidad de piezas necesarias para revestir dicha pared, y se proporciona el costo total para cubrir esa superficie.

Finalmente, se toma en cuenta el costo de la mano de obra para la instalación de los revestimientos. Estos costos se suman al monto mencionado anteriormente, proporcionando así un total que incluye tanto los materiales como la mano de obra.

Conclusiones

- En el proceso de evaluación de diferentes materiales, se realizaron pruebas para determinar sus propiedades y rendimiento en tres áreas específicas: flexibilidad y resistencia, resistencia a la compresión y absorción de agua, así como densidad del material.
- En la primera prueba, que evaluaba la flexibilidad y resistencia de los materiales, se encontró que la resina dorada demostró ser la más adecuada, ya que mostró una mayor capacidad para flexionarse sin romperse y mantener su integridad estructural. Le siguió de cerca la resina turquesa, que también demostró ser bastante resistente a la flexión. Ambas resinas fueron seleccionadas como finalistas para la prueba de flexión debido a su destacado desempeño en esta área.
- En la segunda prueba, enfocada en la resistencia a la compresión de los materiales, el material de viruta destacó como el más idóneo, mostrando una gran capacidad para soportar fuerzas de compresión sin sufrir daños significativos. En segundo lugar, el cartón grande también demostró ser bastante resistente en esta prueba. Por lo tanto, estos dos materiales se convirtieron en los finalistas para la prueba de compresión, ya que se destacaron en su capacidad para soportar cargas de compresión.
- En cuanto a la tercera prueba, que evaluaba la absorción de agua de los materiales, se descubrió que la resina dorada mostró ser la más adecuada en esta área, ya que absorbió una menor cantidad de agua en comparación con los otros materiales probados. El cartón de color ocupó el segundo lugar en esta prueba, mostrando una buena resistencia a la absorción de agua. Por lo tanto, estas dos probetas se convirtieron en las finalistas para la prueba de absorción de agua debido a su capacidad para resistir la penetración y absorción de líquidos.
- Finalmente, en la cuarta prueba, que evaluaba la densidad del material, el cartón licuado resultó ser el material más ligero de todos los probados, lo que significa que tiene una menor masa en relación con su volumen. En segundo lugar, el cartón de color mostró una densidad un poco mayor, pero aún más ligera en comparación con los demás materiales. Por lo tanto, estas dos probetas fueron seleccionadas como finalistas para la prueba de densidad del material debido a su menor peso y capacidad para ocupar menos espacio en relación con su masa.
- Tras las pruebas realizadas en cada área, la resina dorada y la resina turquesa destacaron en flexibilidad y resistencia, el material de viruta y el cartón grande se destacaron en resistencia a la compresión, la resina dorada y el cartón de color mostraron un buen rendimiento en la absorción de agua, y el cartón licuado y el cartón

de color se destacaron en términos de menor densidad. Estos resultados ayudaron a seleccionar las finalistas para cada prueba, proporcionando una evaluación completa y objetiva de las propiedades de los diferentes materiales.

- Después de analizar los datos comparativos de nuestro material en relación con otros disponibles en el mercado, hemos identificado que no es la opción más óptima debido a su inversión considerablemente mayor en comparación con otros competidores en términos de precio. Además, no cumple con los requisitos de sostenibilidad, ya que el uso de resina impulsa significativamente los costos de producción.
- El enfoque principal del proyecto se centra en la estética, y la elección de utilizar resina se hizo con la intención de mejorar la apariencia de la propuesta y realzar el aspecto del cartón y sus adiciones. En este sentido, sería prudente considerar una alternativa en la que se reduzca al mínimo el uso de resina, priorizando en su lugar la contribución del cartón. Esto podría ayudar a reducir los costos de producción de la pieza de revestimiento, permitiendo una mayor competitividad en el mercado y cumpliendo con los requisitos de reciclaje.

Recomendaciones

- Para asegurar un adecuado anclaje de la pieza, es importante considerar dos aspectos. En primer lugar, al momento de retirar la pieza del molde, es recomendable que los tres orificios de anclaje se encuentren en la parte posterior para evitar la necesidad de realizar perforaciones adicionales en la pieza, lo que podría dañarla.
- En segundo lugar, es esencial reforzar la tabiquería para que los pernos sobresalgan y permitan un anclaje efectivo de la pieza. Se sugiere aplicar una pequeña cantidad de silicona en los orificios del panel para asegurar una fijación sólida.
- En cuanto a la composición del panel, se recomienda investigar y proponer una combinación de materiales con un 85 % de cartón y un 15 % de resina. Esto permitiría cumplir mejor con los objetivos de la investigación de paneles de revestimiento.
- Para reducir aún más los costos de producción, se puede considerar el uso de un material más económico con propiedades translúcidas, sin comprometer su valor estético. Esto ayudaría a lograr un resultado estético satisfactorio, mejorar el espacio interior y reducir los costos de fabricación.

Referencias

- Acero, M., y Álvarez, F. (2013). *Análisis técnico económico para el reciclaje de aceites de cocina (acu)* (Tesis de grado).
- Ahmad, A., Adil, M., Khalil, A., y Rahman, M. (2021). Mechanical properties and durability of boardcrete blocks prepared from recycled cardboard. *Journal of Building Engineering*.
- Albañil, J., y Ortega, C. (2019). *Evaluación del aprovechamiento de caucho de neumáticos reciclados para la fabricación de mampuestos termoacústicos*. Universidad Piloto de Colombia.
- Alvarez, C. (2013). *Reciclaje y su aporte en la educación ambiental*. Universidad Rafael Landívar.
- Angumba, P. (2016). *Ladrillos elaborados con plástico reciclado (pet), para mampostería no portante*. Universidad de Cuenca.
- ARPAL ALU. (2020). *Reciclado de aluminio*. <https://aluminio.org/files/formacion-formadores-2020.pdf>.
- Bolaños, J. (2015). *Estudio del uso de materiales reciclados como hormigones, cerámicas y otros productos de derrocamiento o desperdicio de obra como agregados para un hormigón*. Universidad Internacional del Ecuador, Quito.
- Bozzano, B. (2017). *Acabados y revestimientos en el diseño de arquitectura de tierra*. Universidad de la República.
- Burneo, D. (2020). *Evaluación económica de una planta de recuperación de material reciclado en cuenca-ecuador*. Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Carrasco, R. (2018). *Aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de riobamba, análisis de costo e impacto ambiental*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Castillo, N., Kerly, B., y Susana, S. (2019). Elaboración de un panel aislante térmico a base de cartón y tapones de corcho reciclado para viviendas de interés social en la parroquia el salto ciudad de babahoyo, ecuador. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 1-11.
- Chemifloor. (2021). *Características de las resinas epoxi*. Online. Descargado de <https://chemifloor.net/caracteristicas-de-las-resinas-epoxi-a144/>

-
- Dobón, B. (2018). *Materiales de construcción reciclados y reutilizados para la arquitectura sostenible* (Tesis de Fin de Grado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, Spain.
- DS SMITH. (2019). *Ventajas del cartón para el medio ambiente*. <https://www.dssmith.com/es/tecnicarton/sobrettecnicarton/noticias/2019/6/ventajas-del-carton-para-el-medio-ambiente>.
- Euroinnova. (2023). *Cuáles son los beneficios de la fibra de madera*. <https://www.euroinnova.ec/blog/cuales-son-los-beneficios-de-fibra-de-madera>.
- Eurolab. (2023). *Prueba astm d570*. <https://www.labaratuar.com/es/testler/astm/astm-d570-testi/>.
- Ginés, S., y Vidal, J. (2017). *Descripción y optimización del uso del cartón en envase y embalaje*. Zaragoza.
- Glidden. (2023). *Aurum professional*. <https://www.pinturasglidden.com/products/interior-paint/aurumprofessional>.
- Herrera, R. (2018). *Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (pet), aplicados en la construcción de vivienda* (Tesis de Fin de Grado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Herrero, A. (2019). *Arquitectura reciclada: residuos como nuevos materiales de construcción*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Hussein, H., Alyaa, A., Bassam, T., Fadzil, Y., y Blessen, T. (2022). Effect of recycled waste glass on the properties of high-performance concrete: A critical review. *Case Studies in Construction Materials*, 17, e00920. doi: 10.1016/j.cscm.2022.e00920
- Infinitia Industrial Consulting. (2023). *Propiedades mecánicas*. Descargado de <https://www.infinitiaresearch.com/laboratorio-ingenieriaindustrial/propiedades-mecanicas/>
- Leonardo. (2019). *¿cómo es el proceso de reciclaje del papel y cartón?* Descargado de <https://www.leonardo-gr.com/es/blog/c-mo-es-el-proceso-de-reciclaje-del-papel-y-cart-n>
- Miranda, J. (2018). *Principales aplicaciones de la fibra de madera como aislamiento en el hogar*. Descargado de <https://madera-sostenible.com/madera/principales-aplicaciones-de-la-fibra-de-madera-como-aislamiento-en-el-hogar/>
- Nicolalde, K. (2018). *Caracterización mecánica y térmica de paneles tipo sánduche obtenidos a base de residuos de fibra de coco* (Tesis de Master no publicada). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Pellegrini, N., y Reyes, R. (2009). Reciclaje de papel en la universidad simón bolívar. *Revista de Investigación*, 67(33), 45-57.

-
- Peralta, J., Álvarez, A., y Gallego, J. (2018). Recycled asphalt pavement in granular layers: State of the art. *Construction and Building Materials*, 724–737.
- Quimicasnovelda. (2022). *¿qué es la resina epoxi?* Descargado de <https://www.quimicasnovelda.com/resinas/que-es-la-resina-epoxi/>
- Radosavljević, J., Đorđević, A., Vukadinović, A., y Nikolić, Z. (2018). Buildings from recyclable materials. En *Viii international conference industrial engineering and environmental protection 2018* (p. 501-506). Zrenjanin.
- Reciclaje de cartón y papel.* (2023). <https://reciclar.com.ec/servicios/>.
- Reyes, E. (2019). *Degradación enzimática de polímeros adhesivos presentes en el agua de proceso de la industria de cartón reciclado*. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Rodríguez, A., Aragón, J., y Ávalos, K. (2009). Cultura de reutilización y reciclaje en estudiantes de humanidades de primer y tercer grados. *Sociogénesis*.
- Sanmartín, G., Zhigue, R., y Alaña, T. (2016). El reciclaje: un nicho de innovación y emprendimiento con enfoque ambientalista. *Universidad y Sociedad*, 9(1), 36-40.
- SMV. (2019). *¿cómo es el proceso de reciclaje de cartón?* <https://www.smv.es/como-es-proceso-reciclaje-carton/>.
- Soto-Chávez, L., Ugalde-Vicuña, J., y Zambrano-Silva, D. (2020). El uso de las cajas de cartón corrugado como medio de embalaje y forjador de la conciencia ambiental. *Polo del Conocimiento*, 104-117.
- Torres, C., y Restrepo, Y. (2020). *Cartón tubular para la construcción de cerchas*. Universidad Gran Colombia.
- Vanegas, P. (2019). El reciclaje es parte del manejo sostenible de materiales. *Cuenca: UCUENCA*.
- Villacís, D. F. (2013). *El plástico reciclado como elemento constructor de la vivienda*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Villegas, A. (2012). *Uso de materiales reciclados para la construcción* (Tesina). Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

1. Emplazamiento general





2. Materiales utilizados

Cartón de color



Cartón grande



Aserrín grande



Cartón mediano



Aserrín molido



Cartón licuado

Viruta



Pigmento turqueza



Pigmento dorado



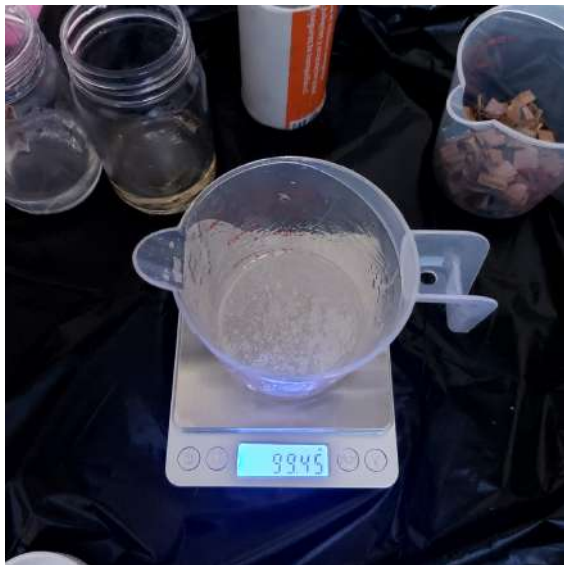
Resina 1:1



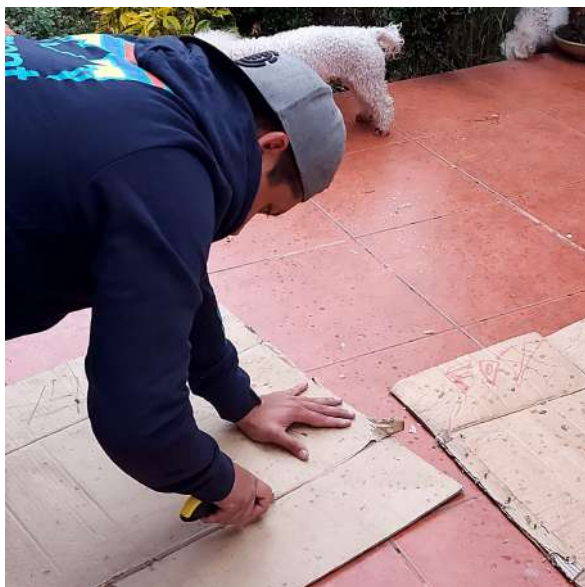
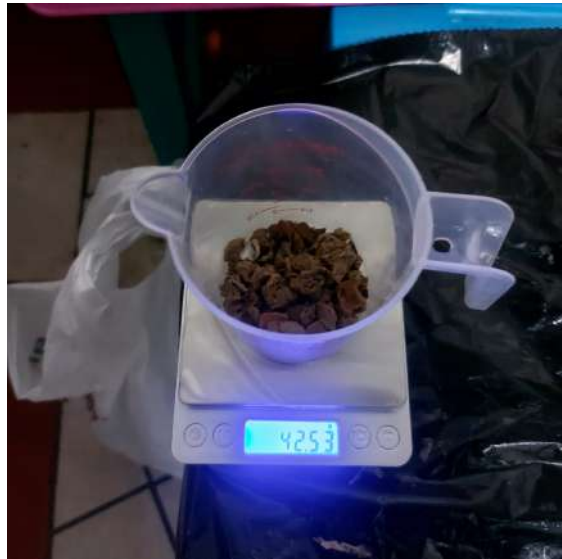
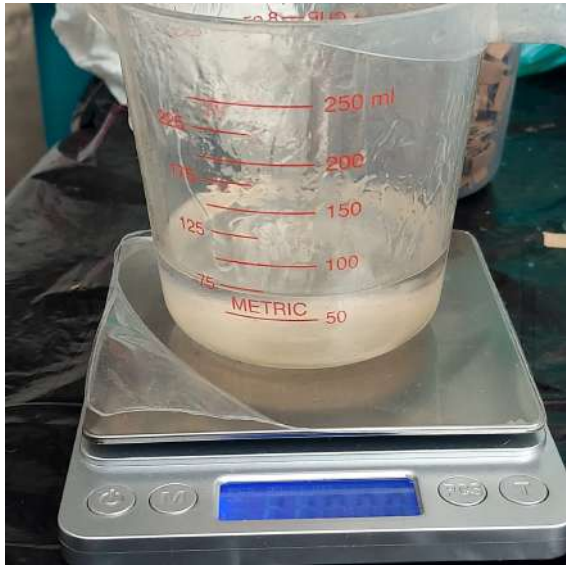
Resina 3:1

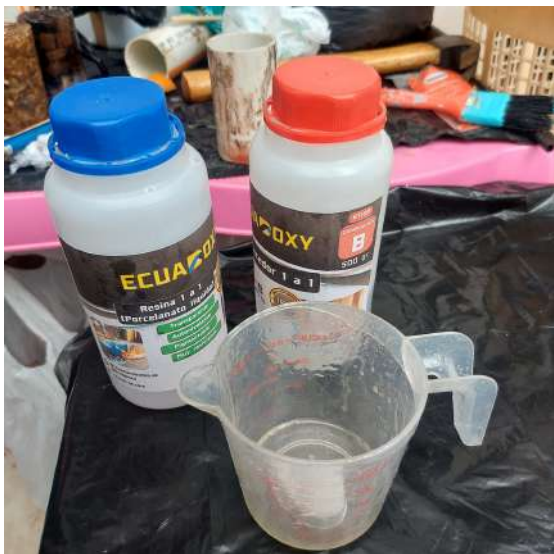


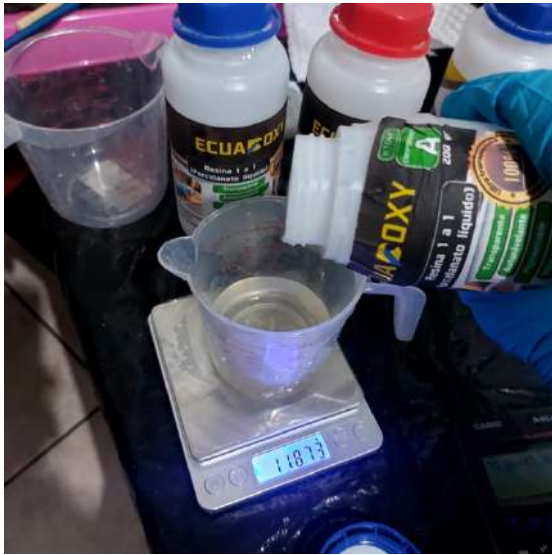
3. Colocado del material

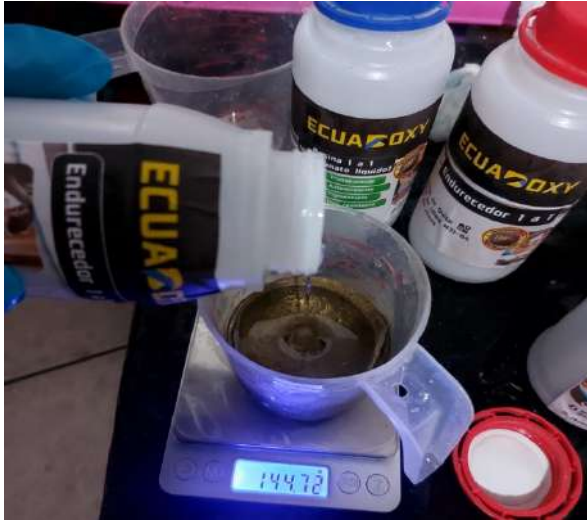














4. Sistema de anclaje de revestimiento

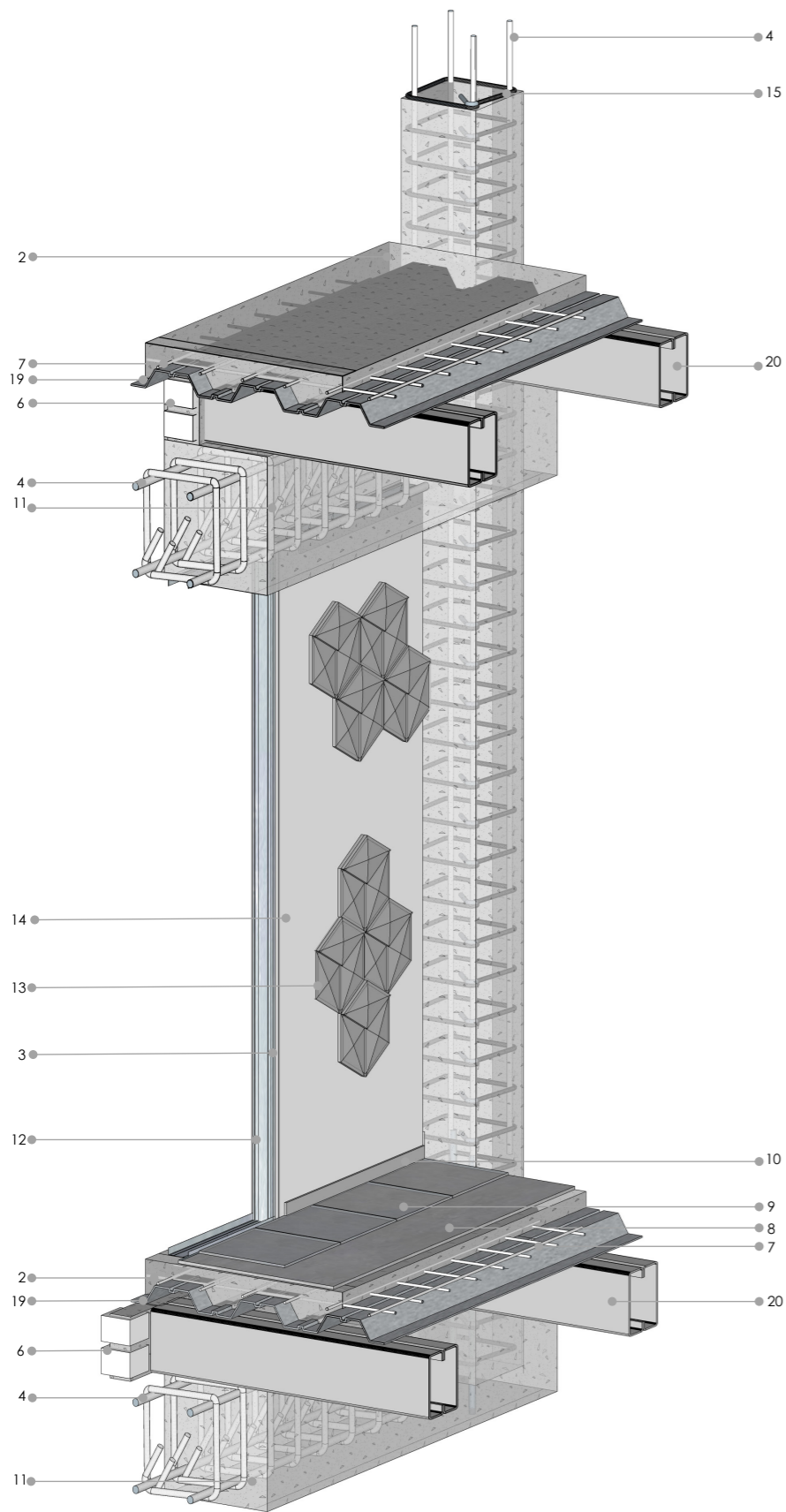
LEYENDA DE MATERIALES

- 1. Hormigón 210 Kg/cm².
- 2. Hormigón de 240 kg/cm².
- 3. Plancha de gypsum de 1,22m x 2,44 y espesor de 1 cm.
- 4. Varrillas de 14mm de diámetro.

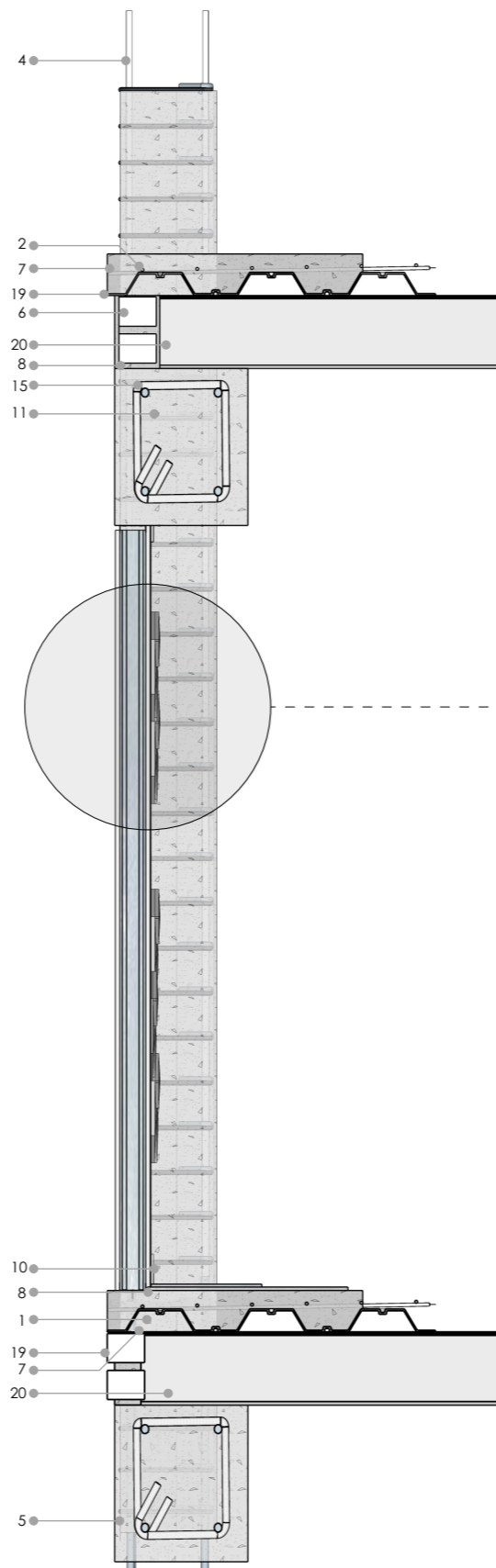
- 5. Varrillas de 12mm de diámetro.
- 6. Ladrillo de 12cm x 24 cm de largo y espesor de 8 cm.
- 7. Malla electrosoldada R 84 en medidas de 2,40 m x 1,20m.
- 8. Mortero 1:4 (1 de cemento y 4 de arena).

- 9. Porcelanato de 60x60 cm y 8mm de espesor.
- 10. Rastrera de 10 cm de peralte y 2 cm de espesor.
- 11. Viga para losa de 36,5x 43 cm con barillas de 14mm y estribos de 12mm colocados cada 15 cm.
- 12. Omega de 6 m x 7 cm de espesor 2 mm, colocado cada 80 cm.
- 13. Pieza hexagonal de resina con cartón de 30 cm x 30 cm y 2,5 cm de espesor.
- 14. Empaste de 1,5 mm de espesor.
- 15. Estribos de 14 mm amarrados con alambre galvanizado número 8, colocados cada 15cm.
- 16. Tornillo autoperforante de 1'.

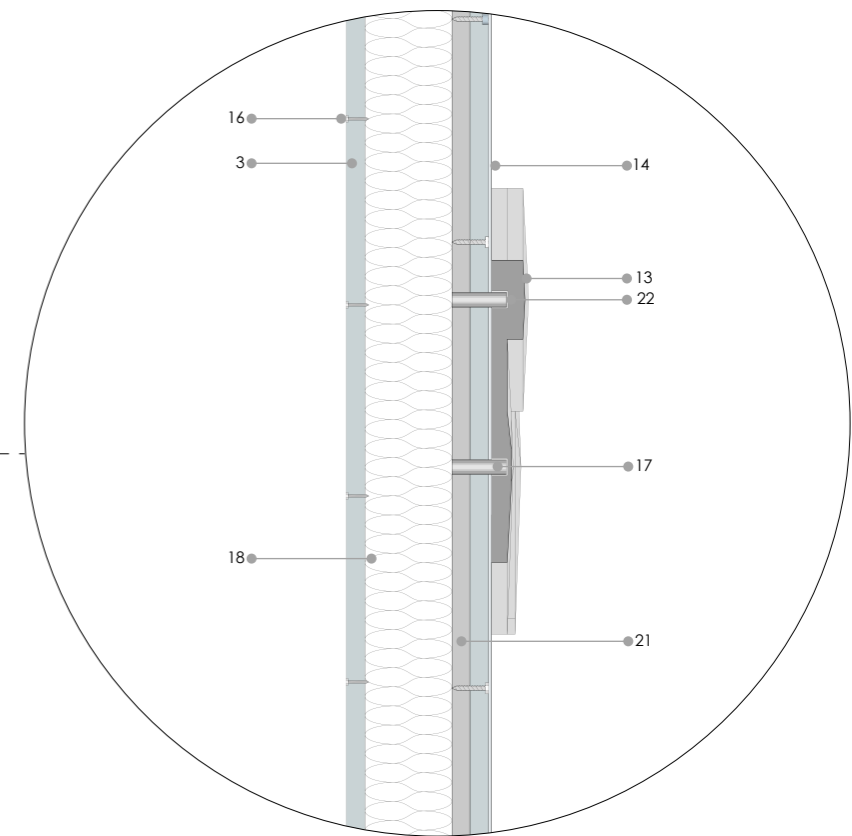
- 17. Piesa de acero para anclaje de paredes de 1y 1/2' y 1 cm Ø.
- 18. Poliuretano expandido.
- 19. Placa colaborante (6m x 0,80 cm).
- 20. Perfiles metálicos G (Alto 20 cm x 8 cm de ancho y espesor de 4 mm) electrosoldados, formando cajas de 20cm x 16 cm, separadas cada 85 cm.
- 21. Tablero OSB de 1,22 m x 2,44 m y espesor de 1cm.
- 22. Silicon translucido



PERSPECTIVA 1
ESCALA 1:30



SECCIÓN 1
ESCALA 1:30



SECCIÓN 2
ESCALA 1:10

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Juan Pablo Maldonado Hurtado portador de la cédula de ciudadanía N.º 0105384366. En calidad de auto y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "DISEÑO DE PROTOTIPO DE REVESTIMIENTO DE CARTÓN RECICLADO PARA TABIQUES INTERIORES" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 17 de noviembre de 2023


F:
Juan Pablo Maldonado Hurtado
0105384366