

**LADRILLO DE PLÁSTICO COMO MATERIAL SOSTENIBLE PARA LA
CONSTRUCCIÓN**



Leidy Nataly Garzón Castro

Luis Felipe Guzmán Serrano

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

GIRARDOT, CUNDINAMARCA

2019

**LADRILLO DE PLÁSTICO COMO MATERIAL SOSTENIBLE PARA LA
CONSTRUCCIÓN**

Trabajo de grado para optar al título de Ingenieros Civiles

Leidy Nataly Garzón Castro

ID: 456684

Luis Felipe Guzmán Serrano

ID: 468972

Tutor de Trabajo de Grado:

Ing. Néstor Rafael Perico Granados

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

GIRARDOT, CUNDINAMARCA

2019

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Dedicatoria

A Dios por haber puesto en nuestros camino personas que de una y otra persona ayudaron a la materialización de esta idea; a nuestros padres por que en los momentos oscuros y difíciles nos apoyaron dándonos fortaleza en los momentos de debilidad.

Leidy Nataly Garzón Castro.

A mi madre mi padre y hermana quienes siempre me apoyaron en el proceso y estuvieron motivándome cuando en algún momento pensé desistir, espiritualmente agradecerle a Dios que me dio las fuerzas para seguir y poder sacar adelante este proyecto del cual me siento muy orgulloso.

Luis Felipe Guzmán Serrano

Agradecimientos

A Dios por haber puesto en nuestro camino personas que de una y otra persona ayudaron a la materialización de esta idea; a mi padre Edgar Garzón y Madre Anitilde Castro que en los momentos oscuros y difíciles me apoyaron dándome fortaleza en los momentos de debilidad.

A mi compañero de tesis Felipe Guzmán por escogerme en su idea, para desarrollarla y ejecutarla desde el principio.

A mi esposo Ricardo, por ser una parte muy importante en mi vida, por haberme apoyado en las buenas y en las malas, sobre todo por su paciencia y amor incondicional.

Y la persona más importante mi hija Ana María de 10 meses por estar ausente, cuando más tenía que estar.

Leidy Nataly Garzón Castro.

Quiero agradecer principalmente a Dios porque me dio la fuerza y la sabiduría necesaria para llevar a cabo este trabajo.

A mi madre Rubiela, a mi padre José y mi hermana Alejandra que son la fuente de inspiración es todos mis logros y simplemente no sería nada sin ellos.

A mi director de Tesis el Ing. Néstor Perico, por todas sus enseñanzas y sus conocimientos los cuales fueron pilares fundamentales en este proyecto.

A mi compañera de Tesis Nataly Garzón que desde el principio nos apoyamos para ejecutar el proyecto además de ser una voz de aliento en los momentos difíciles.

A Leidy que me brindó su apoyo y cariño desde el nacimiento del proyecto y estuvo cuando más la necesite.

Y a todas esas personas que aportaron su granito de arena donando la materia prima del proyecto, tapas plásticas.

Luis Felipe Guzmán Serrano.

Resumen

El ladrillo de plástico como material sostenible para la construcción es un proyecto que abarca conceptos básicos de ingeniería, el cual es una alternativa al ladrillado de arcilla convencional en la mampostería de una edificación u obra de Vivienda de Interés Social, realizando un banco de pruebas de laboratorio que comprueben que este elemento si puede ser viable y utilizado en muros divisorios, muros de carga etc. Según el diseño, en este caso es ladrillo de plástico tipo lego. Lo cual se estaría solucionando dos problemas, uno de la contaminación de los ecosistemas, mares y bosques. El déficit habitacional para aquellas que no gozan de una vivienda digna o propia. Por lo tanto no solo se beneficiarían las personas de bajos recursos sino a la población en general. Cabe resaltar que al remplazar el ladrillo de arcilla con el de plástico, se disminuiría la extracción de la arcilla ya que esta práctica genera más impacto además de que muchas veces dejan expuestas estas canteras al aire libre.

Palabras clave: Plástico, ladrillo, construcción civil sostenible, reciclado, sostenibilidad, déficit de vivienda

Abstract

The plastic brick as a sustainable material for the construction is a project that covers Engineer's basic concepts, which is an alternative to the conventional clay brick in the masonry of a building or construction of social housing, realizing a proof laboratory's bank to verify this element can be able and useful in divisive walls, load-bearing walls etc. According to the design, in this case, it's a plastic brick, lego type. Which would be solving two problems, one of the pollution of ecosystems, seas and forests. The housing deficit for those who don't enjoy decent or proper housing. Therefore, not only low-income people would benefit, the general population. It should be noted that by replacing the clay brick with the plastic brick, the extraction of clay would be reduced since this practice generates more impact in addition to the fact that these quarries are exposed in the open air.

Keywords: Plastic, brick, sustainable civil construction, recycling, sustainability, housing deficit

Contenido

1. Relación de tablas	11
2. Relación de figuras	12
3. Lista de anexos	16
4. Glosario	17
5. Introducción.....	20
6. Planteamiento del problema	22
6.1. Formulación De La Idea	31
6.2. Antecedentes	32
7. Justificación	35
8. Objetivos.....	38
8.1. General	38
8.2. Específicos	38
9. Marco de referencia	39
9.1. Marco Teórico	39
9.1.1. Mampostería	39
9.1.2. Ladrillos.....	41
9.1.3. Vivienda de interés social (VIS).....	42
9.1.4. Plástico	43
9.1.5. Consumo.....	44
9.1.6. Material Sostenible	44
9.2. Normatividad.....	45
9.3. Marco Conceptual	46
9.3.1. ¿Qué es el plástico?	46
9.3.2. Usos del plástico.....	46
9.3.3. Clasificación del Plástico	47
9.4. Estado del arte	48
9.4.1. Fundación: Llena una Botella de Amor.....	48
9.4.2. Casa de plástico BrickArp	50
9.4.3. Vivienda se construyó en cinco días con ladrillos de plástico reciclado....	51
9.4.4. Mampuesto aligerado con plástico triturado tipo lego	52

9.4.5.	Argos, más amigable con el medio ambiente	53
9.4.6.	La historia de las cosas	53
10.	Marco metodológico.....	55
10.1.	Enfoque de la investigación	56
10.1.1.	Enfoque cuantitativo.....	56
10.2.	Cronograma.....	57
10.3.	Presupuesto.....	57
10.4.	Procedimiento.....	58
10.4.1.	Recolección de las tapas plásticas	58
10.4.2.	Procesamiento de las tapas	58
11.	Ejecución del proyecto	59
11.1.	Empresas manejadoras de plástico reciclado	59
11.1.1.	Postes Plásticos del Sur	59
11.1.2.	MPC: Madera Plástica de Colombia	60
11.1.3.	Mapleco S.A.S.....	61
11.1.4.	MaderPlastic	62
11.1.5.	Plástico Acevedo	64
11.2.	Primer diseño de ladrillo	65
11.3.	Segundo diseño de ladrillo.	66
11.3.1.	Calculo de masa de segundo diseño de ladrillo.....	66
11.4.	Tercer diseño de ladrillo.....	69
11.4.1.	Calculo de masa de tercer diseño de ladrillo	70
11.5.	Resistencia de ladrillo convencional	71
11.5.1.	Resistencia mecánica a la compresión	72
11.6.	Realización de ladrillo en físico (Manual).....	73
11.6.1.	Proceso previo a la fundición	73
11.6.2.	Pruebas de fundición	75
11.7.	Realización de ladrillo en físico por medio de Inyectora.....	96
11.7.1.	Funcionamiento de una maquina inyectora.....	96
11.8.	Ensayos de laboratorio	101
Resultados.....		102
11.8.1.	Ensayo a Compresión (seco)	102

11.8.2. Ensayo a Compresión (húmedo)	103
11.8.3. Ensayo a flexión (seco)	104
12.1.1. Ensayo a flexión (húmedo).....	105
12.1.2. Prueba a muro armado con los ladrillos.	106
13. Análisis y discusión de resultados	109
14. Conclusiones.....	111
15. Recomendaciones	112
16. Referentes Bibliográficos	113
17. Anexos	119

1. Relación de tablas

Tabla 1 Reciclaje en el mundo	26
Tabla 2 Porcentaje de hogares en déficit total	27
Tabla 3. Uso del plástico reciclado	49
Tabla 4. Cronograma de actividades	57
Tabla 5. Presupuesto de proyecto.....	57
.Tabla 6. Densidades de plásticos	67
Tabla 7. Propiedades físicas de las unidades de mampostería estructural	72
Tabla 8. Propiedades físicas de las unidades de mampostería no estructural	73
Tabla 9. Ensayos a compresión en seco	102
Tabla 10. Ensayo a compresión húmedo	103
12. Tabla 11. Ensayo flexión seco.....	104
Tabla 12. Ensayo a flexión húmedo.....	105
Tabla 13. Prueba de muro. Plástico y arcilla.....	107

2. Relación de figuras

Figura 1. Contaminación del plástico.....	31
Figura 2. Ladrillo de plástico EasyBrick	33
Figura 3. Diseño ladrillo BrickArp	51
Figura 4..Poste plástico 8 cm X 8 cm X 2.50.....	59
Figura 5. Poste plástico de 8 cm x 8 cm X 2 cm.....	60
Figura 6. Estibas de 60 cm X 60 cm X 3 cm	60
Figura 7. Escalera MPC	61
Figura 8. Puente MPC	61
Figura 9. Mesa Mapleco.....	62
Figura 10. Macetas Mapleco	62
Figura 11. Bancas MaderPlastic.....	63
Figura 12. Parques infantiles MaderPlastic.....	63
Figura 13. Estibas Mader Plastic.....	63
Figura 14. Estibas plásticas	64
Figura 15.Madera plástica.....	64
Figura 16. Tejas de plástico	64
Figura 17. Primer diseño de ladrillo.....	65
Figura 18. Vista en planta de primer diseño	65
Figura 19. Segundo diseño de ladrillo.....	66
Figura 20. Vista en planta de segundo diseño.....	66
Figura 21. Volumen de segundo diseño de ladrillo	67
Figura 22. Tercer diseño de ladrillo	69
Figura 23. Vista inferior de tercer diseño.....	69

Figura 24. Muro perpendicular	70
Figura 25. Lavado de tapas.	74
Figura 26. Almacenamiento de las tapas.....	74
Figura 27. Gramera de 7kilos Max.	75
Figura 28. Peso estimado en tapas para el ladrillo	75
Figura 29. Molde metálico	76
Figura 30. Molde con prensas	77
Figura 31 Fogón de leña.....	78
Figura 32. Vertimiento de la materia en el molde metálico	78
Figura 33. Primera prueba de ladrillo	79
Figura 34. Vista frontal de Ladrillo 1	79
Figura 35. Vista posterior ladrillo 1	80
Figura 36. Vista inferior ladrillo 1	80
Figura 37. Peso ladrillo 1	81
Figura 38. Peso ladrillo 1	82
Figura 39 Segunda prueba de ladrillo	82
Figura 40. Vista frontal ladrillo 2.....	83
Figura 41. Vista posterior ladrillo 2	83
Figura 42. Vista inferior de ladrillo 2.....	84
Figura 43. Peso ladrillo 2	84
Figura 44. Tercera prueba de ladrillo.....	85
Figura 45. Vista frontal ladrillo 3.....	85
Figura 46. Vista posterior ladrillo 3	86
Figura 47. Vista inferior ladrillo 3	86

Figura 48. Peso ladrillo 3	87
Figura 49. Prueba ladrillo 4.....	88
Figura 50. Vista frontal ladrillo 4.....	88
Figura 51. Fractura en acople ladrillo 4	89
Figura 52. Vista posterior ladrillo 4	89
Figura 53. Vista inferior ladrillo 4	90
Figura 54. Peso ladrillo 4	90
Figura 55. Prueba ladrillo 5.....	91
Figura 56. Vista frontal ladrillo 5.....	91
Figura 57. Vista posterior ladrillo 5	92
Figura 58. Vista inferior ladrillo 5	92
Figura 59. Peso ladrillo 5	93
Figura 60. Prueba ladrillo 6.....	93
Figura 61. Vista frontal	94
Figura 62. Vista posterior ladrillo 5	94
Figura 63. Vista inferior ladrillo 6	95
Figura 64. Peso ladrillo 6	95
Figura 65. Inyectora de plástico	97
Figura 66. Plástico molido en tolva.....	98
Figura 67. Molde con reformas.....	98
Figura 68. Inyección del plástico.	99
Figura 69. Inyección de plástico 2.	99
Figura 70. Ladrillo fundido en inyectora.	100
Figura 71. Vista inferior de ladrillo inyectado.....	100

Figura 72. Ladrillos hechos en inyectora	101
Figura 73. Muro con ladrillos de plástico	106
Figura 74. Muro con ladrillos de plástico 2	106
Figura 75. Muro después de ser fallado	108
Figura 76. Muro de arcilla.....	108

3. Lista de anexos

Anexo 1. Máquina para ensayo a compresión.	119
Anexo 2. Ficha técnica maquina compresión	119
Anexo 3. Máquina para ensayo a flexión.....	119
Anexo 4. Display de datos	119
Anexo 5. Modelo maquina.....	120
Anexo 6. Visita a laboratorio	120
Anexo 7. Fundición de ladrillo en inyectora.....	120
Anexo 8. Control de temperatura inyectora	120

4. Glosario

Los siguientes términos la mayoría fueron extraídos de sitios web, como Definiciones.de, Definiciones de Google, los demás son conceptos con palabras propias de los autores del documento.

- **Absorción:** se emplea principalmente para referirse a la retención de una sustancia por un cuerpo al estar sometido a la humedad.
- **Acoplar:** Unir dos o más piezas de modo que queden ajustadas.
- **Arcilla:** Se encuentra en una de las capas del suelo, es de color blanco en estado puro, y mezclada con el agua forma una materia muy plástica que se endurece al cocinarla.
- **Auto-construcción:** se indican las estrategias dirigidas a sustituir con operadores aficionados las empresas artesanales o industriales que, en una estructura productiva desarrollada, se ocupan normalmente de realizar los edificios para futuros usuarios.
- **Clinker:** Producto molido en un horno donde se fabrica cemento portland.
- **CO₂ (Dióxido de Carbono):** Gas incoloro, compuesto de carbono y oxígeno, el cual es producido por combustión o alguna acción industrial.
- **Compresión mecánica:** Proceso físico al que un cuerpo es sometido a dos fuerzas opuestas, más específicamente verticales.
- **Concientización:** Acción que se relaciona con la reflexión sobre una problemática.
- **Concreto:** Material de construcción compuesto de arena, cemento y agua.
- **Contaminación:** Introducción de gases o líquidos dañinos al medio ambiente, que también pueden ser residuos sólidos.

- **Cristalinidad:** Para aquellos objetos en los que los átomos, iones o moléculas se repiten de forma ordenada y periódica en las tres direcciones
- **Densidad:** Variación de una masa sobre una unidad de volumen, es decir, cuanta masa hay en determinado volumen.
- **Espécimen:** Muestra, modelo o ejemplar que tiene las cualidades o características que se consideran representativas de la especie a la que pertenece.
- **Exacerbada:** Aumento transitorio de algo se sale de los límites
- **Flagelo:** Causa o suceso que tiene efectos negativos.
- **Flexión mecánica:** Objeto que se encuentra horizontal sobre dos apoyos y recibe una carga en un punto medio.
- **Ignífugo:** Objeto que rechaza la combustión y está protegido del fuego.
- **Imperiosa:** Cuando algo es necesario y/o urgente.
- **Innovación:** Utilizar el conocimiento, y generarlo si es necesario, para crear o mejorar nuevos productos, servicios o procesos.
- **Inocuidad:** Carencia para hacer daño.
- **Mampuesto:** Objeto que se utiliza para la mampostería.
- **Modular:** Cuando las medidas de un objeto están diseñadas para un espacio específico.
- **Morfología:** Es la disciplina que estudia la generación y las propiedades de la forma. Se aplica en casi todas las ramas del diseño
- **Mpa (Mega Pascales):** Unidad de medida de la presión, que representa $\text{Newtons}/\text{m}^2$. Para un mayor entendimiento 1Mpa es igual a 101.971 kilogramos sobre una superficie de 1m^2 .

- **Patología:** Lesión o deterioro sufrido por algún elemento, material o estructura.
- **Perpendicular:** Cuando una línea se cruza con otra 90° .
- **PET:** Tipo de plástico que se encuentra en las botellas, que no es un derivado del petróleo.
- **Polipropileno:** Tipo de plástico usado en tapas plásticas y tuberías, éste es un derivado del petróleo.
- **Prototipo:** Ejemplar de un producto, que se usa como muestra.
- **Punto de fusión:** De una sustancia o un cuerpo que lo cambia de estado sólido a líquido.
- **Reciclar:** Someter objetos a una transformación los cuales fueron desechados.
- **Residuos:** Material resultante que queda de una acción.
- **Resistencia mecánica:** Capacidad de los objetos para aguantar las cargas externas.
- **Reutilizar:** Un objeto generalmente para la misma función que está hecho.
- **Sismo resistencia:** Que es resistente a los sismos producidos naturalmente.
- **Sostenibilidad:** Especialmente las características del desarrollo que asegura las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de futuras generaciones.
- **Termo acústico:** Material que es aislado del sonido.
- **Versátil:** Aquel objeto que se puede poner o retirar fácilmente.
- **Viabilidad:** Cuando un proyecto u objeto es sustentable y da una garantía a largo plazo.

5. Introducción

Desde tiempos memorables, el plástico ha sido un material convencional al servicio del ser humano. Sin embargo pese a sus bondades las consecuencias que este trae una vez es utilizado son nefastas, al punto que es considerado uno de los más contaminantes en el mundo. Este es un problema es producido por un sistema el cual se encarga producir cada vez este material, como dice la autora Annie Leonard: “En cada paso, este sistema interactúa con el mundo real. En la vida real esto no ocurre en una página en blanco. Interactúa con las sociedades, las culturas, las economías, el ambiente”. (Leonard, 2009, pág. 7) Explica que es una problemática que no tiene fronteras y afecta a todos.

Con el paso del tiempo este material ha tenido diversos y variados usos, y en la actualidad es utilizado como contenedor de elementos en su mayoría líquidos, que permiten conservarlo por más tiempo; es higiénico, de fácil transporte y almacenamiento. No obstante existe un problema; su utilización. Pues este ya no cumple con las condiciones de inocuidad lo que provocan daños a la salud del consumidor, por consiguiente al desecharlo este va formando toneladas que van a parar a los rellenos sanitarios ocupando un gran espacio, y lo peor de ahí que sea contaminante para el medio ambiente, pues su destrucción total tarda más de doscientos años.

Entonces, nace la necesidad del reciclaje, cuya práctica es imperante para el medio ambiente. A partir de allí han sido muchos los proyectos tendientes a reutilizar el producto como materia prima para la fabricación de botellas plásticas, entre otros, o utilizar sus partes, como las tapas de sus cerraduras, para la fabricación de ladrillo plástico como en este caso. Pero el tema definitivamente es más cultural que económico.

Es la necesidad de crear conciencia, es llegar al convencimiento pleno, que a las generaciones venideras no se le está dejando un medio ambiente sostenible, pues cada vez el ser humano es agente contaminante y sus sustentos son casi nulos por detener esta lamentable y triste práctica. Y la comunidad en general no se da cuenta de la gravedad de la situación, piensan que todo está bien porque a las empresas les va bien, como dice Annie Leonard: “Por un lado, este sistema parece funcionar bien. Sin ningún problema. Pero la verdad es que es un sistema en crisis. Y la razón por la que está en crisis es que se trata de un sistema lineal y nosotros vivimos en un planeta finito, y no es posible hacer funcionar un sistema lineal indefinidamente en un planeta finito” (Leonard, 2009)

Por un lado se encuentran las grandes empresas en su afán de ser competitivas, innovadoras, acudiendo a esta práctica, por lo que la industria fabricante del plástico en todas sus formas, entre ellas, las botellas plásticas, inundan el mercado para satisfacer la demanda. Y en muchas ocasiones personalizando el diseño de quien la requiere; y por el otro lado se encuentra el consumidor, quien no tienen mucha opción entre una y otra, pues al fin y al cabo son hechas del mismo plástico, donde solo cambia la preferencia de un producto por la marca o por el sabor.

Se demostrará como al utilizar este material debidamente fundido, vertido en un diseño que se convertirá en un prototipo en físico semejante a un ladrillo, es lo suficientemente rígido capaz de resistir peso, para muros en la construcción de vivienda de bajo costo o para Vivienda de Interés Social (VIS) o Vivienda de Interés Prioritario VIP, se ajusta más a las necesidades de población de estrato social uno y dos (1 y 2) a la que accede gran parte de nuestra población.

6. Planteamiento del problema

Según los datos de la agencia EFE: Cada año se producen más de 400 millones de toneladas de plástico en el mundo y sólo un 9 por ciento de los ellos son reciclados, vale decir, 36 millones de toneladas en 2018 (EFE, 2018).

Según Gómez: “La producción exacerbada de plásticos se ha disparado en los últimos 60 años, alrededor de 8.3 mil millones de toneladas de plástico se han fabricado desde 1950. Sólo alrededor del 9 % de ese total se ha reciclado. Del enorme 91 % faltante, el 12% se ha quemado y un 79 % restante ha terminado en vertederos o ecosistemas naturales.” (Gómez, 2019)

Si en el mundo hay 7550 millones de habitantes al dividirlo por 400 millones de toneladas, es lo mismo decir 18875kilos, por cada habitante aproximadamente se producen 53,33 kilos al año de los cuales solo se recicla 4.8 kilos por habitante al año. América Latina, si se tiene en cuenta que hay 1013 millones (2019) de habitantes, produce 53.689.000 millones de toneladas de plástico al año esto es, 53.689.000.000 de kilos, de los cuales 4.832.010 .000 kilos son reciclados, es decir 4.832 toneladas al año.

En Colombia hay 48.2 millones de habitantes (2019), y se produce 2.570.506 toneladas al año de plástico y solo se recicla 231.345 toneladas al año. En Alto Magdalena hay 168.090 habitantes (2018) y se produce 8.964 toneladas de plástico al año de las cuales 806.76 son recicladas al año. Tal como propone Barreta: “Se trata de proponer respuestas a las necesidades socio habitacionales de familias de bajos recursos que componen el 70% del déficit habitacional. Ello significa 3.000.000 de hogares mal alojados en el país cuya demanda crece con progresión geométrica.” (Barreta y otros, 2008)

“Diez millones de bolsas y 1 millón de botellas plásticas son generadas cada minuto en el planeta por los humanos.” (Losada y Otros, 2018)

El mundo se queda sin que hacer con las grandes cantidades de plástico, que genera contaminación en los ecosistemas. En donde el plástico tiene diferentes tipos, el cual para este proyecto se enfocará en el Polipropileno que se encuentra fácilmente en las tapas de las botellas plásticas, ya que sus características físicas y químicas se pueden aprovechar como material sostenible para la construcción. Debe haber una concientización racional en el ser humano, pues este es pieza fundamental al momento de la clasificación de los desechos, al separarlos de las basuras corrientes.

Una posible solución para estas cantidades de plástico desechados es hacer ladrillos de plástico, polipropileno mencionado anteriormente, para usarlos en el campo de la construcción, como por ejemplo viviendas de bajo valor.

Pregunta de investigación: ¿Qué tan viable puede ser la elaboración ladrillos a base del material polipropileno reciclado, de una manera sostenible para la construcción de viviendas?

Se debe saber qué países son los que más contaminan y cuales menos, este es un punto clave de la investigación. No hay continente, ni país ni ciudad que el nivel de contaminación esté en un 0%, pero si unos que contaminan más que otros, y así mismo otros que reciclan casi un 100% de sus desechos.

1. China (30 %) El país más poblado del mundo posee un enorme mercado de exportaciones, lo que ha hecho crecer a su industria hasta convertirse en un serio peligro para el planeta. (ACNUR y otros, 2018)

2. Estados Unidos (15 %) Se trata de la primera potencia industrial y comercial del mundo. Pese a que en los últimos tiempos ha venido liderando las iniciativas más importantes para combatir el cambio climático, en la práctica la gran mayoría se han mostrado insuficientes.

(ACNUR y otros, 2018)

3. India (7 %) Catorce de las quince ciudades más contaminadas del mundo están, según la Organización Mundial de la Salud, en India. (ACNUR y otros, 2018)

4. Rusia (5 %) El país más extenso del mundo aparece en este ranking por su alta dependencia de productos como el petróleo, el carbón, el gas y los combustibles fósiles.

(ACNUR y otros, 2018)

5. Japón (4 %) En último lugar aparece la otra gran potencia asiática después de China. Japón es el mayor consumidor de combustibles fósiles del mundo y el quinto máximo emisor de gases de efecto invernadero. (ACNUR y otros, 2018)

Por mencionar algunos, porque estos 5 anteriores contaminan en cantidades exorbitantes.

Ahora bien, son pocos los países que sus niveles de contaminación son bajos.

En Finlandia probablemente uno de los países con más vegetación. La meta que se han marcado es la de consumir energía renovable en un porcentaje muy alto antes del 2025.

Islandia se toma muy en serio las políticas medioambientales. Protegen sus bosques y son partidarios de las energías renovables frente a otras más contaminantes. (Cardona, 2018).

Dinamarca es un país muy comprometido con las energías limpias. Han sido capaces de reducir las emisiones de CO2 hasta lograr ser uno de los primeros en los puestos con menos

contaminación. En Suecia también se estimula la utilización de las energías renovables. Tanto sus bosques, como el agua o el aire son de gran calidad. (Cardona, 2018)

Eslovenia desde hace unos años ha dado un giro muy positivo respecto al cuidado de su entorno. La calidad del aire ha mejorado considerablemente y sus bosques están siendo protegidos con el fin de cuidar los ecosistemas. Estonia tiene zonas verdes se han ido expandiendo y cada vez son más protegidos. Es uno de los países con el agua más limpia y su propósito es el de obtener el aire más limpio posible. (Cardona, 2018)

Malta es uno de los países con menos contaminación. También se debe a que es uno de los más pequeños, lo cual contribuye a que tengan menos industria. Sin embargo, también valoran su entorno natural y prestan especial atención a todo aquello que pueda corromper un ambiente sano. Portugal aunque éste es un país que fomenta la utilización de las energías limpias, aún le queda camino por recorrer. Sin embargo, está entre los principales países con menos contaminación. (Cardona, 2018)

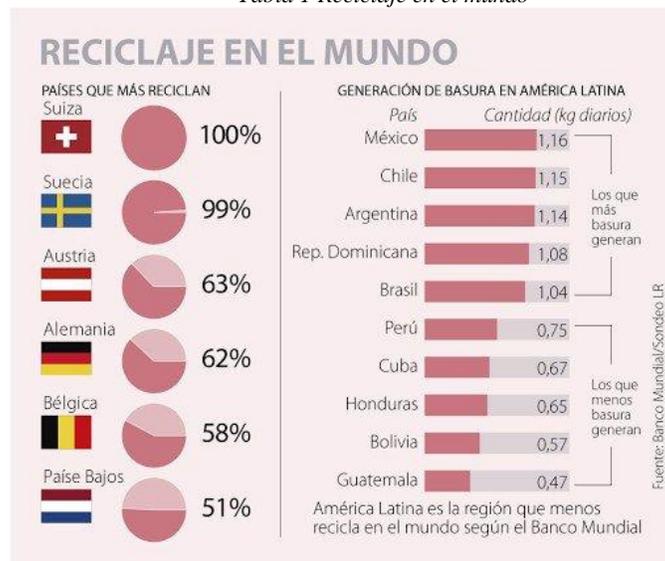
Francia a pesar de toda la industria existente en esta región, Francia conserva la calidad de sus aguas en buenas condiciones y cada vez están más concienciados con el respeto hacia el medio ambiente. España al igual que Francia y Portugal, nos queda mucho camino por recorrer hasta obtener los resultados que deseamos. Bien es cierto que las leyes en nuestro país cada vez son más severas con el fin de frenar los delitos contra el medio ambiente. (Cardona, 2018)

Como se puede interpretar, los países que más contaminan son potencias en casi todos los aspectos, al tener más industria generan más residuos. Por otra parte, los países que menos

contaminan son países europeos, no cabe duda que en algunos países de este continente la cultura es diferente y se preocupan un poco más por el medio ambiente.

Los países que más reciclan y que menos reciclan se mostraran en la siguiente figura.

Tabla 1 Reciclaje en el mundo



(Montes, 2019)

El plástico que es utilizado en la industria mundial, pese al gran avance en cuanto a sus múltiples usos, parte desde la inocuidad de los alimentos que allí se depositan, en especial el líquido, el transporte, el consumo del mismo que evita utilizar otros elementos como vasos en sus diversas presentaciones, y otros recipientes existentes en el comercio. Por ser un residuo sólido, afecta el medio ambiente, pues cuando no existe la cultura del reciclaje, estos van a parar a los océanos, afectando a todas las personas en la cadena de alimentación, desde el mismo ser humano hasta los ecosistemas menos desarrollados, pasando por los animales que sustentan aquel ecosistema y en general a las especies que lo habitan.

Lo que resulta benéfico para la industria, acaba convirtiéndose en un flagelo para la humanidad, y cada vez su producción es mayor pues el consumo mundial es elevado y las

campañas focalizadas a volver reutilizable el producto no han generado gran impacto en la sociedad.

- Déficit de vivienda

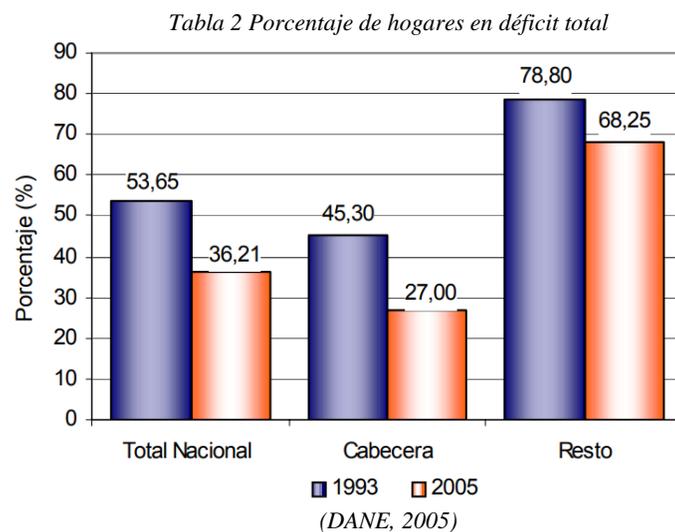
El déficit de vivienda en Colombia es común en casi todo el país, con personas sin casa propia, o con casa, pero con fallas, esta parte es clave para el proyecto, ya que no solo se está contribuyendo al medio ambiente recogiendo plástico, sino que también contribuyendo y proporcionando un material económico y amigable con el medio ambiente haciendo viviendas dignas para personas de bajos recursos.

Los datos que miden ésta problemática son de un CENSO del año 1993 hasta el 2005

Según los resultados del Censo 2005, el 36,21% de los hogares del país presentó necesidades habitacionales; frente al Censo de 1993 (53,65%), disminuyó en 17,44 puntos.

En la cabecera el déficit afecta el 27,00% de los hogares, y en la zona rural, al 68,25%; con respecto a 1993, se registraron reducciones de 18,30 y de 10,55 puntos, respectivamente.

(DANE, 2005)



- Para datos más actuales de déficit de vivienda, en 2018 el ex-Presidente Juan Manuel Santos aseguró que su Gobierno ha tenido logros importantes en la industria de la vivienda y que el déficit habitacional se ubicará este año en el 5%.

Y afirmó que en los últimos 7 años se inició un 60% más de viviendas que en los 8 años anteriores: “El promedio anual de viviendas construidas pasó de 165.000 (2010) a 227.000 (2017)”. (El Tiempo, 2018)

Figura 3 Vivienda en Colombia



(El Tiempo, 2018)

Estos datos actualizados sobre el déficit de vivienda son un poco más positivos con respecto a los que muestran en el lapso de tiempo entre 1993-2005, pero esto no significa que esta problemática esté solucionada, ese es uno de los propósitos de éste proyecto.

Por otro lado, se debe mencionar de cómo afecta el proceso de fabricación de un ladrillo de arcilla convencional, contemplando aspectos que omiten cuando hacen este tipo de ladrillos, como, por ejemplo, el transporte de la materia prima es por medio de un vehículo, que generara contaminantes.

Cuando se examina el consumo energético de una casa se suele prestar atención a su diseño, a su climatización, a su equipamiento, al uso de energías renovables. Sin embargo, a menudo se suele obviar la propia casa en sí, es decir, la cantidad de energía requerida para producir cada uno de sus componentes: ladrillos, vigas, cemento, tejas, baldosas...

(Alvarez, 2010)

El ladrillo es fabricado fundamentalmente a partir de arcilla extraída de canteras. Para fabricar un kilo de ladrillos se requiere consumir 3,56 megajulios equivalentes de energía primaria, gastar 1,89 litros de agua y emitir a la atmósfera 270 gramos de CO₂. Sin embargo, existen algunas variantes que reducen de forma considerable estos impactos.

(Alvarez, 2010)

- Impacto ambiental en el proceso de Ladrilleras

Los principales impactos que genera la actividad de fabricación de ladrillos son sobre la calidad del aire y sobre la morfología del terreno.

- 1- Los humos emitidos por los hornos afectan directa e indirectamente a la salud humana, y también el medio ambiente, como flora y fauna, cuerpos de agua etc.
- 2- En el segundo caso porque la explotación de las canteras produce excavaciones que no solamente afectan el paisaje sino también la estructura y configuración del terreno ocasionando deforestación, pérdida de la capa productiva del suelo y erosión. (Rodriguez, 19)

- Factores de influencia

Los factores que influyen en el grado y riesgo de contaminación ambiental por la industria ladrillera son:

- Ubicación de la planta productora
- Calidad del aire en la zona donde se ubica la planta
- Materia prima
- Tecnología de fabricación empleada (tipo horno)
- Tipo de combustibles utilizado

Sistemas de control, eficiencia y prácticas operativas, condiciones climáticas y configuración topográfica. (Rodríguez, 19)

La fabricación del ladrillo es una actividad productiva que, además de dar sustento a canteras de familias, genera un insumo básico para la industria de la construcción. Pero también podemos referirnos a que esta actividad utiliza combustibles altamente contaminantes como lo son las llantas, aceites y residuos industriales, entre otros.

Las enfermedades producidas por estas ladrilleras tienen un índice muy alto, para el sistema respiratorio, tanto como a niños y adultos que habiten cerca a éstas fábricas. (Rodríguez, 19)

Transporte: Esta etapa es donde se mueve el material de un lugar a otro, esta actividad afecta al medio ambiente dependiendo el peso de la carga y también el tipo de combustible que se utilice. (Construdata, 2013)

Construcción: durante la edificación de una estructura se producen impactos como la contaminación por las sustancias químicas utilizadas, por lo que se debe evitar su vertimiento a los cuerpos de agua. (Construdata, 2013)

El consumo del 50 % de energía primaria; consumo energético que implica su producción; consumo en las emisiones de CO₂; consumo el rendimiento del acero; consumo eléctrico;

consumo de combustibles fósiles, transporte de personal. Con estos factores y el consumo de energía se pueden calcular Gases Efecto Invernadero. (Construdata, 2013)

Para conseguir viviendas en Colombia es un problema muy grande, ya que la sobrepoblación que hay y los sistemas que el gobierno ofrece para adquirirlas lo hacen imposible.

La problemática de los desechos plásticos también es una dificultad demasiado grande ya que el sobreconsumo de estos plásticos lo genera el mismo hombre ; por tal motivo se quiere realzar viviendas de interés social a base de residuos plásticos en este caso a base de tapas plásticas, ya que la producción de ladrillos ecológicos no afecta el medio ambiente; se hace con el fin de reducir el consumo y producción de ladrillos, ya que la excavación de arcillas perjudica el suelo y emiten gases CO2 que afectan la salud de quienes lo manipulan.

6.1. Formulación De La Idea

La idea nace de una necesidad, que ha venido creciendo a lo largo de los años gracias al desarrollo potencial de industrias fabricadoras de plástico que ha hecho una sobre carga de plástico en el planeta.

Figura 1. Contaminación del plástico



(Google Images, 2018)

Esta idea se está proyectando desde la carrera de ingeniería civil, por lo tanto, tiene que tener una relación con la construcción, pero de una manera amigable con el medio ambiente.

Los ladrillos a base de plástico reciclado es una idea viable, ya que se reciclará no todo, pero si en una gran cantidad este plástico, que directamente no genera contaminación, pero si indirectamente o a largo plazo, y así ayudar a disminuir el espacio que ocupa este en la tierra, además que ayudará no solo al planeta si no las personas, a la comunidad, generando viviendas de poco valor, pero sostenibles, y que en el desarrollo del proyecto no solo serviría para viviendas si no para muchas cosas más.

Para efectos de obtener la materia prima con la cual fabricaremos el ladrillo, se dirá entonces que es una labor diaria, mediante la recolección en nuestras casas de habitación, en la universidad y en nuestra comunidad.

6.2. Antecedentes

- En Colombia

HomeCell: ladrillos reciclados y ecológicos

Cuando Carlos Alberto González creó hace 20 años la empresa de empaques flexibles AG MEGAFLEX, no dimensionó el impacto ambiental que a largo tiempo podría generar los desechos producto de su operación industrial. Pero fueron sus hijos, Cristian y Carlos Andrés, los que trabajando en esta empresa familiar encontraron cómo reutilizar el material de desecho, para transformar sus negocios y crear un impacto mucho más positivo. Lo que antes era simple basura, pasó a ser el insumo y la materia prima para aportar a la sociedad una alternativa que permitiera contrarrestar los altos índices de déficit habitacional, en un

país en el que cerca del 37% viven bajo la modalidad de arriendo y sólo el 45% cuenta con vivienda propia. Y así se inventaron este bloque modular, un ladrillo plástico, tipo LEGO. Pero llegar a esto no fue una tarea fácil. Tardaron tres años en investigaciones para consolidar un prototipo del que sería el primer bloque modular ecológico y liviano construido en Colombia, capaz de sostener edificaciones de hasta cinco pisos, según estudios entregados por el equipo de ingenieros calculistas vinculados a HomeCell. Esta empresa, hoy consentida por la familia González, se creó como una opción de tecnología y desarrollo sostenible. (CaliCreativa, 2018)

En el extranjero

- EasyBrick

Una familia de Tigre (Argentina) diseñó ladrillos de plástico reciclado para construir casas. La idea surgió hace cuatro años con la intención de ayudar a la gente que tiene menos recursos. La idea es sencilla pero innovadora, un ladrillo fabricado de tapones de botellas de plástico, fácil de montar y que contribuye a la reducción de basura plástica. (Justo, 2018)

Figura 2. Ladrillo de plástico EasyBrick



(Justo, 2018)

Estos ladrillos pesan menos de 1 kg, entre 900 gr y 1 Kg. Por sus paredes conforman tres capas de aire, eso lo hace totalmente aislante térmico. En el proceso de fabricación le agregan retardante de llama, lo que lo hace totalmente ignífugo. Su principal ventaja es la rapidez de obra que te da. Puedes construir un muro de 3 metros en 2-3 horas, según la destreza que tengas con estos ladrillos. (Justo, 2018). El valor agregado del proyecto que se propone es impulsar estas ideas y proyectos ya que en nuestro país este tema de la reutilización del plástico no es muy sonado, en un país no tan desarrollado siempre se toma el camino de lo convencional, la fabricación de ladrillos que generan un gran impacto al ambiente y no se miran otras soluciones. Innovar en el diseño, y hacerlo lo más versátil posible.

7. Justificación

La necesidad nace de una problemática, la cual es el impacto ambiental que ocasiona el plástico en el planeta, la sobreproducción de éste, es algo que se sale de las manos, pero no se hace nada al respecto.

Esa es la idea principal de este proyecto, utilizar de una manera viable (como lo es la construcción) éste plástico (Polipropileno), ayudando a una edificación sostenible y no solo usar la convencional, para poder hacer viviendas que beneficien a la población más vulnerable.

La solución se obtendrá al momento de realizar el producto en físico, para poder hacerle pruebas en el laboratorio, y estos resultados corroborarán lo viable que puede ser este proyecto para una construcción sostenible y poder mitigar el impacto ambiental en el planeta. Al ser un producto el cual la materia prima no tiene ningún costo hace que su producción y acceso a este sea económico, beneficiando a todos.

IMPACTO CIENTIFICO

Desde la Ingeniería la cual es una rama de la ciencia, se utilizan todas las herramientas necesarias, para plantear los diseños y cálculos que abarquen la ejecución del proyecto.

IMPACTO HUMANO

La población que beneficiara este proyecto seria a las personas de bajos recursos que no pueden acceder a una vivienda, ya que estos ladrillos serían utilizados para construir casas de precios más asequibles. El ser humano es el directo destinatario del producto final, el que se logra gracias a la recolección individual y masiva de manera permanente de las tapas

de botellas. Siendo así, lo primero que debemos hacer es que las personas con las que interactuamos tomen conciencia de la importancia que resulta para el planeta reciclar, habida consideración que en nuestra comunidad hay una cantidad alarmante de botellas plásticas, las que causan grave perjuicio al medio ambiente.

El provecho como beneficio que se obtiene al utilizar las tapas de estas botellas, para hacer ladrillos plásticos, benefician a un número plural de familias que acceden a un terreno que debe ser autoconstruido, brindando seguridad y mejoramiento en su calidad de vida.

IMPACTO SOCIAL

Una comunidad organizada puede lograr objetivos a corto plazo, y este elemento (ladrillo plástico) indispensable para la cimentación y construcción de viviendas, genera un el crecimiento personal y familiar que hace que los niveles emocionales, culturales y afectivos crezcan significativamente.

Cada familia que logra este fin, será multiplicadora en la construcción de esta realidad, quienes lo replicaran con sus pares ayudando en la elaboración de su proyecto de vivienda.

El resultado, una población estable, capaz de descubrir líderes sociales, alta autoestima, dinámica de grupos emprendedores, que co-ayudarán con el desarrollo local y regional.

IMPACTO AMBIENTAL

Quizá sea este el reto más fuerte en el desarrollo de este trabajo, si se tiene en cuenta que quien en la actualidad desarrolla el rol de recolector, se le llama despectivamente “reciclador”, que es el mismo habitante de calle, que lo único que le interesa es recibir unas pocas monedas a cambio de su trabajo, es decir, no lo ven como un proyecto de vida ni

mucho menos como una forma de ayudar al planeta. Es por ello que se busca crear conciencia, involucrar a todos los actores sociales y generar la integración de estas personas con la comunidad buscando el mejoramiento continuo el que repercutirá en su calidad de vida, donde todos seremos potencialmente recolectores de tapas plásticas.

Como valor agregado se tiene:

IMPACTO TECNOLÓGICO

Resulta ser muy práctico el elemento como producto final denominado “ladrillo plástico” pues los conocimientos y técnicas que se deben adquirir para su construcción no engendran dificultad, por lo que los procesos para llegar al mismo son sencillos, ágiles y económicos, a los cuales puede acceder cualquier persona. Ahora bien, la sencillez en su fabricación, contrasta con la durabilidad, la resistencia y el bajo costo del producto terminado, lo que de suyo trae un impacto que repercutirá en la forma de concebir la construcción a partir del ladrillo.

IMPACTO ECONÓMICO

Por ser un material económico, fácil de encontrar incidirá de manera directa en la economía familiar, pues siendo la materia prima tapas plásticas las cuales se pueden encontrar en cualquier parte. Teniendo éxito en el proyecto de resolverían los problemas como por ejemplo el déficit de vivienda, y ayudaría a que la gente se motive a reciclar y así mitigar el impacto que generan los plásticos en el planeta.

8. Objetivos

8.1. General

- Establecer y ejecutar la resistencia del ladrillo hecho a partir de tapas de botella plásticas para la construcción de muros de vivienda.

8.2. Específicos

- Proponer los procesos y procedimientos para la recolección, adecuación y trituración del plástico, antes de ser fundidos.
- Elaborar un banco de pruebas en laboratorio y establecer su resistencia por medio de ensayos a compresión y flexión.
- Lograr que la resistencia del ladrillo de plástico sea superior en comparación a un ladrillo convencional de arcilla.

9. Marco de referencia

9.1.Marco Teórico

Los ladrillos es un material utilizado en la construcción para la mampostería, la cual no forma parte de la estructura, pero si genera cargas sobre la misma. Los ladrillos convencionales están hechos de materiales naturales como la arcilla, y en este proyecto se realizarán con plástico reciclado.

9.1.1. Mampostería

9.1.1.1.Definición

La mampostería es aquella fase de la construcción que viene después de realizar de toda la parte estructura, y que se conforma de ladrillos de arcilla, o bloques de concreto, y sirven para levantar muros.

Las características de los elementos que conforman la mampostería, como los ladrillos de arcilla, o los bloques de concreto son regidas por una norma técnica, la cual especifica su forma geométrica, peso, rugosidad etc. Pero que su resistencia no es tan relevante a la hora de levantar muros, siempre y cuando éstos no sean estructurales, de ahí es donde nace la idea de la realización de estos mismos elementos, pero con plástico reciclado.

“La mampostería es un sistema constructivo basado en la disposición manual de mampuestos que suelen emplearse sin labrar. Los elementos se ajustan sin orden en cuanto a los tamaños o las hiladas.” (Perez, 2018)

Es importante mencionar, que hasta en la producción más industrializada son más importantes los aspectos geométricos que los mecánicos y de resistencia de los ladrillos.

(Sanchez, 2013)

9.1.1.2. Teoría explicativa de la mampostería

9.1.1.2.1. Índice de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mampostería basado en la opinión de expertos

Para establecer los parámetros que tienen mayor influencia en la vulnerabilidad sísmica de una estructura de mampostería se llevaron a cabo cuatro etapas: (1) identificación de los parámetros de mayor relevancia en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería, propuestas internacionalmente por otras metodologías; (2) estudio del comportamiento sísmico de algunas configuraciones de estructuras de mampostería; (3) establecimiento de las clasificaciones o las condiciones de calidad de cada parámetro, y (4) evaluación de la importancia de cada uno de los parámetros, al igual que las clasificaciones a partir de las opiniones de expertos.

(Maldonado y otros, 2007, pág. 151)

9.1.1.2.2. Residuos Agroindustriales Como Adiciones en la Elaboración de Bloques de Concreto NO Estructural

La obtención de cemento para fabricar concreto implica un alto consumo energético y grandes emisiones de gases, lo que lo convierte en un material costoso y contaminante. La industria del cemento, a escala mundial, tiene el 2 % del consumo global de energía y el 5% del consumo global de energía industrial, lo que genera aproximadamente una tonelada de CO₂ por cada tonelada de Clinker dependiendo de la eficiencia de la planta. En algunos

casos se podría sustituir el cemento por adiciones de residuos agroindustriales, con muy buenos resultados. (Molina y otros, 2015, pág. 100)

9.1.2. Ladrillos

9.1.2.1. Definición

Las características de los elementos que conforman la mampostería, como los ladrillos de arcilla, o los bloques de concreto son regidas por una norma técnica, la cual especifica su forma geométrica, peso, rugosidad etc. Pero que su resistencia no es tan relevante a la hora de levantar muros, siempre y cuando éstos no sean estructurales, de ahí es donde nace la idea de la realización de estos mismos elementos, pero con plástico reciclado.

“Se conoce como ladrillo a un elemento de construcción, generalmente hecho con masa de barro cocida, que tiene forma de paralelepípedo rectangular y que permite levantar muros y otras estructuras. Gracias a sus dimensiones, un albañil puede colocar un ladrillo utilizando sólo una mano, lo que facilita las tareas.” (Perez-Gardey, 2011)

9.1.2.2. Ladrillos de plástico reciclado: una propuesta ecológica para la vivienda social

Del siguiente libro aporta varias cosas, la parte ambiental y la parte social, el cual se preocupa por la falta de alojamiento para los habitantes de esta zona de el país Argentina, y que en el proceso se mitiga el impacto ambiental, al hacer estos mampuestos de plástico, para construir viviendas y así poder suplir esta necesidad.

- Desde la perspectiva social

El proyecto contempla la importancia de poner en manos de la gente la posibilidad de hacer fácilmente y de manera económica sus propios mampuestos. Esta manera de producir no resulta posible con el ladrillo de barro cocido.

- Desde la perspectiva ambiental

Permite dar destino sustentable a residuos no biodegradables que constituyen una creciente amenaza para el medio ambiente, como por ejemplo los plásticos procedentes de envases descartables de bebidas. (Barreta y otros, 2008)

9.1.2.3.Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para el autoconstrucción

En éste libro se tiene la misma idea de los ladrillos de plástico, pero se preocupa más por las personas que quieren construir su propia casa, que sea de una manera fácil y que no necesite de una mano de obra especializada, ni materiales seleccionados para esta actividad ni maquinarias para procesarla, se puede hacer de una manera manual.

La nueva tecnología que se describe en este trabajo pone en manos del mismo auto- constructor la fabricación de los mampuestos y placas que utilizará para levantar su casa, por utilizar sencillos procedimientos, por no requerir maquinarias caras, por no necesitar terreno de donde extraer materia prima, ni grandes instalaciones para procesarla. (Gaggino, 2008)

9.1.3. Vivienda de interés social (VIS)

9.1.3.1. Definición

Son aquellas viviendas que son destinadas a familias que no tienen muchos ingresos mensuales y no cuentan con un inmueble digno, o que viven en arriendo, estas son obtenidas por programas de gobierno, o por cajas de compensación de la empresa donde laboran.

9.1.3.2. El uso sostenible de los recursos naturales

Los proyectos VIS siempre están a la sostenibilidad y al menor consumo de los recursos y materiales, lo cual no devenga de estructuras complejas o diseños que estén por encima de lo suficiente, y que actualmente se está implementando usar materiales reciclables para éstas casas.

Los proyectos de vivienda deben comprometerse con el uso sostenible de los recursos naturales, por esta razón la ubicación, el diseño de los espacios, el aprovechamiento de la vegetación, deben ser pensados para reducir el consumo de energía y de agua, situaciones que contribuyen a la sostenibilidad de los recursos naturales y a la disminución de los gastos de las familias. (Diaz y otros, 2011)

9.1.4. Plástico

9.1.4.1. Definición

Material muy versátil, que es proveniente del petróleo y que después de su fabricación es muy utilizado en casi todas las cosas, y que vienen en diferentes tipos, compuestos por polímeros.

“Los plásticos son aquellos materiales que están compuestos por resinas, proteínas y otras sustancias, son fáciles de moldear y pueden modificar su forma de manera permanente a partir de una cierta compresión y temperatura. Un elemento plástico, por lo tanto, tiene características diferentes a un objeto elástico.” (Perez y Gardey, 2013)

9.1.4.2. Plástico reciclado

El plástico reciclado es aquel que es recogido después de ser desechado, y se utiliza para evitar que aumente la contaminación y poder darle uso a este plástico, ya que este dura cientos de años en descomponerse. Y en este caso sería recolectado para hacer ladrillos de plástico.

9.1.5. Consumo

El consumo de materiales es un flagelo a nivel mundial, en donde se utilizan las cosas por un tiempo corto, para comprar otro casi igual que al anterior, y que cada vez estos artículos son más desechables, y su disposición final o eliminación de estos residuos no son lo más adecuados.

“Éste es el corazón del sistema, el motor que lo mueve. Y es tan importante, que proteger esta flecha se ha convertido en la prioridad principal de estos individuos.” (Leonard, 2009)

La autora Annie Leonard se refiere al consumo como el motor que mueve todo este sistema, el punto de partida después de la fabricación, y en el proceso donde los objetos son utilizados y después desechados.

9.1.6. Material Sostenible

Los materiales sostenibles se pueden definir como aquellos que son duraderos, que no requieren un mantenimiento frecuente, que son renovables, de una buena calidad, y que son fabricados casi en todos los casos con materiales reciclables.

Podemos considerar Materiales de Construcción Sostenibles a aquellos que sean duraderos y que necesiten un escaso mantenimiento, que puedan reutilizarse, reciclarse o recuperarse.

No se puede negar la importancia de los Materiales de Construcción Sostenibles al momento de idear un modelo de construcción sustentable. El 40% de los materiales utilizados en la Unión Europea está destinado a la construcción y mantenimiento de edificios. (Construmática, 2018)

En este concepto se enfatiza en la durabilidad de los materiales sostenibles, y que no necesitan de un mantenimiento frecuente, esto se ha mencionado en diferentes textos, y más que todo en el plástico se puede ver esta característica de durabilidad y versatilidad.

9.1.6.1. Teoría del reciclaje

En general los residuos sólidos incluyendo el plástico, y menciona que a través de la historia siempre ha sido la misma problemática, el no saber qué hacer con estos desechos, pero al pasar del tiempo nacen ideas innovadoras de por der reutilizar estos residuos, en especial el plástico el cual en este proyecto será utilizado para hacer ladrillos para viviendas. (Geovanny, 2008)

9.1.6.2. Una Vida de Plástico

Los hábitos de consumo actuales no nos permiten concebir una vida sin plástico. Basta sentarnos en el sillón de nuestra sala, en la banca de un parque, caminar por los pasillos del supermercado u observar el interior de nuestra oficina para darnos cuenta de que muchos objetos que nos rodean son de este material.” (Santillan, 2018)

9.2. Normatividad

No hay leyes como tales que rigen el uso del plástico en el sector de la construcción, pero sí de la recolección de este y su disposición final, que después de esta es donde se reutiliza para diversas cosas como la de este proyecto.

- DECRETO 400 DE 2004

"Por el cual se impulsa el aprovechamiento eficiente de los residuos sólidos producidos en las entidades distritales" (Regimen Legal Bogota, 2004)

- RESOLUCION N° 1397 (25 JULIO 2018)

"Por la cual se adiciona la resolución 668 2016 sobre uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones" (Ministerio De Ambiente, 2018)

- Proyecto de ley (POR APROBAR) de 2018

"por la cual se prohíbe en el territorio nacional la fabricación, importación, venta y distribución de plásticos de un solo uso y se dictan otras disposiciones"

9.3.Marco Conceptual

9.3.1. ¿Qué es el plástico?

«Plástico» es el término habitual para describir una amplia gama de materiales sintéticos o semisintéticos que se utilizan para una inmensa cantidad de aplicaciones. (Europe Plastic, 2018)

9.3.2. Usos del plástico

El plástico es un material inmensamente versátil, ideal para una amplia gama de aplicaciones industriales y de consumo. La relativamente baja densidad de casi todos los tipos de plásticos aporta a los productos de plástico el beneficio de la ligereza. Y, aunque la mayoría tiene unas propiedades de aislamiento térmico y eléctrico excelentes, se pueden fabricar plásticos que sean conductores de electricidad si es preciso.

En principio se pueden crear plásticos con casi cualquier combinación de propiedades para adaptarlos a prácticamente cualquier aplicación imaginable. Debido a esas atractivas propiedades, cada vez se utiliza más el plástico en las siguientes aplicaciones.

(Europe Plastic, 2018)

9.3.3. Clasificación del Plástico

PET. Polietileno tereftalato, PEAD. Polietileno de alta densidad, PEBD. Polietileno de baja densidad, PVC. Policloruro de vinilo, PP. Polipropileno, PS. Poliestireno. (Recytrans, 2013)

El tipo de plástico escogido para el proyecto, es el polipropileno (PP) por sus características físicas que son las que más se acercan para ser utilizado en construcción de muros. Además de que cualquier otro plástico es fácil de encontrar, ya que las tapas de las botellas PET están hechas de éste mismo (PP).

- PP

Es un polímero termoplástico obtenido gracias a la polimerización del propileno y es resistente al uso, resistencia a los agentes químicos, resistente al agua hirviendo, resistencia a las cargas, resistencia a los detergentes, bajo coste, fácil de moldear y colorear, Buena estabilidad térmica. (Recytrans, 2013)

9.4.Estado del arte

Estado del arte, demuestra ideas enfocadas en la utilización de plástico reciclado para la construcción.

9.4.1. Fundación: Llena una Botella de Amor

Esta fundación, además de innovador con sus ideas, ayuda al medio ambiente y a las personas de bajos recursos ya sea utilizándolas para comercializarlas o utilizarlas en su proyecto de vivienda; las botellas de amor se llenan de plástico, con lo cual se crea conciencia dado que por lo práctico que resulta en cualquier momento, cuando quiera que se genere un residuo (tapa plástica), ya sea en nuestra casa, en la oficina, y en cualquier otro espacio, se introduce dentro de la botella en lugar de desecharla; como consecuencia el impacto social y ambiental que se genera es grande, todo lo cual repercute de manera directa siendo un espejo para lo que este proyecto de Ladrillos de Plástico resulta. (Berrio, 2018)

Lo que ellos hacen es establecer los procesos de desarrollo sostenible, por medio de botellas plásticas rellenas de más plástico, para mitigar el impacto ambiental en el país, y generando un impacto social, mediante alianzas estratégicas con los gobiernos municipales, departamentales, nacionales e internacionales, así como con las empresas privadas. (Berrio, 2018)

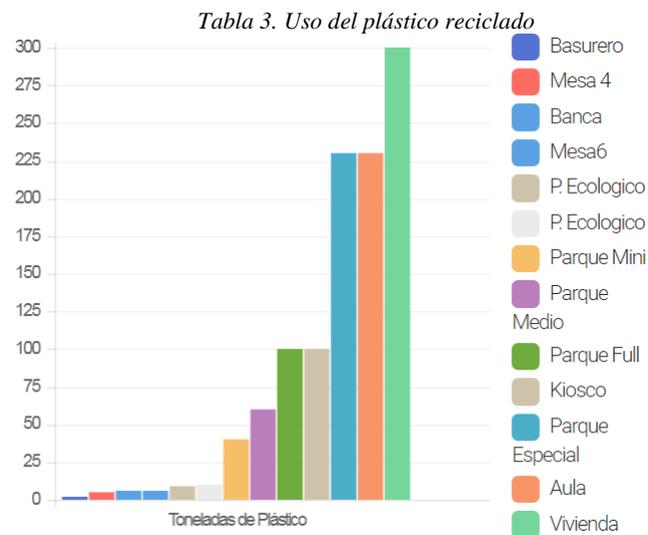
Lo hacen a través de educación ambiental, con estudiantes y docentes de instituciones educativas, y motivando a las personas contribuir con el medio ambiente. También realizan reuniones y eventos con el fin de convocar a los posibles aliados estratégicos para su

vinculación en el proceso, brindando apoyo en diversos aspectos para la ejecución de las construcciones sostenibles a base de residuos plásticos para el beneficio de la comunidad.

(Berrio, 2018)

Realizan la recolección y transporte de las botellas llenas con residuos plásticos a las instalaciones de los aliados comerciales que transforman el plástico reciclado en madera plástica para la construcción de mobiliario urbano, parques infantiles y viviendas de interés prioritario. (Berrio, 2018)

Donaciones para instituciones educativas: Entregan herramientas pedagógicas a las instituciones educativas como contraprestación por el ejercicio del llenado de las botellas. Por ejemplo, 40 toneladas para un parque infantil y 300 toneladas para una vivienda de interés prioritario. (Berrio, 2018)



(Berrio, 2018)

La Fundación dona vivienda de interés prioritario elaborado con residuos plásticos a las comunidades vulnerables, en especial, a la población de recicladores como beneficiarios finales. (Berrio, 2018)

9.4.2. Casa de plástico BrickArp

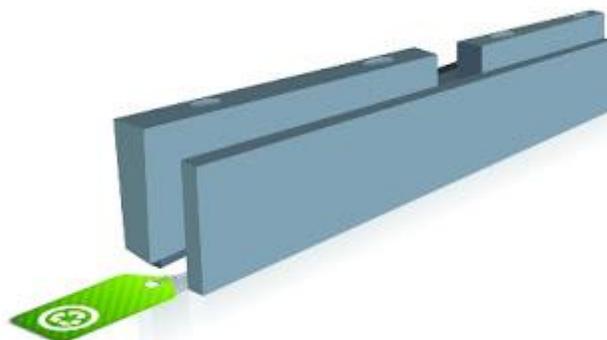
La Fundación para la Investigación Científica y el Desarrollo Tecnológico – FICIDET, es una institución que apoya la investigación y el acceso a productos tecnológicos en diversas áreas.

El sistema BRICKARP está elaborado a partir de plástico reciclado y su garantía se extiende a los términos de biodegradación de la materia prima de estos (3.000 años). Estos bloques de plástico reciclado contienen poliolefinas que son termoplásticos de elevada rigidez, cristalinidad, alto punto de fusión y excelente resistencia química. Los bloques son livianos, modulares y pueden acoplarse con facilidad, además no requieren de mano de obra especializada.

Con este sistema se busca en ofrecer en un futuro una alternativa para la fabricación de elementos estructurales y no estructurales para la construcción de proyectos arquitectónicos, mediante la generación de un sistema constructivo integrado con elementos livianos, modulares y resistentes, que permiten instalaciones rápidas, seguras y de bajo costo. (Ficidet, 2018)

Han hecho que por la flexibilidad de vigas y bloques y no tener pegamentos en la unión de sus partes, las construcciones adquieren propiedades antisísmicas y su construcción se puede realizar rápidamente. La fabricación de estos bloques no genera impacto ambiental, todo lo contrario, ya que la materia prima para ellos es extraída del reciclaje. (Ficidet, 2018)

Figura 3. Diseño ladrillo BrickArp



(Ficidet, 2018)

De la mano de su inventor Fernando Llanos Gónima se ha logrado consolidar esta empresa, gracias a su innovación con estos bloques los cuales se han construido viviendas iguales a como se construyen convencionalmente. Con excelentes resultados, técnicos, Sismo Resistencia y Durabilidad y Garantía.

El sistema constructivo de acople de estos ladrillos sostenidos por vigas y columnas están hechos del mismo material y perfiles metálicos con tornillos, es de fácil instalación que no requiere mano de obra especializada y tampoco ningún tipo de pegamento. (Ficidet, 2018)

9.4.3. Vivienda se construyó en cinco días con ladrillos de plástico reciclado

Hace diez años, cuando el colombiano Fernando Llanos intentó construir su propia casa en Cundinamarca, se dio cuenta que trasladar los materiales desde Bogotá iba a ser una tortura. Luego de darle vueltas, decidió construir su vivienda en plástico, y tras una serie de errores y aciertos, terminó conociendo al arquitecto Óscar Méndez, quien desarrolló su tesis precisamente en el mismo tema, y con quien fundaron la empresa Conceptos Plásticos.

En vez de usar plástico virgen, decidieron entregarle una segunda vida al ya desechado, considerando que en promedio tarda 300 años en degradarse por completo. “Trabajar con

plástico virgen es sencillo", explicó Óscar Méndez al diario colombiano El Tiempo, "porque existen parámetros definidos, pero el uso demanda mayor experimentación".

(Valencia, 2016)

El material es obtenido por parte de recicladores, empresas y fábricas que diariamente desechan plástico, el ideal para realizar estos ladrillos. El plástico se derrite y se funde en un molde del cual resulta un ladrillo con las mismas dimensiones y peso de un ladrillo convencional de arcilla. (Valencia, 2016)

Con un costo final de 20 millones de pesos colombianos (alrededor de USD 6.800) por unidad, la compañía construye en cinco días y cuatro personas una vivienda de 40 metros cuadrados con dos habitaciones, una sala de estar, un comedor, un baño y una cocina.

Los albergues cuentan con "un diseño adaptado a la necesidad de movilidad y las condiciones climáticas", y la disposición del techo "mejora tanto la ventilación como la iluminación permitiendo condiciones apropiadas en un clima tan caluroso". Asimismo, el proyecto comunitario cuenta con instalaciones eléctricas, baterías (casetas) sanitarias y tres cocinas comunitarias para las familias albergadas. (Valencia, 2016)

9.4.4. Mampuesto aligerado con plástico triturado tipo lego

Por:

- Daniel Fernando Angulo Santoyo
- Camila Andrea Jiménez Ortiz

Proyecto de grado de Tecnología En Construcciones Arquitectónicas de la Universidad La Gran Colombia.

En este proyecto, el objetivo es lograr que la mampostería no estructural de una construcción sea lo más liviana posible, basándose en la norma técnica colombiana, ya que la resistencia comparado con uno convencional, es mayor, es muy viable este proyecto, ya que no solo aporta socialmente, si no que técnicamente también, y sobra decir que ayuda a mitigar el impacto ambiental al estar hechos de plástico reciclado. (Angulo y Jiménez, 2016)

El principal objetivo es poder reemplazar el mampuesto convencional con uno hecho de plástico reciclado, ya que la fabricación de éste produce CO₂, que genera un gran impacto ambiental. Es muy semejante a la idea que tiene este proyecto de grado con los ladrillos de plástico.

9.4.5. Argos, más amigable con el medio ambiente

El CO₂ es recolectado, almacenado y llevado a la planta por la empresa canadiense CarbonCure, quien desarrolló la tecnología de dosificación. Este gas reacciona químicamente con el hidróxido de calcio y el agua, y forma carbonato de calcio insoluble, un nanomaterial. Por tal razón el gas que antes era emitido a la atmósfera, ahora puede ser capturado químicamente y hacer parte de un producto. Además del beneficio ambiental, este proceso químico también le aporta al concreto mayores resistencias a la compresión y manejabilidad, explicó la compañía mediante comunicado. (Argos, 2016)

9.4.6. La historia de las cosas

En este libro la autora Annie Leonard basa su teoría en datos registrados en su país natal, Estados Unidos, y nos muestra que ese país es uno de los más contaminadores y

devastadores con el medio ambiente, los datos son realmente aterradores, no es que en otros países no se contamine, sino que es uno de los que más contamina.

Muestra las estrategias de las grandes empresas para producir cada vez más y más, y productos con una vida útil muy corta y se tenga que comprar otro objeto; un ejemplo es de una computadora que, en vez de cambiar una parte de esta, hay que comprar una computadora nueva.

Una parte clave de este libro, es que Leonard habla de dos factores claves de la producción industrial los cuales son:

Obsolescencia programada: Diseñado para ser desechado

Obsolescencia percibida: Convince para desechar cosas que todavía son útiles.

Este libro es de mucha ayuda para el proyecto, ya que sienta las bases y abre un panorama sobre los residuos, en este caso el plástico, y trata de concientizar a la gente, que cuando se desecha algo no solo se deshace del objeto, sino de todos los recursos que usaron para fabricarlo, y no solo recursos naturales, sino humanos. (Leonard, 2009)

10. Marco metodológico

- “Entre los científicos persiste el malentendido, debido a la concepción heredada de la ciencia del siglo XIX, de que la ingeniería es una parte de la ciencia aplicada y que el diseño en ingeniería es solo una especie de investigación científica (a menudo considerada empírica y cíclica). Sin embargo, este ha llevado a generar una actitud negativa hacia la ingeniería y su aprendizaje.” (Revista Científica, 2015)
- Alcance

A largo plazo, disminuir la cifra de plástico desechado, y que no solo se utilicen los ladrillos convencionales en la construcción.

La metodología del proyecto arraiga tres aspectos, los cuales son: Científico, social y ambiental, en donde el alcance es poder que estos tres aspectos ayuden social y ambientalmente que es lo más importante, mitigar el impacto que se genera en el planeta por la producción exagerada del plástico.

Las fuentes de investigación son los sitios web y enciclopedias virtuales que hablan sobre el aprovechamiento que se le pueden dar a estos plásticos. Como estamos en el campo de ingeniería civil se buscará aplicarlo en la construcción como son los ladrillos de plástico.

Como se mencionó los tres aspectos importantes son: científico social y ambiental, los cuales llevan una secuencia entre sí.

Empezando por lo científico, el diseño, los cálculos previos que se realizan en el proceso de la parte escrita, clasificando el plástico, y revisando las propiedades físicas y químicas del

plástico escogido, como lo es el polipropileno, el cual, por sus características es el más adecuado para reutilizar como material sostenible para la construcción.

10.1. Enfoque de la investigación

10.1.1. Enfoque cuantitativo

Es aquel que se interesa por las cifras, números, estadísticas etc. Y basa su investigación sobre las mismas “Mantiene un profundo apego a la tradicionalidad de la Ciencia y utilización de la neutralidad valorativa como criterio de objetividad. No se interesa en la subjetividad de los individuos.” (Dzul, 2018)

10.1.1.1. *Aplicación del enfoque*

En este proyecto se utilizará el Cuantitativo, ya que la investigación abarca tres aspectos anteriormente mencionados, científico, social y ambiental, el cuantitativo se implementaría en la parte científica, ya que es un proyecto que nace desde la carrera de Ingeniería Civil, y de estos se desprenden muchos valores, cifras, números necesarios para el proceso, también se aplicaría para la parte ambiental, como estadísticas, porcentajes etc.

10.2. Cronograma

Tabla 4. Cronograma de actividades

Actividad a desarrollar	Fecha		Evidencia (actas, asistencias, certificados)
	Inicio	Final	
Encuentro con tutor de proyecto de grado	Agosto	Agosto	Trabajo digital
Revisión de diseños de ladrillo en 3D	Agosto	Agosto	Diseño en AutoCAD
Se hace la recolección de materia prima: tapas plásticas de botella	Agosto	Agosto	Registro fotográfico
Trituración de tapas	Agosto	Agosto	Registro fotográfico
Almacenamiento de materia prima	Septiembre	Septiembre	Registro fotográfico
Desarrollo de investigación	Septiembre	Septiembre	Trabajo digital
Encuentro con tutor y revisión de trabajo de grado	Septiembre	Septiembre	Trabajo digital
Realizar correcciones	Septiembre	Septiembre	Trabajo digital
Compra de materiales para molde del ladrillo	Octubre	Octubre	Facturas
Realización de ladrillo en físico de forma manual	Octubre	Octubre	Resultados
Realización de ladrillo por medio de maquina inyectora	Octubre	Octubre	Resultados- Fotografías
Pruebas en laboratorio	Octubre	Octubre	Resultados, datos
Revisión y corrección de normas APA	Noviembre	Noviembre	Trabajo digital
Revisión y corrección de bibliografía	Noviembre	Noviembre	Trabajo digital
Desarrollo de contenido de trabajo de grado	Noviembre	Noviembre	Trabajo digital
Finalización de trabajo de grado	Noviembre	Noviembre	Entrega de trabajo

(Autores)

10.3. Presupuesto

Tabla 5. Presupuesto de proyecto

RUBROS	Efectivo
1. Personal (Operarios)	\$100.000
2. Equipos (Maquina inyectora)	\$150.000
3. Software	\$20.000
4. Materiales e insumos	\$100.000
5. Molde metálico	\$250.000
6. Otros gastos	\$40.000
TOTAL	\$660.000

(Autores)

10.4. Procedimiento

El procedimiento de la investigación experimental empieza con la recolección de las tapas plásticas, las cuales son la materia prima de los ladrillos de plástico de este proyecto.

10.4.1. Recolección de las tapas plásticas

La recolección se realiza de manera manual, acumulándolas en recipientes e ir introduciendo cada vez que se encuentra una tapa. Por la calle, en la casa, en la oficina, o botes de basura se recolectan.

Se piensa en motivar a las personas o conocidos que contribuyan con la recolección, ya que no devenga un gran esfuerzo realizarlo, como se dijo, se pueden tomar de cualquier parte.

Se tiene pensado hacer una pequeña campaña, en colegios o establecimientos de comidas y bebidas, para dejar un punto de almacenamiento de las tapas, y así obtener la materia prima de este proyecto.

10.4.2. Procesamiento de las tapas

- Recolección, lavado. Almacenamiento, separación de tapas (Pesarlas), fundición.

Como se aprecia previo a la fundición del ladrillo no es complejo, es un trabajo de paciencia y con tiempo de anticipación, teniendo el diseño del ladrillo, y el molde para el mismo, no habrá complicaciones. El diseño del ladrillo y del molde estará más adelante, acompañado del procedimiento de la hechura del ladrillo.

11. Ejecución del proyecto

El diseño del ladrillo estaba hecho desde que se planteó. Pero se tuvo en cuenta la idea de contactar a algunas empresas que hagan ladrillos u otros elementos fabricados de plástico reciclado; para tener una idea más clara de lo que es el manejo de este plástico, si se podían hacer unas pruebas a las muestras de éstas empresas, pero que desafortunadamente ninguna accedió. A continuación, se mostrará el nombre de la empresa, el contacto y una síntesis de lo que ellos hacen.

11.1. Empresas manejadoras de plástico reciclado

11.1.1. Postes Plásticos del Sur

Dirección: Carrera 7ª No. 107 F – 65 Vía Neiva - Fortalecillas. Celular: (+57) 315 852 3095. E-mail: maderaplastica58@yahoo.com. E-mail: info@suministrosdelsur.com.co

Empresa dedicada a la fabricación de postes, cerramientos y otros elementos hechos de plástico reciclado, (madera plástica) que lleva trabajando desde hace 15 años. (Suministros del Sur, 2018)

Figura 4..Poste plástico 8 cm X 8 cm X 2.50



(Suministros del Sur, 2018)

Figura 5. Poste plástico de 8 cm x 8 cm X 2 cm



(Suministros del Sur, 2018)

Figura 6. Estibas de 60 cm X 60 cm X 3 cm



(Suministros del Sur, 2018)

11.1.2. MPC: Madera Plástica de Colombia

Calle 42 Sur No. 4 - 85 Z. Industrial - Neiva (H) Colombia. 3138166168 - 3213878773 /

info@mpc.com.co

Es una empresa que ofrece al mercado la primera línea de perfiles y productos plásticos para aplicaciones industriales, de construcción, arquitectura y diseño, fabricados a partir de reciclaje de desechos plásticos domiciliarios e industriales. (MPC, 2016)

Tienen una gran variedad de productos que estas clasificados por categorías, agropecuario, construcción, diseños personalizados, industria, mobiliario, perfilería. (MPC, 2016)

Productos en la categoría de construcción.

Figura 7. Escalera MPC



(MPC, 2016)

Figura 8. Puente MPC



(MPC, 2016)

11.1.3. Mapleco S.A.S

Teléfono: 3115127561. Ciudad: Ventaquemada. Departamento: Boyacá. Dirección Actual:
Vereda Puente De Boyacá Sector Tierra Negra

Se dedica a la fabricación de formas básicas de plástico reciclado, o también mesas, macetas y demás. (Empresite, 2019)

Figura 9. Mesa Mapleco



(Empresite, 2019)

Figura 10. Macetas Mapleco



(Empresite, 2019)

11.1.4. MaderPlastic

KM 4 Vía Cali – Candelaria. Corregimiento Domingo Largo. Candelaria - Valle del Cauca
314 7568113-314 8628707.

Su materia prima es el plástico reciclado, específicamente polietileno y polipropileno, con una variedad de productos como, bancas, parques infantiles, estibas entre otros.

(MaderPlastic, 2018)

Figura 11. Bancas MaderPlastic



(MaderPlastic, 2018)

Figura 12. Parques infantiles MaderPlastic



(MaderPlastic, 2018)

Figura 13. Estibas Mader Plastic



(MaderPlastic, 2018)

11.1.5. Plástico Acevedo

Carrera 83 No. 13F – 69 - Bogotá D.C. – Colombia. (1) 310 811 04 10. (57+1) 411 89 05
ventasplasticosacevedo@gmail.com / plasticosacevedo_@hotmail.com

Recuperan la materia prima para nuestros productos, evitando la contaminación y el problema de basuras, así como previniendo la tala de árboles. Es una empresa dedicada a la fabricación de madera plástica para los sectores industriales, agro y ganadero. (Plásticos Acevedo, 2018)

Figura 14. Estibas plásticas



(Plásticos Acevedo, 2018)

Figura 15. Madera plástica



(Plásticos Acevedo, 2018)

Figura 16. Tejas de plástico



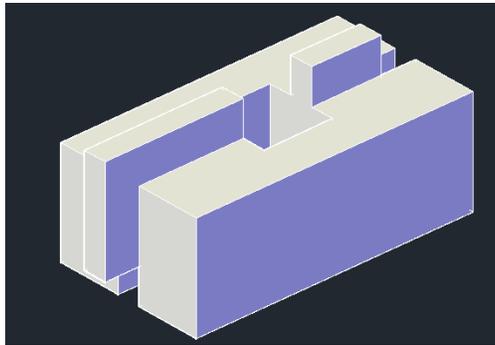
(Plásticos Acevedo, 2018)

Como se mencionó, el diseño del ladrillo ya estaba hecho, pero para llegar al diseño final, se hicieron dos previamente, y se especifica porque se escogió.

11.2. Primer diseño de ladrillo

El diseño de este ladrillo aun varía, porque conforme se avanza en el proyecto se le hacen cambios al diseño, ya que se va acomodando a lo que se necesite precisamente con este ladrillo.

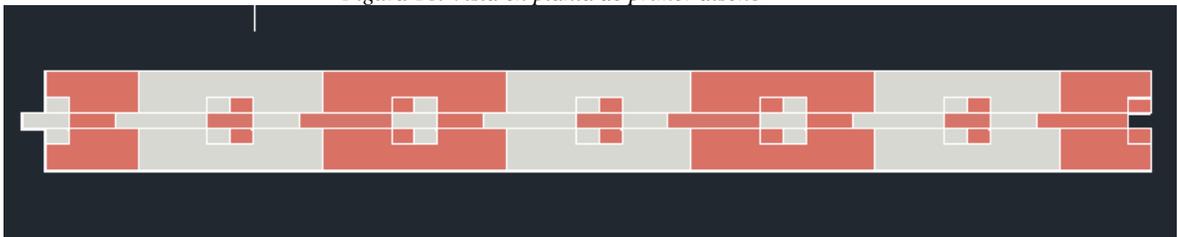
Figura 17. Primer diseño de ladrillo



(Autores)

Para este primer diseño se buscó, que todos los ladrillos encajaran entre sí, lo cual se logró, ya que no hay necesidad de pegarlos con ningún pegamento. Pero hay un problema, ya que, al armar un muro, el orificio en la mitad que se puede observar en la Figura 17, no coincidían entre sí, para la instalación de tuberías hidráulicas o eléctricas como se ve en la Figura 18.

Figura 18. Vista en planta de primer diseño

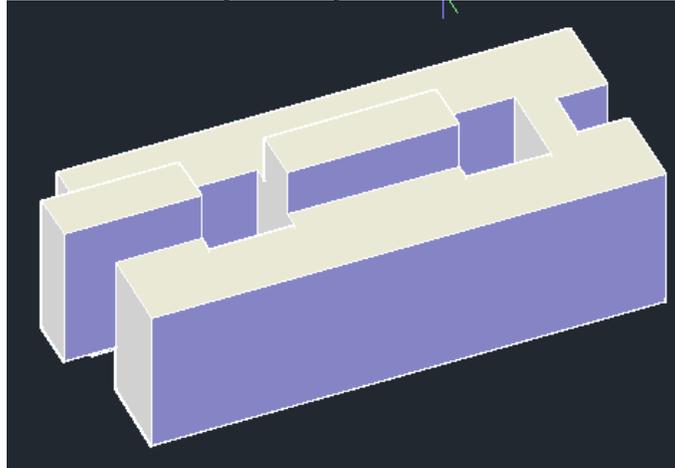


(Autores)

11.3. Segundo diseño de ladrillo.

Para éste segundo diseño se pensó en el espacio para el paso de instalación de tuberías que si coinciden conforme se arma el muro como se muestra en las siguientes figuras.

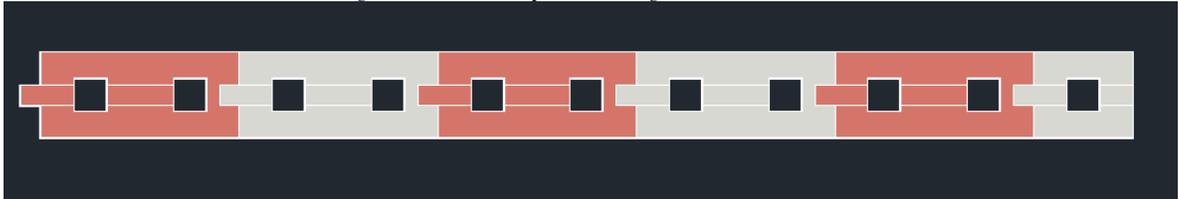
Figura 19. Segundo diseño de ladrillo



(Autores)

Como se puede ver en la Figura 19 tiene casi el mismo diseño, pero con modificaciones en el espacio destinado para las tuberías.

Figura 20. Vista en planta de segundo diseño



(Autores)

En este diseño ya se logró que el espacio de la tubería quede libre conforme se arma el muro, como muestra la Figura 20, esto queda como un gran avance en el proyecto, pero una pequeña dificultad de este diseño es su peso.

11.3.1. Calculo de masa de segundo diseño de ladrillo

Para el cálculo de la masa del ladrillo debemos saber dos datos, la densidad del plástico que se va a trabajar, en este caso el polipropileno (PP) que se puede ver en la siguiente tabla:

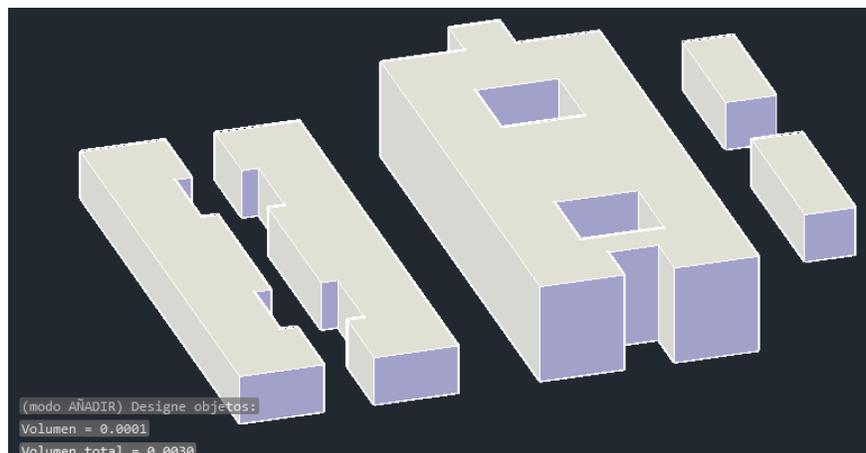
.Tabla 6. Densidades de plásticos

Muestra número	Polimero	Densidad Promedio del Material Virgen (g/cm ³)	Densidad Promedio del Material Procesado (g/cm ³)	Densidad Promedio del Material Reprocesado (g/cm ³)
1	PEBD	0,923	0,913	0,904
2	PEBD	0,924	0,915	0,910
3	PEBD	0,924	0,912	0,904
4	PEBDL	0,926	0,917	0,913
5	PEAD	0,954	0,948	0,933
6	PEBD	0,922	0,914	0,906
7	PEBD	0,923	0,911	0,901
8	PP	0,908	0,885	0,876
9	PP	0,900	0,882	0,873
10	PEBD		0,912	0,901
11	PEAD		0,945	0,930
12	PEAD		0,961	0,949

(Google Images, 2018)

El otro dato es el volumen que tiene el ladrillo, este se puede calcular a mano, pero como el ladrillo esta previamente diseñado en el programa AutoCAD y en este nos arroja el volumen del ladrillo, $0.0030m^3 = 3000cm^3$

Figura 21. Volumen de segundo diseño de ladrillo



(Autores)

Teniendo éstos datos solo es aplicar la fórmula de la densidad:

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

Se reemplazan los valores:

$$0,882 \text{ g/m}^3 = \frac{m}{3000\text{cm}^3}$$

Se despeja la ecuación:

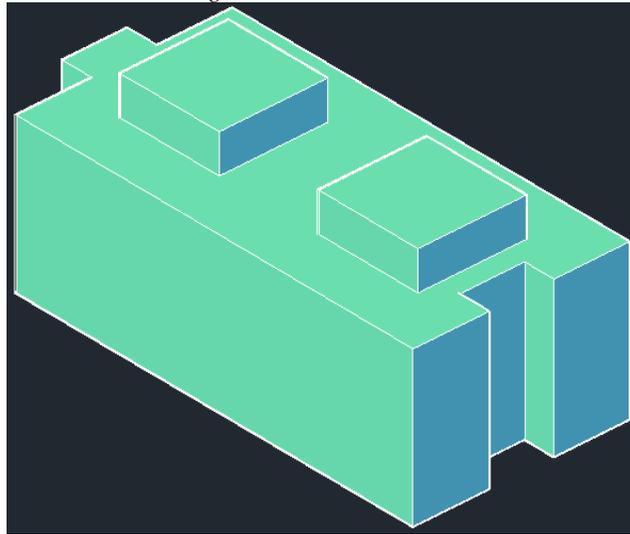
$$0,882 \text{ g/m}^3 \cdot 3000\text{cm}^3 = m$$

$$2646\text{g} = m$$

La masa para el ladrillo sería de 2646g aproximadamente o 2,646kg. Lo cual este peso es casi igual al de un ladrillo de arcilla convencional que es 2,680kg. La diferencia es casi que nada, y la idea es hacer un mampuesto mucho más liviano, y más versátil, para esto se hizo un tercer diseño.

11.4. Tercer diseño de ladrillo

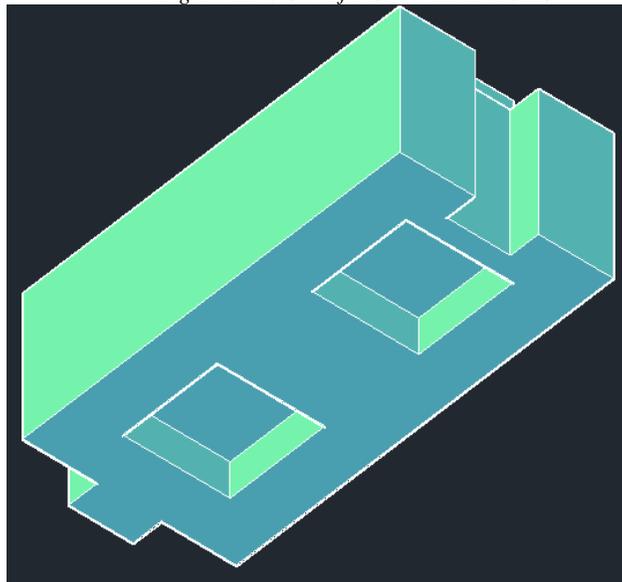
Figura 22. Tercer diseño de ladrillo



(Autores)

Este diseño tiene las mismas dimensiones de un ladrillo convencional, ósea es más pequeño que el diseño anterior, como se puede observar tiene acoples machos en la parte superior y acoples hembra en la parte inferior, y de igual manera en la parte frontal y posterior.

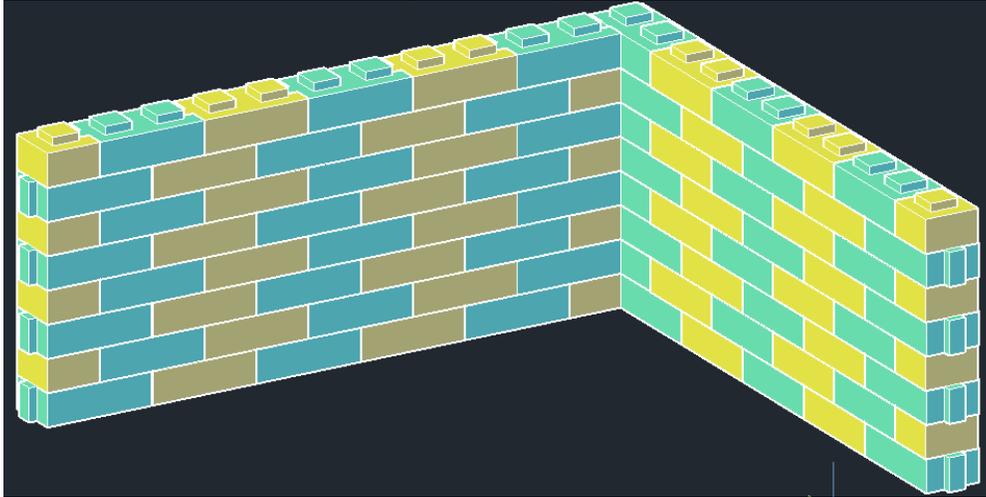
Figura 23. Vista inferior de tercer diseño



(Autores)

Este diseño a pesar de que no tiene los orificios para la tubería, es más práctico, ya que es un ladrillo tipo lego gracias a sus acoples, su instalación no es complicada, y se puede unir un muro con otro que esté perpendicular, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 24. Muro perpendicular



(Autores)

Además de ser más versátil que los otros dos diseños es mucho más liviano.

11.4.1. Cálculo de masa de tercer diseño de ladrillo

El volumen de este ladrillo es $20\text{cm} \times 10\text{cm} \times 6\text{cm} = 1200\text{cm}^3$

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

Se reemplazan los valores:

$$0,882 \text{ g/cm}^3 = \frac{m}{1200\text{cm}^3}$$

Se despeja la ecuación:

$$0,882 \text{ g/cm}^3 \cdot 1200\text{cm}^3 = m = 1058,4\text{g}$$

El peso para este diseño es de 1,060kg, se logró que el peso con respecto al ladrillo convencional, sea menor, así que este diseño es el escogido para realizar un prototipo en físico de éste ladrillo en plástico. Cabe resaltar que este peso puede variar en la medida que se funde el plástico, cuando se solidifique el ladrillo este puede pesar menos de 1000gramos. Teniendo el peso y el diseño escogido se procede a realizar el ladrillo en físico, para aplicarles las respectivas pruebas de resistencia, para ello primero se debe tener en cuenta la resistencia de un ladrillo convencional estructural y no estructural.

11.5. Resistencia de ladrillo convencional

Para conocer la resistencia de este elemento, de debe consultar la Norma Técnica Colombiana (NTC) 4205 la cual establece los requisitos que deben cumplir los ladrillos y bloques cerámicos utilizados como unidades de mampostería y fija los parámetros con que se determinan los distintos tipos de unidades. (NTC 4205, 2010)

En esta norma se dividen en tres tipos de ladrillo y o bloque que estén hechos de arcilla cocida según la disposición de sus perforaciones y del volumen que estas ocupen: perforación vertical (ladrillos y bloques) (PV); perforación horizontal (ladrillos y bloques) (PH) y macizos (M). (NTC 4205, 2010)

Para efectos de este proyecto el cual es el ladrillo de plástico macizo que no tiene ningún tipo de perforación (perforación que vaya de lado a lado o que tenga un vacío) se tendrá en cuenta el Macizo (M).

- Unidades macizas (ladrillos) (M); mampuestos aligerados con pequeñas perforaciones que ocupan menos del 25% de su volumen o, también, que no contiene ninguna perforación. (NTC 4205, 2010)

11.5.1. Resistencia mecánica a la compresión

Las unidades de mampostería de arcilla cocida deben cumplir con la resistencia mínima a la compresión que se especifica en las tablas 5 y 6.

En los ladrillos de perforación vertical, la resistencia neta a la compresión se calcula dividiendo la carga de rotura o de falla por el área neta de la sección perpendicular a la carga (se descuentan las áreas de celdas y perforaciones). En los macizos, la resistencia neta y la resistencia bruta son iguales porque se calculan dividiendo por el área de apoyo de los ladrillos. (NTC 4205, 2010)

Tabla 7. Propiedades físicas de las unidades de mampostería estructural

Tipo	Resistencia mínima ¹⁾ a la compresión		Absorción de agua máxima en %			
	Pa (Kgf/cm ²)		Interior *		Exterior	
	Prom. 5 U	Unidad	Prom. 5 U	Unidad	Prom. 5 U	Unidad
PH	5.0 (50)	3.5 (35)	13	16	13.5	14
PV	18.0 (180)	15.0 (150)	13	16	13.5	14
M	20.0 (200)	15.0 (150)	13	16	13.5	14

(NTC 4205, 2010)

Para el caso de ladrillos de perforación vertical, los valores establecidos corresponden a Resistencia Neta mínima a la compresión, en los otros casos corresponden a Resistencia Bruta. (NTC 4205, 2010)

PH = Unidad de mampostería de perforación horizontal (ladrillo y bloque)

PV = Unidad de mampostería de perforación vertical (ladrillo y bloque)

M = Unidad de mampostería maciza (ladrillo)

- Se debe considerar defecto principal, el no cumplimiento de la resistencia y como defecto secundario el no cumplimiento de la absorción. El no cumplimiento de la

resistencia motiva además al rechazo de los especímenes, mientras que el incumplimiento de la absorción queda condicionado a los demás requisitos de calidad que establece esta norma y a lo acordado entre cliente y proveedor. (NTC 4205, 2010)

- Para unidades de perforación vertical de 20 cm de altura o más, el requisito de resistencia a la compresión se debe reducir en un 25% sobre los mínimos exigidos por la tabla. (NTC 4205, 2010)

Tabla 8. Propiedades físicas de las unidades de mampostería no estructural

Tipo	Resistencia mínima ¹⁾ a la compresión		Absorción de agua máxima en %			
	Pa (Kgf/cm ²)		Interior		Exterior	
	Prom. 5 U	Unidad	Prom. 5 U	Unidad	Prom. 5 U	Unidad
PH	3.0 (50)	2.0 (20)	17	20	13.5	14
PV	14.0 (140)	10.0 (100)	17	20	13.5	14
M	14.0 (140)	10.0 (100)	17	20	13.5	14

(NTC 4205, 2010)

11.6. Realización de ladrillo en físico (Manual)

Se mostrará el proceso de fundición del ladrillo en el molde de una forma manual, casera, sin la ayuda de alguna máquina para introducir el material.

11.6.1. Proceso previo a la fundición

- **Recolección de tapas plásticas:** Esta recolecta ha sido realizada por los integrantes de este grupo voluntariamente, siendo recogidas de la calle, botes de basura etc. También han sido donadas por amigos y conocidos, tiendas y/o cafeterías donde recogen botellas y separan sus respectivas tapas.
- **Lavado:** Después de esto deben ser lavadas, con agua jabón y un poco de cloro, y con un cepillo limpiar las que estas más sucias, por ejemplo, que estén llenas tierra.

Figura 25. Lavado de tapas.



(Autores)

- Almacenamiento: Su almacenamiento es sencillo, puede ser en bolsas o canecas, que no estén expuestas a la intemperie o a la humedad, no porque el material se estropee, sino que a la hora de fundir se dificulta si están mojadas o sucias las tapas.

Figura 26. Almacenamiento de las tapas



(Autores)

En esta instancia se tenía como siguiente paso cortar las tapas por la mitad, pero esto omitiré, ya que al momento de fundir no es necesario, porque el plástico se funde de igual manera, homogénea como se necesita.

Consecuentemente a esto, se procede a pesar las tapas que se van a utilizar por ladrillo, se estiman unos 1200gramos para el primero, para poder después calcular un porcentaje de desperdicio y a medida que se hacen más ladrillos poder evitar desperdiciar el material. Para esta actividad se necesita una gramera de preferencia digital para que sea más exacta.

Figura 27. Gramera de 7kilos Max.



(Autores)

Figura 28. Peso estimado en tapas para el ladrillo



(Autores)

11.6.2. Pruebas de fundición

En esta instancia se mostrará el proceso de fundición del plástico que se verterá en un molde metálico mandado a hacer según las medidas del diseño escogido para el ladrillo

Figura 29. Molde metálico



(Autores)

A este molde que se observa en la Figura anterior se le deben poner dos prensas para evitar fugas del plástico a la hora de introducirlo en el mismo.

Figura 30. Molde con prensas



(Autores)

El molde antes de ser sellado se debe lubricar con liquido viscoso o grasoso (manteca, mantequilla, aceite quemado) para que a la hora de desencofrar el ladrillo no se pegue o dificulte retirarlos del molde.

Para estas pruebas no se midió la temperatura, ya que se utilizó un fogón de leña, y esta temperatura no es constante, pero si es mayor que la necesaria para fundir este plástico (Polipropileno) el cual son 160° , los resultados no han sido los más esperados, pero han servido para observar en que se está fallando y que falta para tener el ladrillo esperado.

Cuando el material se está derritiendo se debe está revolviendo para que a la hora de fundir en el molde sea una mezcla homogénea.

Figura 31 Fogón de leña



(Autores)

Figura 32. Vertimiento de la materia en el molde metálico



(Autores)

A continuación, se mostrará una serie de intentos que servirán de investigación para el proyecto.

11.6.2.1. Fundición de ladrillos de prueba

- Intento #1

En este primer intento se tomaron 1080gramos de plástico, ya que se había calculado 1058gramos.

Figura 33. Primera prueba de ladrillo



(Autores)

Este ladrillo tuvo una buena consistencia, pero por ser la primera prueba no se tuvo las medidas necesarias a la hora de fundir, ya que el recipiente que se utilizó no era de fácil agarre y no se podía verter bien, cuando se solidificó quedó solo la mitad del ladrillo.

Figura 34. Vista frontal de Ladrillo 1



(Autores)

En la Figura 34 se puede ver que el acople frontal no quedó de la forma necesaria.

Figura 35. Vista posterior ladrillo 1



(Autores)

De igual manera el acople posterior no tomo la forma para adaptarse a lo que debería ser el acople frontal.

Figura 36. Vista inferior ladrillo 1



(Autores)

En la Figura 36 es donde se aprecia que el ladrillo quedo a la mitad de su forma y peso.

Figura 37. Peso ladrillo 1



(Autores)

Se puede observar en la Figura 37 que el ladrillo término pesando 518gramos de los 1080 que se usaron para fundir.

En el molde quedaron 518gramos, en el recipiente donde se fundió 177gramos.

$$518g + 177g = 695g$$

695gramos solidificados contados del ladrillo, lo que sobro en el molde, y en el recipiente.

$$1080g - 695g = 385g$$

385gramos de desperdicio en esta primera prueba, los cuales será reutilizado para la siguiente, y así se hará sucesivamente según la materia que se recupere de cada fundida.

Figura 38. Peso ladrillo 1



(Autores)

- Intento #2

Para este segundo intento se utilizó un material para lubricar el molde llamado Carnauba el cual no funcionó muy bien, ya que este se adhiere al ladrillo y debilita el material, el Carnauba entorpeció el segundo y tercer intento. En esta prueba se utilizaron 1100gramos, y no se reutilizo de la prueba anterior.

Figura 39 Segunda prueba de ladrillo



(Autores)

En esta prueba fallaron varias cosas, el ladrillo estaba fundiendo bien, pero se cometió el error de sumergir en agua para que se secase rápido, pero este cambio de temperatura tan abrupto termino fracturando el ladrillo y también quedo hormigueado y poroso. También se aprecia de como la materia se recoge un poco este mismo cambio de temperatura.

Figura 40. Vista frontal ladrillo 2



(Autores)

En la Figura 40 se puede observar de como el agua afecta al quedar hormigueado, y que no dejo una textura homogénea.

Figura 41. Vista posterior ladrillo 2



(Autores)

En esta Figura se aprecia de como la carnauba no fue beneficioso, dejando manchas cafés, además de que en esa parte el material quedo como una cera.

Figura 42. Vista inferior de ladrillo 2



(Autores)

En la Figura 42 se muestra como el ladrillo falla en su totalidad, esto también se debe al cambio de temperatura, ya que el agua no debe tocar directamente el material, solo el exterior en este caso el molde.

Figura 43. Peso ladrillo 2



(Autores)

Como se muestra en la figura anterior 757gramos solidificados, quiere decir que:

$$1100g - 757g = 343g$$

343gramos de desperdicio, de los cuales 151gramos se recuperaron para la siguiente prueba.

- Intento #3

En este tercer intento además de que la carnauba afectó más que en el intento anterior, en la parte frontal se hundió ya que el aire generaba espacios los cuales hacían que el material no se formara bien en el molde. En esta prueba se utilizaron 1200gramos, contando los 151gramos recuperados de la prueba anterior.

Figura 44. Tercera prueba de ladrillo



(Autores)

Figura 45. Vista frontal ladrillo 3



(Autores)

En la Figura 45 se observa como el material se hunde al momento de fundición, algo que pasa en la mayoría de intentos

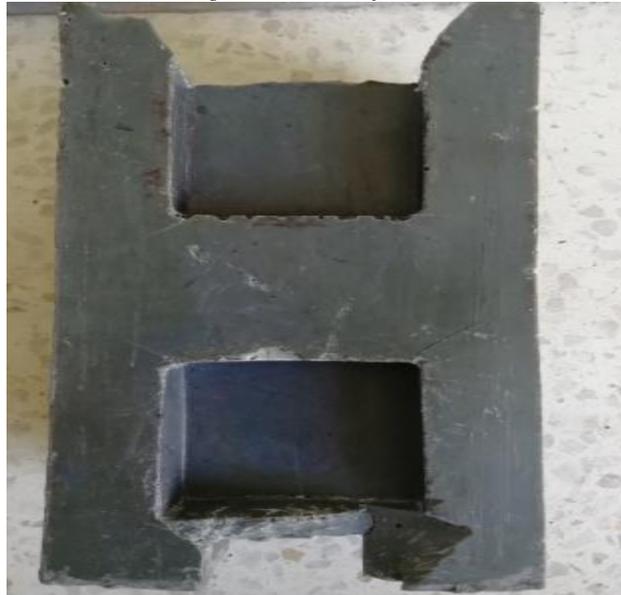
Figura 46. Vista posterior ladrillo 3



(Autores)

En la Figura 46 se observa claramente como la carnauba afecta al igual que el intento anterior, dejando el material debilitado.

Figura 47. Vista inferior ladrillo 3



(Autores)

De esta prueba se puede recatar que el ladrillo no tiene fracturas en los acoples, como se ve en la Figura 47, algo que en los demás intentos no se logró.

Figura 48. Peso ladrillo 3



(Autores)

En cada prueba una parte del material se pierde y ésta no es una excepción.

$$1200g - 749g = 451g$$

451gramos de desperdicio, en este caso no se pudo recuperar material para el siguiente ladrillo.

- Intento #4

En este intento, se utilizó una varilla para que a la hora de fundir ayudara a su compactación y se introdujera bien dentro del molde el material, pero no saldría bien como se observara en las siguientes Figuras. Para este intento se usaron 1100gramos, limpios, es decir que no se reutilizo material del intento anterior.

Figura 49. Prueba ladrillo 4



(Autores)

Figura 50. Vista frontal ladrillo 4



(Autores)

En la Figura 50 se observa claramente como afecto la varilla al introducirla, haciendo unos huecos por los cuales el material se hundiera y causara una falla en uno de los acoples antes de desencofrar.

Figura 51. Fractura en acople ladrillo 4



(Autores)

En la Figura 51 se ve cómo se fractura el ladrillo a causa de introducir la varilla a la hora de fundir.

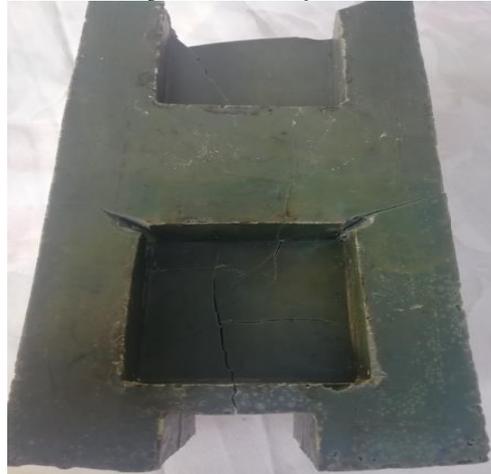
Figura 52. Vista posterior ladrillo 4



(Autores)

De este ladrillo se puede rescatar su textura, la cual quedó completamente lisa, como se aprecia en la Figura 52, se ve una fractura debilitando esta prueba.

Figura 53. Vista inferior ladrillo 4



(Autores)

Al igual que los intentos anteriores se presentan rupturas en las esquinas de los acoples inferiores, los cuales pueden ser generados al momento de retirar el ladrillo del molde, a que este tiene a expandirse mínimamente y dificulta el retiro. Además de que se ven fracturas en el mismo acople.

Figura 54. Peso ladrillo 4



(Autores)

$$1100g - 795g = 305g$$

305gramos de desperdicio de los cuales tampoco se recuperó nada.

- Intento #5

En esta quinta prueba se obtiene un resultado casi exitoso, pero fallaron algunas cosas. Se utilizaron 1200gramos.

Figura 55. Prueba ladrillo 5



(Autores)

Como se puede observar en la Figura 55 este ladrillo quedo casi que completo, buena textura, le faltó muy poco, pero se seguía viendo poroso.

Figura 56. Vista frontal ladrillo 5



(Autores)

En la Figura 56 se ve como el acople frontal queda incompleto. Ya que cuando se terminó de fundir este se hundió un poco dejando ese espacio.

Figura 57. Vista posterior ladrillo 5



(Autores)

En la parte posterior el acople quedó perfecto, por su textura lisa, sin poros y sin fracturas.

Figura 58. Vista inferior ladrillo 5



En la Figura 58 se observa como el ladrillo seguía fallando en los acoples, y más que todas las fracturas que se presentan en los mismos.

Figura 59. Peso ladrillo 5



(Autores)

$$1200g - 881g = 319g$$

319gramos de desperdicio, en esta prueba fue donde menos material se desperdició, y también siendo uno de los ladrillos más macizos.

- Intento #6

En éste intento casi se logra el resultado esperado, pero como en todas las demás pruebas este se fracturo al sacarlo y todavía se fracturaba en las mismas partes.

Figura 60. Prueba ladrillo 6



(Autores)

Como se observa en la Figura 60 este ladrillo quedo completo, hasta el acople frontal, el cual no había quedado formado en las anteriores pruebas, éste fue un gran avance.

Figura 61. Vista frontal



(Autores)

De igual manera este ladrillo quedo poroso, pero fue uno de los más macizos y consistentes que los demás.

Figura 62. Vista posterior ladrillo 5



(Autores)

Como se aprecia en la Figura 62 la textura de este ladrillo desde la mitad hasta la parte posterior quedo rugosa, pero el acople quedo perfecto, además de su consistencia que se mencionó anteriormente.

Figura 63. Vista inferior ladrillo 6



(Autores)

En la figura 63 se ve que no hubo diferencia en la parte inferior, ya que se encuentran fracturas en los acoples, además de que una parte del ladrillo quedó adherida al molde.

Figura 64. Peso ladrillo 6



(Autores)

$$1200g - 868g = 332g$$

Esta prueba y la anterior son casi iguales, teniendo la mayor masa, y menos desperdicio respecto a las demás pruebas, además de que su dureza es la ideal a pesar de las fisuras que presenta.

Siendo así, este método de fundición manual es descartado, en la información anterior se observa que la mayoría de los ladrillos presentan fisuras y/roturas que afectarían a la hora de ponerlas a prueba de resistencia.

Para ello se buscó la ayuda de personas experimentadas que cuentan con la maquinaria necesaria para este tipo de trabajos, que será documentado a continuación.

11.7. Realización de ladrillo en físico por medio de Inyectora

Para este método solo se cambió la forma de introducir el plástico al molde, (cabe resaltar que es el mismo, pero con unas reformas para que al retirar el ladrillo sea más fácil) ya no vertido sino inyectado a presión.

Esta máquina inyectora recibe el plástico molido de las tapas en una tolva la cual se puede llenar hasta 15kilos. Esta máquina da muchas ventajas ya que la temperatura que maneja es la ideal (160°C) y constante, y que al momento de solidificarse no quedara cristalizado ni fisurado al sacar el ladrillo del molde.

11.7.1. Funcionamiento de una maquina inyectora.

El proceso de moldeo por inyección consta de fundir un material para inyectarlo dentro de un molde a través de un pequeño orificio llamado compuerta. Este molde debe estar frío y cerrado a presión. Una vez que ha sido inyectado el material se enfría dentro del molde, se solidifica y se obtiene una pieza moldeada. (QuimiNet, 2011)

Figura 65. Inyectora de plástico



(Autores)

- Para fundir el ladrillo al igual que el metodo anterior, se lubrica el molde y se le pone una prensa de tal manera quede sellado y el plastino no se escape.
- El plastico debe estar totalmente molido para que al momento de fundirlo tenga una textura homogenea.

Figura 66. Plástico molido en tolva



(Autores)

Como se mencionó a el molde se le hicieron unas reformas la cuales fueron ponerle tornillos ubicados estratégicamente para que el retiro del ladrillo sea menos complicado y no se pierda tiempo en esta actividad.

Figura 67. Molde con reformas



(Autores)

Se procede a llenar el molde en la inyectora, se coloca la boquilla del molde en la compuerta de la máquina y esta va llenando según se le da la orden.

Figura 68. Inyección del plástico.



(Autores)

Figura 69. Inyección de plástico 2.



(Autores)

La inyección del plástico en el molde es de 15 minutos cronometrados para un llenado ideal. Seguido de esto, el molde se sumerge en agua a temperatura ambiente durante 10 minutos para acelerar su solidificación.

Pasados los 10 minutos, se retira el molde de la pieza, y se observará qué, a comparación a la fundición anterior lo ladrillos no salen con una textura del todo homogénea, pero no se presentó ningún tipo de fisura, fractura o rotura.

Figura 70. Ladrillo fundido en inyectora.



(Autores)

Como se puede observar en la Figura 70, es notable el cambio, ya que no se ve ningún tipo de falla, y es mucho más fácil realizarlo de esta manera y no la manual.

Figura 71. Vista inferior de ladrillo inyectado



(Autores)

En la Figura 71 se puede observar que en los acoples no se presenta ningún tipo de falla, a comparación al método anterior, la cual esta parte del ladrillo era la más afectada. Así mismo se hace con los demás ladrillos que se funden, vale tener en cuenta que cada vez van saliendo mejor estéticamente hablando, porque estos primeros ladrillos hechos en la inyectora quedan listos para aplicarles ensayos en el laboratorio.

Figura 72. Ladrillos hechos en inyectora



(Autores)

11.8. Ensayos de laboratorio

Estos ensayos se realizan en el laboratorio de la Uniminuto Centro Regional Girardot.

Los Ensayos son:

- Compresión
- Flexión
- Prueba a muro armado con los ladrillos.

Estas pruebas no solo se les hacen a los ladrillos de plástico, si no también se les aplico a ladrillos de arcilla convencional, para hacer una comparación de la resistencia entre ambos.

Los ensayos de Compresión y Flexión se repiten con otros dos pares de especímenes (de plástico y de arcilla), para medir la absorción y si la resistencia aumenta o disminuye después de estar 24 horas sumergidos en el agua.

Resultados

11.8.1. Ensayo a Compresión (seco)

Tabla 9. Ensayos a compresión en seco

ENSAYO A COMPRESION - ESPECÍMENES SECOS					
N°	MATERIAL	PESO (GRAMOS)	DIMENSIONES (cm)	RESISTENCIA (Mpa)	FALLA
1	PLASTICO	699.2	20x10x6	2.64	
2	ARCILLA	3115	20x10x6	2.05	

(Autores)

Como se aprecia en la Tabla 7, el ladrillo de plástico aguantó un poco más a la presión respecto al de arcilla, además de que la presión fracturo y deformó al ladrillo de plástico, pero quedó en una sola pieza. El ladrillo de arcilla se partió en varias partes. Demostrando que el ladrillo de plástico es más resistente a este tipo de deformaciones.

11.8.2. Ensayo a Compresión (húmedo)

Tabla 10. Ensayo a compresión húmedo

ENSAYO A COMPRESION - ESPECÍMENES HUMEDOS						
N°	MATERIAL	PESO SECO (GRAMOS)	PESO HUMEDO (GRAMOS)	DIMENSIONES (cm)	RESISTENCIA (Mpa)	FALLA
1	PLASTICO	699.2	701.7	20x10x6	6.44	
2	ARCILLA	3115	3115	20x10x6	5.46	

(Autores)

Se puede observar en la Tabla 8 que los especímenes al estar sumergidos 24 horas, estos aumentan su peso debido a la absorción y consecuentemente su resistencia. Y se puede ver como el ladrillo de plástico aguantó un poco más respecto al de arcilla.

11.8.3. Ensayo a flexión (seco)

12. Tabla 11. Ensayo flexión seco

ENSAYO A FLEXIÓN - ESPECÍMENES SECOS					
N°	MATERIAL	PESO (GRAMOS)	DIMENSIONES (cm)	RESISTENCIA (Mpa)	FALLA
1	PLASTICO	699.2	20x10x6	60.52	
2	ARCILLA	3115	20x10x6	37.18	

(Autores)

En este ensayo se puede observar que nueva mente el ladrillo de arcilla es muy sensible a presión, y en este caso se desboronó, caso contrario con el de plástico, que como se puede observar en la imagen de la tabla, éste espécimen no sufrió ningún tipo de daño, no se fisuro, deformato o fracturó.

12.1.1. Ensayo a flexión (húmedo)

Tabla 12. Ensayo a flexión húmedo

ENSAYO A FLEXION - ESPECÍMENES HUMEDOS						
Nº	MATERIAL	PESO SECO (GRAMOS)	PESO HUMEDO (GRAMOS)	DIMENSIONES (cm)	RESISTENCIA (Mpa)	FALLA
1	PLASTICO	649.5	653.6	20x10x6	86.61	
2	ARCILLA	3115	3115	20x10x6	4.46	

(Autores)

En la Tabla 10 se puede observar que la humedad aumenta el peso, y que su resistencia, del ladrillo de plástico aumento respecto al ladrillo en seco. El ladrillo de arcilla se puede apreciar que su resistencia disminuyó exorbitantemente, pasando de 37.18MPa a 4.46MPa. Es decir que, a diferencia del ensayo a compresión, si afecto la humedad en el ladrillo de arcilla, volviéndolo más frágil. Cabe resaltar que la falla en húmedo, no fue tan grave que la falla en seco.

12.1.2. Prueba a muro armado con los ladrillos.

Para esta prueba se utilizaron 6 ladrillos, de los cuales 1, es de los que se realizaron manualmente, más específicamente del intento #6. Y se hizo la comparación de resistencia con un muro de ladrillos de arcilla.

Figura 73. Muro con ladrillos de plástico



(Autores)

Figura 74. Muro con ladrillos de plástico 2



(Autores)

Como se observan en las Figuras anteriores, el ladrillo de la primera fundición se partió por la mitad para completar el muro en los bordes, y también para demostrar que estos ladrillos que fueron hechos manualmente son muy frágiles respecto a los de plástico, ya que al solidificarse se cristalicen y son débiles al impacto, y en este caso a la presión.

Tabla 13. Prueba de muro. Plástico y arcilla

ENSAYO FLEXION - MURO				
N°	MATERIAL	DIMENSIONES (cm)	RESISTENCIA (Mpa)	FALLA
1	PLASTICO	40x20x10	16,68	
2	ARCILLA	40x20x10	10,1	

(Autores)

En esta prueba el único ladrillo que fallo fue el ladrillo artesanal, como se mencionó anteriormente, este ladrillo es frágil, no solo se fracturó si no que se partió, los demás ladrillos quedaron casi que intactos, lo que reitera lo resistentes que son.

Por otro lado el muro de ladrillos de arcilla resistió menos que el muro de ladrillos de plástico. Como se observa en la Tabla 11 los ladrillos de arcilla se fracturaron.

Figura 75. Muro después de ser fallado



(Autores)

Figura 76. Muro de arcilla



(Autores)

13. Análisis y discusión de resultados

De acuerdo a los datos anteriores, la resistencia del ladrillo de plástico, en ambos casos (flexión y compresión) es óptima para instalar muros y se tiene la plena confianza de que un muro armado con estos ladrillos no se va caer, fallar u otro tipo de patología que presentan las estructuras o mamposterías. Las expectativas que se esperaban sobre este proyecto eran muy altas, las cuales siguen intactas debido a los datos arrojados en el laboratorio, ratifican la confianza que se le tenía a este material, el cual era el más adecuado para ejecutar este tipo de proyectos y para realizar materiales para la construcción el cual es uno de los campos donde más resistencia exige para sus materiales.

Como se observa en la Tabla 7 en la cual se muestra el ensayo a compresión aplicados a los especímenes secos sin ningún tipo de humedad o absorción, desde este primer ensayo el ladrillo de plástico estaba por encima del ladrillo tradicional de arcilla, con una resistencia de 2.64Mpa y 2.05Mpa respectivamente, cabe resaltar que en este ensayo la diferencia no es alta, pero si es importante.

El ensayo a compresión se repite con especímenes que estuvieron sumergidos en agua 24 horas, uno de plástico y otro de arcilla, para ver cómo se comportan al haber absorbido humedad, y comparar los datos con los de la Tabla 7. Esto se puede apreciar en la Tabla 8. Se puede ver que la resistencia en ambos materiales aumentó, 6.44Mpa (Plástico) y 5.46Mpa (Arcilla), esto solo ocurre en el ensayo a compresión que la resistencia aumente en ambos materiales. Cabe resaltar que el peso del ladrillo de plástico aumento de 699.2 a 701.7 gramos, mientras que el peso del ladrillo de arcilla se mantuvo en 3115 gramos.

En el ensayo a flexión (Tabla 9) las resistencias de ambos materiales aumentaron casi en un 1400%, ya que en esta prueba la carga es más distribuida en el objeto que está fallando debido a que se encuentra horizontalmente. Al igual que en la prueba anterior y en las siguientes se utilizaron dos especímenes, uno de plástico otro de arcilla, los cuales obtuvieron una resistencia de 60.52Mpa y 37.18Mpa respectivamente, hablando de especímenes secos, una resistencia mayor a comparación de la prueba a compresión, los cuales no llegaron ni a los 10Mpa.

En la Tabla 10 ocurrió algo en particular, ya que en este ensayo también se sumergieron los ladrillos (plástico y arcilla) en agua 24 horas, se esperaba que aumentaran las dos resistencias o disminuyeran, como ocurrió en la Tabla 8, que ambos valores aumentaron, pero en este caso solo aumento la resistencia del ladrillo de plástico, siendo el ladrillo de arcilla afectado por la absorción. La resistencia para el ladrillo de plástico fue de 86.61Mpa, y para el de arcilla solo 4.46Mpa y quedando totalmente fracturado.

En la Tabla 11 se observa cómo se comporta un muro de ladrillos de plástico, el cual arroja una resistencia de 16.68Mpa, la resistencia es menor al de los anteriores ensayos, esto es debido a que se utilizó un ladrillo de los que se hizo manualmente. Pero de igual manera resiste más que un muro de ladrillos de arcilla, como se aprecia en la Tabla 12.

Es notable la diferencia entre un ladrillo de plástico a uno de arcilla, no solo hablando de su resistencia, también del peso, el cual también influye mucho a la hora de calcular la estructura de una casa, ya que genera menos carga tanto en la cimentación y/o en los elementos estructurales de la misma.

14. Conclusiones

- Se comprobó que el plástico elegido para la ejecución del proyecto el cual es Polipropileno (PP), ya que sus características físicas y químicas son las adecuadas para la realización de ladrillos de mampostería, además de que es manejable a la hora de fundirlo y su temperatura es controlable a comparación de otros plásticos como por ejemplo el PET.
- Se encontró la resistencia del ladrillo de plástico 162% por encima del ladrillo de arcilla, hablando de un ensayo a flexión, entonces, se permite con este ladrillo servir tanto de muro divisorio como muro de mampostería o muro de carga por la alta resistencia que tiene.
- El ladrillo en comparación al de arcilla pesa 22.45% menos lo cual reduce entonces en una edificación las cargas muertas producidas por la mampostería.
- Al utilizarse varias tapas de botellas plásticas, evitamos que estas se desperdicien en los rellenos sanitarios o lo que es peor se incineren causando un gran impacto al medio ambiente.
- Se descubrió que con el material fundido (PP) se puede hacer una variedad de elementos que reemplazan otros que tenemos en los hogares como bandejas, entre otros.

15. Recomendaciones

Darle continuidad a las investigaciones de esta misma línea, y que no solo se realicen ladrillos con las tapas plásticas (Polipropileno) si no con otro tipo de plástico pero que sea reciclado.

Con base a este proyecto de grado se plantear una política de gobierno para que la Norma Técnica Colombiana (NTC) produzca una norma que rijan las características y la resistencia de los ladrillos de plástico según la clasificación de este material. Debido a los contratiempos en la ejecución del proyecto, el molde no quedo con la medidas exactas que permitieran el acople a presión y quedaran sellados los ladrillos al montar el muro, para ello se debe utilizar un pegamento externo, adecuado para el plástico y no permita filtraciones.

A lo largo del proyecto se mostró la realización de los ladrillos de plástico de una manera manual, la cual no fue exitosa, ya que al hacerlo en un fogón de leña no se sabe con certeza la temperatura exacta, lo que produce que el plástico se funda más de lo debido, y al solidificarse el ladrillo a simple vista se ve cristalizado y frágil al impacto, además de que al hacerlo de esta manera se emiten gases contaminantes ya que el material se empieza a quemar y a evaporarse hacia la atmosfera. Por eso es mejor contar con ayuda especializada de máquinas, en este caso la inyectora, que además de acelerar el proceso, no se emiten gases dañinos para nuestro planeta. El ladrillo ya elaborado se debe utilizar una laca ignífuga para que el elemento quede aislado a un caso de incendio. Esta laca está conformada por dos materiales, bórax y ácido bórico.

Crear el hábito de los estudiantes de Ingeniería Civil el deber de reciclar como por ejemplo las tapas plásticas y disponiéndose de un colector a la entrada de la Universidad.

16. Referentes Bibliográficos

- ACNUR y otros. (2018). *TOP 5 PAÍSES MÁS CONTAMINANTES*. Obtenido de <https://www.sostenibilidad.com/medio-ambiente/top-5-paises-mas-contaminantes/>
- Alvarez, C. (10 de Julio de 2010). *El Pais Semanal*. Obtenido de <https://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/07/lo-que-contamina-un-ladrillo.html>
- Amapola. (3 de Abril de 2018). *CONTAMINANTES PLÁSTICOS, ¿CÓMO AFECTAN A NUESTRO ORGANISMO Y AL MEDIO AMBIENTE?* Obtenido de <https://www.amapolabio.com/contaminantes-plasticos-como-afectan-a-nuestro-organismo-y-al-medio-ambiente/>
- Argos. (22 de Febrero de 2016). *Argos, más amigable con el medioambiente*. Obtenido de <https://colombia.corresponsables.com/actualidad/argos-mas-amigable-con-el-medioambiente>
- Barreta y otros. (2008). *Ladrillos de plástico reciclado: una propuesta ecológica para la vivienda social*. Argentina: Nobuko.
- Berrio, J. (2018). *Fundación Llena Una Botella de Amor*. Obtenido de <https://www.llenaunabotelladeamor.org/nosotros/>
- CaliCreativa. (2018). *HomeCell: ladrillos reciclados y ecológicos, tipo LEGO*. Obtenido de <http://calicreativa.com/homecell-ladrillos-ecologicos-lego/>
- Cardona, A. (19 de Junio de 2018). *EcologíaVerde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/cuales-son-los-paises-que-menos-contaminan-el-medio-ambiente-1361.html>

Congreso De La Republica. (2018). *Proyecto de Ley de 2018*. Obtenido de

http://www.andi.com.co/Uploads/PL%20PLASTICOS%20V3_636755635434025819.pdf

Construdata. (12 de Noviembre de 2013). *Los materiales y su impacto en el*

medioambiente. Obtenido de

https://www.construdata.com/Bc/Construccion/Noticias/los_materiales_y_su_impacto_en_el_medioambiente.asp

Construmática. (2018). *Materiales de Construcción Sostenibles*. Obtenido de

https://www.construmatica.com/construpedia/Materiales_de_Construcci%C3%B3n_Sostenibles#targetText=Podemos%20considerar%20Materiales%20de%20Construcci%C3%B3n,puedan%20reutilizarse%2C%20reciclarse%20o%20recuperarse.&targetText=El%2040%25%20de%20los%20materi

DANE. (2005). *Deficit de Vivienda*. Obtenido de

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/censo/Bol_deficit_vivienda.pdf

Diaz y otros. (2011). *Serie Guías de Asistencia Técnica para Vivienda de interes social*.

Obtenido de http://www.minvivienda.gov.co/Documents/guia_asis_tec_vis_1.pdf

Dzul, M. (2018). *Universidad del Estado de Hidalgo Virtual*. Obtenido de

https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Presentaciones/licenciatura_en_mercadotecnia/fundamentos_de_metodologia_investigacion/PRES39.pdf

EFE. (05 de Junio de 2018). *ElPais*. Obtenido de

<https://www.efe.com/efe/espana/sociedad/la-onu-advierte-de-que-solo-el-9-del-plastico-usado-en-mundo-se-recicla/10004-3638488#>

El Tiempo. (12 de Junio de 2018). *Infografía: déficit habitacional en Colombia para este*

2018. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/deficit-habitacional-en-colombia-para-el-2018-229326>

Empresite. (6 de Octubre de 2019). *Mapleco*. Obtenido de

<https://empresite.economistaamerica.co/MADERA-PLASTICA-ECOLOGICA-MAPLECO-SAS.html>

Europe Plastic. (2018). *¿Que es el plástico?* Obtenido de

<https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics>

Europe, Plastic. (2018). *El plástico: una historia de más de 100 años de innovación*.

Obtenido de <https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics/history>

Gaggino. (2008). *Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción*. Cordoba, Argentina: Revista INVI.

Geovanny. (11 de Diciembre de 2008). *BLogSpot*. Obtenido de

<http://systemofrecycling.blogspot.com/2008/12/teoria-del-reciclaje.html>

Gómez, S. (10 de Mayo de 2019). *Pacifista!* Obtenido de [https://pacifista.tv/notas/el-](https://pacifista.tv/notas/el-plastico-nos-condena/)

[plastico-nos-condena/](https://pacifista.tv/notas/el-plastico-nos-condena/)

Google Images. (2018). *Google Images*. Obtenido de

https://www.google.com/search?q=DENSIDAD+DE+PLASTICOS&rlz=1C1EKKP_esCO790CO791&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjB7Mv-5LbhAhXCwFkKHWx9DwUQ_AUIDigB&biw=1366&bih=625#imgcr=U3Sy2gtCiGdjiM:

Jimenez, A. y. (2016). *Mapuesto Aligerado Con Plastico Triturado Tipo Lego*. Bogota, Colombia.

Justo, J. B. (Octubre de 2018). *EcoInventos*. Obtenido de <https://ecoinventos.com/easy-brick-ladrillos/>

Leonard, A. (2009). *La Historia De Las Cosas*. S.L. FONDO DE CULTURA ECONOMICA DE ESPAÑA.

Losada y Otros. (16 de Noviembre de 2018). *Semana Sostenible*. Obtenido de <https://sostenibilidad.semana.com/impacto/multimedia/proyectos-de-ley-sobre-plasticos-de-un-solo-uso-en-colombia/42074>

MaderPlastic. (2018). *Madera plástica en Colombia*. Obtenido de <https://maderplastic.com/>

Maldonado y otros. (2007). Índice de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mampostería basado en la opinión de expertos. En E. Maldonado Rondón, G. Chio Cho, & I. Gómez Araujo. Bogota, Colombia. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/477/47711201.pdf>

Ministerio De Ambiente. (25 de Julio de 2018). *Resolución No. 1397*. Obtenido de

<http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/ff-RES%201397%20DE%202018.pdf>

Molina y otros. (2015). RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMO ADICIONES EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO NO ESTRUCTURAL. En N. F.-O.-L. Vizcaino. Bogota, Colombia: Redaly.

Montes, S. (10 de Enero de 2019). *La Republica*. Obtenido de

<https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/seis-paises-alrededor-del-mundo-reciclan-mas-de-50-de-su-basura-durante-el-ano-2813051>

MPC. (2016). *Madera Plástica de Colombia*. Obtenido de

<http://www.mpc.com.co/productos-MPC.html>

NTC 4205. (2010). *UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE ARCILLA COCIDA, LADRILLOS Y BLOQUES CERÁMICOS*. Obtenido de

https://kupdf.net/download/norma-tecnica-colombiana-ntc-4205_5a11f461e2b6f55c4978a2bc_pdf

Ortigoza, N. (Marzo de 2011). *EpoKnews*. Obtenido de

<https://www.expoknews.com/fabrican-viviendas-con-tabiques-de-pet/comment-page-1/>

Perez y Gardey. (2013). *Definiciones.de*. Obtenido de <https://definicion.de/plastico/>

Perez, J. (2018). *Definicion.de*. Obtenido de <https://definicion.de/mamposteria/>

Perez-Gardey. (2011). *Definicion.de*. Obtenido de <https://definicion.de/ladrillo/>

Plásticos Acevedo. (2018). *Madera Plástica*. Obtenido de

<https://www.plasticosacevedo.com.co/index.php>

QuimiNet. (30 de Noviembre de 2011). *Funcionamiento de una inyectora de plastico*.

Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/el-funcionamiento-de-la-maquina-inyectora-de-plastico-2643461.htm>

Recytrans. (23 de Julio de 2013). *Clasificación de los plásticos*. Obtenido de

<https://www.recytrans.com/blog/clasificacion-de-los-plasticos/>

Regimen Legal Bogota. (2004). Obtenido de

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=15484>

Rodriguez, P. (2014 de Noviembre de 19). *EL IMPACTO AMBIENTAL EN EL PROCESO LADRILLERO*. Obtenido de <https://prezi.com/nc1tjc80ew2f/el-impacto-ambiental-en-el-proceso-ladrillero/>

Rosas, F. (30 de Marzo de 2007). *ProQuest*. Obtenido de <https://search-proquest-com.ezproxy.uniminuto.edu/docview/467324515?pq-origsite=summon>

Sanchez, T. (2013). *Diseño y Construcción de Estructuras en Mamposteria*. Mexico D.F.

Santillan, L. (27 de Julio de 2018). *CienciaUNAM*. Obtenido de

<http://ciencia.unam.mx/leer/766/una-vida-de-plastico>

Suministros del Sur. (25 de Octubre de 2018). *Madera plástica* . Obtenido de

<http://suministrosdelsur.com/index.php>

Valencia, N. (25 de Julio de 2016). *ArchDaily*. Obtenido de

<https://www.archdaily.co/co/792028/en-5-dias-se-construyo-esta-vivienda-con-ladrillos-de-plastico-reciclado>

17. Anexos

Anexo 1. Máquina para ensayo a compresión.



(Autores)

Anexo 3. Máquina para ensayo a flexión.



(Autores)

Anexo 2. Ficha técnica maquina compresión



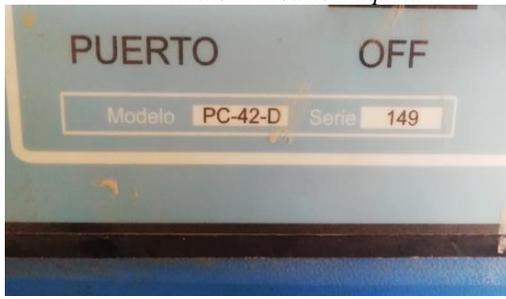
(Autores)

Anexo 4. Display de datos



(Autores)

Anexo 5. Modelo maquina



(Autores)

Anexo 7. Fundición de ladrillo en inyectora



(Autores)

Anexo 6. Visita a laboratorio



(Autores)

Anexo 8. Control de temperatura inyectora



(Autores)