

REDIVIVUS

SHARON MELIZA MURCIA ROMERO

Fundación Universitaria Jorge Tadeo Lozano
Ignífugo
de Proyecto de Grado
Bogotá
2017

REDIVIVUS
“AGLOMERADO CEMENTANTE Y PAPEL RECICLADO, APLICADO A UN SISTEMA
MODULAR DE JARDINES VERTICALES”.

Trabajo de grado para optar el título de Diseñador Industrial

SHARON MELIZA MURCIA ROMERO

Erick Hansen Gómez
Leonardo Vásquez Miranda

Fundación Universitaria Jorge Tadeo Lozano
Facultad de Diseño Industrial
Monografía de Proyecto de Grado
Bogotá
2017

Nota de Aceptación

LEONARDO VÁSQUEZ MIRANDA
Diseñador Industrial

ERICK HANSEN GÓMEZ
Diseñador Industrial

JUDITH AMPARO RODRÍGUEZ AZAR
Diseñadora Industrial

Bogotá, 30 de noviembre de 2017

Dedicado a mi hijo Isham Santiago,
motor de este trabajo quien alimenta mis sueños

Y a quien deseo heredar un mundo mejor.



Agradecimientos

Mis agradecimientos nacen del alma, para mi madre, por brindarme su incansable apoyo; y a mi hijo por ser mi mundo y la fuerza del día a día.

A mis profesores que, a lo largo de mi carrera y mi vida me han dejado su sabiduría, puedo decir gratamente que además de guiarme como profesional, me han enseñado que, como ser humano con miedos y defectos, siempre seré capaz de enfrentarlos y superarlos.

Gracias, muchas gracias a todos.

RESUMEN

TÍTULO: REDIVIVUS “aglomerado cementante y papel reciclado, aplicado a un sistema modular de jardines verticales”

AUTOR: Sharon Meliza Murcia Romero.

FACULTAD: Diseño Industrial.

DIRECTORES: LEONARDO VÁSQUEZ MIRANDA, Diseñador Industrial.
ERICK HANSEN GÓMEZ, Diseñador Industrial.

PALABRAS CLAVES: Mortero, Reciclaje, Pasta de Papel Reciclado, Cemento, Modularidad, Jardines Verticales, Riego por Goteo y Desarrollo de Productos.

La aplicación de nuevas técnicas constructivas y el desarrollo de materiales alternativos en la industria de la construcción e interiorismo han hecho, que en la actualidad sea posible generar propuestas que vayan acordes a las expectativas bio amigables e implementarlas con el propósito de diseñar y crear productos de mejor calidad, sin embargo, se continúan omitiendo aspectos importantes como la importancia del impacto que tienen los ciclos de vida de estos materiales en el medio ambiente y como afectan las decisiones de diseño en el perfil ecológico del producto.

Si bien, las decisiones orientadas a mejorar el perfil ecológico del producto les corresponden a grupos interdisciplinarios específicos; el diseño industrial tiene una relevancia particular por su injerencia en aspectos sensibles como: la elección de materiales, definición de componentes, ensambles, sistemas de producción, recomendaciones para mantenimiento y buen uso.

En Bogotá, existen claramente problemáticas medioambientales causadas por el mal manejo del relleno sanitario, pues queda en evidencia por la contaminación zonal y su deterioro medioambiental, la proliferación de plagas, malos olores, enfermedades más múltiples problemas que se despliegan y afectan directamente a los habitantes del sector. Situación que se ve agravada por las insuficientes acciones de reciclaje por parte del estado y la poca conciencia del tratamiento de las basuras por parte de la ciudadanía.

Es por esto por lo que es importante tomar decisiones orientadas a mitigar la cantidad de desperdicios que tienen los productos y con ello evitar mayor contaminación en el ambiente y entonces así buscar soluciones que optimicen el uso de los recursos potencialmente reciclables que están llegando al relleno sanitario.

En este documento se muestra el desarrollo de una propuesta de diseño que ha sido desarrollada como un intento de ser consecuente con la dialéctica de reciclaje y responsabilidad ambiental y se hace una aproximación por medio de la mezcla un elemento cementante y con pasta de papel proveniente de post consumo, es decir, de residuos de papel sólidos urbanos que entran dentro de la clasificación de reciclables, recalificando el concepto de un material considerado residuo y convirtiéndolo en materia prima y como resultante se materializa en elemento con cualidades de resistencia y la vez ligereza y con aplicaciones en el sector del diseño de interiores. Convirtiéndose en material principal para un sistema de jardines verticales.

ABSTRACT

TITLE: REDIVIVUS "cementitious agglomerate and recycled paper, applied to a modular system of vertical gardens".

AUTHOR: Sharon Meliza Murcia Romero

FACULTY: Industrial Design.

DIRECTORS: LEONARDO VASQUEZ MIRANDA, Industrial Designer.
ERICK HANSEN GÓMEZ, Industrial Designer.

KEY WORDS: Mortar, Recycling, Recycled Pulp, Cement, Modularity, Vertical Gardens, Drip Irrigation and Product Development.

The application of new construction techniques and the development of alternative materials in the construction and interior design industry have made it possible to generate proposals that are in line with bio-friendly expectations and implement them in order to design and create better quality products. However, important aspects such as the importance of the impact of the life cycles of these materials on the environment and how design decisions affect the ecological profile of the product continue to be omitted.

Although decisions aimed at improving the ecological profile of the product are the responsibility of specific interdisciplinary groups, industrial design has a particular relevance due to its involvement in sensitive aspects such as: choice of materials, definition of components, assemblies, production systems, recommendations for maintenance and proper use.

In Bogotá, there are clearly environmental problems caused by the poor management of the landfill, as evidenced by the contamination of the area and its environmental deterioration, the proliferation of pests, bad odors, diseases and multiple problems that unfold and directly affect the inhabitants of the sector. This situation is aggravated by the insufficient recycling actions on the part of the state and the lack of awareness of waste treatment on the part of the citizens.

This is why it is important to make decisions aimed at mitigating the amount of waste that products have and thus avoid further contamination of the environment and then seek solutions that optimize the use of potentially recyclable resources that are reaching the landfill.

This document shows the development of a design proposal that has been developed as an attempt to be consistent with the dialectic of recycling and environmental responsibility and an approach is made by mixing a cementitious element with paper pulp from post consumption, that is, from urban solid waste paper that fall within the classification of recyclable, requalifying the concept of a material considered waste and turning it into raw material and as a result materializes in an element with qualities of strength and lightness and with applications in the interior design sector. Becoming the main material for a vertical garden system.

Contenido

INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO 1.....	12
MARCO TEÓRICO	12
1.1 JUSTIFICACIÓN	13
1.2 PALABRAS CLAVES.....	15
1.3 ANTECEDENTES.....	17
1.4 HIPÓTESIS	17
CAPÍTULO 2.....	19
OBJETIVOS.....	19
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2.3 ALCANCE DEL PROYECTO Y LIMITACIONES	19
2.4 METODOLOGÍA DE DISEÑO - ECO DISEÑO	19
CAPÍTULO 3.....	21
EL PAPEL.....	21
3.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL PAPEL.....	21
3.2 CICLO DE VIDA DEL PAPEL.....	23
3.3 EL RECICLAJE DE PAPEL	24
CAPÍTULO 4.....	27
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	27
4.1 EL CEMENTO	27
4.2 PROPIEDADES FÍSICAS DEL CEMENTO	29
4.3 AGLOMERADOS A BASE DE CEMENTO.....	30
4.4 CICLO DE VIDA DE CEMENTO Y CONCRETO.....	32
4.5 RECICLAJE DE CEMENTO	33
4.6 ADITIVOS Y AGREGADOS AL CONCRETO	33
CAPÍTULO 5.....	12
EL MATERIAL REDIVIVUS.....	12
5.1 ACERCAMIENTO AL MATERIAL	12
5.2 PRODUCCIÓN DESARROLLO DEL MATERIAL.....	15
5.3 PROPIEDADES PRINCIPALES DEL MATERIAL	17
5.4 PRUEBAS SOBRE EL MATERIAL.....	20

5.5 COMPARATIVO DE MATERIALES PAPEL / CEMENTO / REDIVIVUS	25
5.6 RESULTADOS DE LABORATORIO	25
CAPÍTULO 6.....	30
ASPECTO PROYECTUAL.....	30
6.1 HISTORIA DEL ARTE O REFERENTES	33
6.2 TOMA DE DECISIONES.....	34
6.3 ANÁLISIS DE CONTEXTO.....	34
CAPÍTULO 7.....	39
DISEÑO.....	39
7.1 PROPUESTAS DE DISEÑO.....	40
7.2 PROPUESTA DE DISEÑO SELECCIONADA	40
7.3 ASPECTOS CONCEPTUALES DE DISEÑO	41
7.4 ASPECTOS TÉCNICOS DE DISEÑO	44
7.5 MODELO.....	45
CAPÍTULO 8.....	48
CONCLUSIONES	48
8.1 CONCLUSIONES GENERALES	48
8.2 LIMITACIONES	49
8.3 RECOMENDACIONES PARA FUTUROS TRABAJOS.....	50
BIBLIOGRAFÍA	51
BIBLIOGRAFÍA WEB	52
LISTA DE FIGURAS	54
LISTA DE TABLAS	55
LISTA DE FOTOGRAFÍAS	56
ANEXOS	57
Anexo 1. Cronograma de Actividades	57
Anexo 2. Planos Técnicos y Rénder	57
Anexo 3. Pliegos de Presentación Impreso	57
Anexo 6. Póster Impreso.....	57
Anexo 7. Presentación Digital.	57
Anexo 8. Criterios de Evaluación	57
Anexo 9 Resultados Laboratorio.....	57

INTRODUCCIÓN

El ciclo de vida de un producto es un sistema complejo, integrado por todas las fases que construyen el recorrido de un artículo, desde su concepción, extracción de materia prima, proceso productivo, comercialización, uso y mantenimiento. Para lo que hay que incluir dentro del ciclo, su disposición final (reúso, reciclaje o disposición en vertederos). Durante el recorrido diferentes disciplinas intervienen, para lograr productos que satisfagan las exigencias del mercado y que tengan un reducido impacto ambiental.

Para poder plantear una vía de intervención del diseño industrial durante el ciclo de vida del producto y/o material, es necesario desde un principio hacer una definición del mismo, identificar las fases que los componen, las metodologías existentes orientadas hacia la mitigación del impacto del uso de estos materiales y su desecho. La producción mundial de bienes está en continuo crecimiento y la huella provocada al planeta son evidentes, es necesario un desarrollo sostenible donde las demandas presentes de consumo sean satisfechas sin comprometer las instancias futuras.

La meta del desarrollo sostenible es lograr que ese recorrido satisfaga las necesidades presentes, minimizando el riesgo de degradación de los ecosistemas y la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades, para lo cual se han de transformar las habituales prácticas consumistas, encaminado hacia la búsqueda de un sistema cíclico cerrado, que economice recursos y se incorpore a la naturaleza. La conciencia ecológica incluye no solo la razón y la emoción, a esta se le suma el valor de hacer algo y actuar en defensa de la vida y la supervivencia.

Tal como se hará referencia a lo largo del documento, la participación del Diseño cobra relevancia durante el proceso del desarrollo del material hasta llegar a una aplicación dentro de un producto, para finalmente hacer el máximo aprovechamiento de sus cualidades, de manera más relevante en algunos momentos que en otros.

El desarrollo propositivo de este trabajo de grado me ha dado una gran satisfacción como Diseñadora Industrial al confirmar mi apuesta por un proyecto que busca mejorar situaciones y condiciones, que no solo afecta a un usuario en particular, sino a todo individuo vivo que habita. Así mismo, encuentro una gran responsabilidad en el campo ambiental desde la disciplina, hacia la generación de hábitos de consumo responsables, uso y desarrollo de energías renovables, formas de producción responsable y recuperación de materia prima desechada.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

El concreto y/o cemento debe su gran uso a sus excelentes características, como gran durabilidad y resistencia, sin embargo, la industria del cemento tiene un impacto ambiental negativo importante para la salud y para el medio ambiente, ya que para elaborar una tonelada de cemento se emana una tonelada de CO₂¹. Además de la extracción de los áridos y arena perjudica los suelos, pues su extracción causa erosión; paralelo a esto, también se encuentra la práctica de la fabricación de papel, aunque la proporción de polución no es en la misma, pues los procesos de elaboración y su ciclo de vida son variables, aun así, genera un impacto ambiental considerable en los procesos de extracción de materia prima y producción, impactos que se pueden reducir por contar con procesos de reciclaje que a diferencia del cemento están más estructurados y normalizados.

El reciclaje mejorará la calidad ambiental a través de la reducción de la contaminación del agua, la tierra y el aire, y a pesar de que el sector público se responsabiliza por los servicios de recolección y disposición final de los residuos sólidos, el sector privado se ha visto involucrado a través de acuerdos de subcontratación o de manera informal de la recolección de los mismos, estas ideas son impulsada por estándares más estrictos de reciclaje, representando innovaciones tecnológicas en manejo de relleno sanitario, reciclaje y transformación de material.

La tendencia de las últimas décadas en el tema ambiental ha llevado a que se desarrolle un hábito importante en relación con el cuidado y conservación del medio ambiente, en el año 2002 la ONU realizo en Estocolmo la cuarta conferencia mundial sobre cuestiones ambientales, fomentando una mayor conciencia tanto en la educación de las personas como en la planeación y administración de los recursos ambientales de los Estados, con el fin de mejorar la calidad del medio ambiente. (ONU, 2009)

Acciones que le ha declarado la guerra a las toneladas de basura que se están acumulando en el planeta, y el alto costo de las tasas que pagan los productores para financiar este programa ha hecho que algunas industrias o empresas prefieran invertir ese dinero en tecnologías de reciclaje propias.

Así, el reciclaje es visto hoy más que como una dificultad, como una fuente de ingresos económicos del cual muchas industrias, familias y personas sacan provecho, pero al mismo tiempo están ayudando al medio ambiente. Además de las fuertes campañas para el mejoramiento y conservación del medio ambiente, lo que ha hecho que sea una “moda ecológica” cada vez más rentable: la principal tarea que tiene que afrontar la industria del reciclaje a futuro es reciclar más y mejor, reduciendo costos para así obtener mayores beneficios económicos y ecológicos.

¹ Dióxido de Carbono: La mayor parte del dióxido de carbono de las actividades humanas es liberado por la quema de carbón y otros combustibles fósiles. Otras actividades humanas, como la deforestación, la quema de biomasa y la producción de cemento, también producen CO₂.

1.1 JUSTIFICACIÓN

Es de gran importancia comprender los temas relacionados con la responsabilidad social y su impacto en el medio ambiente; en Colombia se generan 12 millones de toneladas de basuras al año, del cual solo se recicla el 17% y la crisis de los rellenos sanitarios está llegando a niveles peligrosos, por lo que es inminente poner al reciclaje en el centro de la discusión, pero ¿Cuál es el problema de fondo? Para el actual ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Luis Gilberto Murillo, es el bajo nivel de reciclaje en el país.

--“Debemos ir hacia lo que se llama economía circular. Es decir, hacia el aprovechamiento de los productos que se pueden reutilizar y los que se pueden utilizar para generar energía. En la actualidad, los contratos de prestación del servicio de aseo desincentivan el reciclaje: se paga a los operadores por peso recogido, una situación que los estimula a botar más basura en los rellenos. El país genera unos 12 millones de toneladas al año y solo recicla 17%. En el caso de Bogotá, se generan unas 7.500 toneladas al día y se reciclan entre 14% y 15%, incluso por debajo del promedio nacional”-, dijo el alto funcionario. (Dinero, 2017)

En el mediano plazo la situación es todavía más compleja. Pues un estudio del Banco Mundial y Planeación Nacional de 2015 indica que, *“si se continúa con la misma dinámica de generación de residuos, sin adecuadas medidas para mejorar su aprovechamiento o tratamiento, y con patrones de producción y consumo insostenibles, en el año 2030 tendremos emergencias sanitarias en la mayoría de ciudades del país y una alta generación de emisiones de gases de efecto invernadero”*, dice el informe.

Aunque ya no es difícil de creer, la basura representa una oportunidad de 'Oro' para el país. En primer lugar, porque su manejo adecuado evita la saturación de los rellenos sanitarios, por ser la fuente de empleo para 300.000 familias colombiana, de las cuales solo el 30% están formalmente organizadas y porque genera negocios valorados en más de \$354.000 millones al año, pues el reciclaje representa más del 50% de la materia prima que se utiliza en la producción industrial, de acuerdo con cifras de la ANDI y de la Asociación Nacional de Recicladores de Bogotá. (Dinero, 2009)

En Colombia se recicla el 47% del consumo de papel y cartón, y aunque las estadísticas son buenas, lo que se recicla no es suficiente para satisfacer las necesidades de la industria ni de la sostenibilidad. En el caso del papel, se nota el déficit, de materia prima reciclada, que usan para hacer nuevamente papel. Nohra Padilla, directora de la Asociación de Recicladores de Bogotá, dice que por cada tonelada de papel reciclado la gran empresa paga \$550.000, dinero que se está quedando literalmente en la basura, por no entender que lo que usualmente se denomina basura, no es más que recursos mal manejados. (Juan F. Rojas, 2016)

“¡Se está enterrando dinero, literalmente!”

Paralelo a esto, reciclar no solo ayuda a los rellenos sanitarios, sino también a la naturaleza de donde se extraen la materia prima que abastece de la industria papelera, una tonelada de papel de periódico ahorra aproximadamente una tonelada de madera, mientras que reciclando una tonelada de papel impreso o de copias se ahorra algo más de dos toneladas de madera. Esto se debe a que la fabricación de pasta requiere el doble de madera para retirar la lignina y producir fibras de mayor calidad que con los procesos mecánicos de fabricación. La relación entre las toneladas de papel reciclado y el número de árboles salvados no es banal, y aunque el tamaño de los árboles varía enormemente, su relación es la siguiente por tonelada de papel.

- 12 a 17 árboles adultos.
- 2,5 metros cúbicos de desperdicios.
- 27.000 litros de agua.
- 1.440 litros de aceite.
- 4.100 kilovatios-hora (14.700 mega julios) de energía.

Entre otros agentes actores en la creación de los productos.

Haciendo una comparación internacional, en Holanda el 99% de los residuos sólidos son aprovechados como materias primas para la industria. Al igual que en Alemania donde solo el 2% de residuos totales va a parar a un relleno sanitario. En Suecia hay fábricas en donde el 66% de su energía se genera a partir de desechos. Sin ir más lejos, España aprovecha un 40% de sus desperdicios.

El propósito de contar con datos sobre cantidades, tipos y formas de manejo de residuos sólidos es tener una herramienta para la toma de decisiones y evaluación, así como la obtención de indicadores para la implementación de programas y procesos que favorezcan un uso óptimo de las materias primas en las actividades productivas, las actividades de consumo y en los procesos de acumulación.

Todo lo anterior no se limita a ser un problema de contaminación de suelos, pues los procesos de descomposición de los residuos acumulados generan grandes cantidades de monóxido de carbono, que se desplaza directamente al aire y litros de lixiviado² que contamina en gran proporción los suelos y el agua. Afectando todo el sistema vivo que de él depende; La contaminación del aire y las enfermedades neurodegenerativas han sido vinculados en estudios científicos recientes. Un estudio reciente aplicado a 2,1 millones de personas mayores de Ontario, Canadá, demostró que el 6,1 % de los casos de demencia que se presentaron durante 12 años en la ciudad fueron causados por material particulado (PM 2.5) extendido por el aire. (*Redacción salud, 2009*). Una nueva investigación sumó otro argumento que demuestra cómo la polución influye directamente en la demencia, sin contar con el sinfín de enfermedades respiratorias y cutáneas que se desprenden de la contaminación.

² Lixiviado: Líquido residual, generalmente tóxico, que se filtra de un vertedero por percolación.

Los acuerdos mundiales han sido muchos, pero aún en Colombia estamos lejos de poder llegar a cumplir los estándares de sostenibilidad ambiental, El principio 20 del informe de las naciones unidas sobre medio humano en Estocolmo de 1972 proclama, que:

“Se deben fomentar en todos los países, especialmente en los países en desarrollo, la investigación y el desarrollo científico referente a los problemas ambientales, tanto nacionales como multinacionales. A este respecto, el libre intercambio de información científica actualizada y de experiencia sobre la transferencia debe ser objeto de apoyo y asistencia, a fin de facilitar la solución de los problemas ambientales; las tecnologías ambientales deben ponerse a disposición de los países en desarrollo en unas condiciones que favorezcan su amplia difusión sin que constituyan una carga económica excesiva para esos países.” (Naciones Unidas, 1972. Pág. 11)

Para lo que queda la pregunta ¿Qué estamos dispuestos a hacer nosotros?

- CALENTAMIENTO GLOBAL

La disposición de los residuos orgánicos en los rellenos sanitarios y el uso de combustibles fósiles y recursos naturales indiscriminado en la creación de la materia prima nueva, aumenta la concentración de Los GASES DE EFECTO INVERNADERO en la atmosfera, llevándonos al drástico cambio climático. En los rellenos sanitarios se producen principalmente:

Dióxido de carbono CO₂ equivale al 65% de la influencia de la actividad humana en el efecto invernadero.

Gas metano CH₄ que equivale al 19% de la influencia de la actividad humana en el efecto invernadero, con un poder de retención de calor en la atmosfera 23 veces más grande que el dióxido de carbono.

1.2 PALABRAS CLAVES

- CEMENTO: Existe una gran variedad de cementos para distintos propósitos, ya que son conglomerantes hidráulicos que mezclados con agua produce una reacción química que dan como resultado un producto con distintas cualidades. Se adhiere a otros materiales, como el block o el ladrillo y posteriormente fragua y endurece, para dar como resultado una construcción firme y sólida, capaz de lidiar con diferentes elementos climáticos y condiciones domésticas o industriales.
- ARIDOS: La arena es un conjunto de fragmentos sueltos de rocas o minerales de pequeño tamaño y se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 milímetros. Una partícula individual dentro de este rango es llamada grano o clasto de arena. Las partículas por debajo de los 0,063 mm y hasta 0,004 mm se denominan limo, y por arriba de la medida del grano de arena y hasta los 64 mm se denominan grava.

- **CONCRETO:** La obtención del concreto parte de utilizar un aglomerante, que por lo general es cemento Portland, agua y fragmentos de agregados. Estos últimos son elementos áridos que presentan un diámetro promedio y que se catalogan como arena fina o gravilla y grava. Las variaciones en esta mezcla es lo que modificará las propiedades mecánicas y de aplicación del material. En materia de construcción, la mezcla de **cemento, agua y arena** se ha denominado como **mortero**. Para lograr un producto más estable, resistente y duradero, hace falta un agregado con dimensiones similares a piedras pequeñas. Dependiendo de estos factores, el concreto será utilizado para los distintos elementos estructurales que conforman una determinada obra.
- **HORMIGÓN:** La diferencia entre hormigos y concreto se relaciona con sus propiedades y modos de empleo. Los elementos son los mismos, excepto la técnica que se pueda utilizar durante el proceso. Al igual que con el concreto, se le puede añadir fibras, fluidificantes, impermeabilizantes, plastificantes, hidrófugos, entre otros.
- **RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU):** Es aquel elemento fuerte, macizo o firme que se desecha después de que haya realizado un trabajo o cumplido con su misión. Se trata, por lo tanto, de algo inservible que se convierte en basura y que, para el común de la gente, no tiene valor económico. Los residuos pueden eliminarse se genera en los núcleos urbanos o en sus zonas de influencia: domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios. El residuo sólido urbano no comprende los catalogados como peligrosos, aunque se pudieran producir en los anteriores lugares o actividades. La mayoría de los residuos sólidos urbanos que genera una sociedad es considerada la basura doméstica, que está compuesta por:

Papel y cartón: periódicos, revistas, publicidad, cajas y embalajes. Todo ello debe ir al contenedor azul.

Materia orgánica: restos procedentes de la limpieza o preparación de los alimentos, junto a la comida que sobra y los restos de las podas. Estos residuos se depositan en un contenedor negro, gris o marrón.

Plásticos: botellas, bolsas, embalajes y tetrabriks, platos, vasos, cubiertos desechables; y también metales, como latas o botes; que se deben depositar en los contenedores amarillos.

Vidrio: botellas, frascos diversos o vajilla rota de cristal, que se depositan en el contenedor verde.

- **REVIVIR:** Dicho de quien parecía muerto -Volver en sí-.
- **RECICLAR:** Someter un material usado a un proceso para que se pueda volver a utilizar.
- **PAPERCRETE:** Es un material en el mundo de la construcción natural. Se trata básicamente de cemento Portland o arcilla, arena y pulpa de fibra de papel en proporciones 1-3-3 respectivamente.

1.3 ANTECEDENTES

EL PAPERCRETE Patentado por primera vez en 1928, se ha reavivado desde la década de 1980. Eric Patterson y Mike McCain de Crestone - Colorado, son quienes se han atribuido de manera independiente "inventar" este material al que ellos lo llamaban "Papercrete" que es la mezcla de un poco de cemento Portland, arena y la pulpa de papel reciclado, que determinan como un material de construcción maleable que se puede utilizar para cualquier proyecto de construcción. Descrito como barato, fácil de hacer, tener propiedades de aislamiento y resistente al fuego, retiene clavos y tornillos sin agrietarse, se puede cortar con sierras ordinarias y ligero en otras palabras, un material ideal para la construcción.

Los constructores han probado muchos enfoques para el uso de la materia: pequeños bloques, grandes bloques, paneles, lodo bombeado en formas de deslizamiento, aplicada por la mano como un yeso. Todos estos métodos han trabajado, con diversos grados de éxito. Un montón de diferentes mezclas se han intentado, con diferentes proporciones de cemento a papel o la adición de arcilla o arena a la mezcla. No es necesariamente económico, aunque es barato si se compara con el hormigón tradicional, pues hay que todavía pensar en comprar cemento y de alguna manera hacer el equipo para fabricarlo. Y la verdad es que el Papercrete ha demostrado ser un material de construcción muy útil que es relativamente barato de hacer, maleable en su forma, bastante benigno para el medio ambiente.

En Estados Unidos, en el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Arizona State University, J. Santamaria, B. Fuller y A. Fafitis, realizaron diversas pruebas sobre papel cemento y evaluaron varias construcciones realizadas en ese país a lo largo de los últimos años. Los resultados de este estudio indican que es un material seguro y práctico para la construcción residencial de hasta dos pisos, también usado en forma de aislantes térmicos, acústicos y mezclas para revestimientos de muros interiores, si bien ponen de manifiesto que el principal problema del material es la falta de investigación sistematizada acerca del mismo. *(Santamaria, J., Fuller, B., & Fafitis, A. (2007).)*

Realizaron ensayos de peso específico, resistencia media a la compresión y deformación por aplastamiento, con diferentes porcentajes de arena y cemento y papel, las probetas con mayor cantidad de pulpa de papel reciclado resultaron mejores aislantes térmicos, catalogándolas como aptas para ser utilizados en productos para cerramientos exteriores. Uno de los objetivos de esas Investigaciones era la reducción de la cantidad de cemento empleado en las mezclas, sin disminuir la resistencia. Para lo que arrojó como resultado determinante la proporción (1:3:3), cemento, arena y papel respectivamente, como la proporción ideal para resistencias constructivas, dando como resultado un ladrillo fuerte.

1.4 HIPÓTESIS

La formulación de un material hecho con pasta de papel reciclado, podría llegar a ser considerado como un material, relativamente nuevo, respetuoso del medio ambiente y noble,

teniendo como características principales un comportamiento, más liviano, resistente y provechoso que otros materiales de usos similares, pudiendo hacer uso de las propiedades físicas adquiridas por la combinación de sus materias primas papel y cemento, para crear con el objeto de usos comunes en interiorismo, y con él contribuir en la disminución de la huella ecológica creada por los materiales considerados como desechos.

CAPÍTULO 2

OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Aprovechar el papel pos consumo como materia prima, mediante un proceso de transformación física, creando un aglomerado cementante, respetuoso con el medio ambiente, aplicado en el diseño de objetos que obedezcan a patrones de consumo en el sector de interiorismo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Introducir en el mercado una alternativa de material sostenible y respetuoso con el medio ambiente.
- Promover el reciclaje del papel pos consumo.
- Proponer un sistema modular para jardines verticales, aprovechando las propiedades físicas del material.

2.3 ALCANCE DEL PROYECTO Y LIMITACIONES

Este trabajo se enfoca en establecer la aplicación o utilización de un material relativamente nuevo, basado en el aglomerado de pasta de papel reciclado y cemento, material con múltiples cualidades, expuesto en este proyecto desde los puntos de concepción, recolección de materias primas, procesos productivos, análisis del material, hasta la aplicación objetual final, teniendo en cuenta el aprovechamiento de las propiedades obtenidas, sin embargo, los límites del proyecto no alcanza la línea que cierra la cadena productiva, consecución de las actividades anteriores como lo son la comercialización, uso y mantenimiento, hasta su disposición final (reúso, reciclaje o disposición en vertederos).

2.4 METODOLOGÍA DE DISEÑO – ECO DISEÑO

El Eco diseño es una metodología que orienta sus propósitos hacia la minimización de los impactos ambientales asociados al desarrollo de un producto a lo largo del ciclo de vida, los problemas ambientales generados por el desarrollo empresarial, las prácticas productivas, asociadas a los patrones de consumo, y la rápida globalización, obligaron a tomar conciencia con respecto al deterioro ambiental generalizado en el planeta, En términos generales, las grandes, medianas y pequeñas empresas hacen esfuerzos por desarrollar productos de la mano del eco diseño o D4S (Diseño Para la Sostenibilidad, por sus siglas en inglés), basado en la innovación de productos y la sostenibilidad de los mismos.

El diseño para el reúso se genera a través de la conciencia generalizada del agotamiento de los recursos naturales, así como el final de la vida útil de los productos en vertederos, forjaron

la necesidad intervenir con diseño en puntos clave de reciclaje y ciclos de vida de productos, cuyo objetivo es facilitar que el producto industrial o parte de este, cuando termine su vida útil, pueda ser re aprovechado de algún modo en un proceso industrial, produciendo un nuevo beneficio.

En términos generales se llama basura o desecho sólido a todo aquel desperdicio de carácter doméstico o industrial que comúnmente se botan sin darle ningún uso posterior. La basura es todo material considerado como inservible y que se necesita eliminar. Producto de las actividades humanas al cual se le considera de valor igual a cero. No necesariamente debe ser odorífica, repugnante e indeseable; eso depende del origen y composición clasificados por su naturaleza física: seca o mojada. Por su composición química: orgánica o inorgánica. Por los riesgos potenciales considerados: Peligrosos o no peligrosos. Por su origen de generación como los son: Domiciliarios, comerciales, limpieza de espacios públicos, establecimientos de atención a salud, industriales, actividades de construcción, agropecuario, Instalaciones o actividades especiales. (D4S - UNEP.2007)

El manejo adecuado de los residuos sólidos trae consigo muchos beneficios, que ubican al sector en una posición de vanguardia, beneficio tanto institucional como económico, para el medio ambiente, para la ciudadanía, mejora la calidad del hábitat y reduce el riesgo de propagación de enfermedades.

CAPÍTULO 3

EL PAPEL

El papel es una delgada lámina elaborada a partir de pulpa de celulosa, una pasta de fibras vegetales molidas suspendidas en agua, generalmente blanqueada, y posteriormente secada y endurecida, a la que normalmente se le añaden sustancias como polipropileno o polietileno con el fin de proporcionarle características especiales. En el Antiguo Egipto se escribía sobre papiro desde antes del año 3000 a.C. Se fabricaba con un vegetal muy abundante en las riberas del río Nilo, el *Cyperus papyrus*, y fue el primer material que presentó propiedades asociadas al papel.

Sin embargo, se considera que el primer proceso de fabricación del papel fue desarrollado por el eunuco *Cai Lun*, consejero del emperador *He* de la dinastía Han Oriental, en el s. II a. C. Aunque el papel ahora puede ser sustituido para ciertos usos por materiales sintéticos, sigue conservando una gran importancia en nuestra vida y en el entorno diario, haciéndolo un artículo personal y por ende difícilmente sustituible.

Para esta fecha, en Colombia los papeles y cartones se producen a partir de la celulosa que puede obtenerse de diferentes fuentes como la madera, el bagazo de caña de azúcar y otras especies vegetales mediante el proceso de reciclaje de otros papeles o cartones. Materia prima completamente renovables. Para los procesos de fabricación de papel se necesitan que las fibras de madera se conviertan en pulpa, proceso que pueden ser llevados a cabo por procesos químicos (soda, sulfato, sulfito), semi químicos y mecánicos, casi todos estos procesos se realizan en Colombia.

En esencia, en el proceso tradicional para la fabricación de papel es la preparación de una suspensión de fibras en agua y se escurre en un tamiz, de manera que se produce una capa de fibras entrelazadas aleatoriamente. Acto seguido, se elimina el agua de esta capa mediante presión y secado. Actualmente, los tipos de fabricación de papel son con:

- Pulpa de trapos
- Pulpa mecánica de madera
- Pasta morena
- Pasta de paja
- Pasta de recortes

3.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL PAPEL

Se hace una calificación cualitativa de los comportamientos de material papel, con un parámetro de valorativo de, Baja, Media y Alta, según su comportamiento. Las propiedades pueden variar y ser modificadas por tipo de papel, sin embargo, se maneja un patrón de comportamiento básico en todos los tipos de papel.

- Calificación de durabilidad del papel: MEDIA, Un papel puede ser durable (al resistir un uso intensivo durante un tiempo corto) pero no permanente (debido a la presencia de ácidos que degradan lentamente las cadenas celulósicas) característica biodegradable.
- Calificación de estabilidad dimensional: BAJA, Capacidad de un papel o cartón para retener sus dimensiones y su planeidad, cuando es sometida a cambios de humedad o calor.
- Calificación de permanencia: MEDIO, Se refiere a la retención de las propiedades de resistencia mecánica y de color, después de prolongados períodos de tiempo. Un papel puede ser permanente (retiene sus características iniciales) pero no durable sin condiciones que permitan una oxidación mínima.
- Calificación de la resiliencia: BAJA, sería la capacidad de regresar al espesor original después de haber recibido una compresión. Si el papel tiene buena compresibilidad en tipografía y huecograbado.
- Calificación de porosidad: ALTA, es la relación entre volumen y aire.
- Calificación de densidad absoluta: BAJA, se refiere a la relación entre la masa y el volumen de la materia que la constituye. Pero esta densidad es pequeña debido a la estructura porosa del papel, por lo que se habla de la densidad aparente, la cual incluye como volumen los espacios entre las fibras, lo que lo convierte en un material altamente liviano.
- Calificación de dureza: BAJA, es el grado de resistencia a la deformación del papel por la presión de una superficie exterior.
- Calificación de compresibilidad: ALTA, es la reducción de espesor debido a la presión de una fuerza exterior.
- Calificación de su estructura interna: BAJA, implica la uniformidad de la distribución de las fibras en el papel. Y los papeles son muy sensibles a la falta de uniformidad en la estructura interna, debido a la presión directa que ejercen los rodillos en el proceso de fabricación.
- Resistencia térmica: BAJA, flamable por su composición fibrosa y tiene alta conductividad térmica. Prendiéndose en fuego a muy bajas temperaturas.
- Calificación de absorción de líquido: ALTA, La capacidad de un papel para absorber líquidos como el agua. Los papeles artísticos para técnicas húmedas tienen una mayor absorción que aquellos solo aptos para técnicas secas.

3.2 CICLO DE VIDA DEL PAPEL

El ciclo de vida del papel inicia en las plantaciones forestales o en los residuos de producción de azúcar. Procesos que están altamente legalizados y estandarizados, donde sus impactos forestales son mitigados rigurosamente, posterior se procesan las fibras para obtener celulosa y los residuos son tratados en las plantas de recuperación. Se fabrica el papel sometido a los procesos de conversión de acuerdo con su uso final, una vez han cursado toda la vida productiva y han sido completamente utilizados los papeles se reciclan para incorporarse al proceso productivo, como lo podemos observar en la siguiente gráfica.

El papel es Renovable, Reciclable y Biodegradable.

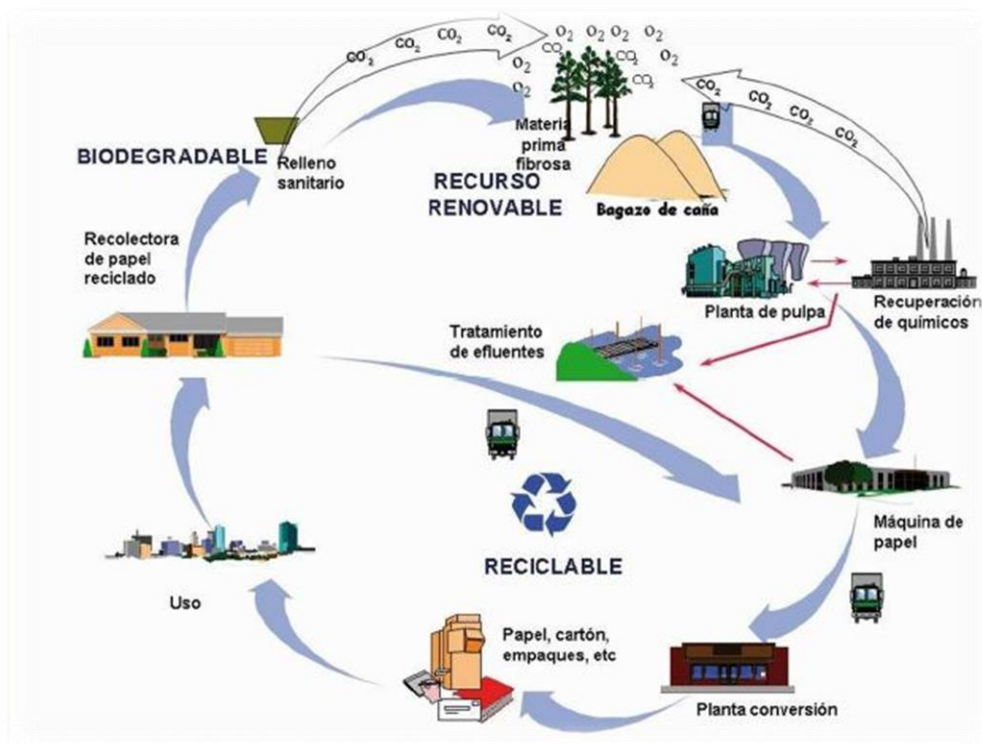


Figura 1 Ciclo de reciclaje de papel y cartón (ANDI 2012)

Las etapas del proceso son:

- Refinado: Se refina para desfibrar y cortar las fibras a fin de adaptarlas al tipo de papel deseado.
- En colado: Etapa donde se añade cola al papel, facilita procesos de impresión, de este proceso depende el grado de permeabilidad del material.
- Cargas: Son productos en polvo (normalmente procedentes de la molturación de rocas) que contribuyen a darle cuerpo al papel, además de contribuir sustancialmente a conseguir otras características como disminuir el brillo, aumentar la resistencia

mecánica, crear una microporosidad adecuada para su transpirabilidad, facilitar su lijado, etc.

- Pigmentos: Al igual que las cargas, rellenan los huecos del papel dando más opacidad y blancura.
- Coloración: Se le añaden a la pasta sustancias colorantes de naturaleza mineral u orgánica (según el tipo de papel).
- Agente de Blanqueo Óptico (A.B.O.): El agente de blanqueo óptico se utiliza para dar un efecto visual de mayor blancura al papel.
- Ligantes: Debido al carácter orgánico de las fibras y el carácter inorgánico de algunos aditivos (cargas, pigmentos...), se necesitan los ligantes para poder unirlos entre sí. Estos crean unos «puentes» que unen los aditivos entre sí y después los unen a la fibra.

Los costos que inciden en la competitividad del papel son, energéticos, de transporte, bienes de capital y reciclaje.

3.3 EL RECICLAJE DE PAPEL

El reciclaje de papel consiste prácticamente en hacer papel, que contiene fibras secundarias, es decir, que ya han pasado por lo menos una vez por una máquina de hacer papel. Teniendo como materia prima papeles usados o resultantes de un proceso productivo, como por ejemplo recortes de papel, cartones y cartulinas, generados durante los procesos de fabricación de este mismo o de su transformación en otros artículos o también generados por imprentas, que hace parte del ciclo de vida del papel.



Figura 2 Generadores de residuos de papel

La mayoría de los papeles son reciclables, pero existen excepciones como el papel vegetal, el papel o cartón impregnados con sustancias impermeables, el papel carbón o cubiertos de grasa, contaminado por productos químicos nocivos para la salud, el papel sanitario y de cocina usado, entre otros. Los pasos de formación de la hoja y su manipulación son los mismos. La diferencia radica en que el material utilizado ya es papel. Este es obtenido en su mayor parte de los sobrantes.

Un mismo papel no podría estar reciclándose una y otra vez de forma indefinida. Para transformar este material usado en otro nuevo, hay que someterlo a un proceso de pulpado, llevar a cabo distintas operaciones de lavado y pasarlo por una serie de filtros y esto hace que la fibra de celulosa de la que se compone se vaya deshilachando y acortado, reduciendo su consistencia y su longitud. La Asociación Española de Fabricantes de Pasta, Papel y Cartón Aspapel estima que, como media, la fibra de celulosa puede ser reutilizada unas seis veces.

El reciclaje del papel y del cartón incrementa su demanda considerablemente, en promedio, Colombia para el 2017 consume 1,3 millones de toneladas de cartón y papel al año, de las cuales el 63% se abastece con la producción nacional. La demanda de papel ha sido vigorosa en los últimos años. En algún momento se pensó que el uso de los computadores traería una caída en el consumo de papel de oficina, pero la demanda de papeles para impresión y fotocopiado se mantiene fuerte y el segmento de papeles de imprenta y escritura representa el 31,4% de la producción de la industria.

Los aprovechamientos de los residuos reciclados generan impactos significativos en los siguientes términos:

- En lo ambiental se produce disminución de uso de los recursos naturales (materias primas).
- Disminución del consumo de energía en los procesos productivos e incremento de la vida útil de los rellenos sanitarios.
- En lo económico se presenta una disminución de los costos de producción.
- En lo social se generan ingresos y empleo, con proyectos sostenibles de reciclaje se prevé la posibilidad de formalización y dignificación de la actividad.

Dentro de la comunidad del reciclaje, existe un circuito del cual se desprende todo un grupo de actores que de una u otra forma son los que recuperan los residuos sólidos. Todo comienza con la cadena productiva, quienes son las empresas nacionales y transnacionales que fabrican productos y empaques con materiales reutilizables, los cuales tienen una circulación masiva. El siguiente actor que interviene son las empresas recicladoras, quienes son los que se encuentran especializadas en el almacenamiento y separación de estos residuos en Bogotá, específicamente ubicados y distribuidos, como lo muestra el mapa de la (figura 3) quienes se encargan de su comercialización, siguen los hogares, donde las personas realizan la separación de los residuos y son los recicladores quienes, con su labor ardua y diaria, pueden aportar más material reciclable que la industria en general.

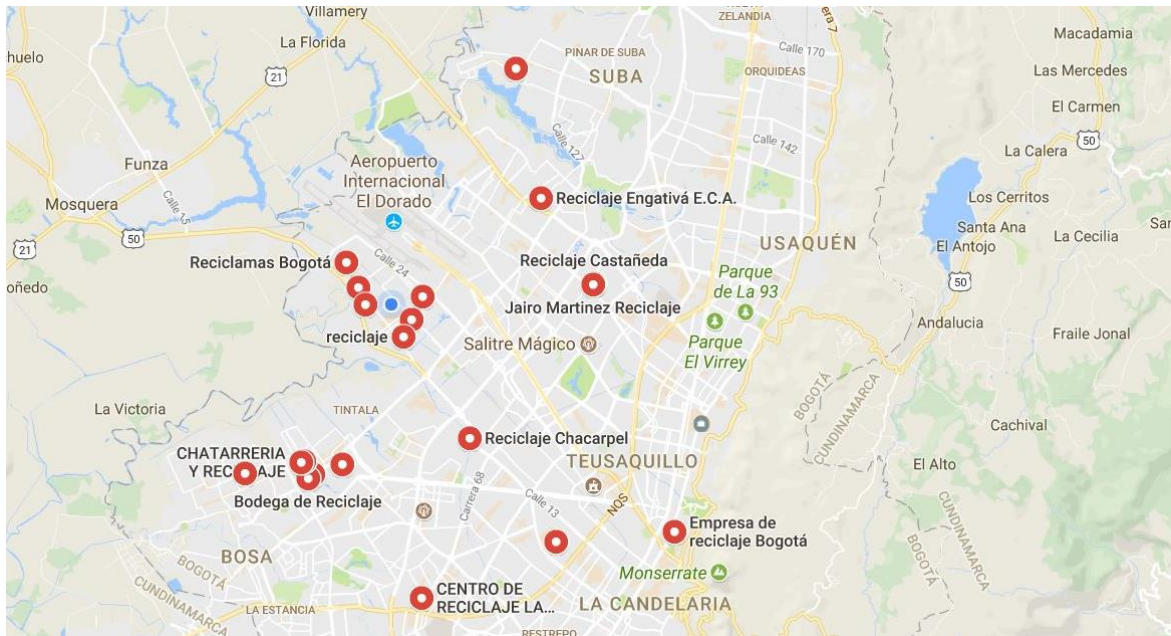


Figura 3 Mapa de centros de reciclaje en Bogotá

Si el material es desecho orgánico, es llevado al relleno Doña Juana, en donde se realizan los procesos de acomodación de dicho material, mientras que, si el material es reciclable, es llevado por los recicladores a las empresas separadoras de los materiales para así ser comercializados y reutilizados nuevamente.

La Política Nacional para la Gestión de Residuos Sólidos en Colombia, se ponen en marcha, siendo esta la base de otras reglamentaciones básicas para los planes de acción que se requieren en el manejo de los residuos en cada uno de los municipios colombianos. Esta política está basada principalmente en la Constitución Política, y las leyes 142 de 1994 y 99 de 1993, además del documento CONPES 3530 aprobado en el Consejo Nacional de Política Económica Social en el año de 1998. (Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005)

CAPÍTULO 4

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Colombia cuenta con una tradición constructiva de mampostería de muros y entrepisos empleando ladrillos, bloques cerámicos, baldosas de entrepiso y bloques de hormigón, madera, vidrio, aceros que se fabrican con materias primas tales como tierra negra apta para cultivos, o de mortero y hormigón con alto contenido de cemento y áridos naturales, con la explotación recursos no renovables.

4.1 EL CEMENTO

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. El producto resultante de la molienda de estas rocas es llamada Clinker y se convierte en cemento cuando se le agrega una pequeña cantidad de yeso para que adquiera la propiedad de fraguar al añadirle agua y endurecerse posteriormente. Su aparición se dio cuando los constructores griegos y romanos descubrieron que ciertos depósitos volcánicos, mezclados con caliza y arena, producían un mortero de gran fuerza.



Fotografía 1 Cemento Portland

El cemento más utilizado como aglomerante para la preparación del hormigón es el cemento Portland, producto que se obtiene por la pulverización del Clinker Portland con la adición de una o más formas de yeso (sulfato de calcio). Se admite la adición de otros productos siempre que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. Cuando el cemento Portland

es mezclado con el agua, se obtiene un producto de características plásticas con propiedades adherentes que solidifica en algunas horas y endurece progresivamente durante un período de varias semanas hasta adquirir su resistencia característica. El proceso de solidificación se debe a un proceso químico llamado hidratación mineral.

En el mercado actual existen varios tipos de cemento como lo son:

- Cemento Portland
- Cemento Portland Férrico
- Cementos Blancos
- Cementos de Mezclas
- Cemento Puzolánico
- Cemento Siderúrgico
- Cemento de Fraguado Rápido
- Cemento Alminoso

De las cuales varía su composición química y su reacción a la hidratación, creando niveles de resistencias para tipos de usos. Para el proyecto se hará uso del cemento Portland por ser el de uso común en el sector de la construcción en el país.

La reacción de los materiales cementantes es una combinación de una reacción física y química a partir de la hidratación de sus partículas. Donde el agua hace que las unidades de las que se compone hagan una explosión como lo muestra la (figura 4) que hace que se entrelacen unas entre otras con irregularidades que dan la propiedad de adherencia y resistencia.

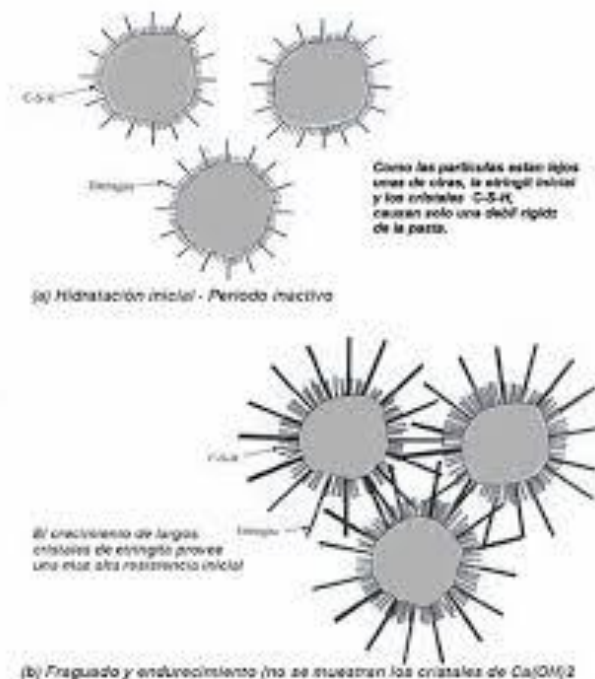


Figura 4 Reacción fisicoquímica del cemento

4.2 PROPIEDADES FÍSICAS DEL CEMENTO

Se hace una calificación cualitativa de los comportamientos de material cemento, con un parámetro de valorativo de, Baja, Media y Alta, según su comportamiento. Las propiedades pueden variar y ser modificadas por tipo de componentes, sin embargo, se maneja un patrón de comportamiento básico en todos los tipos de cemento.

- Calificación de la durabilidad: ALTA, tiene una resistencia elevada que disminuye con el paso de mucho tiempo. Aunque la línea de vida se extiende por muchos años.
- Calificación de estabilidad dimensional: ALTA, tiene una condición de firmeza en su forma una vez se completa el proceso de fraguado. Se ve apenas ligeramente afectados por los cambios atmosféricos.
- Calificación de permanencia: ALTA, obtiene una muy alta resistencia a fuerzas mecánicas. Aun después de altos periodos de tiempo.
- Calificación de resiliencia: BAJA, por tener un comportamiento tan duro, es susceptible a fracturas cuando se le aplican fuerzas de flexibilidad.
- Calificación de porosidad: MEDIA, es la relación entre volumen y aire. Pues es un material pesado y que no permite el paso del aire.
- Calificación de peso: ALTA, se refiere a la relación entre la masa y el volumen de la materia que la constituye. La característica del cemento hace que sea un material pesado.
- Calificación de dureza: ALTA, es el grado de resistencia a la deformación del cemento por la presión de una superficie exterior.
- Calificación de compresibilidad: BAJA, es la reducción de espesor debido a la presión de una fuerza exterior.
- Calificación de su estructura interna: ALTA, implica la uniformidad de la distribución de las partículas internas con la que está compuesto el cemento, obteniendo una alta uniformidad en la estructura interna.
- Calificación de resistencia térmica: ALTA, no es inflamable y no tiene capacidad de conductividad térmica. El cemento es ignífugo³.

³ Ignífugo: Que rechaza la combustión y protege contra el fuego.

- Calificación de absorción de líquido: MEDIA, La capacidad del cemento de absorber líquidos como el agua. Reteniendo medianamente la humedad dejándola luego salir por proceso de evaporación.

4.3 AGLOMERADOS A BASE DE CEMENTO

EL CONCRETO es una mezcla de cemento, agregados gruesos y agua convertido en un material que ha sido utilizado y estudiado por cientos de años en virtud de sus propiedades para ser moldeado en estado fresco y por su resistencia en estado endurecido. La versatilidad de aplicación del concreto ha permitido su uso en diferentes tipos de estructuras, permitiendo la creación de obras más cómodas y seguras para los seres humanos. La cantidad y proporción de los materiales en la mezcla depende de la resistencia que se indique o necesite.

Es necesario activar el cemento, mediante una reacción química y física por contacto con el agua; al punto de crear una mezcla manejable, apta para el proceso de vertido en formaleta⁴, una vez desencofrado, proceso que se puede hacer mínimo al 3.º día, es necesario mantener la humedad hasta que culmina su tiempo de fraguado, mojándolo constantemente durante los siete días siguientes, proceso que se conoce como curado de concreto, Esto asegura que el concreto alcance la resistencia máxima.

El curado de cemento es la exposición de los materiales cementantes a condiciones estándar de humedad y temperatura una vez activados, el control en estas condiciones es fundamental para garantizar la calidad de los resultados. Un curado eficaz es necesario para reducir o evitar el secado prematuro y permitir la evolución adecuada de la hidratación del cemento, mientras que un curado defectuoso puede comprometer la calidad del concreto reduciendo su resistencia al desgaste y su durabilidad.

Los tipos de concreto son, Sin Refuerzo, Concreto Armado o con Refuerzo y Concreto Ciclópeo que significa con piedras grandes usadas normalmente en cimentaciones y sobre cimientos. El concreto se utiliza en la construcción de: vigas, columnas, pavimentos, cimentaciones, muros de pantalla, muros de construcción, represas, puentes, tuberías, postes, adoquines, etc.

⁴ Formaleta: Molde temporal para el concreto fresco.

EL MORTERO, base de esta investigación, es una mezcla homogénea del material cementante (cemento Portland) más agregados finos o áridos, agua y en algunas ocasiones aditivos, para brindar al mortero características especiales, prácticamente es hormigón sin el agregado grueso. El mortero también es un material de construcción que en estado endurecido presenta propiedades físicas y mecánicas similares a las de concreto por esta compuesto de similares elementos.



Figura 5 Composición del mortero (Leroy Merlin, 2012)

Atendiendo a su endurecimiento se pueden distinguir dos tipos de morteros: Los aéreos, que son aquellos que endurecen al aire al perder agua por secado y fraguan lentamente por un proceso de carbonatación, y los hidráulicos o acuáticos que endurecen bajo el agua, debido a que su composición les permite desarrollar resistencias iniciales relativamente altas.

DOSIFICACIÓN DE MORTERO

En el mortero de cemento, al igual que en el hormigón, tiene diferentes características de la arena, tales como la granulometría, módulo de finura, forma y textura de las partículas, también como el contenido de materia orgánica, juegan un papel decisivo en su calidad. En Colombia el uso del mortero de cemento es ampliamente difundido, y se dosifica de acuerdo con la proporción en peso de cemento y arena que lo explica la siguiente gráfica.

MORTERO	USOS
1:1	Mortero muy rico para impermeabilizaciones. Rellenos
1:2	Para impermeabilizaciones y pañetes de tanques subterráneos. Rellenos
1:3	Impermeabilizaciones menores. Pisos
1:4	Pega para ladrillos en muros y baldosines. Pañetes finos
1:5	Pañetes exteriores. Pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos.
1:6 y 1:7	Pañetes interiores: pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos
1:8 y 1:9	Pegas para construcciones que se van a demoler pronto. Estabilización de taludes en cimentaciones.

Figura 6 Uso del mortero en Colombia.

4.4 CICLO DE VIDA DE CEMENTO Y CONCRETO

La implementación de análisis de ciclo de vida del cemento y del concreto, son los análisis que permiten avanzar en la percepción de los impactos ambientales que se generan por los procesos productivos de estos materiales y poder tomar acciones para disminuir dichos impactos.

Proceso que comienza con la extracción de las materias primas, que se hace principalmente en canteras, continua con el proceso de transformación de Roca Caliza: Calcio y Arcillas: Hierro, aluminio y sílice a material cementante mediante la exposición de calor en plantas diseñadas, siguiente el transporte del cemento a la planta de concreto, una vez en la planta de concreto se toman en cuenta dentro del análisis otros materiales como los aditivos, los agregados, el agua. Lastimosamente en este punto se llega a lo que se llama la puerta, es decir, el análisis termina en el momento en el que el concreto sale de la planta.

Sí, el cemento contamina, pero también reabsorbe la contaminación, En la industria del cemento y la fabricación de hormigones y morteros también se están investigando y desarrollando tecnologías para reducir las emisiones de CO₂. Este gas, es emitido en la fabricación del cemento, y aunque se vuelve a fijar por los materiales base cemento en forma de CaCO₃ en una reacción conocida como carbonatación, la cantidad fijada es mucho menor que la emitida. En los últimos 80 años, el cemento ha compensado 43% de las emisiones de carbono ocasionadas por su fabricación en todo el mundo. Ésta es la principal conclusión de un estudio que publica la revista Nature Geoscience, liderado por científicos británicos y chinos en colaboración con la Universidad de California (Estados Unidos) y el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC).

4.5 RECICLAJE DE CEMENTO

El ejercicio de la construcción genera gran cantidad de escombros y como una alternativa para mitigar el impacto ambiental generado por estos, se emplean teóricamente, pues se encuentran en estudios las aplicaciones y metodologías que permiten el aprovechamiento de estos residuos industriales y de construcción como agregados no convencionales en mezclas de concreto. Básicamente, consiste en la transformación física del concreto, triturado seco, en partículas con diferentes granulometrías, dando como resultado partículas que pueden ser adicionadas en nuevas mezclas de concreto u hormigón. Estos escombros permiten un aumento de la resistencia de concreto y un aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes de actividades constructivas, a la vez que se reporta un ahorro del 30% con respecto a la producción de concreto con agregados convencionales. Esto demuestra que el aprovechamiento de residuos sólidos inertes representa un beneficio ambiental que conlleva ahorros para las empresas.

Las obras de demolición, reparación o reforma ubicadas en entornos urbanos, se caracterizan por la generación de volúmenes significativos de residuos, los que generalmente se conocen como escombros, (RCD) el problema ambiental que plantean los RCD se deriva no solo del creciente volumen de su generación, sino su tratamiento.

4.6 ADITIVOS Y AGREGADOS AL CONCRETO

Los aditivos, a diferencia del cemento, los agregados y el agua, no son componentes esenciales de la mezcla de concreto y su uso se extiende cada vez más, por la aportación que hacen a la economía de la mezcla; por la necesidad de modificar las características del concreto de tal forma que estas se adapten a las condiciones de la obra y a los requerimientos del constructor.

Las razones principales para el uso de aditivos son:

- Reducción del costo de la construcción de concreto
- Obtención de ciertas propiedades en el concreto de manera más efectiva que por otros medios.

- Asegurar la calidad del concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado.
- Superación de ciertas emergencias durante las operaciones de mezclado, transporte, colocación y curado.

Los aditivos se pueden clasificar en funciones:

1. Aditivos incorporadores de aire (inclusores de aire)
2. Aditivos reductores de agua
3. Plastificantes (fluidificantes)
4. Aditivos aceleradores (acelerantes)
5. Aditivos retardadores (retardantes)
6. Aditivos de control de la hidratación
7. Inhibidores de corrosión
8. Reductores de contracción
9. Inhibidores de reacción álcali-agregado

10. Aditivos colorantes

11. Aditivos diversos, tales como:

- para mejorar la maleabilidad
- para mejorar la adherencia
- a prueba de humedad
- impermeabilizantes
- para lechadas
- formadores de gas
- anti-deslave
- auxiliares de bombeo
- expansor
- germicida

(ICONTEC, 1989)

CAPÍTULO 5

EL MATERIAL REDIVIVUS

5.1 ACERCAMIENTO AL MATERIAL

Como proceso inicial de acercamiento al material, se establece la materia prima que se va a utilizar en el proceso, por norma, son los papeles que están en óptimas condiciones de reciclaje, en este caso son los materiales seleccionados son: Cartón de caja, Cartón de huevo, Papel de revista, Papel periódico y Papel blanco impreso.



Fotografía 5 Cartón



Fotografía 6 Cartón de caja de huevo



Fotografía 3 Papel Revista



Fotografía 2 Papel Periódico



Fotografía 4 Papel blanco impreso

Se hizo breve observación de los métodos de reciclaje del papel que actualmente se emplean, físicos y químicos y basados en ellos aplicarlos a los materiales, para obtener las características que se quieren del material al ser mezclado con el cemento que es llegar a una consistencia adecuada del aglomerado que permitiera su manipulación. Así que la transformación en pasta de papel se inicia con una tritura gruesa, proceso que se hizo con tijeras, bisturí, guillotina y manualmente.



Fotografía 7 Herramientas de tritúra gruesa



Fotografía 8 Hidratación

Posteriormente, se deja el material resultante en agua, para su hidratación, alrededor de 12 a 24 horas, facilitando así el proceso de tritura final, industrialmente el proceso no requiere ese tiempo, pues se cuenta con máquinas que facilitan este proceso como despulpadores los cuales hay de diferente tamaño y potencias.

COMER
TEK
pulp and paper
equipment

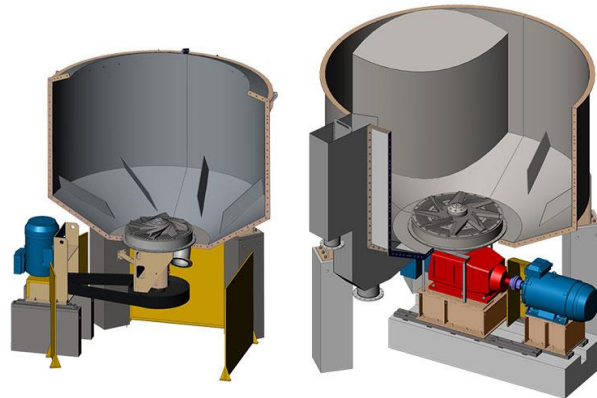


Figura 7 Depurador para el reciclaje de papel

Se procede a triturar hasta obtener una pasta homogénea de color grisáceo, por la combinación de las fibras de papel y tintas de impresión.



Fotografía 10 Tritura de papel



Fotografía 9 Pasta de Papel

Se hacen pruebas en donde se intenta reconocer diferencias resultantes entre los tiempos de tritura, a saber:

- 0 minutos: Se encuentra admirable el nivel de cohesión de las fibras, aun cuando su estado simplemente fue humedecido junto con la aplicación de una poca presión. Se alcanzan a apreciar en sus bordes los filamentos de fibras de papel, que quedan tras el rasgado; a pesar de esto el material se encuentra en un estado muy robusto y poco manejable y/o moldeable.
- 2 minutos: Ya encontramos en este tiempo, una pasta de papel que, a diferencia del anterior, el material resultante permite su manipulación y en cierta proporción moldear con facilidad, aunque no es fácil de trabajar porque las fibras no están totalmente mezcladas, pues se aprecian aún trozos pequeños de papel, haciendo que se deshaga con la manipulación.
- 5 minutos: La pasta de papel obtenida con este tiempo se puede considerar es una material más homogénea y suave, entre más tiempo se exponga el material a la tritura, las separaciones de las fibras crean una masa blanda y uniforme con respecto a los anteriores tiempos. No obstante, también está más expuesto a una mayor pérdida de material fibroso que queda suspendido en el líquido. Es por eso por lo que hacer uso de más tiempo de triturar sería ocasionar una pérdida de material innecesaria.



Fotografía 13 Tiempo 0 minutos



Fotografía 11 Tiempo 2 minutos



Fotografía 12 Tiempo 5 minutos

Finalizado el proceso resta quitar el exceso de agua de la pasta de papel, agua necesaria para el proceso de mezcla, dejando así alrededor del 15% de humedad en la pasta y el restante 85% de líquido, entra nuevamente en el ciclo de tritura de nuevo material. Proceso que se hace con un tamizaje, retirando así el exceso de líquido de las fibras, sin generar presión, adicional que el propio peso del material.

5.2 PRODUCCIÓN DESARROLLO DEL MATERIAL

Las fibras del papel reciclado dejan grandes espacios entre ellas, al secarse la pasta de papel es muy porosa y bastante frágil. Es por esta razón la necesidad de adición de material que permitan su adherencia, he aquí la posibilidad de introducción del material cementante que rellenen los espacios entre las fibras, creando una pasta modelable en estado fresco y

finalmente de un acabado sólido y resistente. Características obtenidas por la combinación de las cualidades físicas de cada material, así pues, una vez obtenida la pasta de papel con la humedad necesaria, se procede a hacerse la mezcla con el material de cemento en una proporción 1-3, cemento y papel respectivamente.



Fotografía 14 Proporción de mezcla

La decisión del uso de esta proporción está basada en los análisis realizados al material de referencia Papercrete, en donde se determinó que la proporción mínima de cemento sin pérdida de resistencia es de 1-3-3, cemento, papel, arena respectivamente, ahora si bien se determinó la sustracción total de la arena de la fórmula inicial, es con el objetivo de otorgar al material la característica principal de liviandad, y en consideración a que el material no se proyectaba para usos estructurales. Paso seguido de hace la mezcla de los materiales hasta llegar a una pasta homogénea.



Fotografía 15 Mezcla homogénea de papel y cemento

5.3 PROPIEDADES PRINCIPALES DEL MATERIAL

Se hace una calificación cualitativa de los comportamientos de material propuesto, con un parámetro valorativo de, Baja, Media y Alta, según su comportamiento visto durante el proceso de y conforme a las valoraciones de los materiales anteriores.

PROPIEDADES PRINCIPALES DEL MATERIAL EN ESTADO FRESCO SON:

- Calificación de manejabilidad: MEDIA, tomando como medida la facilidad de manipulación de la mezcla, pues a pesar de estar en un estado manipulable no presenta una forma consistente, esto quiere decir que el material no es lo suficientemente estable para ser moldeado como una plastilina, haciéndolo dependiente de un encofrado o molde.



Fotografía 16 Manejabilidad del material

- Calificación de exudación: ALTA, es evidente, que existe la pérdida de una parte del agua contante, que sale tanto a la superficie del material, como hacia debajo de ella misma mientras pueda drenar, es importante controlar la exudación evitando una pérdida rápida de humedad, pues haría que el cemento por su comportamiento fisicoquímico no llegue a su máxima resistencia, lo que igualmente causaría el exceso de humedad.



Fotografía 17 Exudación superficial del material

- Calificación de retención de agua: ALTA, se refiere a la capacidad del material de mantener y contener agua sin estar expuesto a presiones.
BAJA, se refiere a la capacidad del material de mantener su plasticidad cuando es expuesto a contacto con superficies sólidas que ejerzan una presión.
- Calificación de velocidad de endurecimiento: BAJA. Los tiempos de fraguado inicial se estiman entre los primeros 7 días, y final entre los siguientes 30 días a temperatura ambiente, dependiendo también de las proporciones de mezcla y de las condiciones ambientales como el clima y humedad.
- Calificación de vibrado y compactación: MEDIA, pues mientras se coloca el material es necesario hacer uso de la vibración para homogeneizar los componentes respecto al contenedor y retirar las burbujas de aire que pueden quedar entre el material, también se hace medianamente la compactación del material para agregar hacer que las estructuras internas de fibras de papel adhieran entre sí, otorgándole una calidad más maciza y por ende resistencia a la compactación.
- Calificación de capacidad de contención: ALTA, se refiere a la capacidad plástica del material de tomar la forma de su contenedor, y mantenerla una vez el proceso de fraguado ha terminado, y una de las cualidades es la adaptación que tiene el material de mantener formas orgánicas o rectas.

PROPIEDADES PRINCIPALES DEL MATERIAL EN ESTADO ENDURECIDO SON:

- Calificación de estabilidad dimensional: MEDIA tiene una condición firmeza en su forma una vez se completa el proceso de fraguado. Sin embargo, se ve afectado su peso por los cambios de temperatura o humedad expuestos
- Calificación de contracción: MEDIA, refiriéndose a los cambios de volumen en el material debido a la pérdida de agua por evaporación, se estiman en 10% causada por las variaciones de humedad en el material, sin embargo, su contracción es regular y no produce problemas de desfiguración respecto al molde. La retracción es proporcional en todos sus lados.
- Calificación de resiliencia: BAJA, por tener un comportamiento rígido, es susceptible a fracturas cuando se le aplican fuerzas de flexibilidad. Quebrando y separando las fibras de papel.
- Calificación de porosidad: ALTA, es la relación entre volumen y aire, pues particularmente las fibras de papel le dan la cualidad de ser liviano permitiendo el paso del aire entre el material.
- Calificación de densidad absoluta: BAJA, se refiere a la relación entre la masa y el volumen de la materia que la constituye. La característica del papel hace que sea compacto y liviano.
- Calificación de dureza: ALTA, es el grado de resistencia a la deformación por la presión de una superficie exterior.
- Calificación de compresibilidad: MEDIA, es la reducción de espesor debido a la presión de una fuerza exterior.
- Calificación de su estructura interna: ALTA, implica la uniformidad de la distribución de las partículas internas con la que está compuesto, obteniendo una alta uniformidad en la estructura interna.
- Calificación de resistencia térmica: ALTA, no produce ni mantiene llama y tiene media capacidad de conductividad térmica.
- Calificación de absorción de líquido: ALTA, La capacidad del material de absorber líquidos como el agua. Reteniendo medianamente la humedad dejándola luego salir por proceso de evaporación.

Finalmente:

- Calificación de apariencia: ALTA, la apariencia del material después de fraguado juega un importante papel para el desarrollo estético de las propuestas aplicativas con este material.

5.4 PRUEBAS SOBRE EL MATERIAL

Se ejecutaron ensayos preliminares en el material y las conclusiones en el desarrollo de las pruebas que se hicieron sobre las muestras dieron resultados favorables:

PRUEBAS DE RESISTENCIA A MATERIALES INSERTADOS:

- Puntilla: El material tiene la capacidad de inserción de puntillas de diferentes calibres sin una necesidad de esfuerzo y sin sufrir deformación o quebramiento superficial del material, también su sujeción e inmovilización del agente externo permite que pueda ser usado para sistemas colgantes.



Fotografía 18 Inserción de puntilla



Fotografía 19 Prueba con puntilla

- Atornillado: Igualmente, el material muestra la capacidad de recibir y contener elementos, introducidos, generando en él una deformación no mayor al espacio creado por el objeto, en este caso, el tornillo.

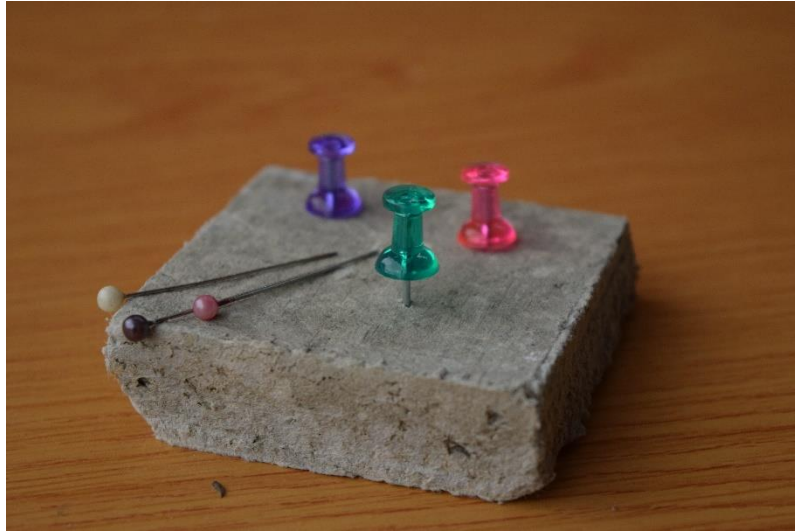


Fotografía 21 inserción de tornillo



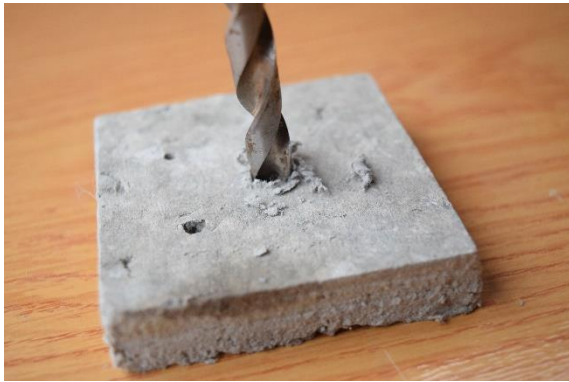
Fotografía 20 Prueba con tornillo

- Chincheta: Cabe destacar que la fuerza aplicada necesaria para introducir objetos es mínima, facilitando así la introducción de objetos puntuales, pequeños y/o débiles.,



Fotografía 22 Introducción de chincheta

- Taladrado: Al igual que en las anteriores pruebas de inserción, el material permite el uso de taladro como método de perforación, suave, sin daños y con un acabado parejo.



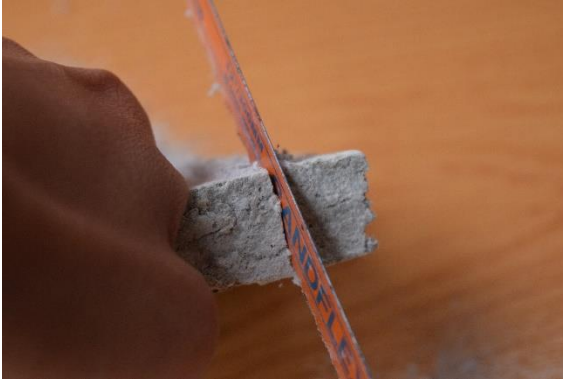
Fotografía 23 inserción de taladro



Fotografía 24 Prueba de taladrado

CIZALLAMIENTO Y RESISTENCIA A LA ABLACIÓN

- Con hoja de segueta: el material genera cierta resistencia, sin embargo, no es muy tarde cuando el material cede ante el paso de la misma, haciendo una separación pareja, hay un desprendimiento de viruta en polvo muy liviano.



Fotografía 26 Resistencia a hoja de segueta



Fotografía 25 Separación y viruta

- Hoja de Lija: los resultados son satisfactorios y dan un nivel medio hacia la resistencia a la abrasión, que se define como el desgaste que sufre la superficie del material provocado por el contacto con otro cuerpo, que con el movimiento generan cargas superficiales.



Fotografía 28 Resistencia a la abrasión



Fotografía 27 Resultado de lijado

RESISTENCIA A LOS ELEMENTOS

- Fuego y transmisión del calor: debo decir que los resultados fueron sorprendentes al comprobar que tiene una alta resistencia al fuego, y el traspaso mínimo de calor, la reacción con el contacto con el fuego es el de contener el calor en sí mismo, se puede apreciar un quemado superficial, sin producir ni transmitir llama, el calor hace que se libere humo de un olor fuerte, para finalmente convertirse en ceniza.



Fotografía 30 Resistencia a contacto con fuego



Fotografía 29 Contacto con fuego

- Absorción de agua: la capacidad de absorción de agua también es prodigiosa, pues a pesar del aumento de peso, adquirido por el agua dentro del material, no se presenta deformación considerable en la forma adicional al cambio del color en el material.



Fotografía 31 Absorción de humedad

Cabe decir que, en estado húmedo, baja su firmeza, pues las fibras de papel se expanden haciendo el material levemente más frágil, pero no representa cambios significativos en las resistencias.



Fotografía 33 Absorción de humedad por hidratación



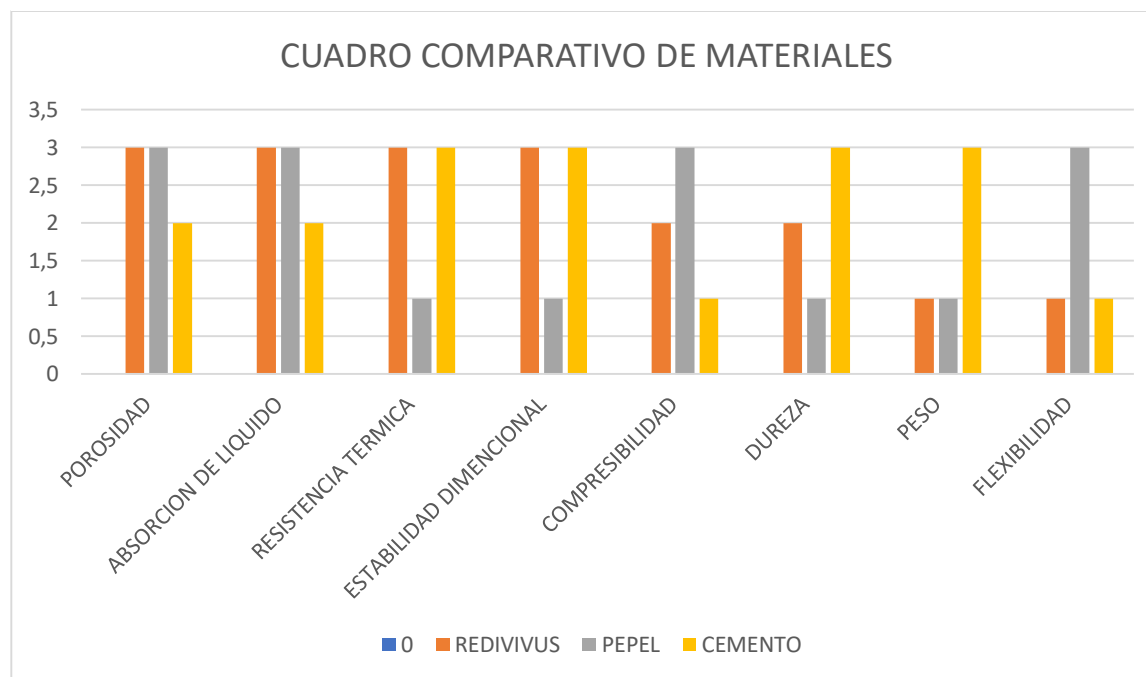
Fotografía 32 Retención de humedad

Además, la retención de líquidos corresponde a la característica estrella en este proyecto, pues posee la capacidad de dejar salir la humedad y restablecerse a su estado inicial sin pérdida de forma y resistencia.

- Moldeado y detalles de Impresión: finalmente el material, por su característica semi acuosa y la capacidad de dejarse contener, da la posibilidad de ser fundida, en formaleta o moldes, con formas orgánicas o rígidas, una vez se termina el tiempo de fraguado, da buenos detalles superficiales de impresión.

5.5 COMPARATIVO DE MATERIALES PAPEL / CEMENTO / REDIVIVUS

Tabla 1 ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTO DE MATERIAL



5.6 RESULTADOS DE LABORATORIO

Junto con el análisis y la exploración anteriormente realizada al comportamiento del material durante las diferentes etapas del presente proyecto, también se realizaron pruebas de laboratorio con el ánimo de tener certeza de las medidas, se hicieron pruebas de ensayos de laboratorio que nos determinaron los siguientes resultados.

Los ensayos de laboratorio fueron realizados por el Laboratorio DIMCO Ingenieros Ltda. durante las fechas comprendidas entre el 3 de noviembre y el 14 de noviembre del año en curso en la ciudad de Bogotá, como responsable el señor Carlos Benavides, Coordinador de Laboratorio, teniendo en cuenta las siguientes características:

Cemento utilizado:	Argos
Dosificación del material:	1:3
Temperatura ambiente promedio:	19.5°C

PRUEBA 1. CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD). NORMA NTC 1495 – INV - 122

Tabla 2C COMPARATIVO RESUMEN DE MATERIAL.

Contenido de Humedad, %	Cubo Periódico	Cubo Cartón	Cubo Cartón + Periódico	Cubo Arena
	221.69	200.19	204.69	4.06

Conclusión:

- El material de pulpa de papel es altamente húmedo y retiene aproximadamente un 200% más de humedad que la arena.

PRUEBA 2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO. NORMA NTC 220

Tabla 3 COMPARATIVO RESUMEN DE MATERIAL

Información	Cubo Periódico	Cubo Cartón	Cubo Cartón + Periódico (Sumergido)	Cubo Arena
Edad (días)	11	11	11	7
Fuerza (kg)	6.7	5.3	5.6	23
Libras (lbs)	15	12	12	51
Resistencia (kg/cm ²)	0.003	0.002	0.002	0.009
(Mpa)	0.0003	0.0002	0.0002	0.0009
(psi)	0.04	0.03	0.03	0.13

Conclusión:

- Existe una diferencia de fuerza promedio de 17,2 Kg. entre el material pétreo, con respecto a la pulpa de papel.
- Con la diferencia de 0.006Kg/cm² entre la arena y la pulpa de papel podemos establecer que la resistencia del aglomerado de papel es óptima para su aplicabilidad en el proyecto.
- En el material de pulpa de papel no se observan diferencias significativas entre el material seco y el sumergido en agua. Es decir, se obtiene básicamente la misma resistencia.

PRUEBA 3. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN. NTC 2017

Tabla 4 CUADRO COMPARATIVO RESUMEN DE MATERIAL

Información	Periódico	Cartón	Cartón - huevo	Cartón – Revista – Periódico
Carga (KN)	2.54	4.19	1.48	2.58
Luz (mm)	175.08	176.24	173.75	170.29
Resistencia Mr (Mpa)	55.45	103.4	26.40	43.29
Observaciones	Resistencia de 485.01 kg/cm ²	Resistencia de 889.50 kg/cm ²	Resistencia de 222.05 Kg/cm ²	Resistencia de 441.55 Kg/cm ²

Conclusión:

- El material de pulpa de cartón es el material más flexible en comparación con las otras muestras y así mismo su resistencia.
- Y el de menor flexión es el de cartón – huevo, teniendo en cuenta que es el material que ya ha pasado por un proceso de reciclaje.
- La combinación de los diferentes tipos de papel no difiere entre las resistencias del material.

CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD)		
Cubo con periodico	221.9	%
Cubo con Cartón	200.19	%
Cubo Carton + Peridico	204.69	%
Cubo Arena	4.06	%
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CUBOS DE MORTERO		
Mezcla Cemento + Arena de Pe	0,0008	Mpa
Mezcla Cemento+Carton+Parioc	0,0002	Mpa
Mezcla Cemento+Carton	0,0002	Mpa
Mezcla Cemento+Periódico	0,0002	Mpa
RESISTENCIA A LA FLEXION		
Cemento+Carton huevo+Cemen	21,77	Mpa
Cemento+Carton+Cemento	86,52	Mpa
Cemento+Cartòn+Revista+Perio	43,29	Mpa
Cemento+Periodo	47,55	Mpa

Figura 8 Análisis de resultado por Diego A. Ingeniero Civil

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Conforme a los resultados de laboratorio obtenidos en el ensayo de compresión, se observa que la resistencia a la compresión no presenta variaciones significativas entre las muestras correspondientes a las mezclas de cartón, periódico y cartón - periódico.

En cuanto al resultado del ensayo a flexión se observa que, para la mezcla con cartón, se obtuvo la mayor resistencia, del orden del 82% más que la obtenida con el periódico que fue la siguiente de mayor a menor. Así las cosas, la mezcla más recomendada es la que se obtiene con cemento + cartón. Análisis entregados por el Ingeniero Civil Diego A. Acero Marques, quien promedia los resultados de las muestras.

Para obtener mejores resultados, se puede seguir realizando muestras con diferentes dosificaciones de cemento y agua, con el fin de llegar a una mezcla óptima.

Al final de documento se anexan los resultados de laboratorios entregados por el Laboratorio DIMCO Ingenieros Ltda.

PESO DEL MATERIAL

Tabla 5 Análisis de peso de material por m³

PESO

	MATERIAL	PESO
1M ³ DE REDIVIVUS	Papel	625 kg.
	Cemento	208.5 Kg.*
	PESO TOTAL	833.5 Kg.

* (4.17 BULTOS DE 50KG.)

Análisis aportado por la Arquitecta Sobeida Romero, U. La Gran Colombia

COSTOS DEL MATERIAL

Tabla 6 Análisis de costos de material por m³

COSTOS

	MATERIAL	PESO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1M ³ DE REDIVIVUS	Papel	625 Kg.	\$ 300	\$ 187.500
	Cemento	208.5 Kg.	\$ 18.000 *	\$ 75.060
	VALOR TOTAL			\$ 262.560

* (4.17 BULTOS DE 50KG.)

MORTERO CONVENCIONAL: \$ 250.000

Análisis aportado por la Arquitecta Sobeida Romero, U. La Gran Colombia

CAPÍTULO 6

ASPECTO PROYECTUAL

Mi experiencia personal me ha llevado al constante contacto con espacios de construcción, donde se pueden apreciar múltiples materiales, sus usos, sus instalaciones, desinstalaciones, hasta su disposición final en botaderos de basura; siendo autocrítica, y consiente de los impactos que estos materiales generan. Se indaga sobre el porqué del uso de estos materiales y la repuesta final es simplemente porque si no son los únicos, si son los que el mercado más ofrece, por beneficios inclinados a lo económico. Lo que me hizo cuestionar sobre nuestro deber como diseñadores industriales de cómo generar hábitos de consumo responsables, formas de producción consecuentes con la recuperación de materias primas desechadas. Razón de la elección de este tema, pues nace una **OPORTUNIDAD DE DISEÑO**, por medio de la aplicación de un material extraído de residuos y transformado a materia prima para el sector de la construcción e interiores, con cualidades análogas y con un impacto ambiental que cumpla con el paradigma de la sustentabilidad.

Proyecto del que se puede crear una estructura económica, alrededor de la recuperación de un material, considerado desecho, extendiendo su ciclo de vida, mediante la transformación a materia prima; que le otorga valor comercial, que cumpla con características de consumo, creando a la vez oportunidades de diseño y empleo.

Se elige el papel, entre tantas otras posibilidades, como materia prima de reciclaje por sus cualidades físicas nobles, su fácil acceso y manipulación. Específicamente los que se conocen como residuos sólidos urbanos (RSU), en óptimas condiciones de reciclaje como lo determina la norma. Pues como se indica en la (Figura 2, pág. 24) los dos procesos anteriores que hacen parte del ciclo de vida del papel como lo son la mano, factura de papel y papel pre consumo ya cuentan con responsables de su disposición, lo que, por el contrario, pasa con el papel pos consumo, pues este es desechado por su consumidor final en la basura junto con otros desechos, sin valor, material que finalmente causa congestión innecesaria en los vertederos de basura.

Después de todo el recorrido sobre el material, y los aspectos técnicos y tecnológicos de su composición, se llega a la pregunta, clave del proyecto ¿en dónde y cómo puedo aplicar este nuevo material? Las propiedades físicas condicionan su aplicabilidad y lo que se puede hacer con él y es cuando se explora las posibilidades de su aplicación y uso.

“Cuando un diseñador o constructor elige un material, en gran medida está escogiendo los resultados estéticos, sus condiciones físicas y su duración, y no es mentira que los materiales guardan cualidades asociativas incrustadas tras años de usos. El diseño de interiorismo moderno tiene como prioridad la calidad propia de los materiales, esto quiere decir que hace más énfasis en los sus valores propios e individuales, los interiores actuales permiten que las características únicas de cada material hablen por si solas. Materiales que anteriormente solo

se consideraban adecuados para usos industriales o comerciales, han encontrado una nueva utilidad en la casa moderna. El hormigón y concreto, era uno de los materiales que siempre se cubría con otros acabados, y ahora tiende a dejarse cada vez más desnudo, sin adornos, ya que él posee cierta calidad monumental, con una belleza innegable y a pesar de que se lleva empleando desde épocas romanas, se asocia con la arquitectura moderna.” (Wilhide, Elizabeth, 2005)

El concreto pulido constituye un fondo moderno y sorprendentemente elegante para cualquier interior contemporáneo, y la idea de dejarlo a la vista como superficie es relativamente nueva.



Figura 9 Referencia de uso concreto pulido

Y advirtiendo las características estéticas del material homólogo a la del mortero, se inicia a explorar formalmente en paneles para revestimiento de paredes y cielos rasos, para acabados en interiorismo, haciendo el aprovechamiento de las propiedades térmicas y acústicas propias del material.



Fotografía 34 Trabajo de campo inicial

No conforme con la exploración de paneles, se sigue estudiando la permutación del material referente, en objetos que no solo obedecen a aplicaciones de recubrimiento, sino su uso en objetos que adquieren un valor más que decorativo, un valor de uso funcional, como mobiliario, objetos de uso diario tanto para interiores como para exteriores.

6.1 HISTORIA DEL ARTE O REFERENTES



Figura 10 Estado del arte



6.2 TOMA DE DECISIONES

La toma de decisiones está nutrida en un porcentaje muy grande por los resultados arrojados en los estudios que se aplicaron al material y en un pequeño porcentaje a mi comportamiento testarudo, frente a la toma de decisiones formales y conceptuales en el proyecto. Pero que sería del diseño sin una actitud impulsiva, capaz de seguir sus instintos.

Es en este punto de quiebre después de una retroalimentación con tutores y profesores y las exploraciones de referentes, se toma la decisión de hacer evidente las cualidades del material **REDIVIVUS**, con la aplicación del mismo en jardinería vertical, siguiendo la línea de interiorismo. No queda por demás decir que con esto se reafirma uno de los conceptos claves del proyecto **REDIVIVUS**, que del latín significa, reciclar y/o volver a la vida; y sin haber un margen de duda muy amplio sobre las capacidades que el material y su resistencia frente a los factores ambientales a los que se estaría expuesto.

6.3 ANÁLISIS DE CONTEXTO

JARDINES VERTICALES

Un jardín vertical es un sistema que transforma cualquier muro en una superficie cubierta de plantas de diversas especies, que brindan la posibilidad de recuperar el contacto con el medio natural en lugares que de otra manera sería imposible. Actividad que se convierte cada vez más recurrentes en las ciudades, no solo por la falta de áreas verdes y su atractivo estético, sino por los beneficios ambientales que generan, como son: purificación de aire, captación de bióxido de carbono, producción de oxígeno, regulación térmica, aislamiento acústico, captación de polvos, generación de corredores biológicos, producción alimenticia, entre otros.

Hay dos tipos de jardines verticales, de 2 Caras, y Vertical Pasivo. Su diferencia radica en la disposición de la vegetación como separador de espacio, o como recubrimiento de una sola superficie. Los materiales naturales que se usan son viruta de madera, serrín, o fibra de coco, actualmente se usan una amplia gama de telas plásticas especializado en el campo. (Cristian, P., 2013).

LAS PLANTAS EN JARDINES VERTICALES

Las plantas que conforman el muro vegetal pueden escogerse en cada caso, teniendo en cuenta las características climatológicas del lugar de emplazamiento, las necesidades o preferencias del usuario, y su clasificación es:

- Plantas para Interiores (Mucha o poca luz)
- Plantas para pasillos o corredores, (Cálidas o frías)
- Plantas para habitaciones o dormitorios (Mucha o poca luz)
- Plantas para exteriores (Luz directa o sombra)



Figura 11 Plantas para jardines verticales interiores 1



Figura 12 Plantas para jardines verticales interiores 2



Figura 13 Plantas para jardines verticales 3

Los usos de jardines verticales suponen un trabajo de mantenimiento mínimo que se reduce a la revisión periódica de las instalaciones, y podas eventuales de las plantas. Sin embargo, son varios los factores que intervienen en el éxito de la jardinería. Como el asegurar que el agua no se acumule, ya que el agua estancada puede pudrir las raíces de tus plantas y crear hongos e infecciones. y contar con un buen sistema de riego controlado, pues la hidratación varía de acuerdo con el tipo de plantas y tamaño del jardín. Cristian, P. (2013)

Las cualidades que debe aportar el material para el adecuado crecimiento del jardín, es el equilibrio ecológico entre de las plantas, el sustrato⁵ y el agua:

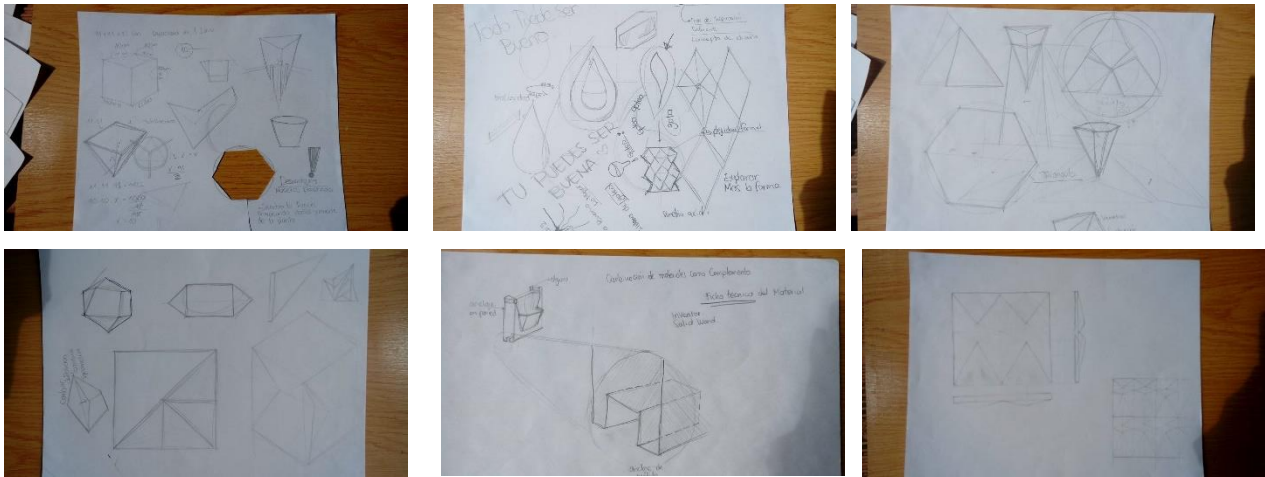
- Resistencia física al sustrato
- Retención de agua
- Retención de nutrientes
- Facilidad de sustitución de la planta
- Facilidad de riego
- Variedad de plantación
- Resistencia al frío y al calor
- Peso

⁵ Sustrato: Medio en el que se desarrollan una planta o un animal fijo.

CAPÍTULO 7

DISEÑO

A partir de la información de necesidades y requerimientos, se realiza los esbozos rápidos de forma, dando inicio a la fase del diseño del concepto, de los cual se generarán parámetros formales y funcionales claves, para la propuesta de alternativas que cumplan con las exigencias de la actividad.



Fotografías 35 bocetación

Una vez apropiados los conceptos principales; Descomposición Modular e Hidratación por Embebido,⁶ junto con otros conceptos transversales que hacen parte de la integración formal, se da inicio a la parte de bocetación, definiendo las dimensiones del objeto por el tamaño más usado entre los que actualmente se ofrecen en el mercado, que es el tamaño de 1 litro. Aunque varían según las necesidades de las plantas, estas medidas vienen en presentaciones de 1, 3, 5, 8 a 10 litros.



Figura 14 Referencia de tamaños en el mercado

⁶ Embebido, de la palabra embeber: Dicho de un cuerpo sólido que Absorbe a otro líquido. La esponja embebe el agua.

7.1 PROPUESTAS DE DISEÑO

Esta es la etapa donde se seleccionan las propuestas formales del objeto, más congruentes con los conceptos de diseño y requerimientos físicos del producto, para dar lugar al desarrollo de los procedimientos formales consecuentes a los conceptos del producto.

7.2 PROPUESTA DE DISEÑO SELECCIONADA

El siguiente paso, fue la elaboración de los modelos, y primeros acercamientos físicos a la forma, haciendo uso de recursos y materiales, como cartón reciclado, papel reciclado, plastilina y cinta, para poder acceder y reconocer los volúmenes, tamaños, formas y procesos de producción.



Fotografías 36 Modelado Inicial

7.3 ASPECTOS CONCEPTUALES DE DISEÑO

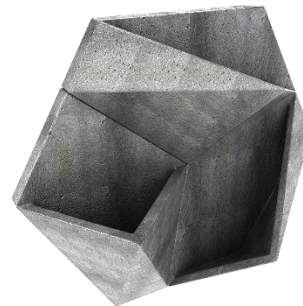
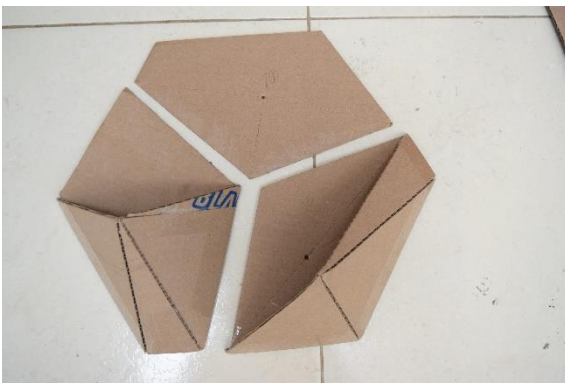
Los conceptos de diseño han sido descompuestos en dos principales e independientes, por ser uno resuelto por la forma y el otro determinado por el material.

- Descomposición Modular.
- Hidratación por Embebido.

DESCOMPOSICIÓN MODULAR

El diseño modular propone dividir la forma geometría inicial que es un hexaedro, 3 en partes iguales, donde la lógica de la forma es la de definir sus relaciones formales con ángulos teselados y así satisfacer condiciones de composición espacial. En contraste, los módulos son independiente en su volumetría, al no depender uno del otro, pero a su vez son complemento en la composición espacial. Cumpliendo uno de los parámetros de diseño como:

- Facilidad de sustitución de la planta
- Facilidad de riego
- Variedad de plantación

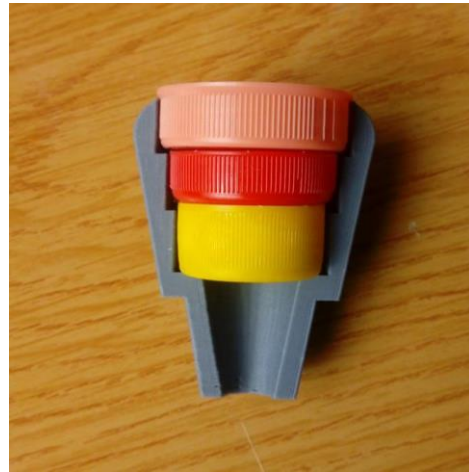


Fotografía 37 Concepto de descomposición modular

HIDRATACIÓN POR EMBEBIDO

Resultante de la propiedad absorbente y contenedora del material propuesto, adicional se crea la instalación de un dispositivo independiente que permite la hidratación controlada de las plantas mediante un sistema de irrigación por goteo, motivando la reutilización de envases plásticos desechables que embebidos verticalmente, permiten la humedad constante del sustrato, que permite mantener tanto la humedad como la temperatura, para el equilibrio ecológico entre de las plantas, el sustrato y el agua, y garantizar el sano crecimiento de las plantas. Sin embargo, el material cumple otro de las funciones requeridas como:

- Resistencia física al sustrato
- Retención de agua y nutrientes
- Resistencia al frío y al calor



Fotografías 38 Concepto hidratación por embebido

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE HIDRATACIÓN

El nacimiento de este dispositivo fue pensado dentro de la formalidad del objeto propuesto, sin embargo, al ver las proporciones y características necesarias, se determinó que se aprovecharía mejor al ser un dispositivo independiente, pues representaba un aumento del tamaño y desperdicio de material. El sistema de irrigación por goteo consiste en el modelo de uso actual de disponer una botella de agua insertada de forma vertical en el sustrato y que, por medio de un orificio en la tapa hecha por el usuario, hidrata a necesidad la planta. Actividad que resulta con dificultades pues, tiene el riesgo de lastimar la planta por caída y no tener un control sobre la constancia de goteo.

Con este dispositivo soluciono el posicionamiento de los posibles envases plásticos haciendo con el anclaje en el sustrato, se investiga sobre las tipologías de botellas y tapas de tamaño personal se consumen en el mercado actual, llegando a la conclusión que existe una constante en el uso de 3 tipos de tapas, las cuales determinan el diseño interno del dispositivo. A la vez, el mantenerlo en una posición vertical, genera una constancia en el goteo.



Fotografía 39 Análisis tipológico de tapas



Fotografía 40 Condicionamiento interno formal

7.4 ASPECTOS TÉCNICOS DE DISEÑO

- Cantidad de cuerpos: Cuatro cuerpos
- Capacidad: 1. Litros.
- Facilidad de encajar: Forma general hexagonal, con separación en 3 unidades independiente y teselares.
- Acceso a los contenedores: Bocas grandes sin tapas ni partes extraíbles.
- Limpieza y mantenimiento: Lavado suave con agua, sin químicos.
- Modularidad: Sistema modular en la verticalidad para aprovechar el espacio sub utilizado.
- Manejo de olores: Material poroso que evita potenciar los olores.
- Seguridad para auto sostenerse: Soporte en acero y anclajes fijos.
- Uso entendible por forma: Formas sencillas que indica cómo se usa fácilmente el sistema
- Material: Aglomerado de pasta de papel reciclado y cemento.
- Apariencia / Diseño Deseable: Formas innovadoras, obedeciendo a un estilo moderno de uso en interiorismo.



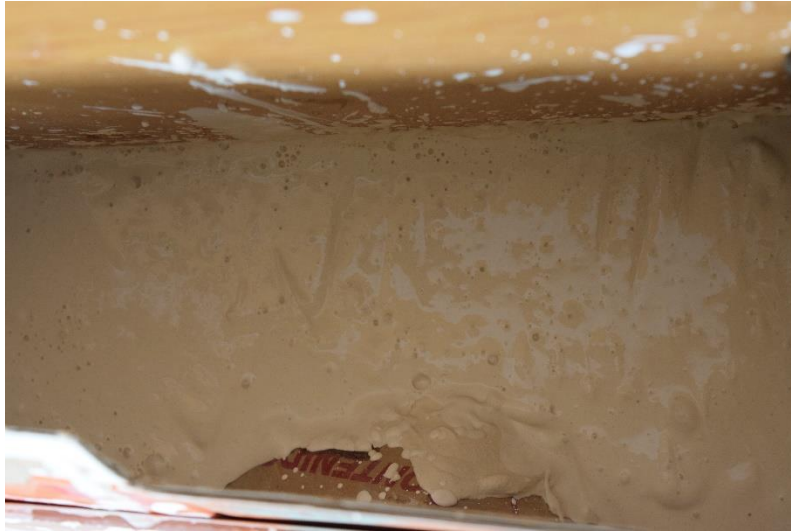
Figura 15 Renderizado de disposición modular

Son múltiples los criterios estimados para valorar cuán verde es un material, teniendo en cuenta, proceso de manufactura, distribución, reúso, operación y mantenimiento, aunque no se trata de buscar un material que complazca todas estas propiedades, sino de considerar su competencia para así establecer que tan amigable es con el medio ambiente. (D4S, 2017)

Material que pueden impactar positivamente, si se asumen los propósitos ambientales de reciclaje. Tal como se referenció con anterioridad, existen métodos y herramientas orientadas a determinar los aspectos específicos en los cuales la intervención del Diseño Industrial aporta un valor agregado en términos medioambientales al desarrollo de productos durante todo el ciclo de vida,

7.5 MODELO

Las maquetas, modelos y prototipos sirven para atestiguar que el diseño propuesto cumpla con los requerimientos y parámetros establecidos, y hacer las respectivas pruebas de validación del producto en condiciones cercanas a la realidad y estudiar los resultados.



Fotografía 42 Elaboración de Molde



Fotografía 41 Prototipo vista frontal



Fotografía 45 Prototipo vista lateral superior



Fotografía 44 Prototipo vista lateral inferior



Fotografía 43 Prototipo con material vivo

PESO DE LA PROPUESTA DE DISEÑO

Tabla 7 precios de material usado en la propuesta formal medido en cm^3

PESO

CM ³ DE MODELO REDIVIVUS	MATERIAL	PESO
	Papel	633 g
	Cemento	211.24 g
	PESO TOTAL	844.24 g

Análisis aportado por la Arquitecta Sobeida Romero, U. La Gran Colombia

COSTOS DE LA PROPUESTA DE DISEÑO

Tabla 8 Costos del material usado en la propuesta formal medido en cm^3

COSTOS

CM ³ DE MODELO REDIVIVUS	MATERIAL	PESO	VALOR UNITARIO/ gr	VALOR TOTAL
	Papel	633 g	\$ 0.3	\$ 190
	Cemento	208.5 g	\$ 86.33	\$ 20
	VALOR TOTAL			\$ 210

Análisis aportado por la Arquitecta Sobeida Romero, U. La Gran Colombia

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES

En el siguiente capítulo se expondrán los tres principales aspectos relacionados, etapas de diseño de proyecto, como primer punto se hará referencia a la etapa diagnóstica, donde se explicarán las conductas del material, en segundo lugar, la toma de decisiones de diseño y como último punto los aspectos claves que describen el trabajo de comprobación.

Para lo que en la etapa diagnóstica el material presento comportamientos que sobrepasaron las expectativas. Ya que por su composición de papel y cemento el aglomerado obtiene las propiedades físicas de cada material, tendiendo al equilibrio entre ellas, los comportamientos más exaltables dentro de la mezcla son:

- Absorción de humedad
- Bajo peso

En la etapa de mezcla, el papel se comporta como agregado fino y tiene curva granulométrica similar a la de la arena, y a pesar de que el papel entra en reemplazo completo, no se ve un cambio significativo en los costos.

En la etapa de comprobaciones el producto resultante de este trabajo de tesis crea un conjunto modular de tres piezas, que mediante los ángulos teselares, permite la composición modular dentro del espacio a ocupar, el modelo está propuesto para espacio interior; apartamentos, oficinas, salones sociales etc. Creando espacios elegantes y únicos, diferenciándose de lo común respecto a los paneles de jardín vertical comunes, marcando la diferencia radicalmente dentro de un espacio interior. Gracias a su versatilidad en cuanto a disposición de los elementos diseñados dentro del espacio, creando movimientos con inclinaciones en ángulos entre los 7 a 15°, donde no se vulnera la retención del sustrato.

8.1 CONCLUSIONES GENERALES

Finalmente se puede concluir que el proyecto llego a comprobar la viabilidad del material, y sus incidencias ecológicas, tanto como sus múltiples posibilidades de usos en el espacio del interiorismo brindando cualidades beneficiosas a comparación con materiales de usos similares en el sector. La capacidad de nobleza del mismo al generar una combinación formidable. Resumidos en:

- La implementación de materiales reciclados logramos incentivar la recuperación de toneladas de desechos que de otro modo terminarían enterrados en rellenos sanitarios.
- No se necesita gran experiencia para crear y hacer uso del material. A pesar de sí necesitar herramientas que permitan su fabricación y manipulación.

- Se comprueba mayor liviandad en comparación con similares de mercado.
- Aunque no se contribuye a la reducción del uso de cemento, si se hace una contribución sustancial al mitigar el impacto que tiene los desperdicios que llegan a los rellenos sanitarios y del impacto ambiental debido a la extracción de pétreos al ser retirado de la fórmula, obteniendo con esto la propiedad de liviano
- Este estudio me permitió como diseñadora analizar el conocimiento en materiales y en métodos de fabricación responsables.
- Con respecto a costos. La producción de mortero utilizando residuos de papel óptimos para reciclaje, NO está reportando un ahorro económico significativo, puesto que los precios del papel con respecto a la arena son lo mismo, y su proporción en volumen usado en la fórmula también, sus beneficios se ven orientados a lo ecológico y a la adquisición de propiedades como absorción de agua, resistencia térmicas y acústicas, liviandad. Esto demuestra que el aprovechamiento del reciclaje representa un beneficio ambiental. Con respecto a la aplicación de prácticas de estas mezclas.
- En este estudio se prepararon pruebas de laboratorio para con ello dar aplicabilidad y confianza sobre los valores de resistencia, absorción de agua, que dieron por encima o iguales a los materiales actualmente usados convencionalmente.
- Que si bien los costos no tiene diferencias con respecto a los morteros de uso convencional, el valor agregado en cuanto a la aplicabilidad de este material, se ven reflejados en el valor agregado por cuanto al diseño, la forma y la versatilidad de su uso.

Podemos entonces afirmar que el Diseño sostenible en el ciclo de vida lo abarca todo, desde la concepción misma del producto y el impacto que genere cada una de las decisiones tomadas, es así que la responsabilidad del diseñador está en la búsqueda de “otra manera de concebir las cosas” para lograr resultados y tomar decisiones responsables.

8.2 LIMITACIONES

Las limitaciones del proyecto está ligada a tiempos de comprobación de un material relativamente nuevo, basado en el aglomerado de pasta de papel reciclado y cemento, material con múltiples cualidades, a lo cual no se alcanza a llegar a la línea que cierra la cadena productiva, consecución de las actividades anteriores como lo son la comercialización, uso y mantenimiento, hasta su disposición final (reúso, reciclaje o disposición en vertederos).

8.3 RECOMENDACIONES PARA FUTUROS TRABAJOS

Queda por hacer más investigaciones del material en aspectos técnicos de resistencias, además de enjuiciar los posibles daños ambientales del material y proceso de descomposición, Así como su recolección y entrada nuevamente al ciclo productivo y los posibles procesos de reciclaje, para no caer en el error de crear un material no amigable y sin proceso circular.

BIBLIOGRAFÍA

- GARCÍA HORTAL, José A. (2007). *Fibras papeleras*. Barcelona. Edición UPC.
- D4S - UNEP. (2007) *Diseño para la sostenibilidad (D4S)*. Francia. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Ministerio del medio ambiente (1998, julio) *Política para la gestión de integral de residuos*. Colombia. Imprenta Nacional de Colombia.
- ICONTEC. (1989) *Normas técnicas colombianas para el sector de la construcción*. Bogotá – Colombia. Legis editores s. a.
- Wilhide, Elizabeth. (2005) *Materiales: guía de interiorismo*, Blume.

BIBLIOGRAFÍA WEB

- ONU. (2002, septiembre, 2). Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. *ONU*. Recuperado de: <http://www.un.org/es/development/devagenda/sustainable.shtml>
- Dinero. (2017, agosto, 08). Colombia genera 12 millones de toneladas de basura y solo recicla el 17%. *Dinero*. Recuperado de: <http://www.dinero.com/edicion-impres/pais/articulo/cuanta-basura-genera-colombia-y-cuanta-recicla/249270>
- Dinero. (2009, noviembre, 24). La oportunidad está en la basura. *Dinero*. Recuperado de: <http://www.dinero.com/green/seccion-patrocinos/articulo/la-oportunidad-esta-basura/84440>
- Juan F. Rojas T. (2016, enero, 16), Colombia entierra millones de pesos por no reciclar. *El Colombiano*. recuperado de: <http://m.elcolombiano.com/colombia-entierra-millones-de-pesos-por-no-reciclar-FD3410601>
- Redacción Salud. (2017, octubre, 1). La contaminación del aire aumenta los casos de demencia. *El Espectador*. recuperado de: <https://www.elespectador.com/noticias/salud/la-contaminacion-del-aire-aumenta-los-casos-de-demencia-articulo-715911>
- Naciones Unidas. (1972, junio 16), *Informe De la Conferencia De las Naciones Unidas Sobre el Medio humano, Estocolmo*. Recuperado de: <https://www.dipublico.org/conferencias/mediohumano/a-conf.48-14-rev.1.pdf>
- Santamaria, J., Fuller, B., & Fafitis, A. (2007). *Structural properties of a new material made of waste paper*. In *WIT Transactions on Modelling and Simulation (Vol. 46, pp. 557-567)*. Recuperado de: <https://asu.pure.elsevier.com/en/publications/structural-properties-of-a-new-material-made-of-waste-paper> - Link to publication in Scopus
- Green Home. Recuperado de: <http://www.greenhomebuilding.com/index.htm>
- Daniel Duque. (2014, febrero, 16) *Análisis Ciclo de Vida del concreto / Concrete Sustainability Conference*, 360º en concreto. Recuperado de: <http://blog.360gradosenconcreto.com/analisis-ciclo-de-vida-del-concretoconcrete-sustainability-conference/>
- Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005, diciembre) *Política ambiental para la gestión integral de residuos o desechos peligrosos*. Colombia. Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Polit%C3%ACcas_de_la_Direcci%C3%B3n/Pol%C3%ADtica_Ambiental_para_la_Gesti%C3%B3n_Integral_de_Residuos_o_Desechos_Peligrosos.pdf

TESIS

- Cristian, P. (2013). *Uso de materiales para jardines verticales en espacios interiores*. (Tesis de pregrado). Universidad del AZUAY, Cuenca Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/2601>

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 CICLO DE RECICLAJE DE PAPEL Y CARTÓN (ANDI 2012).....	23
FIGURA 2 GENERADORES DE RESIDUOS DE PAPEL	24
FIGURA 3 MAPA DE CENTROS DE RECICLAJE EN BOGOTÁ.....	26
FIGURA 4 REACCIÓN FISICOQUÍMICA DEL CEMENTO.....	28
FIGURA 5 COMPOSICIÓN DEL MORTERO (LEROY MERLIN, 2012)	31
FIGURA 6 USO DEL MORTERO EN COLOMBIA.	32
FIGURA 7 DEPURADOR PARA EL RECICLAJE DE PAPEL	14
FIGURA 8 ANÁLISIS DE RESULTADO POR DIEGO A. INGENIERO CIVIL.....	27
FIGURA 10 REFERENCIA DE USO CONCRETO PULIDO	31
FIGURA 11 ESTADO DEL ARTE	33
FIGURA 12 PLANTAS PARA JARDINES VERTICALES INTERIORES 1	35
FIGURA 13 PLANTAS PARA JARDINES VERTICALES INTERIORES 2	36
FIGURA 14 PLANTAS PARA JARDINES VERTICALES 3	37
FIGURA 15 REFERENCIA DE TAMAÑOS EN EL MERCADO	39
FIGURA 16 RENDERIZADO DE DISPOSICIÓN MODULAR	44

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTO DE MATERIAL.....	25
TABLA 2C COMPARATIVO RESUMEN DE MATERIAL.....	26
TABLA 3 COMPARATIVO RESUMEN DE MATERIAL.....	26
TABLA 4 CUADRO COMPARATIVO RESUMEN DE MATERIAL.....	27
TABLA 5 ANÁLISIS DE PRESO DE MATERIAL POR M ³	28
TABLA 6 ANÁLISIS DE COSTOS DE MATERIAL POR M ³	29
TABLA 7 PRECIOS DE MATERIAL USADO EN LA PROPUESTA FORMAL MEDIDO EN CM ³	47
TABLA 8 COSTOS DEL MATERIAL USADO EN LA PROPUESTA FORMAL MEDIDO EN CM ³	47

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1 CEMENTO PORTLAND	27
FOTOGRAFÍA 2 PAPEL PERIÓDICO	12
FOTOGRAFÍA 3 PAPEL REVISTA	12
FOTOGRAFÍA 4 PAPEL BLANCO IMPRESO.....	12
FOTOGRAFÍA 5 CARTÓN	12
FOTOGRAFÍA 6 CARTÓN DE CAJA DE HUEVO	12
FOTOGRAFÍA 7 HERRAMIENTAS DE TRITURA GRUESA	13
FOTOGRAFÍA 8HIDRATACIÓN.....	13
FOTOGRAFÍA 9 PASTA DE PAPEL.....	14
FOTOGRAFÍA 10TRITURA DE PAPEL	14
FOTOGRAFÍA 11 TIEMPO 2 MINUTOS	15
FOTOGRAFÍA 12 TIEMPO 5 MINUTOS	15
FOTOGRAFÍA 13 TIEMPO 0 MINUTOS	15
FOTOGRAFÍA 14 PROPORCIÓN DE MEZCLA.....	16
FOTOGRAFÍA 15 MEZCLA HOMOGÉNEA DE PAPEL Y CEMENTO.....	16
FOTOGRAFÍA 16 MANEJABILIDAD DEL MATERIAL	17
FOTOGRAFÍA 17 EXUDACIÓN SUPERFICIAL DEL MATERIAL.....	18
FOTOGRAFÍA 18 INSERCIÓN DE PUNTILLA	20
FOTOGRAFÍA 19 PRUEBA CON PUNTILLA.....	20
FOTOGRAFÍA 20 PRUEBA CON TORNILLO	20
FOTOGRAFÍA 21 INSERCIÓNES DE TORNILLO	20
FOTOGRAFÍA 22 INTRODUCCIÓN DE CHINCHETA	21
FOTOGRAFÍA 23 INSERCIÓNES DE TALADRO	21
FOTOGRAFÍA 24 PRUEBA DE TALADRADO	21
FOTOGRAFÍA 25 SEPARACIÓN Y VIRUTA.....	22
FOTOGRAFÍA 26 RESISTENCIA A HOJA DE SEGUETA	22
FOTOGRAFÍA 27 RESULTADO DE LIJADO	22
FOTOGRAFÍA 28 RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	22
FOTOGRAFÍA 29 CONTACTO CON FUEGO	23
FOTOGRAFÍA 30 RESISTENCIA A CONTACTO CON FUEGO	23
FOTOGRAFÍA 31 ABSORCIÓN DE HUMEDAD.....	23
FOTOGRAFÍA 32 RETENCIÓN DE HUMEDAD	24
FOTOGRAFÍA 33 ABSORCIÓN DE HUMEDAD POR HIDRATACIÓN.....	24
FOTOGRAFÍA 34 TRABAJO DE CAMPO INICIAL	32
FOTOGRAFÍAS 35 BOCETACIÓN	39
FOTOGRAFÍAS 36 MODELADO INICIAL	40
FOTOGRAFÍA 37 CONCEPTO DE DESCOMPOSICIÓN MODULAR	41
FOTOGRAFÍAS 38 CONCEPTO HIDRATACIÓN POR EMBEBIDO	42
FOTOGRAFÍA 39 ANÁLISIS TIPOLOGICO DE TAPAS.....	43
FOTOGRAFÍA 40 CONDICIONAMIENTO INTERNO FORMAL	43
FOTOGRAFÍA 41 PROTOTIPO VISTA FRONTAL	45
FOTOGRAFÍA 42 ELABORACIÓN DE MOLDE	45
FOTOGRAFÍA 43 PROTOTIPO CON MATERIAL VIVO	46
FOTOGRAFÍA 44 PROTOTIPO VISTA LATERAL INFERIOR.....	46
FOTOGRAFÍA 45 PROTOTIPO VISTA LATERAL SUPERIOR.....	46

ANEXOS

Anexo 1. Cronograma de Actividades

Anexo 2. Planos Técnicos y Rénder

Anexo 3. Pliegos de Presentación Impreso

Anexo 6. Póster Impreso

Anexo 7. Presentación Digital.

Anexo 8. Criterios de Evaluación

Anexo 9 Resultados Laboratorio