



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

**DISEÑO DE UNIDAD DE MAMPOSTERÍA CON MEZCLA DE PLÁSTICOS
RECICLADOS Y OTROS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
MUROS EN OBRAS CIVILES.**

PRESENTADO POR:

**DANIEL PARRA TRIANA COD.506833
GUSTAVO ALEJANDRO ROA DURAN COD.506801**

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTA D.C.
2021**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

**DISEÑO DE UNIDAD DE MAMPOSTERÍA CON MEZCLA DE PLÁSTICOS
RECICLADOS Y OTROS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
MUROS EN OBRAS CIVILES.**

PRESENTADO POR:

**DANIEL PARRA TRIANA COD.506833
GUSTAVO ALEJANDRO ROA DURAN COD.506801**

**DIRECTOR:
ING. JUAN CARLOS RUGE.
CODIRECTOR
ING. CARLOS PASTRAN BELTRAN**

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTA D.C.
2021**



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#). [Advertencia](#).

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

NOTA DE ACEPTACIÓN:

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA JURADO

FIRMA JURADO

BOGOTA D.C. 15 de junio de 2021.

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de grado a nuestros padres, pues sin ellos no seríamos personas tan bien formadas y llenas de valores, la ayuda y el amor que nos han brindado ustedes se están viendo reflejados en nuestros futuros y nos tienen en este punto tan importante en nuestras vidas, muchas gracias por la motivación y la fuerza que nos brindaron. Esto es hecho en nombre de ustedes.

Gracias Padres.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por permitirnos tener y disfrutar de una buena salud además del apoyo de nuestras familias y el de la universidad para lograr completar este trabajo de grado pese a la serie de dificultades que se tuvieron.

Gracias a nuestros docentes y compañeros que siempre brindaron su ayuda ante las necesidades que tuvimos, todas estas ayudas fueron muy valiosas para lograr los objetivos que nos planteamos.

CONTENIDO

RESUMEN.....	14
INTRODUCCIÓN.....	15
GLOSARIO.....	16
1 GENERALIDADES	18
1.1 ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE.....	18
1.1.1 Título y autores del trabajo de referencia.....	18
1.1.2 Los resultados de otras investigaciones o estudios.....	19
1.1.3 El planteamiento del problema, los objetivos e hipótesis planteadas por estos estudios o investigadores	22
1.1.4 Metodologías utilizadas	24
1.1.5 La importancia de estos con relación al tema planteado	26
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	28
1.2.1 Descripción del problema.....	28
1.2.2 Formulación del problema.....	28
1.3 FORMULACIÓN Y PLANTEAMIENTO DE LA PREGUNTA	30
1.4 OBJETIVOS	31
1.4.1 Objetivo general.....	31
1.4.2 Objetivos específicos.....	31
1.5 JUSTIFICACIÓN	32
1.6 DELIMITACIÓN.....	34
1.6.1 Alcances.....	34
1.6.2 Limitaciones.....	34
2 MARCO REFERENCIA.....	35
2.1 MARCO TEÓRICO.....	35
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	38
2.3 MARCO LEGAL	40
2.3.1 NTC-296. Norma técnica colombiana para dimensiones modulares de ladrillo	40
2.3.2 NTC-4205. Norma técnica colombiana para unidades de mampostería de arcilla cocida y bloques cerámicos.....	40
2.3.3 NTC-2240 Norma técnica colombiana para agregados usados en morteros de mampostería.....	41
2.3.4 NSR-10 (Titulo D Mampostería estructural.).....	41
2.3.5 Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto ASTM C39.....	42
2.3.6 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto.....	42
2.3.7 Leyes normativas y decretos enfocados a la reutilización del plástico..	42
3 METODOLOGÍA	43
3.1 INVESTIGACIÓN DE CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTOS DE LOS MATERIALES.....	43

3.1.1	PET (Tereftalato de Polietileno):.....	43
3.1.2	Caucho granulado, proveniente del triturado de neumáticos / (Mezcla de caucho natural y caucho sintético)	44
3.1.3	Arena	48
3.1.4	Comportamiento experimental del plástico (PET) como ligante de la mezcla. 49	
3.1.5	Comportamiento experimental del PET (Ligante) mezclado con Caucho. 51	
3.1.6	Comportamiento experimental del PET mezclado con Arena.	53
3.2	DISEÑO	54
3.2.1	Diseño del molde para fundida de mezcla	54
3.2.2	Elaboración del plano	54
3.2.3	Revisión del diseño	56
3.2.4	Unidades de mampostería proyectadas	58
3.3	PREPARACIÓN DE LOS MATERIALES	61
3.3.1	Selección y separación de los materiales	61
3.3.2	Limpieza de los materiales.	62
3.3.3	Implementos, herramientas y equipos	64
3.4	ELABORACIÓN DEL MOLDE	66
3.4.1	Compra de insumos necesarios	66
3.4.2	Construcción del molde	66
3.5	PROCESO DE PREPARACIÓN DE MEZCLADO Y FUNDIDA.	67
3.5.1	Dosificación	69
3.5.2	Preparación y alistamiento	74
3.5.3	Mezclado y fundida.....	75
3.5.4	Manejo de la contaminación generada en el proceso de fundida.....	76
3.5.5	Proceso de curado de la mezcla.....	77
3.5.6	Desmonte del molde.....	77
3.6	ENSAYOS Y RESULTADOS	78
3.6.1	Estimación de laboratorios necesarios para la realización del proyecto	78
3.6.2	Ensayo de resistencia a la compresión.....	79
3.6.3	Gravedad específica.....	90
3.6.4	Conductividad térmica	91
3.6.5	Absorción de agua	92
3.6.6	Adherencia a revoques.....	93
3.6.7	Punto de ignición y llama.....	95
3.6.8	Permeabilidad al vapor de agua	96
3.6.9	Resistencia a carga puntual por clavado	97
4	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	99
4.1	ENSAYOS DE COMPRESIÓN	99
4.2	GRAVEDAD ESPECIFICA	101
4.3	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	101
4.4	ABSORCIÓN DE AGUA	102
4.5	ADHERENCIA A REVOQUES	102
4.6	PUNTO DE IGNICIÓN Y LLAMA	102
4.7	PERMEABILIDAD AL VAPOR DEL AGUA	102
4.8	RESISTENCIA LA CARGA PUNTUAL Y AL CLAVADO	103

4.9	LIMITES DE DEFECTOS SUPERFICIALES NSR10 – NTC4205	103
4.9.1	Fisuras	103
4.9.2	Desbordados	103
4.9.3	Distorsión de caras (Alabeo)	104
4.9.4	Análisis de límites de defectos superficiales	105
4.10	COMPARATIVA EN COSTOS DE ELABORACIÓN	107
5	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS	110
5.1	CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO GENERAL	110
5.2	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS	110
5.2.1	Objetivo específico no. 1	110
5.2.2	Objetivo específico no. 2	110
5.2.3	Objetivo específico no. 3	110
6	TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO	112
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
7.1	CONCLUSIONES	113
7.2	RECOMENDACIONES	115
	BIBLIOGRAFÍA	116
	ANEXOS	120

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 ÁRBOL DE PROBLEMAS.....	29
ILUSTRACIÓN 2 ESFUERZO DE LOS ELEMENTOS.....	37
ILUSTRACIÓN 3 ESFUERZO DE LOS ELEMENTOS.....	37
ILUSTRACIÓN 4 EJEMPLO DIAGRAMA ESFUERZO – CORTANTE FUENTE.....	38
ILUSTRACIÓN 5 UNIDAD DE MAMPOSTERÍA MACIZA.....	41
ILUSTRACIÓN 6 UNIDADES DE MAMPOSTERÍA CON PERFORACIÓN HORIZONTAL.....	41
ILUSTRACIÓN 7 UNIDADES DE MAMPOSTERÍA CON PERFORACIÓN VERTICAL.....	41
ILUSTRACIÓN 8 PRUEBA DE FUNDIDA DEL PET.....	50
ILUSTRACIÓN 9 CUBO ELABORADO CON 100% PET.....	50
ILUSTRACIÓN 10 EVIDENCIA DE FRACTURA DEL CUBO DE PET.....	51
ILUSTRACIÓN 11 AGREGADO DE GRANULO DE CAUCHO.....	52
ILUSTRACIÓN 12 PRUEBA DE ADHERENCIA.....	52
ILUSTRACIÓN 13 ELEMENTO ENDURECIDO ELABORADO CON 50% PET Y 50% CAUCHO.....	53
ILUSTRACIÓN 14 ELEMENTO ENDURECIDO ELABORADO CON 50% PET Y 50% ARENA.....	54
ILUSTRACIÓN 15 MODELO DIGITAL PRELIMINAR DE LA FORMAleta DE PRUEBAS.....	55
ILUSTRACIÓN 16 MODELO DIGITAL DE MOLDE PARA CILINDROS DE ENSAYO.....	55
ILUSTRACIÓN 17 MODELO DIGITAL DE MOLDE LADRILLO N°7 CON PERFORACIONES VERTICALES.....	56
ILUSTRACIÓN 18 MODELO DIGITAL DE MOLDE PARA LADRILLO TOLETE.....	56
ILUSTRACIÓN 19 MODELO PRELIMINAR FÍSICAMENTE LOGRADO.....	57
ILUSTRACIÓN 20 PLANO DETALLADO DEL MOLDE O FORMAleta PARA LADRILLO N°7 Y LADRILLO TOLETE.....	58
ILUSTRACIÓN 21 DIMENSIONES DE LA UNIDAD DE MAMPOSTERÍA TIPO TOLETE PROYECTADA.....	59
ILUSTRACIÓN 22 DIMENSIONES DE LA UNIDAD DE MAMPOSTERÍA TIPO N°7 CON PERFORACIÓN CUADRADA PROYECTADA.....	59
ILUSTRACIÓN 23 UNIDAD DE MAMPOSTERÍA TIPO N°7 CON PERFORACIÓN CIRCULAR PROYECTADA.....	60
ILUSTRACIÓN 24 RECOPIACIÓN DE ENVASES DE BOTELLAS (PET).....	61
ILUSTRACIÓN 25 GRANULO DE CAUCHO (NEUMÁTICO TRITURADO).....	62
ILUSTRACIÓN 26 ARENA DE PEÑA.....	62
ILUSTRACIÓN 27 LIMPIEZA DE ENVASES (PET).....	63
ILUSTRACIÓN 28 TAMIZ.....	63
ILUSTRACIÓN 29 CORTE DE ENVASES DE BOTELLA.....	64
ILUSTRACIÓN 30 BALANZA.....	64
ILUSTRACIÓN 31 OLLA A PRESIÓN.....	65
ILUSTRACIÓN 32 ESTUFA A GAS.....	65
ILUSTRACIÓN 33 MORDAZA.....	65
ILUSTRACIÓN 34 GUANTES DE CARNAZA RESISTENTES A TEMPERATURA.....	66
ILUSTRACIÓN 35 CUBREBOCAS.....	66
ILUSTRACIÓN 36 MOLDES PARA CILINDROS DE ENSAYO.....	67
ILUSTRACIÓN 37 MOLDES PARA MAMPOSTERÍA ELABORADOS EN ACERO.....	67
ILUSTRACIÓN 38 DIAGRAMA DE SECUENCIA DE FUNDIDA DE LA MEZCLA.....	68
ILUSTRACIÓN 39 MOLDES ACEITADOS LISTOS PARA REALIZAR FUNDIDA.....	75
ILUSTRACIÓN 40 PROCESO DE FUNDIDA Y MEZCLA.....	76
ILUSTRACIÓN 41 BLOQUE FUNDIDO Y FRAGUADO.....	77
ILUSTRACIÓN 42 ELEMENTOS DE MAMPOSTERÍA PLÁSTICA Y PROBETAS DESENCOFRADOS.....	77
ILUSTRACIÓN 43 RESULTADOS DE COMPRESIÓN PARA CILINDRO DE PRUEBA CON DOSIFICACIÓN 1.....	81

ILUSTRACIÓN 44 RESULTADOS DE COMPRESIÓN PARA CILINDRO DE PRUEBA CON DOSIFICACIÓN 2.....	82
ILUSTRACIÓN 45 RESULTADOS DE COMPRESIÓN PARA CILINDRO DE PRUEBA CON DOSIFICACIÓN 3.....	82
ILUSTRACIÓN 46 RESULTADOS DE COMPRESIÓN PARA CILINDRO DE PRUEBA CON DOSIFICACIÓN 4.....	82
ILUSTRACIÓN 47 RESULTADOS DE COMPRESIÓN PARA CILINDRO DE PRUEBA CON DOSIFICACIÓN 5.....	83
ILUSTRACIÓN 48 RESULTADOS DE COMPRESIÓN PARA CILINDRO DE PRUEBA CON DOSIFICACIÓN 6.....	83
ILUSTRACIÓN 49 RESULTADOS DE COMPRESIÓN PARA CILINDRO DE PRUEBA CON DOSIFICACIÓN 7.....	83
ILUSTRACIÓN 50 RESULTADOS DE COMPRESIÓN PARA CILINDRO DE PRUEBA CON DOSIFICACIÓN 8.....	84
ILUSTRACIÓN 51 ENSAYOS DE COMPRESIÓN PARA CONFIABILIDAD DE LA DOSIFICACIÓN NUMERO 4.....	84
ILUSTRACIÓN 52 ENSAYO A COMPRESIÓN DEL BLOQUE N° 7 CON PERFORACIÓN VERTICAL CUADRADA.....	86
ILUSTRACIÓN 53 ENSAYO A COMPRESIÓN DEL BLOQUE N° 7 CON PERFORACIÓN VERTICAL CIRCULAR.....	86
ILUSTRACIÓN 54 ENSAYO A COMPRESIÓN DEL BLOQUE N° 7 CON PERFORACIÓN VERTICAL CUADRADA 2.....	87
ILUSTRACIÓN 55 ENSAYO A COMPRESIÓN DEL LADRILLO TIPO TOLETE.....	87
ILUSTRACIÓN 56 ENSAYO A COMPRESIÓN DEL LADRILLO TIPO TOLETE 2.....	88
ILUSTRACIÓN 57 ENSAYO DE COMPRESIÓN BLOQUE N°7.....	88
ILUSTRACIÓN 58 ENSAYO DE COMPRESIÓN LADRILLO TOLETE.....	89
ILUSTRACIÓN 59 TOMA DEL PESO DE LA PROBETA SUMERGIDA.....	90
ILUSTRACIÓN 60 TOMA DEL PESO DE LA PROBETA SUMERGIDA EN AGUA.....	91
ILUSTRACIÓN 61 TOMA DEL PESO DE LA PROBETA DESPUÉS DEL SECADO EN HORNO.....	91
ILUSTRACIÓN 62 MEDICIONES DE TEMPERATURA PARA ENCONTRAR CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	92
ILUSTRACIÓN 63 DIFERENCIA DE PESOS DE LA PARTÍCULA DESPUÉS DE HUMEDECERLA.....	93
ILUSTRACIÓN 64 MEZCLA DE MORTERO, PEGA Y ACABADO SUPERFICIAL.....	94
ILUSTRACIÓN 65 PEGA Y ACABADO SUPERFICIAL DE LOS ELEMENTOS.....	94
ILUSTRACIÓN 66 ACABADO FINAL DE LOS ELEMENTOS SUPERPUESTOS Y RECUBIERTOS.....	94
ILUSTRACIÓN 67 PARTÍCULA DENTRO DE LA COPA DE CLEVELAND.....	95
ILUSTRACIÓN 68 PUNTO DE LLAMA EN EL ENSAYO.....	96
ILUSTRACIÓN 69 ENSAYO DE ABSORCIÓN DE VAPOR DE AGUA.....	96
ILUSTRACIÓN 70 PESOS DE LA PARTÍCULA ANTES Y DESPUÉS DEL ENSAYO.....	97
ILUSTRACIÓN 71 ENSAYO DE COMPRESIÓN POR CARGA PUNTUAL.....	98
ILUSTRACIÓN 72 UNIDAD DE MAMPOSTERÍA SÓLIDA "TOLETE" GENERADA POR LA MEZCLA DE DISEÑO.....	99
ILUSTRACIÓN 73 MAMPOSTERÍA PLÁSTICA TOLETE 1 Y 2.....	105
ILUSTRACIÓN 74 MAMPOSTERÍA PLÁSTICA N7 PERFORACIÓN CUADRADA 1.....	105
ILUSTRACIÓN 75 MAMPOSTERÍA PLÁSTICA TIPO N7 PERFORACIÓN CUADRADA 2.....	106
ILUSTRACIÓN 76 MAMPOSTERÍA PLÁSTICA TIPO N7 PERFORACIÓN CIRCULAR.....	106

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 DIMENSIONES MODULARES DE UNIDADES.....	40
TABLA 2 DIMENSIONES DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA HORIZONTAL.....	40
TABLA 3 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL PET. (FLORES, 2017)	44
TABLA 4 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL CAUCHO. (CASTRO, 2008)	45
TABLA 5 CARACTERÍSTICAS DEL CAUCHO. (CASTRO, 2008).....	46
TABLA 6 GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS PARA MAMPOSTERÍA SEGÚN INCONTEC. (NTC-2240, 2003).....	49
TABLA 7 EJEMPLO DE PUNTUACIÓN SEGÚN IMPORTANCIA DEL MATERIAL.....	70
TABLA 8 EJEMPLO DE MATRIZ 3X3 DE REPETICIÓN SECUENCIAL PARA LA DISTRIBUCIÓN DE PUNTUACIÓN.....	70
TABLA 9 PUNTUACIÓN DE IMPORTANCIA DEL MATERIAL DENTRO DE LA MEZCLA.	71
TABLA 10 APLICACIÓN DE MATRIZ 3X3 DE REPETICIÓN SECUENCIAL PARA LA DISTRIBUCIÓN DE PUNTUACIÓN.....	71
TABLA 11 DOSIFICACIONES EN PORCENTAJE SOBRE EL VOLUMEN TOTAL.....	72
TABLA 12 DENSIDADES DE LOS MATERIALES.....	72
TABLA 13 DOSIFICACIONES EN GRAMOS SOBRE EL VOLUMEN TOTAL.....	73
TABLA 14 FACTORES DE PERDIDA DE VOLUMEN POR TEMPERATURA.....	73
TABLA 15 DOSIFICACIONES DEFINITIVAS PARA UNA PROBETA.....	73
TABLA 16 DOSIFICACIONES EN VALORES DE KG/M3.	74
TABLA 17 RESUMEN DE LABORATORIOS A REALIZAR.....	78
TABLA 18 RESULTADOS DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN CILINDROS.	80
TABLA 19 PROMEDIO DE RESULTADOS DE COMPRESIÓN.....	84
TABLA 20 DOSIFICACIÓN SELECCIONADA.....	85
TABLA 21 RESULTADO DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN MAMPOSTERÍA PLÁSTICA.....	85
TABLA 22 RESULTADOS DE COMPRESIÓN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA COMÚN.....	88
TABLA 23 CUMPLIMIENTOS MÍNIMOS PARA MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL NTC4205.	100
TABLA 24 LONGITUD MÁXIMA PERMISIBLE DE LOS DESBORDADOS DESDE LAS ESQUINAS Y LOS BORDES DE LA PIEZA.....	103
TABLA 25 PORCENTAJE DE LAS PIEZAS QUE PUEDEN EXCEDER LAS LONGITUDES MÁXIMAS DE DESBORDADOS.....	104
TABLA 26 DISTORSIÓN DE LAS CARAS O ARISTAS.....	104
TABLA 27 COSTO DE ELABORACIÓN DE UNA UNIDAD DE MAMPOSTERÍA CON LA MEZCLA DE DISEÑO.....	107
TABLA 28 COSTO POR UNIDAD DE VOLUMEN	107
TABLA 29 COSTO DE ELABORACIÓN DE UNA UNIDAD DE MAMPOSTERÍA CON ARCILLA COCIDA.....	108
TABLA 30 COSTO POR UNIDAD DE VOLUMEN	108

LISTA DE GRAFICAS

GRÁFICA 1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS	81
GRÁFICA 2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES GENERADAS A PARTIR DE LA MEZCLA	100
GRÁFICA 3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES CONVENCIONALES EN ARCILLA.....	101

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 PLANO DE DESPIECE DE MOLDE.PDF	58
ANEXO 2 PROGRAMACIÓN-TIEMPO-LABORATORIO 090421	79
ANEXO 3 ALMACENAMIENTO-DE-MATERIALES-IYR 090421	79

RESUMEN

Este trabajo de grado se realiza con la finalidad de proponer un diseño de mezcla alternativo a partir de plástico reciclado, granulo de caucho y arena como insumo para la elaboración de unidades de mampostería, identificando características y comportamientos del plástico reciclado como ligante en la mezcla, a partir de investigaciones y ensayos.

Se describe en este documento varias tecnologías existentes en el ámbito de la construcción sostenible y como estas generan una nueva perspectiva a futuro en cuanto al manejo de materiales reciclados, además de mostrar diferentes normas y leyes que delimitan la implementación de la innovación ecológica.

Se muestra una metodología detallada de la elaboración desde cero de un elemento de mampostería con materiales reciclados demostrando en la realidad el comportamiento de los materiales que componen la mezcla, además de analizar el comportamiento del nuevo elemento en comparación con elementos constructivos comúnmente usados.

Al finalizar se podrá encontrar una recapitulación de los resultados basados en todos los procesos que se realizaron determinando así funcionalidades del elemento de mampostería en la construcción de obras civiles.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los plásticos representan una de las fuentes de contaminación que generan mayor impacto al medio ambiente según estudios realizados del total de desperdicios que se genera en Bogotá un 56% corresponde a residuos plásticos catalogado como componente mayoritario en la basura generada diariamente todos estos desechos se encuentran en diferentes composiciones las cuales pueden ser separadas y reutilizadas en gran variedad de elementos, gracias a la excelente maleabilidad que tiene este materia. (GREENPEACE, 2019)

El incremento de nuevas tecnologías en la industria de la construcción ha abierto las puertas con el fin de lograr innovar con materiales de que brinden propiedades similares a las convencionales y para este caso el plástico representa un elemento con funciones optimas, que puede sustituir diferentes componentes en obra gracias a sus características físicas y químicas, por ello la reutilización de desechos plásticos constituye una alternativa excelente en cuanto a obras civiles refiere. Con base en lo anterior factores importantes como la disminución de costos y la resistencia que brinda el material en términos de corrosión y degradación hacen ganar puntos en una lista comparativa frente a otros.

El sector de la construcción en Colombia depende en su gran mayoría de elementos de construcción que se disponen en forma manual para lograr complementar sistemas ordenados y así lograr la elaboración de muros. Este trabajo pretende plantear una alternativa con base en el buen uso de materiales plásticos reciclados y la implementación de diferentes estudios de las propiedades físicas y mecánicas de los mismos para lograr una mezcla con diferentes materiales y llegar a que sea eficiente con meta de elaborar una unidad de mampostería que mejore ciertas características o pueda igualar a las regularmente usadas.

GLOSARIO

PET: El Tereftalato de Polietileno (PET) es un plástico 100% reciclable que se usa principalmente en la fabricación de botellas.

Ladrillo tolete: Elemento de mampostería con forma prismática cuadrangular, elaborado a base de arcilla cocida, utilizado comúnmente en la construcción de obras civiles en edificios y viviendas, este elemento es totalmente sólido y no tiene perforaciones

Bloque n°7: Elemento de mampostería con forma prismática cuadrangular, elaborado a base de arcilla cocida, utilizado comúnmente en la construcción de obras civiles en edificios y viviendas, este elemento tiene perforaciones verticales llamadas dovelas que al rellenarlas generan resistencia estructural.

Molde: Es un conjunto de piezas acopladas huecas en su interior que sirven para improntas de sólidos con figuras deseadas, las formaletas en construcción se usan para verter un material fluido y generar una forma después de que se seque o endurezca.

Fundir: convertir una sustancia de sólido a líquido por acción del calor, también es verter un material fluido en un molde para generar un elemento sólido.

Desencofrar: se define como la operación de retiro de molde cuando la mezcla se endurece.

Caucho granulado: es también conocido como caucho molido, comúnmente extraído de la molienda de neumáticos reciclados retirando todo material como suciedad, alambres y borras.

Arena fina: Conjunto de partículas generadas por la desintegración natural de las rocas o procesos de trituración generalmente con diámetro de partícula inferior a 5mm.

Mampostería plástica: Se adopta el término mampostería plástica para referirse al elemento diseñado a base del conglomerante PET derretido combinado con granulo de caucho y arena, que logra tener comportamientos elastoplásticos al momento de someterse a cargas por compresión.

Mampostería: Se conoce como el sistema tradicional de construcción que consiste en elaborar muros y paramento mediante la colocación manual de materiales denominados mampuestos que en este caso son ladrillos o bloques de cemento.

Mampostería confinada: Construcción con base en piezas de mampostería unidas por medio de mortero, reforzada de manera principal con elementos de concreto reforzado elaborados alrededor del muro confinándolo.

Mampostería reforzada: Es la construcción de mampostería con perforación vertical, unidas por medio de mortero reforzada internamente con barras y alambres de acero.

Conglomerado: Objetos obtenidos mezclando diferentes materiales unidos por un aglomerante mezclado convenientemente hasta generar homogeneidad, y se le comunica su forma con moldes o prensas.

Ligante: son productos bituminosos viscosos, preparados a partir de hidrocarburos naturales que poseen propiedades aglomerantes varían en consistencia con el cambio de temperatura y tienen buena adhesividad con los materiales áridos.

Dosificación: Implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen una mezcla para obtener un acabado y adherencia correctas.

Compresión: Se define compresión cuando en un elemento actúan fuerzas en sentido contrario e intentan aplastarlo.

Peso específico: Relación entre el peso de una sustancia y su volumen.

Revoque: Revestimiento exterior o interior de cemento mezclado con arena y agua, su fin es mejorar y proteger el aspecto y las características superficiales de los muros.

Mortero: Compuesto de aglutinantes inorgánicos agregados finos y agua que sirven para emparejar elementos de construcción tales como ladrillos y mampostería.

Mezcla: Combinación o unión de dos o mas elementos que pueden estar en diferentes estados que reacciona químicamente formando un nuevo elemento.

Carga axial: Es la carga o fuerza dirigida en el eje de simetría de un elemento que conforma una estructura.

1 GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

1.1.1 Título y autores del trabajo de referencia

- Estudio de alternativa al proceso de reciclaje del plástico PET en la universidad católica de Colombia, elaborado por: Cindy Julieth Perilla Tabares.(TABARES, 2017)
- Informe de Situación de los plásticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente, elaborado por: Clínica jurídica de Medio ambiente y salud pública (MASP) de la universidad de los andes y Greenpeace Colombia. (GREENPEACE, 2019)
- Estudio del efecto de la adición de residuos plásticos en la fabricación de bloques huecos de concreto, elaborado por: Samuel Garcia, Nicolino Bracho, William López (Departamento técnico, Polipropileno de Venezuela, Propilven S.A. Maracaibo, Venezuela). (GARCIA ET AL., 2017)
- Investigación experimental de unidades de mampostería de hormigón con botella de plástico y fibras PET, elaborado por: Rakesh Fataniya, Rihan Maaze y Kalpesh Kapadiya de la Universidad RK, Rajkot. (FATANIYA ET AL., 2018)
- Comparación de las propiedades de ladrillos PET con unidades convencionales de mampostería de hormigón, elaborados por: Laura Marsiglio, Susan Cheng, Elizabeth Falk, Andrew Fugh, Kelly Mulvaney, Brian Slocum, Donald Morris, Ganesh Balasubramanian y Khanjan Mehta de la Universidad de Lehigh. (MARSIGLIO ET AL., 2020)
- Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (pet), aplicados en la construcción de vivienda, elaborado por: Arquitecto Miller Ernesto Piñeros Moreno e Ingeniero Rafael David de Jesús Herrera Muriel de la Universidad Católica de Colombia. (RAFAEL ET AL., 2018)
- Ladrillos de plástico reciclado para mampostería no portante, elaborado por: Rosa Nataly Flores Ramírez de la universidad católica de Cuenca. (NATHALY ET AL., 2019)
- Estudio de mercado de materiales reciclables de residuos sólidos urbanos, elaborado por: Ec. Pedro Barrenechea, Ing. Ignacio González, Ing. Cyro Croce. (BARRENECHEA ET AL., 2015)
- Análisis de la implementación de ladrillos fabricados a partir de plástico reciclado como material de construcción, elaborado por: Diana Carolina Castillo Moncayo de la Universidad Santo Tomas. (MONCAYO, 2018)
- Elementos estructurales de plástico reciclado, elaborado por: Ricardo Alves Parente. (PARENTE, 2006)
- Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción, elaborado por: Rosana Gaggino. (GAGGINO, 2008)

1.1.2 Los resultados de otras investigaciones o estudios.

A continuación, se mencionan trabajos de grado e investigaciones de sistemas constructivos directamente relacionados con la reutilización del plástico en la industria.

- Estudio de alternativa al proceso de reciclaje del plástico pet en la universidad católica de Colombia: Este trabajo presenta una propuesta para aprovechar el residuo plástico PET que se genera en la Universidad Católica de Colombia; se identifica el proceso actual de Gestión de los Residuos Sólidos con el fin de conocer su situación actual y las mejoras que se podrían realizar, a partir de esta información se reconoce la utilidad que tendría una máquina trituradora de PET y se realiza el prototipo estudiando sus beneficios, por último se realiza un ejercicio de sensibilización a la comunidad universitaria sobre la importancia de aprovechar y disponer los residuos plásticos de forma adecuada. (TABARES, 2017)

Se identifica en el trabajo que de acuerdo al estimado de generación de residuo plástico PET se percibe viable la implementación de máquina trituradora de PET, con el objeto de reducir el volumen del PET y darle mayor valor útil a futuro. La Universidad Católica de Colombia genera aproximadamente 1'990.720 de botellas plásticas PET en un periodo de ocho meses, cantidad que es susceptible de incrementarse con el crecimiento poblacional de la institución cada año. (TABARES, 2017)

- Situación de los plásticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente: Según datos de la Superintendencia de Servicios Públicos (2017) (en adelante, SSP) en Colombia se generaron 10.3 millones de toneladas de residuos sólidos (SSP, 2018). En promedio, Colombia dispuso alrededor de 30.081 Ton/día de residuos sólidos. La cifra promedio de generación de residuos sólidos en un hogar colombiano es de 4.3 Kg/día (DANE, 2018). Aterrizando lo anterior, cabe mencionar y revisar las implicaciones de la generación de residuos en las principales ciudades. En el año 2017 la generación de residuos en Bogotá fue de 2.2 millones de toneladas, lo equivalente al 21% del total de lo dispuesto en el país; por su parte Cali, Medellín, Barranquilla generaron en promedio 657 mil toneladas de residuos en el mismo periodo de tiempo y; ciudades como Cartagena, Bucaramanga, Santa Marta y Pasto generaron en promedio 200 mil toneladas (SSP, 2018). Del análisis anteriormente propuesto sobre el ciclo de vida de los materiales plásticos, es posible deducir que los sistemas de producción/consumo que actualmente subsisten carecen de un sustento sostenible evidente. Como se expuso, las fuentes normativas que proponen el uso del plástico, no consideran una gestión ambiental eficiente del cierre de ciclo de estos envases post consumo, lo que ocasiona la generación de toneladas de residuos plásticos que perjudican a la población y el ambiente. Aunado a lo anterior, no existe actualmente un sistema de reciclaje lo suficientemente óptimo para tratar esta cantidad de residuos y, además, las directrices técnicas evitan que los materiales plásticos desechados puedan

volver a tener un uso adecuado y eficiente. Es claro que el plástico no resulta ser el material más idóneo para proteger la salud de las personas, por ello, la estrategia más eficiente en términos de sostenibilidad ambiental y salubridad debe tender a la reducción de la producción de plástico, ya que su ciclo de vida es obsoleto. (GREENPEACE, 2019)

- Estudio del efecto de la adición de residuos plásticos en la fabricación de bloques huecos de concreto: En el siguiente trabajo se estudió el efecto de la adición de residuos de PVC y PET en la fabricación de bloques huecos de concreto artesanales. Se fabricaron bloques con 27% PET, 10.24% y 14.61% PVC respectivamente, como agente de relleno, estos fueron comparados con bloques sin residuos plásticos. A los bloques se le realizaron ensayos a la compresión, según lo dicta la norma COVENIN 42-82. Los resultados obtenidos en este ensayo muestran que la adición de los residuos favorece la disminución de peso, carga y resistencia a la compresión soportada en los bloques, sin embargo, el porcentaje de absorción de humedad no presentó una tendencia concreta. (GARCIA ET AL., 2017)
- Investigación experimental de unidades de mampostería de hormigón con botella de plástico y fibras PET: Esta tesis presenta los resultados de un estudio realizado para determinar la resistencia a la compresión de unidades de mampostería de hormigón con núcleos de botellas de plástico y fibras PET. Las botellas de plástico se utilizaron para crear el centro. Se rellena botella de plástico con residuos sólidos para aumentar la resistencia a la compresión del bloque y las Fibras de PET se usan como reemplazo parcial de agregado fino, el Hormigón se dosifica con 1%, 2%, 4% y 6% de fibras de botella de PET para producir agregados finos. Se colocó hormigón alrededor de la botella para encerrarlos en las unidades de mampostería. El estudio utilizó una botella de plástico de 1000 ml de colocadas dentro de unidades de mampostería de 16 pulgadas de largo por 8 pulgadas de ancho por 8 pulgadas de alto de tamaño y analizó el resultado de la fuerza compresiva. La prueba de resistencia a la compresión se determinó de acuerdo con el estándar IS. Determinando así la resistencia a la compresión de las unidades de mampostería de hormigón permitiendo continuar con los estudios en mampostería de hormigón con unidades con núcleos de botellas de plástico encontrando que si son viables en países del tercer mundo. (FATANIYA ET AL., 2018)
- Comparación de las propiedades de ladrillos PET con unidades convencionales de mampostería de hormigón: Este artículo investiga la viabilidad de los materiales reciclados en ladrillos de tereftalato de polietileno (PET) como reemplazo de unidades de mampostería de hormigón como material de construcción. El objetivo es validar la búsqueda de producción y pruebas de reciclado. Los ladrillos de plástico reciclado tienen el potencial de desviar valiosos residuos plásticos posconsumo de vertederos, bloqueando este plástico durante las próximas décadas. Se realiza una comparación del material con los comunes, así como los mayores impactos sociales, del PET

virgen y concretos componen este estudio. Las resistencias a la compresión de dos materiales se comparan utilizando datos publicados y un análisis computacional. Las sustancias tóxicas liberadas durante la producción y postproducción de hormigón y PET son examinadas, para obtener una comprensión más profunda del impacto general que estos materiales tienen sobre la salud humana. (MARSIGLIO ET AL., 2020)

- Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (pet), aplicados en la construcción de vivienda: Este trabajo de grado plantea lograr incursionar con un nuevo material de construcción como lo es el bloque plástico, donde se utilice el plástico reciclado como materia prima principal para su elaboración, siendo este uno de los productos que es más desechado y que a su vez más contaminación genera. Se propone un nuevo elemento indispensable para la construcción de vivienda con polímeros reciclados, estableciendo una alternativa a otras tecnologías de construcción tradicionales, que consumen recursos no renovables, o que producen un impacto ambiental negativo cumpliendo con los estándares de calidad y normatividad vigente para este tipo de materiales. (RAFAEL ET AL., 2018)
- Ladrillos de plástico reciclado para mampostería no portante: En el presente documento se desarrolla el diseño de dos prototipos de ladrillo en base a PET derretido, sin aditivos para mamposterías no portantes; sustentado bajo un análisis crítico bibliográfico que recoge la problemática medio ambiental de los desechos plásticos como también casis de estudio en los que se implementa el PET como material de construcción en torno a la vivienda. (NATHALY ET AL., 2019)
- Estudio de mercado de materiales reciclables de residuos sólidos urbanos: El presente estudio consistió en un análisis pormenorizado de los principales mercados de los materiales reciclables pasibles de ser extraídos de los residuos sólidos urbanos. Se tomaron como punto de partida los antecedentes brindados por estudios anteriores. A partir de allí se actualizó la información de cada mercado a través de información secundaria procesada en esta oportunidad y de entrevistas a informantes calificados y diferentes actores de las cadenas que integran los distintos mercados de reciclado, aquí analizados, tales como clasificadores, organizaciones no gubernamentales, depósitos de materiales, industrias demandantes y autoridades municipales, entre otros. (BARRENECHEA ET AL., 2015)
- Análisis de la implementación de ladrillos fabricados a partir de plástico reciclado como material de construcción: Esta monografía se orienta en el análisis de la implementación de una alternativa constructiva que proyecta beneficios, tanto ambientales como sociales y económicos, en la construcción de viviendas unifamiliares a partir de materias primas obtenidas de material plástico reutilizado y terminado como ladrillo BRICKARP. Este tipo de aplicaciones actualmente lo vienen desarrollando varias empresas como lo son; Conceptos Plásticos, Ficidad y Casas de Plástico, los cuales

incursionaron en Colombia con esta propuesta y son punto de referencia en esta monografía para el abordaje de la temática aquí planteada. (MONCAYO, 2018)

- Elementos estructurales de plástico reciclado: En esta investigación se realizó una recopilación integral de la literatura existente, presentando un resumen histórico de la evolución de los plásticos, centrándose en el estado del arte y los avances obtenidos con el uso de estos materiales en la construcción civil, con función estructural. Se hizo un repaso sobre la estructura química de los plásticos más conocidos, presentando los mecanismos moleculares que causan fenómenos dependientes del tiempo, y de qué manera se pueden cambiar sus propiedades. Este trabajo también analiza varios modelos para predecir el comportamiento viscoelástico, además de hacer una comparación entre modelos. (PARENTE, 2006)
- Elementos estructurales de plástico reciclado: 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)

1.1.3 El planteamiento del problema, los objetivos e hipótesis planteadas por estos estudios o investigadores

- Estudio de alternativa al proceso de reciclaje del plástico pet en la universidad católica de Colombia: Presentar una propuesta para el aprovechamiento del residuo PET que se genera en la Universidad Católica de Colombia a través de la implementación de una máquina trituradora de plástico PET. (TABARES, 2017)
- Informe de Situación de los plásticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente: Hacer una revisión normativa sobre el manejo de los plásticos; analizar, bajo el enfoque de la economía circular, el comportamiento que tiene el mencionado material; conocer la gestión pública en la temática propuesta y; describir algunas de las principales problemáticas que estos últimos generan en el ambiente. (GREENPEACE, 2019)
- Estudio del efecto de la adición de residuos plásticos en la fabricación de bloques huecos de concreto: Evaluar la influencia de la adición residuos de PVC y PET en las propiedades físicas y mecánicas de bloques artesanales, se fabricaron mezclas donde se incorporaron los diferentes residuos a concentraciones variables. (GARCIA ET AL., 2017)
- Investigación experimental de unidades de mampostería de hormigón con botella de plástico y fibras PET: El objetivo principal del proyecto es evaluar la posibilidad de usar botellas de PET para rellenarlas con residuos plásticos y este elemento ponerlo dentro de un volumen de concreto para hacer unidades de mampostería y a partir de esto evaluar en comportamiento mecánico de la unidad. (FATANIYA ET AL., 2018)

-
- Comparación de las propiedades de ladrillos PET con unidades convencionales de mampostería de hormigón: El objetivo de este proyecto es diseñar productos prefabricados a base materiales reciclados para desviar la cantidad de contaminantes enfocándose en la elaboración de ladrillos completamente de PET reciclado. (MARSIGLIO ET AL., 2020)
 - Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (pet), aplicados en la construcción de vivienda: Realizar un análisis técnico y financiero en la implementación de bloques con polímeros de plástico reciclado para mampostería no portante aplicados en la construcción de vivienda para centros urbanos de Colombia.
 - Ladrillos de plástico reciclado para mampostería no portante: Realizar una propuesta de diseño de ladrillos de plástico reciclado como nuevo elemento alterna. (RAFAEL ET AL., 2018)
 - Estudio de mercado de materiales reciclables de residuos sólidos urbanos: El objetivo del presente informe era analizar en forma detallada los principales mercados de materiales reciclables de los residuos sólidos urbanos, para tener una actualización del dimensionamiento, caracterización y actores de los mismos. (NATHALY ET AL., 2019)
 - Análisis de la implementación de ladrillos fabricados a partir de plástico reciclado como material de construcción: Analizar la implementación de ladrillos fabricados a partir de plástico reciclado tipo lego o sistema Brickarp en la construcción de viviendas unifamiliares en Colombia, basándose en consultas bibliográficas confiables y comparaciones con sistemas constructivos convencionales. (BARRENECHEA ET AL., 2015)
 - Elementos estructurales de plástico reciclado: Recopilar, analizar e interpretar el conocimiento de la literatura existente sobre el uso de termoplásticos y compuestos poliméricos, reciclados o no, como material estructural. (MONCAYO, 2018)
 - La disposición de residuos de las ciudades constituye un problema de difícil solución. Actualmente los residuos urbanos de las grandes son en su mayor parte enterrados, lo cual no es una alternativa muy racional desde el punto de vista económico ni tampoco ambientalmente adecuado, puesto que gran parte de los residuos es no biodegradable. El tiempo que demora el proceso de descomposición de los desechos es variable según el tipo de material, siendo sumamente lento en el caso de los plásticos. (PARENTE, 2006)
 - Elementos estructurales de plástico reciclado: Se describe cada uno de los cumplimientos físicos y químicos que debe tener una unidad de mampostería para la construcción de vivienda y también como se puede generar un proceso de prefabricación ayudando a la comunidad al brindar la opción de autoconstrucción.

1.1.4 Metodologías utilizadas

- Estudio de alternativa al proceso de reciclaje del plástico pet en la universidad católica de Colombia: Se utilizó la metodología propuesta en el documento Manejo de Residuos Sólidos para Instituciones Educativas, identificando una serie de subprocesos aplicados en el proceso de reciclaje en la Universidad: la generación, el almacenamiento temporal, la recolección y el transporte interno, la clasificación interna y el almacenamiento final. La recolección de información se realizó durante varias jornadas, en horas de la mañana y en horas de la tarde, mediante entrevista directa al personal de servicios generales que se encontraba laborando en las sedes El Claustro, Las Torres y Carrera 13 como también con la observación de procesos, espacios y recursos relacionados con el manejo de residuos sólidos. (TABARES, 2017)
- Informe de Situación de los plásticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente: Conceptualización de los detalles que integran el uso de los materiales plásticos, sus características, tipos y formas. En este apartado también se exponen las cifras mundiales y nacionales relativas a la producción del plástico y los residuos generados. Además, se realiza un comentario sobre el ciclo de vida del material, destacando a los productores, las compañías, cadenas de distribución y los consumidores como los principales actores. (GREENPEACE, 2019)
- Estudio del efecto de la adición de residuos plásticos en la fabricación de bloques huecos de concreto: El material plástico reciclado, fue molido en diferentes maquinarias: El PET fue molido en la Bloquera Ecológica Capitán Chico, con un molino mecánico de cuchillas que giran a baja velocidad, el PVC se molió en la línea industrial de reciclado de plástico, Covenplast ubicado en la zona industria de Maracaibo, se prepararon mezclas de los materiales para la construcción de bloques de concreto (agua, arena y cemento) adicionando PVC tanto de relleno como de soporte a diferentes concentraciones, Posterior al moldeo de los bloques, se dejaron reposar por un día, seguido de la etapa de curado con agua, la cual se prolongó por siete días, finalizado el proceso de fraguado se realizaron ensayos a la compresión, según lo dicta la norma COVENIN 42-82. (GARCIA ET AL., 2017)
- Investigación experimental de unidades de mampostería de hormigón con botella de plástico y fibras PET: en la tesis se encontró el estudiar investigaciones anteriores sobre construcción innovadora, recolección de materiales, encontrar la característica del material, cálculo de diferentes proporciones de relleno, relación del aspecto de la fibra, fundición y curado de unidades de mampostería de hormigón con núcleo de botella de plástico o que utilice fibras de PET y para finalizar Prueba de resistencia a la compresión del bloque analizando el resultado. (FATANIYA ET AL., 2018)
- Comparación de las propiedades de ladrillos PET con unidades convencionales de mampostería de hormigón: Los datos de este documento fueron principalmente compilados a partir de estudios existentes. Para mantener la coherencia y se basan en los datos más fácilmente disponibles,

este estudio compara PET puro y hormigón. Es importante reconocer que las propiedades del material pueden variar ligeramente entre reciclado y PET puro, así como entre variaciones de hormigón que utilizan diferentes agregados. La Investigación experimental adicional sobre las propiedades del PET reciclado se presentará en un papel futuro. El análisis de elementos finitos se realizó siguiendo la Norma ASTM C90-16 la carga mínima requerida de 12,4 MPa. Un modelo para un bloque de dimensiones 20,32 cm x 20,32 cm x 40,64 cm (8 pulg. x 8 pulg. x 16 pulg.) Se generó en SolidWorks y se importó a Ansys Workbench. La carga fue aplicada a la cara superior con la cara inferior fijada estáticamente. El estudio analizó las tensiones principales máximas que se producen en la geometría y esas tensiones máximas se compararon con la conocida resistencia a la compresión de los materiales comunes. (MARSIGLIO ET AL., 2020)

- Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (pet), aplicados en la construcción de vivienda: Dentro de la metodología de la investigación, encontramos que nuestro proyecto de grado tiene como fin, plantear una alternativa en la construcción de vivienda de bajo costo con material de desecho como lo es el plástico reciclado, para el desarrollo del proceso encontramos que este trabajo obedece a cuatro fases, las cuales son de carácter investigativo y experimental. Se realiza consecutivamente un planteamiento de las fases, proceso investigativo, elaboración de investigación, elaboración del prototipo detalle de materia prima, diseño de diferentes morteros, cronograma y una parte importante el presupuesto. (RAFAEL ET AL., 2018)
- Ladrillos de plástico reciclado para mampostería no portante: La metodología acoge las pruebas de flexión, compresión y absorción de acuerdo a la ASTM D790, ASTM D695 y ISO62 respectivamente donde los resultados muestran que los resultados dan mejores a las características requeridas por las normas. (BARRENECHEA ET AL., 2015)
- Estudio de mercado de materiales reciclables de residuos sólidos urbanos: El dimensionamiento de cada uno de estos mercados de reciclaje se obtuvo a partir del procesamiento de información secundaria y especialmente a través de la brindada en entrevistas y contactos realizados a los principales actores del reciclaje de residuos sólidos, tanto en lo que se refiere a su recolección en sus diversas formas, que pasan desde el clasificador, al depósito en la vía pública en contenedores por el propio público o brindado por empresas, como a los siguientes canales de los mercados de reciclaje, especializados en su captación en los barrios de asentamiento o en la comercialización o procesamiento del reciclo.. dichos volúmenes, así como los montos que estos involucran, para los distintos productos que se incluyen en este estudio. (MONCAYO, 2018)
- Análisis de la implementación de ladrillos fabricados a partir de plástico reciclado como material de construcción: En este documento se encuentra una investigación del uso de los ladrillos elaborados con plástico reciclado

tipo lego en obras reales y más que todas viviendas multifamiliares, se identifican procesos de instalación limpieza y mantenimiento además de dimensiones técnicas apropiadas. (PARENTE, 2006)

- Elementos estructurales de plástico reciclado: Se realiza un análisis e interpretación de ecuaciones y elementos teóricos para poder clasificar el plástico dentro de un nivel de funcionalidad estructural, de acá se empieza a discutir ventajas y deficiencias para poder empezar a elaborar elementos de mampostería estructural basándose en un proceso resumido de uso de materiales, dando así conclusiones de viabilidad. (GAGGINO, 2008)

1.1.5 La importancia de estos con relación al tema planteado

En esta parte se da claridad de los puntos importantes de las investigaciones y estudios encontrados que enfocaron a este proyecto para su realización.

- Estudio de alternativa al proceso de reciclaje del plástico PET en la universidad católica de Colombia: Este trabajo tiene una relación directa al describir los procedimientos de almacenamiento y preparación del material para esto utilizó la metodología propuesta en el documento Manejo de Residuos Sólidos para Instituciones Educativas, identificando una serie de subprocesos aplicados en el proceso de reciclaje en la Universidad: la generación, el almacenamiento temporal, la recolección y el transporte interno, la clasificación interna y el almacenamiento final. Estos elementos son importantes porque también se deben generar al momento de recolectar la materia prima del proyecto. (TABARES, 2017)
- Informe de Situación de los plásticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente: Este informe ayuda a entender contextualmente el problema que genera el plástico en Colombia, se describe en cantidad numéricamente el valor de residuos plásticos, además muestra el ciclo de vida del plástico y complementa con un buen contexto jurídico aplicable en Colombia algo que enriquece al proyecto en cuanto a normatividad y leyes. (GREENPEACE, 2019)
- Estudio del efecto de la adición de residuos plásticos en la fabricación de bloques huecos de concreto: En este documento se presenta una forma de preparar los materiales plásticos para usarlos en una determinada dosificación en la mezcla y también las fallas de adherencia que cada material tiene con respecto a otro, este aspecto ayuda a prever lo que pueda suceder al mezclar diferentes clases de materiales. (García et al., 2017)
- Investigación experimental de unidades de mampostería de hormigón con botella de plástico y fibras PET: La tesis demuestra lo versátil que puede llegar a ser el PET al mezclarse con materiales minerales en este caso cemento, agregados finos y agregados gruesos, además de esto el aporte que puede generar la unidad al momento de distribuir cargas dando veracidad de que lo que se intentara en este proyecto va por buen camino, estos son datos que se usaran sin duda alguna. (FATANIYA ET AL., 2018)
- Comparación de las propiedades de ladrillos PET con unidades convencionales de mampostería de hormigón: Este proyecto evidencia la

durabilidad del PET al tener una degradación lenta, además de identificar la diferencia de resistencia del plástico y el hormigón comúnmente usado, se puede evidenciar que elaborar unidades de mampostería completamente elaborados de PET es una alternativa viable pero poco existente en el mercado también se evidencian los métodos de análisis que se pueden utilizar mediante software. (MARSIGLIO ET AL., 2020)

- Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (pet), aplicados en la construcción de vivienda: El proyecto identifica una oportunidad de inversión con una tasa de retorno positiva aumentando el valor de riqueza en la empresa en la que se aplique, este punto es importante porque se puede direccionar el trabajo de grado como una alternativa de negocio. (RAFAEL ET AL., 2018)
- Ladrillos de plástico reciclado para mampostería no portante: Ayuda al proyecto a entender procedimientos para fundir el PET además de brindar una serie de requisitos normativos que debe cumplir la unidad de mampostería para poder ser usada en construcción. (NATHALY ET AL., 2019)
- Estudio de mercado de materiales reciclables de residuos sólidos urbanos: Este estudio demuestra cómo se mueven los mercados del reciclaje de plástico como botellas y envases de reusó y como esto puede afectar en la producción del elemento de mampostería debido a que el destino de estos mercados está netamente enfocado en empresas embotelladoras. (BARRENECHEA ET AL., 2015)
- Análisis de la implementación de ladrillos fabricados a partir de plástico reciclado como material de construcción: Se logra identificar lo maleable que puede llegar a ser el material de elaboración de mampostería en este proyecto además de una alternativa de construcción que no necesita de cementante de pega para unir los elementos al momento de generar un muro, además se puede extraer de acá las fuentes con las que se basaron para caracterizar las propiedades de los materiales reciclados. (MONCAYO, 2018)
- Elementos estructurales de plástico reciclado: La importancia de este elemento en el presente trabajo es la proyección que se tiene al momento de catalogar a el plástico reciclado como un elemento de mampostería portante estructural al momento de combinarse con diferentes compuestos que mejoran la calidad de la mampostería desarrollando mejor resistencia a cargas. (PARENTE, 2006)
- Una tecnología constructiva se considerará apropiada si no requiere grandes gastos de energía, no causa desechos ni contaminación, es climáticamente aceptable, segura frente a inclemencias de tiempo y peligros naturales, emplea fuerza laboral local tanto para la producción como para el mantenimiento y reparación, resulta socialmente aceptable, esta descripción ayuda a entender que realmente el uso de esta abundante cantidad de material reciclado tiene una gigante incidencia en el medio esta es una de las características que se adoptara de este informe. (GAGGINO, 2008).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Descripción del problema.

Los materiales de construcción que se usan habitualmente son minerales tradicionales como el hormigón, mortero, arcilla o cemento entre otros, en el caso de las unidades de mampostería, sus características y usos de estos elementos en términos de resistencia y durabilidad presentan una gran acogida en el mercado por que cumplen las expectativas, sin embargo, los procesos para extraer y procesar genera un efecto negativo en el medio ambiente al usar demasiada energía y petróleo, otro aspecto que también produce un impacto muy grande en el ecosistema es la producción desmedida de envases plásticos, estos se caracterizan por tener un proceso de degradación muy lento y por ello al ser desechados se acumulan en inmensas cantidades, lograr emplear esos componentes con el fin de ayudar al entorno es una alternativa para disminuir las afectaciones que se generan en las obras.

1.2.2 Formulación del problema.

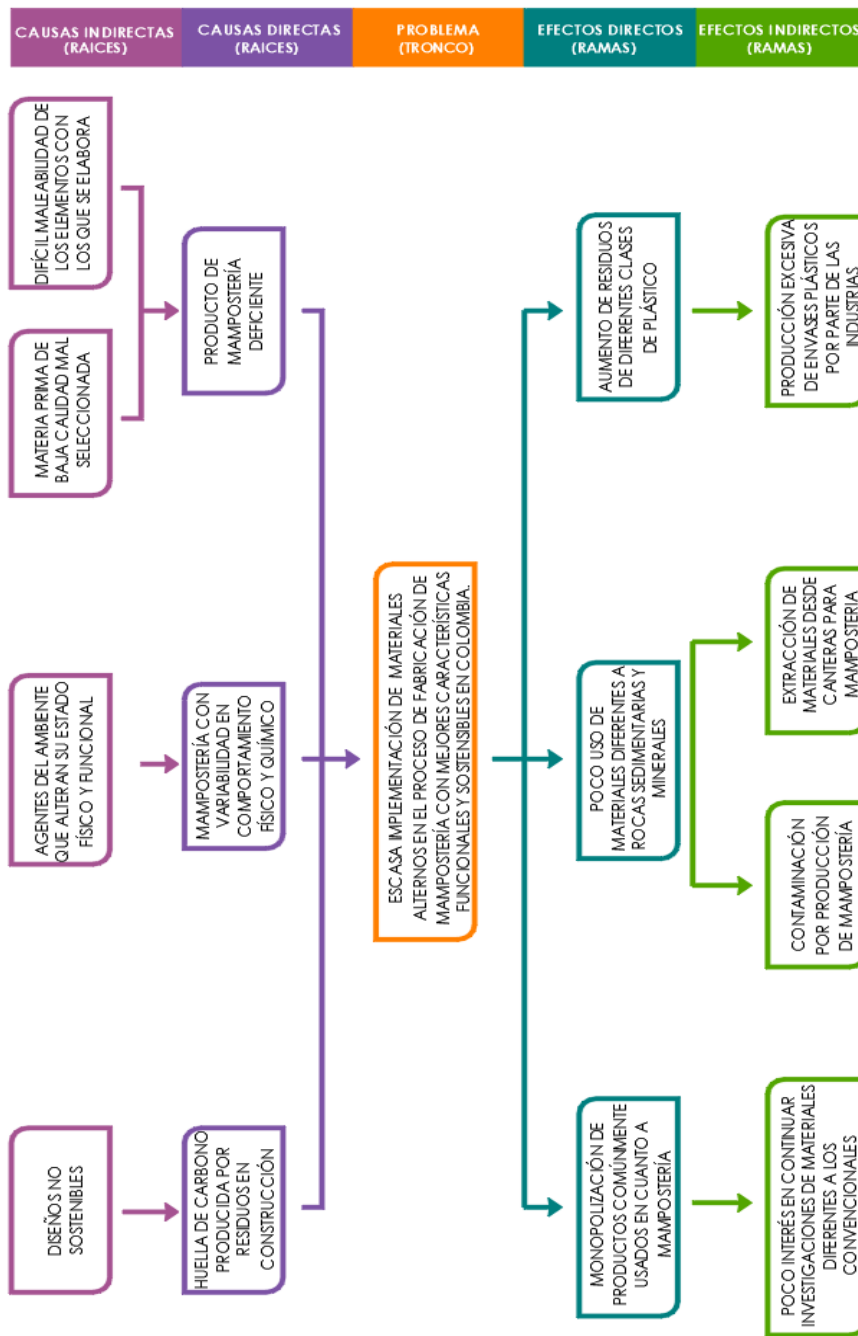
Para lograr un planteamiento bien dirigido se tienen en cuenta causas y efectos, directos e indirectos producidos en obras de construcción, evidenciando diferentes factores en producción de la mampostería en el país, para poder identificar esta problemática de forma más organizada se realiza un árbol de problemas mostrado en la ilustración 1.

Con la ayuda del árbol de problemas se puede encontrar la problemática principal que abarca generalmente todas las causas y efectos, el problema principal es el siguiente

Escasa implementación de materiales alternos en el proceso de fabricación de mampostería con mejores características funcionales y sostenibles en Colombia.

Al encontrar este elemento principal se puede direccionar mejor y certeramente el proyecto.

Ilustración 1 Árbol de problemas.



Fuente: Autoría propia

1.3 FORMULACIÓN Y PLANTEAMIENTO DE LA PREGUNTA

Buscando encaminar el proyecto es pertinente identificar si la investigación es viable para esto se realizan las siguientes preguntas:

- ¿Qué tema se quiere tomar como eje de la investigación?

Respuesta: El tema de investigación es la reutilización de desechos plásticos adecuados para construcción

- ¿Por qué? Y ¿Para qué?

Respuesta: Porque el plástico reciclado es un material con demasiadas propiedades físicas y químicas y por ello puede ser usado para reemplazar materiales comunes en mampostería.

- ¿De dónde se parte y a donde se pretende llegar?

Respuesta: Se parte de la investigación de materiales plásticos adecuados y se pretende llegar a una mezcla plástica buena para así desarrollar un diseño de mampostería óptimo.

Para identificar la pregunta que determina como se encaminará la investigación y los métodos que se emplearan para lograrla se tienen en cuenta los temas principales de este proyecto que son:

- Reciclaje de plástico adecuado para construcción.
- Elementos de mampostería que se quieren lograr reemplazar.
- Proceso de preparación de la mezcla adecuada.
- Diseño de unidad de mampostería.

Teniendo en cuenta todos estos puntos la pregunta adecuada es:

- ¿Cuáles son las características adecuadas para una unidad de mampostería elaborada con mezcla de plástico que a su vez logre similitudes con unidades de mampostería común?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general.

Proponer un diseño de mezcla alternativo a partir de plástico reciclado, granulo de caucho y arena como insumo para la elaboración de unidades de mampostería.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Identificar características y comportamientos del plástico reciclado como ligante en la mezcla, a partir de investigaciones y ensayos.
- Seleccionar dosificaciones apropiadas de materiales para diseñar una mezcla que logre homogeneidad y funcionalidad al elaborar unidades de mampostería.
- Demostrar si es posible que esta alternativa de mezcla es una opción real basada en ensayos técnicos para el mercado actúa.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Para redactar la justificación se plantean una serie de preguntas con el fin de dar solides a las razones por cuales se realizará el proyecto, esto se muestra a continuación:

¿Cuál es la situación problemática que se pretende investigar?

La problemática a resolver es la reutilización de materiales como el plástico aportando al desarrollo sostenible, ya que este será el principal componente en la mezcla junto con el caucho molido y la arena, cumpliendo la función principal de ser el ligante para generar ladrillos y así darles uso en mampostería.

¿Cuál es la importancia y actualidad que tiene el tema o problema que se va a esclarecer?

Es de gran importancia tener una alternativa en el mercado actual, basada en el reciclaje con un plus ecológico, en donde se logre mostrar un ladrillo que brinde funcionalidad y aplicabilidad en la industria de la construcción, en un país como el nuestro en donde ha a día de hoy existen sistemas constructivos relacionados, con un objetivo muy similar al de este proyecto, pero con una fuerza en el mercado muy baja, ya que el ladrillo convencional es el que se identifica en cualquier obra civil del entorno local.

¿Qué se va a realizar?

Se realizó una metodología teniendo en cuenta una selección de materiales y una dosificación apropiada para la mezcla y proceso de fundición, con el fin de generar unidades de mampostería, de acuerdo a la geometría replicada del ladrillo convencional del mercado, como lo es el tipo tolete y de esta manera analizar el comportamiento fisicoquímico de las unidades generadas, complementando este proceso con ensayos de laboratorio se pretende lograr definir las aplicaciones y usos en construcción.

¿Cuáles son los beneficios en la industria de la construcción?

El beneficio que brinda esta alternativa de unidad de mampostería para la sociedad es la proyección de competencia en costo y funcionalidad para la construcción de viviendas o estructuras alivianadas, con un aspecto fundamental como lo es el aporte ecológico.

Esta alternativa permite la construcción de muros divisorios o estructurales con capacidad de disipación mínima de energía que brinden soporte cubiertas de bajo peso y estructuras de inspección de redes hidráulicas o eléctricas. La variable de carga muerta en edificaciones y casas es de gran importancia en los diseños y construcciones, por ello entre las ventajas principales de este tipo de ladrillo esta función de alivianar y disminuir las cargas ejercidas sobre la estructura.

¿Cuáles son los beneficios metodológicos y/o disciplinares de la investigación?

En Colombia la reutilización de materiales como el plástico PET es una práctica con un porcentaje bajo en su implementación, aproximadamente del 25% según Acolplásticos. Por ello el proceso de reutilización que se realiza en el proyecto podría brindar un aumento positivo en las políticas de reutilización de plásticos para la industria de la construcción siendo esta uno de los principales motores económicos del país.(ACOPLASTICOS, 2021)

Un beneficio de la metodología de creación de este producto es que quedara registro de elaboración y fabricación que sirve de apoyo para futuras investigaciones o manuales de procesos de unidades de mampostería similares.

Se amplía el rango de elementos que se pueden combinar con el plástico para unidades de mampostería favoreciendo a la variedad de elementos que se pueden utilizar en obra.

Se justifica este trabajo de investigación logrando aplicar los fundamentos adquiridos a lo largo del pregrado al realizar un diseño alternativo de un producto fundamental en área de acción de un ingeniero civil.

1.6 DELIMITACIÓN

1.6.1 Alcances.

- Generar unidades de mampostería a partir de una mezcla homogénea de plásticos reciclados y otros materiales para uso en la industria de la construcción.
- Identificar el aporte del plástico reciclado, sometido a un proceso de reutilización para el diseño y elaboración de un bloque de mampostería, logrando resaltarlo como una opción en la industria de construcción sostenible.
- Identificar la reducción del costo para la elaboración de un bloque a base de plástico reciclado.
- Análisis de resultados con enfoque ingenieril de las características, ventajas y desventajas del diseño generado.
- Realizar este trabajo de investigación y plantear usos aplicados en la industria de la construcción, dejando abierta la posibilidad de profundización futura en el diseño generado.

1.6.2 Limitaciones.

- Disponibilidad de laboratorios para profundizar el análisis mecánico de las unidades generadas y de la mezcla seleccionada.
- Herramientas físicas como moldes, recipientes limitados a disponibilidad de recurso propio.
- Lograr identificar la ventaja de este diseño en medio de un mercado tan amplio y tradicionalista como el existente en Colombia.
- Bibliografía y herramientas de consulta de información limitados al acceso del internet.
- Falta de suficiente materia prima para la generación de mayor número de unidades de mampostería.
- Demostración física de muro a base de las unidades generadas.
- Cantidad de diseños de mezcla y formas de mampostería por restricciones de tiempo.
- Temas relacionados con el orden público en la ciudad de Bogotá que restringen el acceso a las instalaciones de la universidad.
- Dificultad al momento de trabajar en equipo, desplazarse en transporte público, trabajar en instalaciones apropiadas y adquisición de materia prima a causa de la pandemia mundial Covid-19.

2 MARCO REFERENCIA

2.1 MARCO TEÓRICO

Hoy en día la construcción ha generado un impacto ambiental masivo debido a que para la obtención de materiales se realizan diferentes procesos donde afectan la corteza terrestre como por ejemplo es la extracción de material de cantera. Como principal objetivo se espera implementar nuevos métodos y modelos alternativos para la creación de algunos materiales implementados en la construcción. El plástico ayudaría a reducir el impacto generado actualmente por utilizar materiales pétreos, pues su implementación trae beneficios económicos al momento de suplir las necesidades de consumo masivo de canteras. “La creciente sed de recursos naturales y territorio de los modelos de desarrollo occidentales está elevando a la especie humana a la cúspide de la depredación planetaria”. (García & Bracho, 2017) (Maaze et al., 2015)

La Huella Ecológica nos permite identificar la responsabilidad de la destrucción creciente en la naturaleza y del planeta que recae a todo el conjunto de la población mundial, el modelo de crecimiento económico ilimitado de países del Norte y de las élites de los países del sur abarcan el 20% de la población mundial más enriquecida que consume el 86% de los recursos naturales del mundo. Esta destrucción de la naturaleza (como la quema de combustibles fósiles, la tala de los bosques, la sobreexplotación de acuíferos o la pesca esquiladora) está además subvencionada por esos gobiernos con la increíble cifra que en todo el mundo alcanza los 700 mil millones de dólares todos los años”, la administración de los recursos que se emplean para la construcción, ha cruzado límites tolerables para el planeta, la extracción indiscriminada de minerales y materiales de construcción está desembocando en graves consecuencias para los diferentes ecosistemas.

En Europa las casas y los edificios emiten el 48 % de los gases de efecto invernadero, lo que supera con creces las emisiones del sector de transportes 27%, o de la industria 25%. De igual forma las edificaciones consumen el 76% de la energía producida por las plantas energéticas. (*Naciones Unidas Cambio Climático, 2021*)

Actualmente se puede generar nuevo uso a un material para ayudar a reducir consumos y degradación del planeta, esto se lleva a cabo mediante tratamientos de reciclaje totales o parciales, la base del reciclaje se encuentra en la obtención de la materia prima, el plástico es uno de los materiales de mayor desecho a nivel global puede ser utilizado para la creación de bloques de construcción ya que al convertir residuos poliméricos termoplásticos, es una sustancia aglutinante que podría mezclarse con otros materiales como la arena, se puede llegar a un hormigón polimérico sin cemento; los componentes constructivos del plástico reciclado ofrece mayor aislación térmica debido a que el PET sirve como aislante térmico, repele el sonido y es casi impermeable (*Naciones Unidas Cambio Climático, 2021*).

Los residuos poliméricos, generan 2.000 millones de toneladas de dióxido de carbono al año, lo que equivale a emitir gases de efecto invernadero a la atmósfera cada año, el PET es un residuo nocivo para el medio ambiente porque no se

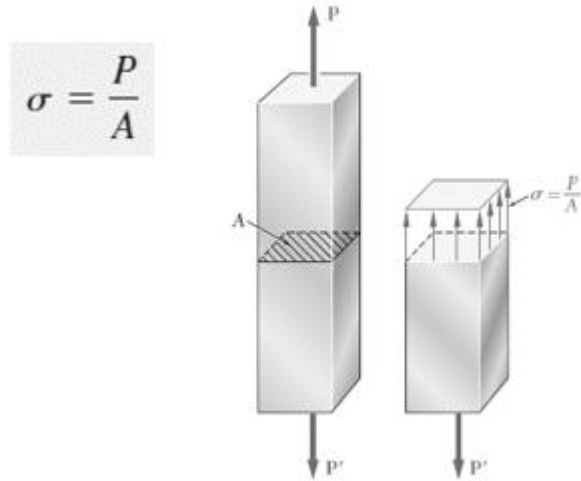
degrada por su inercia, llega también al compartimento acuático, los animales lo absorben llenando el aparato digestivo con plástico no digerible, lo que provoca la muerte. (Arthuz-López & Pérez-Mora, 2019)

El país viene aprobando políticas y regulaciones relevantes para promover la protección ambiental. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable tiene planes post-consumo altamente integrados a nivel nacional y ha establecido importantes cifras de utilización. La gestión ambiental urbana, la sostenibilidad del sector productivo y las políticas públicas son ejemplos de trabajo continuo. Estos proyectos sensibilizan a la ciudadanía y la industria sobre las pautas que se deben seguir para cuidar los recursos, el medio ambiente y la gestión de residuos. (TABARES, 2017)

Una parte importante a tener en cuenta en el uso de los materiales reciclables plásticos es su comportamiento en cuanto a mecánica de materiales se refiere, algunos puntos pertinentes para evaluar su comportamiento son:

Esfuerzos en los elemento de una estructura: La fuerza por unidad de área, o la intensidad de las fuerzas distribuidas a través de una sección dada, se llama esfuerzo sobre esa sección y se representa con la letra griega (σ). En la ilustración 2 se observa el esfuerzo en un elemento con área transversal A sometido a una carga axial P , se obtiene, por lo tanto, al dividir la magnitud P de la carga entre el área A (BEER ET AL., 2009).⁴

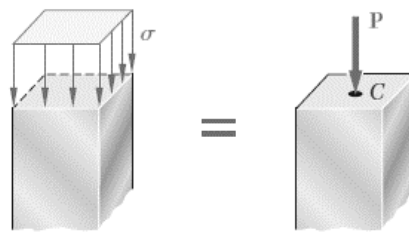
Ilustración 2 Esfuerzo de los elementos



. fuente: (Beer et al., 2009).

Distribuciones de carga: En la práctica, se supondrá que la distribución de los esfuerzos normales en un elemento cargado axialmente es uniforme, excepto en la vecindad inmediata de los puntos de aplicación de las cargas como lo evidenciamos en ilustración 3. (BEER ET AL., 2009)

Ilustración 3 Esfuerzo de los elementos

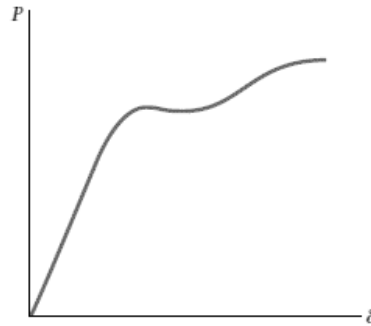


Fuente: (Beer et al., 2009).

Cortante: Como se observa en la ilustración 4, estas fuerzas internas elementales se conocen como fuerzas cortantes, y la magnitud P de su resultante es el cortante en la sección. Al dividir el cortante P entre el área A de la sección transversal, se obtiene el esfuerzo cortante promedio en la sección. Representando el esfuerzo cortante con la letra griega t (tau) (Beer et al., 2009).

Diagramas esfuerzo-deformación de los materiales: Varían en forma considerable, por lo que diferentes ensayos de tensión llevados a cabo sobre el mismo material pueden arrojar diferentes resultados, dependiendo de la temperatura de la probeta y de la velocidad de aplicación de la carga. Sin embargo, es posible distinguir algunas características comunes entre los diagramas esfuerzo-deformación de distintos grupos de materiales, y dividir los materiales en dos amplias categorías con base en estas características. Habrá así materiales dúctiles y materiales frágiles, como se evidencia en la ilustración 4 un ejemplo de diagrama de esfuerzo vs cortante (BEER ET AL., 2009).

Ilustración 4 Ejemplo diagrama esfuerzo – cortante fuente



Fuente: (Beer et al., 2009).

De acuerdo a una vida útil alta de los productos de ladrillo, tiene ventajas utilizar PET reciclado para fabricar ladrillos de plástico, muchas instituciones han realizado investigaciones sobre materiales compuestos de plástico y hormigón reciclado, que sustituyen algunos materiales añadidos por plástico reciclado. (Marsiglio et al., 2020) El comportamiento de los materiales usados en mampostería tienen un desgaste y una disminución a través del tiempo, se tiene conocimiento que el factor de desagregación en los materiales es común en las unidades de mampostería comunes, siendo más específicos el desmorono de muros elaborados en mampostería que con el transcurso del tiempo generan una afectación sea estructural o no en los componentes de las obras. (Borri & Corradi, 2020).

2.2 MARCO CONCEPTUAL

- Mampostería: Sistema constructivo que consiste en la elaboración de muros de forma manual con elementos modulares de diferentes materiales. Ejemplo: Ladrillo, bloques de cemento, prefabricado y piedra tallada.
- Mampostería de cavidad reforzada: Es la construcción de dos muros de mampostería con superficies paralelas, armados o no, separados por una sala continua de hormigón armado, con funcionamiento interconectado y que cumple con los requisitos. Este sistema estructural se clasifica como uno de los sistemas con una capacidad especial para disipar energía en el área inelástica (DES) para fines de construcción a prueba de terremotos. (NSR-10, 2012)
- Mampostería reforzada: Es la construcción a base de piezas de mampostería verticalmente que se conectan mediante mortero y se refuerzan internamente con barras y alambres de acero y cumplen los requisitos. Este sistema estructural se clasifica como uno de los sistemas con capacidad especial para disipar energía en la región inelástica (DES) para propósitos de construcción antisísmica, cuando todas las celdas son inyectadas con mortero de relleno o cuando se cumplen requisitos adicionales. de refuerzos mínimos y como uno de los sistemas con moderada capacidad de disipación de energía en la región inelástica

(DMO) cuando solo las celdas verticales con refuerzo son inyectadas con mortero de aporte. (NSR-10, 2012)

- Mampostería parcialmente reforzada: Esta construcción se basa en piezas de mampostería perforadas verticalmente que se conectan con mortero y se refuerzan en el interior con varillas y alambres de acero y cumplen con los requisitos del Capítulo D.8. Este sistema estructural está clasificado como uno de los sistemas con capacidad inelástica moderada (DMO) para fines de construcción antisísmica. (NSR-10, 2012)
- Mampostería no reforzada: Es la construcción basada en partes de mampostería unidas con mortero y no cumple con las cantidades mínimas de refuerzo especificadas para mampostería parcialmente reforzada. Este sistema estructural se clasifica como uno de los sistemas con la mínima capacidad de disipación de energía en la región inelástica para la construcción antisísmica. (NSR-10, 2012)
- Clasificación de plásticos: Se reconoce al mirar la pieza de plástico, se encuentra el símbolo del reciclaje más un número. De esta manera, se facilita mucho el reciclaje del plástico al identificar rápidamente y sin errores el tipo de polímero que se trata como lo son PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS y otros. (GOLOLO Y TOIN, 2017)
- Esfuerzo compresivo: La compresión es la fuerza que ejerce un objeto en la misma dirección y tiende a acortarse. Es lo opuesto a la tracción, lo que hace que se acerquen Diferentes partículas de materiales tienden a producir manteca o aplastamiento. Se puede decir que la compresión es el resultado de un esfuerzo o presión existente en un medio sólido o continuo deformable, y se caracteriza por una reducción o acortamiento del volumen en una dirección determinada. (CAPOTE LUNA, 2011)
- Flexión: La flexión es una combinación de tensión de compresión y tensión de tracción. Cuando la fibra superior de la pieza se somete a un esfuerzo de flexión (estirada), la fibra inferior se acorta, y viceversa, se deforma a lo largo de su eje y tiende a doblarlo. La característica más notable es que el objeto doblado tiene una superficie en forma de punto llamada fibra neutra, por lo que la distancia a lo largo de cualquier curva contenida en él no cambia del valor antes de la deformación. La tensión causada por la flexión se denomina momento flector.(CAPOTE LUNA, 2011)
- Deformación: La deformación o estiramiento se produce cuando sometemos un material a estrés. Este material experimenta tensión y deformación. La deformación es el cambio en el tamaño del cuerpo.

Puede medirse en unidades de longitud, área o volumen. Sin embargo, estas medidas dependen del tamaño de la muestra. No es lo mismo una deformación de 1 mm en una muestra de 1 cm que en una carretera de 1 km. Para cifras generales, la deformación se expresa en porcentaje. Para hacer esto, el cambio de dimensión se divide por la dimensión original y se multiplica por 100. (CAPOTE LUNA, 2011)

2.3 MARCO LEGAL

Se fundamentará este trabajo tratando de identificar fuentes valederas para que la investigación y el diseño basado en el estudio de un buen producto, principalmente se abarcara todo el tema de reglamentación constructiva encontrando así unidades de mampostería regidas bajo las siguientes normas:

2.3.1 NTC-296. Norma técnica colombiana para dimensiones modulares de ladrillo

Que define las dimensiones de ladrillos modulares de mampostería para ladrillos y bloque cocidos y el espesor de diseño, tanto de juntas verticales como horizontales, es de 10 mm \pm 3 mm. (NTC-296, 2000)

Tabla 1 Dimensiones modulares de unidades

DIMENSIONES MODULARES (mm)			DIMENSIONES REALES (mm)		
Longitud	Ancho	Altura	Longitud	Ancho	Altura
240	120	60	230	110	50
260	130	65	250	120	55
300	150	75	290	140	65
400	200	100	390	190	90

Fuente: (NTC-296, 2000).

Tabla 2 Dimensiones de unidades de mampostería horizontal.

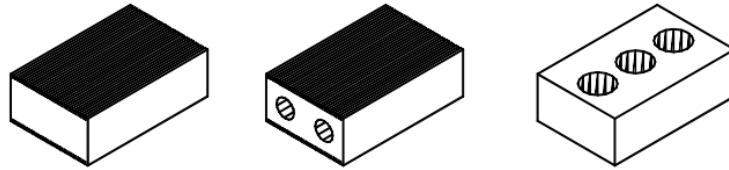
MEDIDA MODULAR ALTURA X ANCHO X LONGITUDES (cm)	MEDIDAS REALES ALTURA X ANCHO X LONGITUD (cm)
6x15x30	6x14x29
10x15x30	10x14x29
15x20x40	15x19x39
20x20x40	20x19x39

Fuente: (NTC-296, 2000).

2.3.2 NTC-4205. Norma técnica colombiana para unidades de mampostería de arcilla cocida y bloques cerámicos.

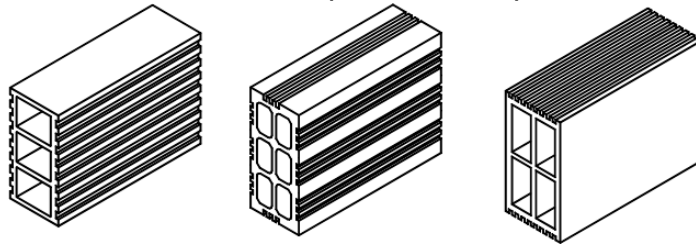
Describe los tipos de mampostería para muros existente, con celdas verticales u horizontales para ladrillos y bloques, clasifica el uso o función principal como unidades de mampostería portantes o no portantes además de unidades de mampostería para exteriores o interiores de edificaciones.

Ilustración 5 Unidad de mampostería maciza.



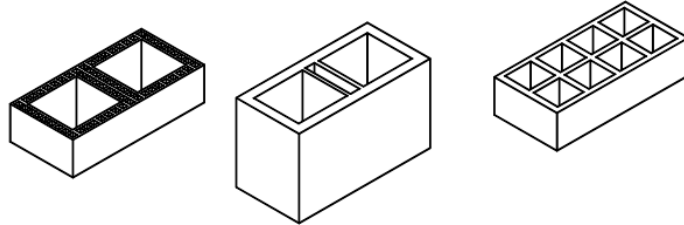
FUENTE: (NTC 4205., 2000)

Ilustración 6 Unidades de mampostería con perforación horizontal.



FUENTE: (NTC 4205., 2000)

Ilustración 7 Unidades de mampostería con perforación vertical.



FUENTE: (NTC 4205., 2000)

Por otra parte se puede encontrar aca las propiedades físicas de estas unidades como su absorción de agua, resistencia mecánica a la compresión y tasas iniciales de absorción.

2.3.3 NTC-2240 Norma técnica colombiana para agregados usados en morteros de mampostería.

Esta normativa tiene como objeto establecer los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales se deben someter los agregados usados en morteros de mampostería. (NTC-2240, 2003)

2.3.4 NSR-10 (Título D Mampostería estructural.)

Con este Reglamento se establece los requisitos mínimos de diseño y construcción para las estructuras de mampostería y sus elementos. Estas estructuras tienen un nivel de seguridad comparable a las estructuras de otros materiales, cuando se diseñan y construyen de acuerdo con los requisitos del presente Reglamento, para lograr el comportamiento apropiado en construcciones realizadas con mampostería estructural. (NSR-10, 2012)

Aca se clasifican diferentes tipos de mampostería estructural:

- Mampostería de cavidad reforzada.
- Mampostería reforzada.

-
- Mampostería parcialmente reforzada.
 - Mampostería Reforzada.
 - Mampostería no reforzada.
 - Mampostería de muros confinados.
 - Mampostería de muros con diafragma.
 - Mampostería reforzada externamente.

2.3.5 Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto ASTM C39.

Este método de ensayo trata sobre la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados (NTC-673, 2010).

2.3.6 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto.

El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados o a núcleos, a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste. (INFRAESTRUCTURA, 2013)

2.3.7 Leyes normativas y decretos enfocados a la reutilización del plástico.

- **Proyecto de ley.** Por medio de la cual se establecen medidas tendientes a la reducción de la producción y el consumo, de los plásticos de un solo uso en el territorio nacional, se regula un régimen de transición para reemplazar progresivamente por alternativas reutilizables, biodegradables u otras cuya degradación no genere contaminación, se crean mecanismos de financiación se dictan otras disposiciones (C. de la republica de Colombia, 2019)
- **Resolución N.º 1407 del 26 de julio del 2018.** Ministerio de medio ambiente, por el cual se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal y se toman otras determinaciones (SOSTENIBLE, 2018).

3 METODOLOGÍA

3.1 INVESTIGACIÓN DE CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTOS DE LOS MATERIALES

Consulta de características de los materiales, que componen el conglomerado, se definen a continuación:

3.1.1 PET (Tereftalato de Polietileno):

El Tereftalato de Polietileno, es un polímero plástico, con alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento, resulta ser apto para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termoformado. Tiene un alto grado de dureza, buena resistencia al desgaste, fricción y baja conductividad eléctrica. Este es un tipo de plástico perteneciente al grupo de los materiales sintéticos denominados poliésteres. El PET proviene de la reacción de policondensación entre ácido tereftálico (PTA) y monoetilenglicol (MEG). Entre sus propiedades más relevantes esta la alta transparencia y resistencia al desgaste, la buena resistencia térmica y química, es liviano, prácticamente irrompible y reciclable. De acuerdo a su cristalinidad puede ser muy transparente e incoloro, pero las piezas gruesas tienden a ser opacas y turbias. Estas propiedades han llevado a la importancia del PET en los campos de textiles sintéticos, envases, botellas, bandejas y materiales en láminas, entre otros. (Acoplásticos, 2021) A continuación, se muestran características físicas y químicas del material: (FLORES, 2017)

Tabla 3 Propiedades físicas y químicas del PET. (FLORES, 2017)

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL PET		
ITEM	DESCRIPCIÓN	
Resistencia al ataque químico	Resistente a: combustibles, alcoholes, grasas, éter, ácidos y bases diluidas	
Solubilidad	Insoluble: solventes orgánicos Solubilidad en menor grado: solventes halogenados, aromáticos, cetonas ácidas y bases fuertes.	
Resistencia al envejecimiento	Buena resistencia: Temperatura ambiental, radiaciones solares, humedad	
Estabilidad térmica	Estable a temperaturas $\leq 71^{\circ}\text{C}$ Cristalizado estable a temperaturas $\leq 230^{\circ}\text{C}$	
Densidad	Estado amorfo: 1.33 – 1.37 g/cm ³ Estado cristalino: 1.45 – 1.51 g/cm ³	
Conductividad térmica	Buen aislamiento térmico = 0.24 W/m x K	
Absorción de agua	< 0.7 % durante 24 horas	
Propiedades ópticas	Transmisión de luz: 89% Índice de refracción: 1.576	
Propiedades biológicas	No presenta vulnerabilidad al ataque microbiológico	
PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR
Densidad	g/cm ³	1.34 - 1.39
Resistencia a la tensión	Mpa	59 - 72
Resistencia a la compresión	Mpa	76 - 128
Resistencia al impacto	J/mm	0.01 - 0.04
Dureza		Rockwell M94 - M101
Dilatación térmica	10 ⁻⁴ /°c	15.2 - 24
Resistencia al calor	°C	80 - 120
Resistencia dieléctrica	V/mm	13780 - 15750
Constante dieléctrica (60 Hz)		3.65
Absorción de agua (24h)	%	0.02
Velocidad de combustión	mm/min	Consumo lento
Efecto luz solar		Se decolora ligeramente
Calidad de mecanizado		Excelente
Calidad óptica		Transparente a opaco
Temperatura de fusión	°c	244 - 254
<i>Datos obtenidos de la investigación (Fuente: Industria de plástico, Plástico industrial. Richardson&Lokensongard)</i>		

Fuente: (FLORES, 2017)

3.1.2 Caucho granulado, proveniente del triturado de neumáticos / (Mezcla de caucho natural y caucho sintético)

Se deriva más comúnmente de los neumáticos reciclados de automóviles y camiones. Durante el proceso de reciclaje de los neumáticos, se retira todo el

material que no sea caucho como suciedad, alambres y recubrimientos. Los residuos restantes de caucho se reducen a un tamaño más manejable, usando por lo general un molino mecánico. El procesamiento continuo reduce el tamaño del molido bruto en partículas de caucho granulado, las cuales tienen diversas clasificaciones con base en el tamaño y el color de las partículas de caucho molido. (CASTRO, 2008)

Tabla 4 Propiedades físicas y químicas del caucho. (CASTRO, 2008)

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS	
ITEM	DESCRIPCIÓN
Adhesión a metales	Excelente
Adhesión a telas	Excelente
Resistencia al desgarramiento	Muy buena
Resistencia a la absorción	Excelente
Deformación por compresión	Buena
Resistencia dieléctrica	Excelente
Electro aislamiento	Bueno a excelente
Permeabilidad de gases	Bastante baja
Acido resistencia diluido	Regular a bueno
Acido resistencia concentrado	Regular a bueno
Resistencia a hidrocarburos alifáticos	Pobre
Resistencia a hidrocarburos aromáticos	Pobre
Resistencia a solventes oxigenados (Cetonas)	Buena
Resistencia a disolventes de lacas	Pobre

Fuente: (Castro, 2008)

El caucho sintético está formado por reacciones químicas conocidas como condensación o polimerización de hidrocarburos insaturados, estos tienen compuestos básicos llamados monómeros los cuales tienen una masa molecular relativamente baja y forman moléculas gigantes llamadas polímeros. En uso pueden ser resilientes, piroretardadores, resistentes a los aceites. Y por su nivel químico se detalla a continuación:

Tabla 5 Características del caucho. (CASTRO, 2008)

CAUCHO GRANULADO	
PROPIEDADES FISICAS	DESCRIPCIÓN
Estireno-butadieno (SBR)	Copolímero de 75% butadieno y 25% estireno. Sin vulcanizar es soluble en la mayoría de los solventes hidrocarbonados. Necesita aceleradores poderosos para vulcanizar.
Polibutadieno (BR)	Tienen una flexibilidad muy alta, sobrepasando el hule natural. Buena resistencia a la abrasión, y flexibilidad a baja temperatura.
Isopreno	Con catalizadores el isopreno se acerca a la composición del caucho natural, pero en la práctica varía algo en la longitud y estructura de las moléculas.
Etileno-propileno (EPM-EPDM)	Hidrocarburos etileno y propileno, el cual etileno 50% al 65% en peso. Los dos tienen una resistencia a la luz solar, al ozono y al envejecimiento
Isobutileno-isopreno (IIR)	Copolímero en solución de isobutileno, con porción de isopreno. El poliisobutileno es totalmente saturado y el isopreno proporciona dobles enlaces para su vulcanización.
Caucho de nitrilo (NBR)	Copolímero de acrílonitrilo y butadieno, el acrílonitrilo varía desde 18% a 40%, mayor proporción de acrílonitrilo bajas propiedades físicas y alta resistencia al aceite.
Policloropreno (neopreno)	Líquido parecido al isopreno en estructura química, la diferencia es que tiene un átomo de cloro
Cauchos fluorados (CFM-FKM)	Fluoro-carbono y fluoro-silicona están entre los elastómeros más caros del mercado.
Cauchos de silicona (Q)	Poseen base de silicio, se distinguen por tener átomos alternados de silicio y oxígeno, tienen estabilidad térmica, aislamiento eléctrico, repele al agua y características antiadhesivas
Termoplásticos	Se funden al ser calentado y solidifican al ser enfriados, sin dañar sus propiedades. Estas combinaciones de propiedades elastómeras y plásticas, sucede con un tipo especial de copolímero, así las unidades de monómero son enlazadas en el centro de la molécula, y en las unidades del otro están semegradas formando bloques en los extremos de la molécula. Denominándose caucho termoplástico.
Forma	Sólidos en forma de granulados y polvo
Color	Negro
Olor	Caucho
Densidad (gr/cm ³)	0.40 - 0.50
Peso específico	1.15 - 1.27
Humedad (%)	< 0.75
Punto de combustión (°C)	300 - 450
<i>Fuente: (CASTRO, 2008)</i>	

Continúa Tabla 5 Características del caucho. (CASTRO, 2008)

CAUCHO GRANULADO	
PROPIEDADES QUIMICAS	DESCRIPCIÓN
Extracto cetónico (%)	5.00 - 22.00
Contenido de cenizas (%)	7.00-11.00
Contenido en polímeros NR/SR (%)	70/30 - 60/40
Contenido negro de humo (%)	26.00 - 38.00
Contenido de caucho natural (%)	10.00 - 35.00
Contenido de hidrocarburo de caucho (%)	57.00 - 58.00
Azufre (%)	1.0 - 7.00
pH(25°C)	8.12 - 8.20
Solubilidad	Insoluble en agua, parcialmente soluble a la acetona
<i>Fuente: (CASTRO, 2008)</i>	

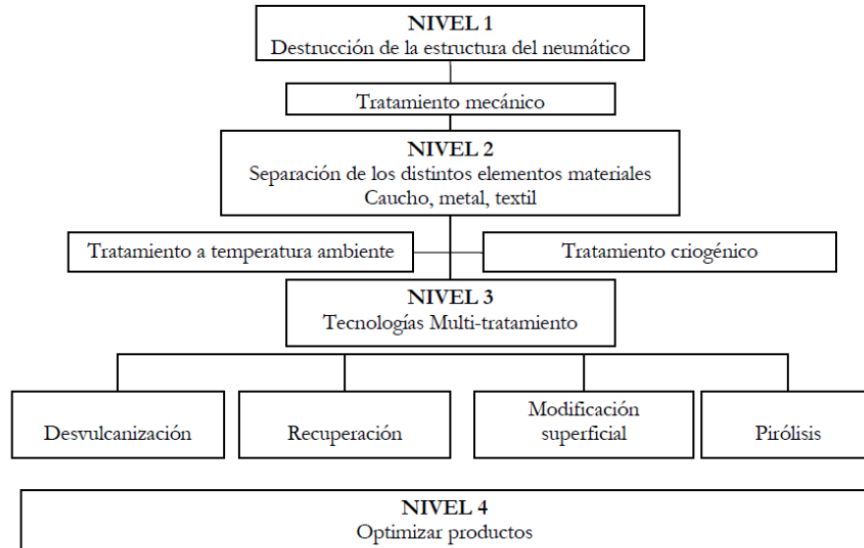
3.1.2.1 Técnicas para reciclar neumáticos fuera de uso:

Con el propósito de disminuir la gran contaminación causado por los NFU a nivel mundial, se ha desarrollado diferentes procesos que puedan reciclarlos, y así dar un nuevo uso, al desperdicio que causa grandes daños al medio ambiente y a la humanidad. A continuación, se detalla cada proceso:

La desvulcanización es una tecnología de regeneración que se realiza particularmente a los NFU para luego ser utilizado en diferentes aplicaciones. El principio del proceso consiste en la rotura de los enlaces S-S del polvo del caucho y esto se lo puede realizar mediante procesos de desvulcanización clasificados en dos grupos.

- A. Procesos físicos: El desvulcanizado es producido por una fuente de energía externa. Procesos como: mecánicos, termo-mecánicos, crio-mecánicos, microondas y ultrasonidos.
- B. Procesos químicos: En el campo de la industria son los más utilizados. Para este proceso generalmente se emplea agentes químicos como disulfuros o mercaptanos orgánicos cuando se realiza un trabajo mecánico a una elevada temperatura. También pueden ser utilizados agentes inorgánicos y otros tipos de procesos como catálisis por transferencia de fase. (CASTRO, 2008)

Gráfico 1 Niveles en los cuales muestran los procesos que se aplica a los neumáticos para su reciclaje. (CASTRO, 2008)



Se detalla los diferentes niveles que tienen los procesos de desvulcanización, el número de niveles dependerá del tipo de uso que este previsto.

Después del proceso de recuperación se obtiene el material adecuado para el uso en la mezcla, para lograr obtener una materia prima con menor porcentaje de partículas contaminantes.

3.1.3 Arena

La arena de construcción es un agregado fino que se usa para hacer concreto, hormigón y mortero; está compuesto de partículas de piedra triturada, que pueden ser muy pequeñas o un poco más grandes según su uso previsto. La arena fina se usa para mampostería y nivelación, mientras que la arena gruesa mezclada con grava se usa en la industria de la construcción para hacer pisos o cimientos porque tiene la cualidad de reducir las grietas en la mezcla y el endurecimiento. Hay dos fuentes de arena: Fuente natural: Se extrae de canteras aluviales, ríos, lagos o depósitos volcánicos. Fuente artificial: trituración de rocas por medios mecánicos. Ambos métodos de extracción de arena pueden producir productos limpios, compactos, duraderos y resistentes; dentro de los requisitos de las normas oficiales de construcción, no debe contener cantidades nocivas de arcilla, tierra alcalina, mica, materiales orgánicos y otros ingredientes nocivos. (FERREX, 2021)

Según la NSR-10 la arena es calificada como agregado, material granular, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, que se emplea con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico. (NSR-10, 2012)

Según la NTC-2240 la granulometría de los agregados usados en morteros de mampostería debe cumplir con los límites expuestos en la siguiente tabla dependiendo si se usa arena natural o triturada: (NTC-2240, 2003)

Tabla 6 Granulometría de los agregados para mampostería según INCONTEC. (NTC-2240, 2003)

Tamiz NTC	Porcentaje que pasa	
	Arena natural	Arena triturada
4,75 mm (No. 4)	100	100
2,36 mm (No. 8)	95 a 100	95 a 100
1,18 mm (No. 16)	70 a 100	70 a 100
600 μm (No. 30)	40 a 75	40 a 75
300 μm (No. 50)	10 a 35	20 a 40
150 μm (No. 100)	2 a 15	10 a 25
75 μm (No. 200)	0 a 5	0 a 10

Fuente: (NTC-2240, 2003)

Una vez se cumpla con el requisito anterior el agregado no deberá contener más del 50% del material retenido en los dos tamices consecutivos, especificados en la Tabla 6, no más del 25% entre el tamiz 300(N°50) y el tamiz 150 (N°100). (NTC-2240, 2003)

Se tratan de mantener las siguientes especificaciones del material en cuanto a cantidad de sustancias perjudiciales para la construcción (CALDAS, 2021):

- Terrones de arcilla y partículas deleznablees menores al 1% de la masa total.
- Material que pasa el tamiz de 75 μm menor al 5% de la masa total de la masa.
- Cantidad de partículas livianas menor al 0.5%.
- Contenido de sulfatos menor al 1.2%.
- No debe contener trazas de materia orgánica.
- Absorción de agua máxima del 8%.
- Índice de plasticidad menor a 6%.

3.1.4 Comportamiento experimental del plástico (PET) como ligante de la mezcla.

A partir del diseño del molde preliminar para análisis de comportamiento mostrado en la Ilustración 15 del apartado diseño, se realiza una prueba de mezcla solamente con plástico PET fundido, identificando las siguientes características del experimento:

- El material plástico debidamente preparado como lo indica el apartado 3.3.1 Selección y separación de materiales, se fundió a una temperatura aproximada de 300°C, el ligante presenta un alto nivel de fluidez y se identifica una variación acelerada del estado fluido a sólido al tener contacto con la temperatura ambiente.

Ilustración 8 Prueba de fundida del PET.



Fuente: Propia

- Se observa una solidificación de la mezcla en las superficies o caras del elemento instantáneamente fundido en el recipiente, no obstante, internamente la mezcla sigue en una transición lenta de cambio de estado fluido a sólido.
- Se identifica una disminución de la temperatura en el elemento con la aparición de fisuras superficiales debidas a la contracción gradual generada por el enfriamiento.

Ilustración 9 Cubo elaborado con 100% PET



Fuente: Propia.

-
- Después de desencofrar el elemento luego de 4 horas de endurecimiento muestra ruptura profunda en el cubo quedando roto en 4 partes. A partir del comportamiento anteriormente descrito e ilustrado.

Ilustración 10 Evidencia de fractura del cubo de PET



Fuente: Propia.

A partir del comportamiento anteriormente descrito e ilustrado se reconoce que el PET tiene una característica muy buena en cuanto a su fluidez y maleabilidad a temperaturas altas haciéndolo un excelente ligante, pero al momento de endurecerse genera un comportamiento desfavorable por las fisuraciones por contracciones, esto implica la necesidad de involucrar otros materiales para mejorar su comportamiento para lograr el elemento con las características deseadas.

3.1.5 Comportamiento experimental del PET (Ligante) mezclado con Caucho.

Teniendo como como referencia la mezcla anterior realizada con 100% de PET se encuentra la solución a la necesidad de involucrar otro material como el granulo de caucho que mejore la contracción gradual presentada en el plástico al momento de endurecerse, para ello se realiza una mezcla de Caucho y PET 1:1 (50% Caucho y 50% PET) presentando las siguientes características:

- Al momento de intentar derretir el caucho se generan demasiados vapores contaminantes nocivos para la salud, sumado a esto el material fundido no es maleable y se adhiere a las superficies, haciendo difícil su retiro.
- De acuerdo a lo anterior se realiza una mezcla del PET fluido con el caucho procurando conservar el tamaño inicial del granulo.

Ilustración 11 Agregado de granulo de caucho



Fuente: Propia.

- Después de tener una mezcla homogénea se funde dentro de un molde cilíndrico para la verificación de la adherencia de estos dos elementos.

Ilustración 12 Prueba de adherencia



Fuente: Propia.

- Se afirma que el PET es un excelente ligante para la mezcla ya que adhiere todas las partículas de caucho y mantiene el elemento homogéneo.
- Se identifica una rigidez aparente de acuerdo a la contextura del elemento.

Ilustración 13 Elemento endurecido elaborado con 50% PET y 50% caucho



Fuente: Propia.

Se precisa un comportamiento positivo en el proceso de endurecimiento del PET gracias al aporte del caucho granulado, disminuyendo las retracciones por enfriamiento notablemente, esto implica una reducción del fisuramiento, también a partir de este experimento se visualizan la aparición de porosidades en la muestra estos producidos por la inclusión de aire o vacíos al momento de añadir los gránulos al ligante, generando una nueva necesidad de agregar otro material para rellenar estos.

3.1.6 Comportamiento experimental del PET mezclado con Arena.

Para este experimento se sabe que la temperatura de fundida de arena es mucho mayor a la que requiere el PET y que esta no genera tantos contaminantes al momento de exponerla a temperaturas altas, según esto nuevamente se realiza una mezcla de Arena y PET 1:1 (50% Arena y 50% PET) presentando las siguientes características:

- No se visualiza un aumento volumétrico drástico ya que el tamaño de las partículas de la arena tiene una inclusión de aire mucho menor que la del caucho.
- El PET tiene un comportamiento de adherencia con las partículas finas y es maleable al momento de fundirse dentro de un recipiente.
- Se identifica reducción en fisuraciones superficiales.

Ilustración 14 Elemento endurecido elaborado con 50% PET y 50% Arena



Fuente: Propia.

- Por la fuerza de gravedad al momento de introducir la arena a la mezcla se produce un efecto de decantación, haciendo que la arena se desplace al fondo y no mantenga un elemento con partículas homogéneamente repartidas.

Según lo anterior la reducción de porosidades es evidente por el aporte generado a partir de las partículas finas de la Arena y esto la hace un excelente elemento complementario para mejorar el comportamiento de la mezcla realizada con caucho y PET.

3.2 DISEÑO

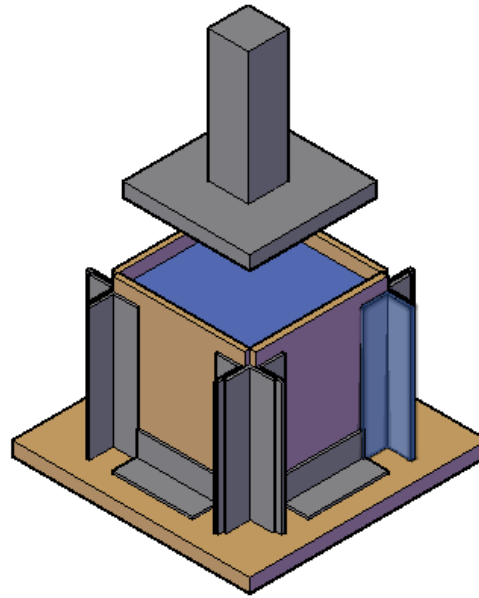
3.2.1 Diseño del molde para fundida de mezcla

Para la elaboración del molde o formaleta se tendrán en cuenta las medidas normalizadas o estándar del bloque tipo ladrillo tolete común con dimensiones 6cm x 12cm x 25cm y el tipo ladrillo estructural portante N°7 con dimensiones 6cm x 12cm x 25cm con celdas verticales. Todo esto según la NTC4205. Estas serán las dimensiones base a replicar ya que son elementos comúnmente usados al momento de elaborar muros en construcción.

3.2.2 Elaboración del plano

Se realiza principalmente el diseño de un molde preliminar para la verificación del comportamiento maleable del PET y para identificar su adecuado comportamiento. Una primera impresión de este modelo es la siguiente:

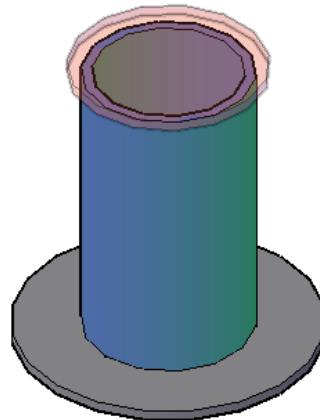
Ilustración 15 Modelo digital preliminar de la formaleta de pruebas.



Fuente: Autoría propia.

Después de esto se identifica la necesidad de realizar una formaleta cilíndrica adecuada para que el producto de la fundida tenga las dimensiones requeridas solicitadas para los ensayos en la máquina de compresión, dichas dimensiones son: *Radio=7.2cm (3")* y *Altura=15.24cm (6")*, de ahí se genera el siguiente modelo Digital:

Ilustración 16 Modelo digital de molde para cilindros de ensayo.

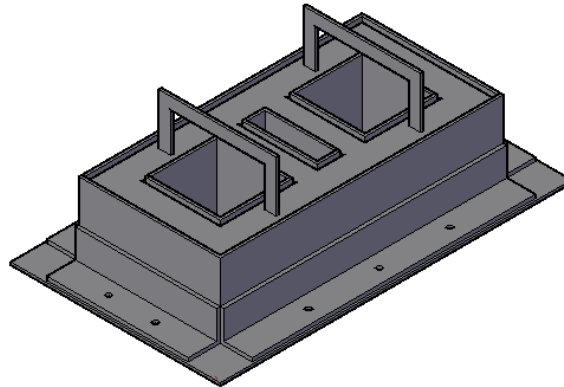


Fuente: Propia.

Identificando la necesidad de generar la forma más parecida a las unidades de mampostería convencionales se genera un modelo digital de dos moldes con el fin

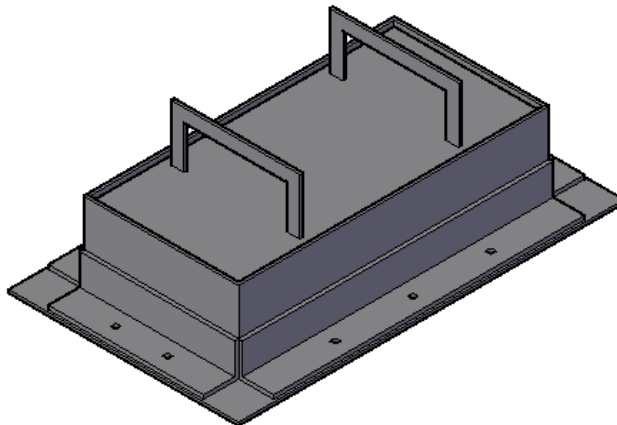
de fundir la mezcla y generar un elemento lo más cercano al bloque N°7 y el ladrillo tolete.

Ilustración 17 Modelo digital de molde ladrillo N°7 con perforaciones verticales.



Fuente: Propia.

Ilustración 18 Modelo digital de molde para ladrillo tolete.



Fuente: Propia.

3.2.3 Revisión del diseño

Contemplando todos los factores que afectan el proceso de vertimiento de la mezcla se adoptan los modelos digitales del cilindro para ensayos, bloque N°7 y ladrillo tolete, encontrando que el modelo preliminar era bueno para primeras impresiones del comportamiento de la mezcla, pero no se adaptaba a las necesidades de ensayos.

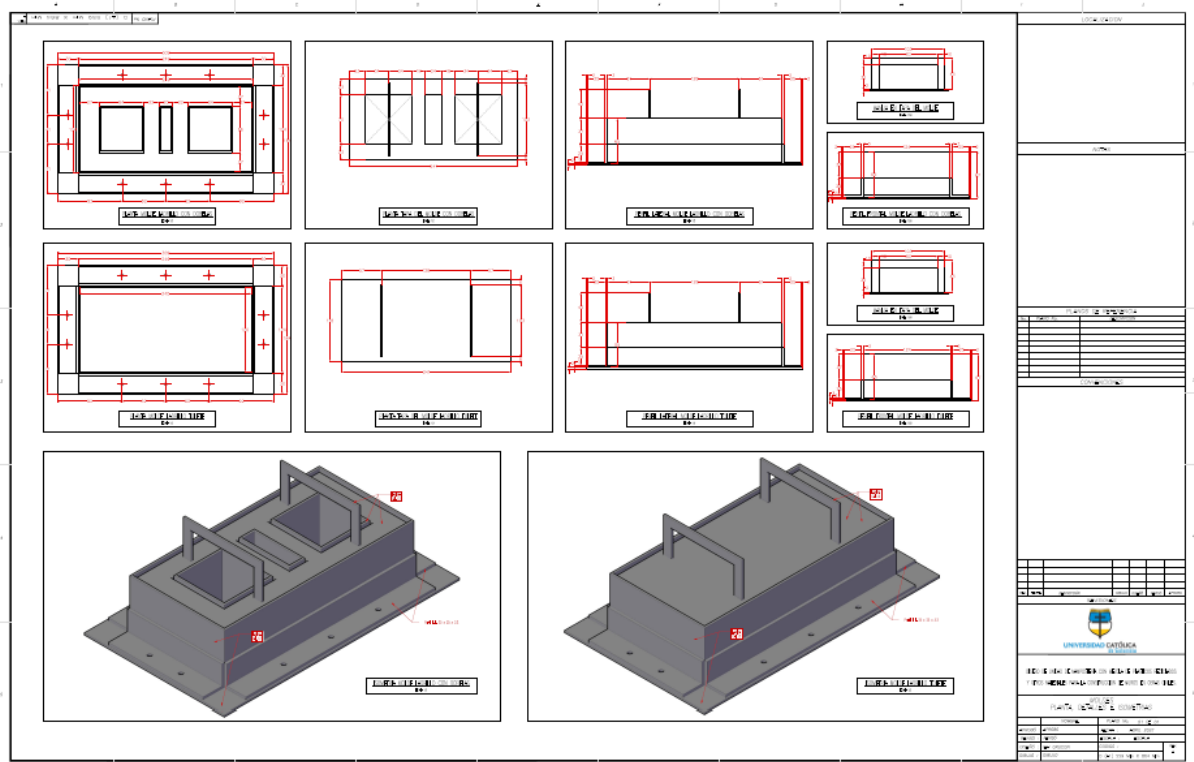
Ilustración 19 Modelo preliminar físicamente logrado.



Fuente: Propia.

Teniendo en cuenta las apreciaciones anteriormente encontradas con el molde preliminar se encuentra la necesidad de elaborar un molde que sea resistente a la temperatura, que su funcionamiento al desmoldar o desarmar sea fácil y además que sea fácilmente manipulable con las manos. Finalmente identificando las formaletas o moldes adecuados se detalla un plano de las dos especificando los materiales y las formas de cada uno de los dos elementos ver Anexo1. PLANO DE DESPIECE DE MOLDE.pdf.

Ilustración 20 Plano detallado del molde o formaleta para ladrillo N°7 y ladrillo tolete.



Anexo 1 PLANO DE DESPIECE DE MOLDE.pdf.

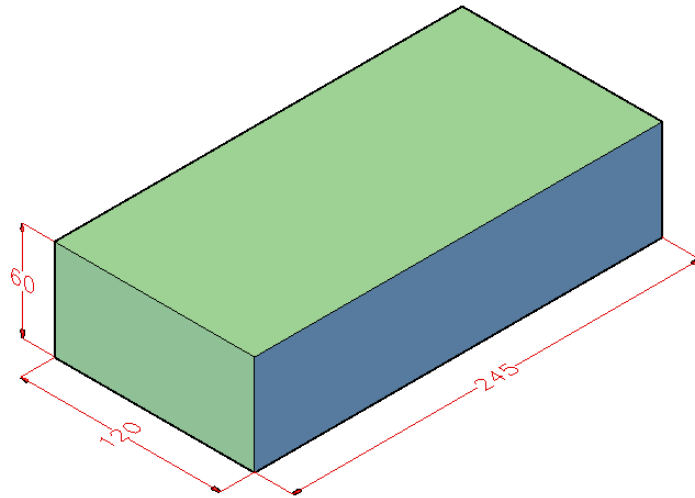
Fuente: Propia.

Se integran dentro del molde una base como soporte principal, una tapa con manijas para afinar el terminado de la fundida y también ángulos en el cuerpo o cascara del elemento para poder fijarlo con tornillos y zafarlo fácilmente.

3.2.4 Unidades de mampostería proyectadas

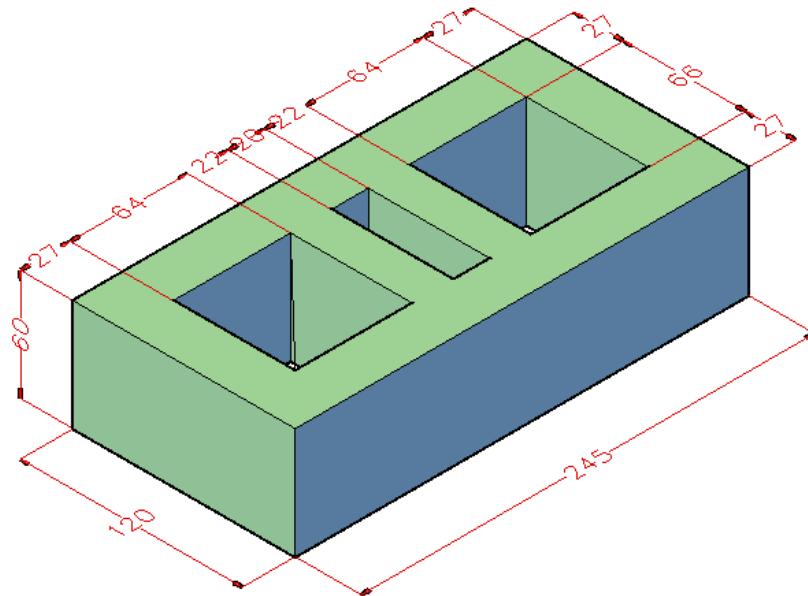
A continuación, se demuestra gráficamente cuales son las dimensiones de los elementos de mampostería que se proyectan según NTC4205:

Ilustración 21 Dimensiones de la unidad de mampostería tipo tolete proyectada.



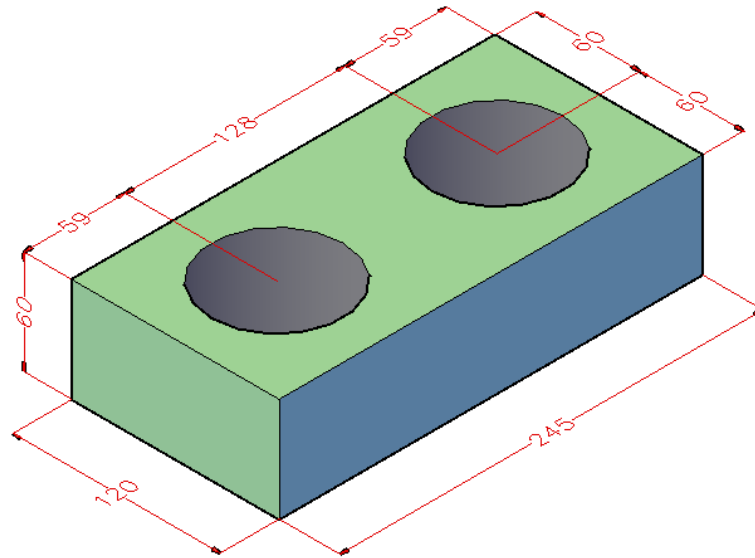
Fuente: Propia.

Ilustración 22 Dimensiones de la unidad de mampostería tipo n°7 con perforación cuadrada proyectada.



Fuente: Propia.

Ilustración 23 Unidad de mampostería tipo n°7 con perforación circular proyectada.



Fuente: Propia.

3.3 PREPARACIÓN DE LOS MATERIALES.

De acuerdo a los materiales a utilizar que son el PED, granulo de caucho y arena será necesario realizar una selección, separación, limpieza y reducción del tamaño volumétrico en el caso del plástico y un almacenamiento previo de los materiales antes del proceso de mezcla y fundida.

3.3.1 Selección y separación de los materiales

3.3.1.1 Plástico PET reciclado:

Se realiza un proceso de selección y separación de las botellas de PET adquiridas de un centro de reciclaje, retirando las etiquetas, separando el material más limpio a la vista dejando de lado el material incoloro – transparente, siendo este el seleccionado para realizar una mejor limpieza.

Ilustración 24 Recopilación de envases de botellas (PET)



Fuente: Propia

3.3.1.2 Granulo de caucho:

El granulo de caucho se adquiere con un proceso de trituración y limpieza realizado previamente, de acuerdo al proveedor seleccionado, el diámetro máximo de la partícula es de 2 mm. Su almacenamiento se realizó en bolsas tipo lona y en un lugar cubierto. (RECICLAIR, 2021)

Ilustración 25 Granulo de caucho (neumático triturado).



Fuente: Propia.

3.3.1.3 Arena de peña:

La arena de peña seleccionada tiene un diámetro máximo de partícula de 0.05mm según su granulometría, este material fue adquirido por un proveedor ferretero y su almacenamiento se realizó en bolsas tipo lona a una temperatura ambiente, apartado de la humedad y en un lugar cubierto.

Ilustración 26 Arena de peña



Fuente: propia.

3.3.2 Limpieza de los materiales.

La limpieza del material es de gran importancia para reducir la emisión de gases contaminantes en el proceso de preparación de la mezcla y fundida. Para la descontaminación y limpieza de las botellas de plástico se realizó un sumergimiento

en agua con cloro, se cepillo interna y externamente el material para remover partículas, después de este proceso se procedió a un secado al aire libre del material.

Ilustración 27 Limpieza de envases (PET)



Fuente: Propia

Para la limpieza de la arena fue necesario utilizar un tamiz y de esta manera filtrarla obteniendo un material limpio apto para la elaboración de la mezcla tratando de separar contaminantes que afecten.

Ilustración 28 Tamiz



Fuente: (Basurto., 2021)

3.3.2.1 Reducción del tamaño volumétrico del PET

Para ingresar el material en el recipiente que será sometido a alta temperatura es necesario realizar una reducción de su tamaño inicial y forma. Es por esto que se recortaron las paredes de cada botella a un tamaño máximo en longitud de 5 cm utilizando como herramienta de corte principal las tijeras.

Ilustración 29 Corte de envases de botella



Fuente: Propia

3.3.3 Implementos, herramientas y equipos

- **Balanza o gramera:** Para lograr obtener las porciones de cada material de acuerdo a una dosificación definida es necesario utilizar una herramienta como los es una gramera, en este caso de tipo manual adquirida.

Ilustración 30 Balanza.



Fuente: propia.

- **Olla a presión:** El material conglomerante en esta mezcla es el PED y es necesario someterlo a un proceso de calentamiento a altas temperaturas para lograr su reducción volumétrica y obtener este material en un estado fluido para mezclarlo con el granulo de caucho y la arena, es por ello que se ha utilizado una olla a presión adquirida ha sido una herramienta que permite lograr este objetivo.

Ilustración 31 Olla a presión.



Fuente: Propia.

- **Estufa a gas:** Se adquirió una estufa a gas con llama alta para calentar la mayor cobertura de la olla a presión y alcanzar las temperaturas deseadas.

Ilustración 32 Estufa a gas.



Fuente: Propia.

- **Mordaza o prensa:** Se adquirió una mordaza necesaria para la elaboración de las formaletas iniciales y demás maniobras necesarias para la elaboración.

Ilustración 33 Mordaza.



Fuente: Propia.

- **Guantes resistentes al fuego:** Necesarios para la manipulación de recipientes y de formaletas a altas temperaturas.

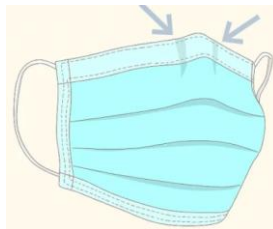
Ilustración 34 Guantes de carnaza resistentes a temperatura.



Fuente: propia

- **Cubre bocas:** Necesarios para la reducción de la aspiración de gases contaminantes generados en el proceso de mezcla y fundida.

Ilustración 35 Cubrebocas.



Fuente: <http://www.unilibre.edu.co/>

3.4 ELABORACIÓN DEL MOLDE

En este paso se apoyará el proyecto en la asistencia de un ornamentado que ayudará en el proceso de elaboración del molde.

3.4.1 Compra de insumos necesarios

Se compra el siguiente listado de elementos:

- Perfil de acero tipo L de 25x25x3.2mm Longitud de 1.20m
- Lamina de acero calibre 12 de 2 m² de área.
- Varilla para soldadura por arco manual con electrodo revestido
- Varilla lisa para mango de retiro L=50cm
- Broca para tornillería de 3/4"
- Tornillería de Ø 3/4" cantidad: 10und
- Tuerca de seguridad de Ø 3/4" cantidad 10und

3.4.2 Construcción del molde

Inicialmente se realiza el molde para los cilindros de ensayo a partir de un perfil tubular con diámetro de 3" y altura de 6" adecuado para las necesidades, a partir de este se genera el molde.

Ilustración 36 Moldes para cilindros de ensayo.



Fuente: Propia.

Para la construcción del molde se procede a seguir el predimensionamiento dispuesto en el plano de detalle en el ANEXO.1 PLANO DE DESPIECE DE MOLDE.pdf.

Este paso será realizado por el ornamentador quien tiene la maquinaria y equipo para elaboración de elementos metal mecánico. Se sugiere empezar por el cascaron, después con el esqueleto y finalmente la tapa del molde.

Ilustración 37 Moldes para mampostería elaborados en acero.



Fuente: Propia

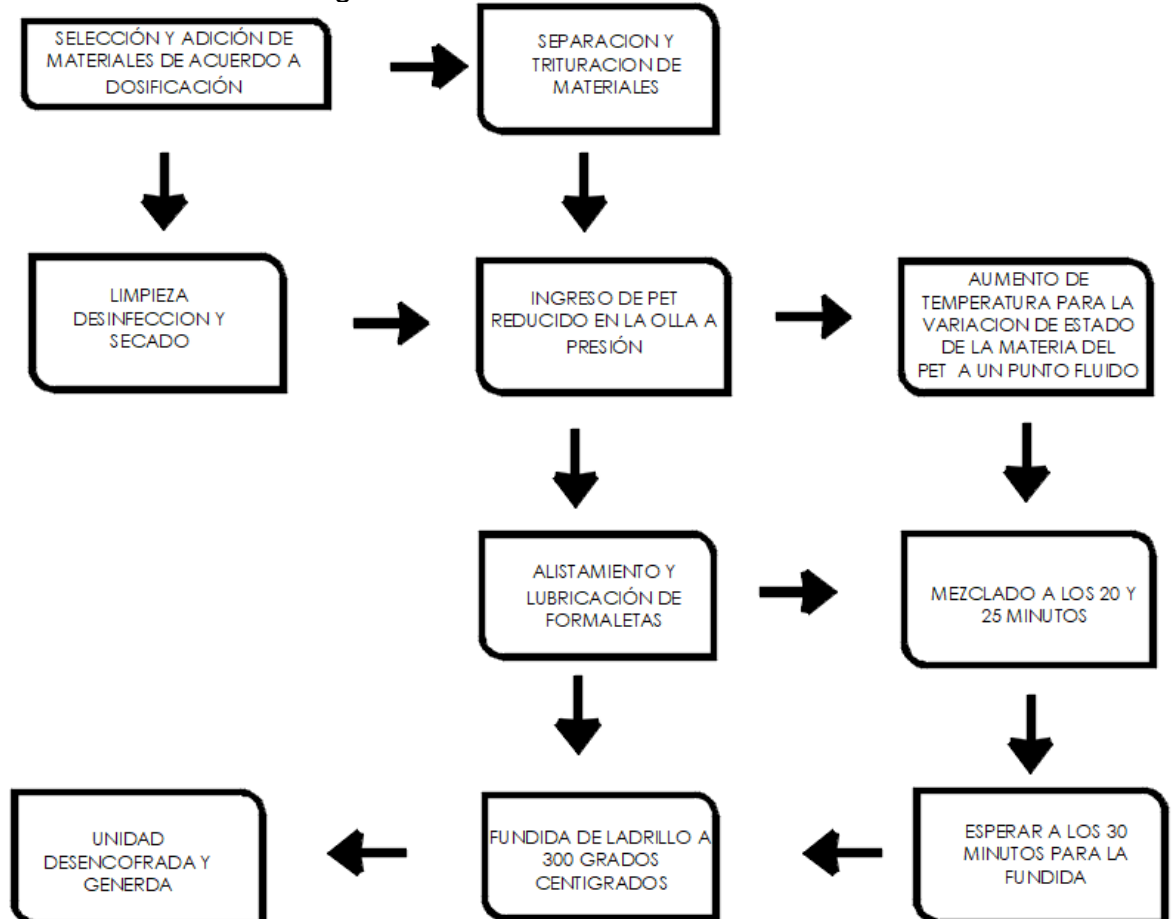
Se recibió un producto bien terminado esto es favorable para lograr objetivo de lograr superficies homogéneas y planas al rededor del elemento de mampostería.

3.5 PROCESO DE PREPARACIÓN DE MEZCLADO Y FUNDIDA.

Para el proceso de fundida se usan materiales previamente seleccionados y alistados. Teniendo en cuenta características de resistencia a la temperatura y deformabilidad, una buena opción para el recipiente de la mezcla es una olla a presión, esta ayuda a contener la dispersión de los gases desde su válvula y además el espesor de sus paredes ayuda a que no cambie las dimensiones al momento de calentarla, el hecho de que la olla es hermética asegura la

homogeneidad del calor dentro de ella, no olvidar que antes de verter la mezcla se debe aceitar toda el área interna para evitar que se pegue el plástico derretido. A continuación, se muestra un diagrama secuencial del procedimiento de preparación, mezclado y fundida:

Ilustración 38 Diagrama de secuencia de fundida de la mezcla.



Fuente: Propia

El procedimiento de fundición se realiza inicialmente para 8 probetas de 3" de diámetro con una relación 1:2 en diámetro – altura, las cuales tienen variabilidad en su dosificación de acuerdo a la Tabla 15 “Dosificaciones definitivas para una probeta”.

De acuerdo a los resultados de las pruebas de compresión mostrados más adelante, a las que fueron sometidas cada probeta se selecciona la dosificación de mayor resistencia a la compresión y así se define como la dosificación general para el procedimiento de fundida de las unidades de mampostería.

3.5.1 Dosificación

3.5.1.1 Teoría de la decisión.

La Teoría de la decisión es un área interdisciplinaria de estudio, relacionada con casi todos los participantes en ramas de la ciencia, ingeniería y así como las actividades sociales. Conciernen a la forma y al estudio del comportamiento y fenómenos psíquicos de aquellos que toman las decisiones (reales o ficticios), así como las condiciones por las que deben ser tomadas las decisiones óptimas. (RAQUEL. ET AL., 2013)

El problema de la Decisión, motivado por la existencia de ciertos estados de ambigüedad que constan de proposiciones verdaderas (conocidas o desconocidas), es tan antiguo como la vida misma. Podemos afirmar que todos los seres vivos, aún los más simples, se enfrentan. (RAQUEL. ET AL., 2013)

3.5.1.2 Características y fases del proceso de decisión:

Un proceso de decisión presenta las siguientes características principales:

- Existen al menos dos posibles formas de actuar, que se llaman alternativas o acciones, excluyentes entre sí, de manera que la actuación según una de ellas imposibilita cualquiera de las restantes.
- Mediante un proceso de decisión se elige una alternativa, que es la que se lleva a cabo.
- La elección de una alternativa ha de realizarse de modo que cumpla un fin determinado. (RAQUEL. ET AL., 2013)

El proceso de decisión consta de las siguientes fases fundamentales:

- Predicción de las consecuencias de cada actuación. Esta predicción deberá basarse en la experiencia y se obtiene por inducción sobre un conjunto de datos. La recopilación de este conjunto de datos y su utilización entran dentro del campo de la Estadística.
- Valoración de las consecuencias de acuerdo con una escala de bondad o deseabilidad. Esta escala de valor dará lugar a un sistema de preferencias.
- Elección de la alternativa mediante un criterio de decisión adecuado. Este punto lleva asociado el problema de elección del criterio más adecuado para nuestra decisión, cuestión que no siempre es fácil de resolver de un modo totalmente satisfactorio. (RAQUEL. ET AL., 2013)

Dado el problema que se genera al momento de tomar la decisión en cuanto a la dosificación adecuada de PET, Caucho y Arena para el diseño de la unidad de mampostería deseada, se toma como referencia el concepto de la teoría de la decisión basado en estadística demostrada por el criterio de **Hurwicz**, quien describe una toma de decisiones de acuerdo a una condición de incertidumbre, sugiriendo que las decisiones no se deben tomar de una posición pesimista ni una decisión optimista sino un n punto de vista intermedio dentro de estas dos. (RAQUEL. ET AL., 2013)

Hurwicz, pondera los valores extremos de tal manera que los coeficientes de ponderación asignados reflejan la importancia que les concede el decisor a su nivel

de optimismo o pesimismo por medio de un peso de la siguiente manera (RAQUEL. ET AL., 2013):

Para la selección de la dosificación apropiada se realizó un análisis matricial con base en los 3 materiales involucrados en la mezcla, manteniendo a un 75 % como valor mínimo el PET siendo este el material ligante de la mezcla y variando en porcentajes diferentes el granulo de caucho y la arena de peña según lo describe el criterio de **Hurwicz** quien define que los valores en cantidad no deben ser ni mínimos o máximos sino intermedios.

Principalmente se da el orden de cada uno de los materiales en la mezcla estratificándolos como 1. PET, 2. CAUCHO y 3. ARENA, luego de esto se da un valor puntuación ponderado de importancia mínimo y máximo de la siguiente forma:

- Material 1: 100 puntos y 75 puntos,
- Material 2: 50 puntos y 25 puntos
- Material 3: 12.5 puntos y 6.5 puntos.

Estos valores se dan según el comportamiento experimental mostrado en el numeral 3.1 Investigación, siendo el material 1 el material ligante de la mezcla con mayor importancia nivel 1, el material 2 como el granular que aporta plasticidad con importancia nivel 2 y el material 3 quien aporta relleno de vacíos con importancia nivel 3.

Tabla 7 Ejemplo de puntuación según importancia del material.

Material	puntos	puntos
1	A	B
2	C	D
3	E	F

Fuente: Propia

A partir de estos puntos se realiza una tabla de repetición secuencial de tres niveles aumentando la cantidad de los puntos en cada material de la siguiente forma:

Tabla 8 Ejemplo de Matriz 3x3 de repetición secuencial para la distribución de puntuación.

Matriz	Puntos	Puntos	Puntos	Total
Mezcla 1	A	C	E	A+C+E
Mezcla 2	B	C	E	B+C+E
Mezcla 3	A	D	E	A+D+E
Mezcla 4	B	D	E	B+D+E
Mezcla 5	A	C	F	A+C+F
Mezcla 6	B	C	F	B+C+F
Mezcla 7	A	D	F	A+D+F
Mezcla 8	B	D	F	B+D+F

Fuente: Propia

Se aplica lo anteriormente descrito seleccionando los 3 tipos de materiales involucrados en la mezcla y se definen dos valores de puntuación de importancia uno máximo y el otro mínimo, para de esta manera conformar una matriz 3x3 de repetición secuencial de distribución.

Tabla 9 Puntuación de importancia del material dentro de la mezcla.

ITEM	DESCRIPCIÓN	PUNTUACIÓN 1	PUNTUACIÓN 2
MATERIAL 1	PET	100	75
MATERIAL 2	CAUCHO NEUMATICO	50	25
MATERIAL 3	ARENA FINA	12,5	6,25

Fuente: Propia

Después de la anterior clasificación de puntuación se realiza la distribución de valores dentro de la matriz de repetición secuencial y se realiza una sumatoria de puntuaciones en la última columna de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{Mezcla 1} &= 100 \text{ Puntos} + 50 \text{ Puntos} + 12.5 \text{ Puntos} = 1652.5 \text{ Puntos} \\ 1652.5 \text{ Puntos} &= 100\% \text{ Volumen del cilindro.} \end{aligned}$$

Tabla 10 Aplicación de matriz 3x3 de repetición secuencial para la distribución de puntuación.

Matriz	Puntos PET	Puntos CAUCHO	Puntos ARENA	Total, de Puntos
Mezcla 1	100	50	12.5	162.5
Mezcla 2	75	50	12.5	137.5
Mezcla 3	100	25	12.5	137.5
Mezcla 4	75	25	12.5	112.5
Mezcla 5	100	50	6.25	156.25
Mezcla 6	75	50	6.25	131.25
Mezcla 7	100	25	6.25	131.25
Mezcla 8	75	25	6.25	106.25

Fuente: Propia

Estos valores de puntuación se relacionan directamente con el porcentaje de dosificación en kg de la mezcla suponiendo que el total de puntos de la Tabla 10 es el 100% del volumen del molde cilíndrico para ensayos. Se muestra un ejemplo de dicha conversión:

$$\text{Si el } 100\% = 162.5 \text{ puntos}$$

Entonces a cuanto equivalen los puntos de cada material?

$$\text{PET} = 100 \text{ puntos} * \frac{100\%}{162.5} \text{ puntos} = 61.54\% \text{ del volumen del cilindro.}$$

$$\text{Caucho} = 50 \text{ puntos} * \frac{100\%}{162.5} \text{ puntos} = 30.77\% \text{ del volumen del cilindro.}$$

$$\text{Arena} = 12.5 \text{ puntos} * \frac{100\%}{162.5} \text{ puntos} = 7.39\% \text{ del volumen del cilindro.}$$

$$\text{Sumando PET} + \text{Caucho} + \text{Arena} = 100\%$$

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la solución de la matriz 3x3 de repetición secuencial para la distribución de puntuación obteniendo 8 dosificaciones distintas, con porcentajes sobre el 100% del volumen de la probeta para mezclar, fundir y posteriormente ensayar a compresión.

Tabla 11 Dosificaciones en porcentaje sobre el volumen total.

DOSIFICACION	PET%	CAUCHO%	ARENA%	TOTAL (%)
1	61,54	30,77	7,69	100
2	54,55	36,36	9,09	100
3	72,73	18,18	9,09	100
4	66,67	22,22	11,11	100
5	64,00	32,00	4,00	100
6	57,14	38,10	4,76	100
7	76,19	19,05	4,76	100
8	70,59	23,53	5,88	100

Fuente: Propia

Se multiplica la densidad del material por el valor en porcentaje de la tabla anterior, obteniendo los valores en gramos para cada dosificación.

Tabla 12 Densidades de los materiales.

DENSIDADES DE LOS MATERIALES			
Material	VOLUMEN PROBETA 3" Ø (cm3)	PESO g	DENSIDAD g/cm3
Arena	695,0	910,0	1,31
Caucho	695,0	300,0	0,43
PET	695,0	251,4	0,36

Fuente: Propia

$$\text{Ejemplo dosificación 1} = \frac{65.54\%}{100} * 251.4g = 154.70g$$

Tabla 13 Dosificaciones en gramos sobre el volumen total.

DOSIFICACIÓN	PET	CAUCHO	ARENA
Unidad	g	g	g
1	154,70	92,31	70,00
2	137,12	109,09	82,73
3	182,83	54,55	82,73
4	167,59	66,67	101,11
5	160,89	96,00	36,40
6	143,65	114,29	43,33
7	191,54	57,14	43,33
8	177,45	70,59	53,53

Fuente: Propia

Es necesario multiplicar estos valores en gramos por un factor de pérdida de volumen de cada material por temperatura, este factor se encontró visualmente a través de los ensayos realizados, este factor es un multiplicador del valor en gramos de la Tabla 13 y se muestra a continuación:

Tabla 14 Factores de pérdida de volumen por temperatura

FACTOR DE PERDIDA VOLUMEN POR TEMPERATURA	PET	CAUCHO	ARENA
	3	1,5	1,5

Fuente: Propia

De esta manera se obtienen las dosificaciones definitivas para el proceso de mezclado y fundida.

$$\text{Dosificación 1 peso del PET con factor de pérdida} = 154.70g * 3 = 464.11g$$

Tabla 15 Dosificaciones definitivas para una probeta.

DOSIFICACIÓN	PET	CAUCHO	ARENA
	g	g	g
1	464,11	138,46	105,00
2	411,37	163,64	124,09
3	548,49	81,82	124,09
4	502,78	100,00	151,67
5	482,67	144,00	54,60
6	430,96	171,43	65,00
7	574,61	85,71	65,00
8	532,36	105,88	80,29

Fuente: Propia

Tabla 16 Dosificaciones en valores de Kg/m³.

DOSIFICACIÓN	PET	CAUCHO	ARENA	Volumen del cilindro	PET	CAUCHO	ARENA
	kg	kg	kg	m ³	Kg/m ³	Kg/m ³	Kg/m ³
1	0.46411	0.13846	0.105	0.000695	667.7842	199.2230	151.0791
2	0.41137	0.16364	0.12409	0.000695	178.5468	235.4532	178.5468
3	0.54849	0.08182	0.12409	0.000695	178.5468	117.7266	178.5468
4	0.50278	0.1	0.15167	0.000695	218.2302	143.8849	218.2302
5	0.48267	0.144	0.0546	0.000695	78.5612	207.1943	78.5612
6	0.43096	0.17143	0.065	0.000695	93.5252	246.6619	93.5252
7	0.57461	0.08571	0.065	0.000695	93.5252	123.3237	93.5252
8	0.53236	0.10588	0.08029	0.000695	115.5252	152.3453	115.5252

Fuente Propia

La determinación de mezcla seleccionada se realiza después de encontrar cuál de las 8 diferentes dosificaciones realizadas tienen un valor de resistencia mayor en comparación, esto se elabora en el Capítulo 3.6 “Ensayos y resultados” específicamente en el numeral 3.6.2.1 “Ensayos de compresión a probetas cilíndricas”.

3.5.2 Preparación y alistamiento

- Se pesa la cantidad de PET, granulo de caucho y arena de peña de acuerdo a la dosificación mostrada en la Tabla 11 “Dosificaciones en porcentaje sobre el volumen total”.
- Se alistan los moldes de las probetas y formaletas a utilizar, posteriormente lubricar con aceite mineral totalmente logrando de esta manera desencofrar con mayor facilidad las probetas y formaletas.
- Se enciende la estufa a una llama alta y se ingresa inicialmente el PET para su calentamiento y posterior cambio de estado sólido a un estado de fluidez tapando la olla presión.

Ilustración 39 Moldes aceitados listos para realizar fundida.



Fuente: Propia

3.5.3 Mezclado y fundida

Principalmente se dispone dentro de la olla a presión el material PET debidamente preparado y se genera una temperatura de 300°C con la estufa luego de esto se realiza el mezclado se realizará a en 3 tiempos diferentes todo esto se realiza si retirar el recipiente del fuego como se describe a continuación:

- Minuto 10: En este tiempo se destapo la olla a presión dejando un lapso de 30 segundos para disipar el vapor interno y poder realizar un mezclado del PET ingresado inicialmente, seguidamente con una cuchara metálica se punza en sentido vertical hacia abajo para comprimir el plástico aun en estado sólido, después de realizar lo anterior se tapa la olla y se continua el proceso de calentamiento.
- Minuto 20: En este punto la mezcla ha logrado un estado de fluidez alto, se adiciono la cantidad que indica cada dosificación ver Tabla 11 “Dosificaciones en porcentaje sobre el volumen total” de granulo de caucho y arena en sus proporciones para ser mezclado de manera circular hasta un punto homogéneo, se deja calentar por 5 minutos más la mezcla para adicionar el material faltante.
- Minuto 25: Se adiciono finalmente la cantidad de material faltante de acuerdo a la dosificación mezclando de manera circular hasta un punto homogéneo con una cuchara metálica y seguidamente se dejó calentar 5 minutos más.
- Minuto 30: Al minuto 30 es cuando la mezcla esta lista para el proceso de fundida alcanzando una temperatura de 300 grados Celsius y se vacía en la formaleta, se golpean las paredes laterales del molde para la reducción de vacíos y generación de poros en el fraguado.

Ilustración 40 proceso de fundida y mezcla.



Fuente: Propia

NOTAS:

- Este procedimiento de mezclado, fundida y fraguado se realizó tanto para las probetas generadas y también para las unidades de mampostería realizadas.
- El procedimiento es riesgoso ya que la temperatura de la mezcla es alta y se recomienda el uso de guantes protectores contra llamas junto con los elementos de protección personal como gafas y tapabocas.
- La olla a presión es un elemento apropiado para la mezcla ya que permite que se encapsule la temperatura dentro del recipiente y facilita la evacuación controlada de gases producidos por al fundida.
- Se definen 30 minutos de fundida dado que en este tiempo la mezcla logra un estado de fluidez para proseguir al paso de vaciado en la formaleta, estos 30 minutos se identificaron después de realizar las dos primeras probetas cilíndricas el valor se repitió al momento de preparar las siguientes combinaciones de dosificación.
- En 30 minutos se alcanza una temperatura homogénea en toda la mezcla de 300°C.
- Se debe aclarar que la trabajabilidad una mezcla concreto se hace con la aguja de bricap y también a partir de los tiempos de fraguado algo que se hace complicado de evaluar porque inmediatamente se vierte la mezcla se empieza a fraguar y no se puede manobrar, estos tiempos fraguado tienen un rango de 24 horas hasta que el elemento toma por completo la temperatura del ambiente además no se puede evaluar como si fuera concreto porque el ligante es un plástico fundido.
- Se clasifica el conglomerado según lo anterior con una trabajabilidad media a baja.

3.5.4 Manejo de la contaminación generada en el proceso de fundida

Se identifican el CO₂ (Dióxido de carbono), el CO (Monóxido de carbono) y las dioxinas entre otros tipos de gases tóxicos para la salud y el medio ambiente, generados por la fundida del plástico PET. De acuerdo a esto se sugiere el uso de recipientes tapados con una válvula para la evacuación de los gases, a partir de esta válvula se debe realizar una combustión del gas, con el fin de reducir el nivel

de contaminación del aire, todo esto debe realizarse bajo el decreto 948 de 1995 del ministerio de Ambiente. (MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, 1995)

3.5.5 Proceso de curado de la mezcla

- Después del vertimiento se deja reposar la mezcla por lo menos 5 horas para lograr el endurecimiento del material ligante, se debe asegurar que el molde se encuentre en una zona seca y sin presencia de altas temperaturas.
- Al momento de desencofrar al tener moldes en acero impregnados en aceite se asegura la facilidad de retiro de la unidad de mampostería.

Ilustración 41 Bloque fundido y fraguado.



Fuente: Propia.

3.5.6 Desmote del molde

Después de las 5 horas de curado y secado, se procede a retirar la tapa y la tornillería del molde con ayuda de una espátula se asegura que las piezas no tengan fisuraciones al momento de retirar la formaleta. Para terminar, se obtendrá un elemento con un acabado fino en sus caras y de acuerdo a la geometría seleccionada.

Ilustración 42 Elementos de mampostería plástica y probetas desencofrados.



Fuente: Propia

3.6 ENSAYOS Y RESULTADOS

3.6.1 Estimación de laboratorios necesarios para la realización del proyecto

Principalmente se previeron los siguientes laboratorios:

Tabla 17 Resumen de laboratorios a realizar.

DISEÑO DE UNIDAD DE MAMPOSTERIA CON MEZCLA DE PLASTICO RECICLADO Y OTROS MATERIALES PARALA CONSTRUCCION			
Integrantes: Daniel Parra (506833), Gustavo Roa (506801)			
Numero	Ensayo	Horas	Realizado
1	Resistencia-Ladrillo Arcilla	2	ok
2	Resistencia-Ladrillo Plástico	1	ok
3	Peso especifico	1	ok
4	Conductividad térmica	1	ok
5	Absorción de agua	1	ok
6	Adherencia revoques	1	ok
7	Punto de ignición y llama	1	ok
8	Permeabilidad al vapor de agua	1	ok
9	Resistencia a carga puntual por clavado	1	ok

Fuente: Propia.

Los ensayos de compresión iniciales de las probetas para definir la mezcla adecuada mencionados en el apartado 3.6.2. Ensayo de resistencia a la compresión, se realizaron en un laboratorio externo con ayuda del codirector del proyecto el Ing. Carlos Pastran.

Se anexan los formatos de ingreso a laboratorios y de ingreso de materiales por parte de la universidad en el **ANEXO 2. Programación-tiempo-laboratorio 090421** y **ANEXO 3. Almacenamiento-de-materiales-iyr 090421**, para dar claridad de los ensayos logrados y los materiales que se usaron para realizarlos.

Anexo 2 Programación-tiempo-laboratorio 090421

UNIVERSIDAD CATÓLICA FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIOS		FORMATO DE SOLICITUD Y PROGRAMACIÓN DE TIEMPO DE LABORATORIO DEDICADO A PRÁCTICA NO ABITADA (LIBRE)	F 093.L1.101.02					
NOMBRE DE LA ASIGNATURA/PROYECTO DE INVESTIGACIÓN/SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO DE GRADO QUE SUSTENTA LA SOLICITUD DE TIEMPO DE LABORATORIO:								
UNIDAD DE MAMPOSTERÍA CON UNIDAD DE PLÁSTICO RECYCLADO Y OTROS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS EN OBRAS CIVILES								
IDENTIFICACIÓN DE LOS SOLICITANTES DE TIEMPO DE LABORATORIO:								
CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS		EMAIL @ucatolica.edu.co					
506533	Daniel Parra Triana		dparra33@ucatolica.edu.co					
506601	Gustavo Alejandro Roa Durán		garoad1@ucatolica.edu.co					
PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES POR TIEMPO DE LABORATORIO SOLICITADO:								
ID	HORARIO DESA		HORARIO OPCIONAL		ESPACIO SOLICITADO* (ÁBACA-4)	ENSAYOS A REALIZAR EN CADA LAPSO		
	FECHA INICIO** (DIA-MES)	HORA FIN* (DIA-MES)	FECHA INICIO** (DIA-MES)	HORA FIN* (DIA-MES)				
1	14/04/21 7:30 PM	10:00 PM	14/04/21 8:00 PM	10:00 PM	B - C	1. Ensayo de resistencia a la compresión de bloques de mampostería con unidades de plástico reciclado.		
2	17/04/21 9:30 am	12:00 pm	17/04/21 10:00 am	12:00 pm	B - C	2. Ensayo de resistencia a la tracción de bloques de mampostería con unidades de plástico reciclado.		
3	24/04/21 9:30 am	12:00 pm	24/04/21 10:00 am	12:00 pm	B - C	3. Ensayo de resistencia a la flexión de bloques de mampostería con unidades de plástico reciclado.		
4								
5								
<small>* El Cielo lapso solicitado será máximo de 2 HORAS por día. Por favor, indicar con puntualidad para mayor optimización del tiempo. ** Al Mediodía de su día. ** Concretos. ** Mediodía de Sábado. ** Análisis de agua. ** 10:00 hora.</small>								
MATERIALES /EQUIPOS/ INSUMOS ALIBAR				UNID.		CANT.	A CARGO: LAB. ESTU.	OBSERVACIONES
Materiales de mampostería y Plástico				-		1	1	
Materiales de mampostería y Plástico				-		1	1	
Materiales de mampostería y Plástico				-		1	1	
Materiales de mampostería y Plástico				-		1	1	
<small>Entiendo que debo diligenciar completamente esta solicitud y que su aprobación me obliga a adherirme a la totalidad con el "Reglamento de los laboratorios" de la FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA y a acatar los órdenes que se impartan por parte del personal docente y administrativo. Los elementos de protección personal serán de mi propiedad. También me comprometo con el uso eficiente del horario asignado, así, informar la no asistencia (por lo menos con un día hábil de anticipación).</small>								
FIRMAS								
SOLICITANTE 1		SOLICITANTE 2		SOLICITANTE 3		SOLICITANTE 4		
DOCENTE Y COORDINADOR				COORDINADOR DE LABORATORIOS				
Recuerde enviar la imagen del formato diligenciado a lab@ucatolica.edu.co .								

Fuente: Propia.

Anexo 3 Almacenamiento-de-materiales-iy 090421

UNIVERSIDAD CATÓLICA FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIOS		ALMACENAMIENTO DE MATERIALES (INGRESO Y RETIRO)	Código F 093.L1.101.01 Aprob/18
IDENTIFICACIÓN DE LOS RESPONSABLES DE MATERIALES EN EL LABORATORIO:			
CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS		EMAIL @ucatolica.edu.co
506533	Daniel Parra Triana		dparra33@ucatolica.edu.co
506601	Gustavo Alejandro Roa Durán		garoad1@ucatolica.edu.co
ASIGNATURA:	DOCENTE:	FECHA Y HORA DE INGRESO:	FECHA Y HORA DE RETIRO:
Trabajo de grado	Juan Carlos Ruge	14/04/2021 8:00pm	14/04/2021 10:00pm
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	CANTIDAD (UNIDAD):	TÉCNICO LAB (INGRESO):	TÉCNICO LAB (RETIRO):
Procesos de mezcla de plástico Ladrillos de mampostería	5 unidades 4 unidades		
OBSERVACIONES:			
<small>Retirar los materiales ingresados es deber del estudiante. El no hacerlo, implica restricción en la generación de PAZ Y SALVO a final de semestre.</small>			
UNIVERSIDAD CATÓLICA FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIOS		ALMACENAMIENTO DE MATERIALES (INGRESO Y RETIRO)	Código F 093.L1.101.01 Aprob/18
IDENTIFICACIÓN DE LOS RESPONSABLES DE MATERIALES EN EL LABORATORIO:			
CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS		EMAIL @ucatolica.edu.co
ASIGNATURA:	DOCENTE:	FECHA Y HORA DE INGRESO:	FECHA Y HORA DE RETIRO:
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	CANTIDAD (UNIDAD):	TÉCNICO LAB (INGRESO):	TÉCNICO LAB (RETIRO):
OBSERVACIONES:			
<small>Retirar los materiales ingresados es deber del estudiante. El no hacerlo, implica restricción en la generación de PAZ Y SALVO a final de semestre.</small>			

Fuente: Propia.

3.6.2 Ensayo de resistencia a la compresión

El ensayo de compresión se realiza para determinar las propiedades de un material frente a una sollicitación axial negativa. Sollicitación que pretende comprimir la probeta de ensayo que en este caso es la unidad de mampostería plástica, acá se

buscara obtener un valor re de resistencia de forma de poder clasificar y comparar este elemento con las unidades de mampostería habituales. Para que el ensayo se realice de forma precisa y repetitiva, se necesita una máquina de ensayo que garantice que tanto las mediciones como el control, como su comportamiento son por lo menos adecuados según la norma. (Ibertest, 2021).

3.6.2.1 Ensayos de compresión a probetas cilíndricas

Se realizan ensayos a compresión con maquina digital a partir de los cilindros generados con los 8 tipos de dosificaciones de materiales definidos, tratando de obtener la composición más homogénea se encuentran falencias en comportamientos de las dosificaciones como se puede observar en el cilindro 3, este se fracturo en el momento en el que se fraguo no se pudo ensayar a compresión.

Debido a que no se disponía de máquinas de compresión enfocadas en elementos de mampostería en los laboratorios de la universidad y sumado a esto la escasa disponibilidad de agendamientos por restricciones de pandemia, se opta por elaborar elementos para ensayo de forma cilíndrica que tienen una geometría más fácil de desarrollar y se acoplan a las maquinas disponibles.

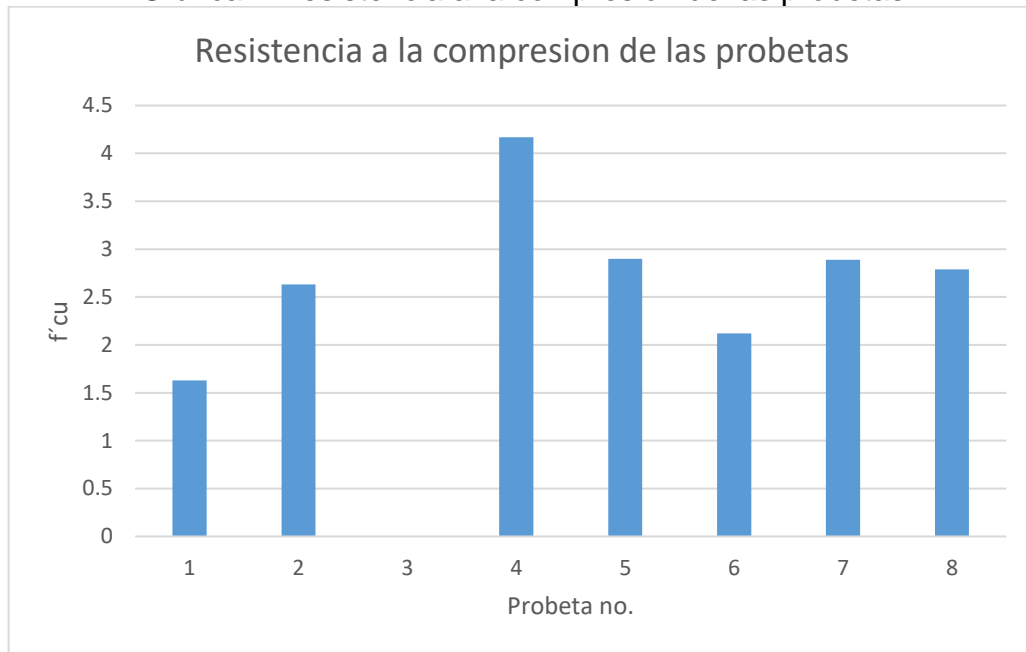
Tabla 18 Resultados de ensayos de compresión en cilindros.

Tabla de resultados de ensayos de compresión de probetas cilíndricas		
Ítem	Fuerza (KN)	Esfuerzo (Mpa)
1	7.22	1.63
2	11.65	2.63
3	0	0
4	18.46	4.17
5	12.84	2.9
6	9.38	2.12
7	12.8	2.89
8	12.35	2.79

Fuente: Propia

A partir de los resultados obtenidos se realiza una gráfica para comprender más fácil cual es el cilindro que presento mejor comportamiento a compresión.

Gráfica 1 Resistencia a la compresión de las probetas



Fuente: Propia.

A continuación, se muestran evidencias de cada uno de los ensayos que se realizaron:

Ilustración 43 Resultados de compresión para cilindro de prueba con dosificación 1



Fuente: Propia.

Ilustración 44 Resultados de compresión para cilindro de prueba con dosificación 2.



Fuente: Propia

Ilustración 45 Resultados de compresión para cilindro de prueba con dosificación 3.



Este cilindro se fracturo tan pronto fraguo y no se pudo probar a compresión.

Fuente: Propia.

Ilustración 46 Resultados de compresión para cilindro de prueba con dosificación 4.



Fuente: Propia.

Ilustración 47 Resultados de compresión para cilindro de prueba con dosificación 5.



Fuente: Propia.

Ilustración 48 Resultados de compresión para cilindro de prueba con dosificación 6.



Fuente: Propia.

Ilustración 49 Resultados de compresión para cilindro de prueba con dosificación 7.



Fuente: Propia.

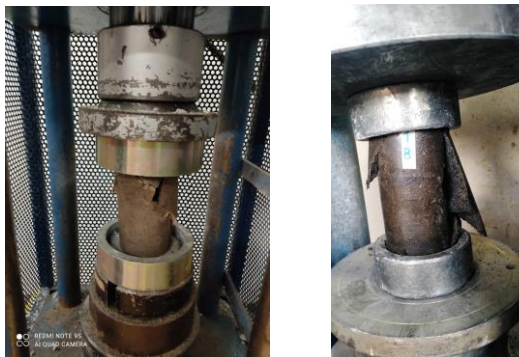
Ilustración 50 Resultados de compresión para cilindro de prueba con dosificación 8.



Fuente: Propia.

De acuerdo a los datos generados mostrados en la Tabla 18 "Resultados de ensayos de compresión en cilindros" se indica que la probeta no. 4 tiene el mayor valor de resistencia a la compresión siendo de 4,17 MPa (604,80 psi), valor obtenido al ejercer una fuerza máxima de 18,46 kN haciendo que la dosificación 4 sea la más apropiada, no obstante, se realizan 2 ensayos más de esta muestra para obtener una media muestral y de esta manera aumentar el valor de confiabilidad del resultado a compresión.

Ilustración 51 Ensayos de compresión para confiabilidad de la dosificación numero 4



Fuente: Propia.

A continuación, se resume los 3 valores obtenidos de la dosificación no.4

Tabla 19 Promedio de resultados de compresión.

Tabla de resultados de ensayos de compresión dosificación no.4 para media muestral		
Ítem	Fuerza (KN)	Esfuerzo (Mpa)
1	15	3,98
2	18,46	4,17
3	21,2	4,5
(Media muestral)	18,22	4,22

Fuente: Propia.

3.6.2.2 Ensayos de compresión a elementos de mampostería plástica

La dosificación de la probeta no.4 es la implementada para la elaboración del ladrillo tipo tolete sólido y el ladrillo no.7 con perforación vertical para uso estructural.

Las dimensiones de las unidades fabricadas fueron de 6cm x 12cm x 25cm, con un volumen total de 1800 cm³ para la unidad sólida y las dimensiones para el ladrillo no.7 de 6cm x 12cm x 25cm con un volumen de 1293,12 cm³ diferente al anterior debido a sus cavidades, de acuerdo a estos volúmenes la dosificación en gramos se muestra a continuación:

Tabla 20 Dosificación seleccionada.

DOSIFICACIÓN	PET	CAUCHO	ARENA
	g	g	g
1	1200,00	360,00	272,31
2	1063,64	425,45	321,82
3	1418,18	212,73	321,82
4	1300,00	260,00	393,33
5	1248,00	374,40	141,60
6	1114,29	445,71	168,57
7	1485,71	222,86	168,57
8	1376,47	275,29	208,24

Fuente: Propia

De acuerdo con la dosificación anteriormente mencionada para la generación de las unidades de mampostería se realizaron los siguientes ensayos teniendo en cuenta un área de aplicación de carga de 100cm² de la maquina con sus correspondientes resultados:

Tabla 21 Resultado de ensayos de compresión mampostería plástica.

Item	Espesor (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Volumen (cm ³)	Peso (g)	Fuerza en KN	Area total (cm ²)	f'cu (Kgf/cm ²)
N7 Perf cuadrada 2	6	12	25	1293.12	1953.30	28.56	197	14.79
N7 Perf cuadrada 1	6	12	25	1293.12	1403.25	57.67	197	29.85
N7 Perf circular	6	12	25	1362.6	1478.65	48.65	203	24.46
Tolete 1	6	12	25	1800	1953.3	104.70	300	35.59
Tolete 2	6	12	25	1800	1954.5	119.40	300	40.58

Fuente: Propia

La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la fuerza ejercida y el área total de contacto como se muestra a continuación:

$$28.56 \text{ kN} * 101.97160 \text{ kgf} = 2912.30 \text{ Kgf}$$

$$f'_{cu} = \frac{2912.30 \text{ Kgf}}{197 \text{ cm}^2} = 14.79 \text{ Kgf/cm}^2$$

Se toma la superficie más grande del elemento ya que esta es la que trabaja mejor a compresión al momento de construir un muro en una edificación, esta área es la que mide 12cm x 25cm en las unidades de mampostería, variando en aquellas con perforaciones verticales.

Ilustración 52 Ensayo a compresión del bloque N° 7 con perforación vertical cuadrada.



Fuente: Propia

Ilustración 53 Ensayo a compresión del bloque N° 7 con perforación vertical circular.



Fuente: Propia

Ilustración 54 Ensayo a compresión del bloque N° 7 con perforación vertical cuadrada 2.



Fuente: Propia

Ilustración 55 Ensayo a compresión del ladrillo tipo tolete.



Fuente: Propia

Ilustración 56 Ensayo a compresión del ladrillo tipo tolete 2.



Fuente: Propia

3.6.2.3 Ensayos de compresión a elementos de mampostería común

Se realizan ensayos de compresión a dos tipos de mampostería típica comercializada en Bogotá, estas son el bloque N°7 y el ladrillo tipo tolete, a partir de los ensayos se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 22 Resultados de compresión unidades de mampostería común.

Item	Espesor (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Peso (g)	Fuerza en KN	Área 1/3 L (cm ²)	f'cu (Kgf/cm ²)
Tolete	6	12	25	2939.5	40.76	100	41.56
N°7	6	12	25	2286	133.8	100	136.44

Fuente: Propia.

Ilustración 57 Ensayo de compresión bloque N°7.



Fuente: Propia.

Ilustración 58 Ensayo de compresión ladrillo tolete



Fuente: Propia.

A partir de estos resultados se puede identificar el comportamiento real de las unidades habitualmente comercializadas con las unidades de mampostería generadas.

3.6.3 Gravedad específica

La gravedad específica es una comparación de la densidad de una sustancia con la densidad del agua: La gravedad Específica = De la sustancia /Del agua La gravedad específica es adimensional y numéricamente coincide con la densidad.

Gravedad Específica: La gravedad específica está definida como el peso unitario del material dividido por el peso unitario del agua destilada a 4 grados centígrados. Se representa la Gravedad Específica por G_s , y también se puede calcular utilizando cualquier relación de peso de la sustancia a peso del agua siempre y cuando se consideren volúmenes iguales de material y agua.

El procedimiento que se realizó con la probeta de la mezcla seleccionada dejándola 8 días sumergida en agua después de esto se pesó, con la finalidad de que absorbiera el líquido, luego de esto donde se coloca al horno, mínimo por 24 horas, para asegurar que la muestra este totalmente seca, y luego se pesa la probeta. Hay que tener en cuenta de hallar el peso de la probeta limpia y seca, para poder hallar luego la gravedad específica de la siguiente forma:

$$G_s = \frac{A}{B - C}$$

A = Peso de la probeta secada en el horno a 100°C

B = Peso de la probeta saturada y superficialmente seca

C = Peso de La probeta sumergida en agua

$$\text{Obteniendo asi: } G_s = \frac{704.2g}{713.8g - 167.3g} = 1.28$$

$$\text{Para el peso especifico} = 1.28 * \frac{1g}{\text{cm}^3} \text{ agua} = 1.28g/\text{cm}^3$$

Ilustración 59 Toma del peso de la probeta sumergida



Fuente: Propia.

Ilustración 60 Toma del peso de la probeta sumergida en agua



Fuente: Propia.

Ilustración 61 Toma del peso de la probeta después del secado en horno.



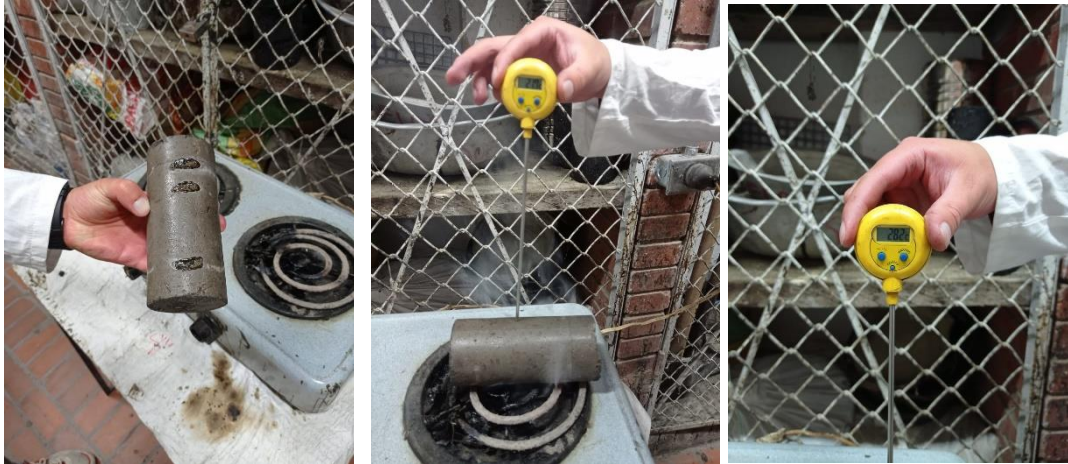
Fuente: Propia.

3.6.4 Conductividad térmica

La conductividad térmica define la capacidad con la que algún material es capaz de conducir energía cinética reflejada como calor a otras sustancias o elementos que estén en contacto con él.

Se realiza este ensayo mediante la ayuda de una estufa eléctrica produciendo 300°C de temperatura y ubicando sobre ella la probeta, y por el otro extremo de la superficie del cilindro se mide la temperatura con un termómetro digital, se encontró que no existe transferencia de la temperatura al medir 21°C al contacto del termómetro sobre la probeta.

Ilustración 62 Mediciones de temperatura para encontrar conductividad eléctrica.



Fuente: Propia.

3.6.5 Absorción de agua

El coeficiente de absorción de agua es el porcentaje de aumento de peso de la muestra cuando está saturada de agua. Para cada tipo de material de construcción, existe una prueba estandarizada para regular su determinación esta es la NTC 4205. El coeficiente de absorción se puede determinar por inmersión completa o acción capilar.

La forma de calcularlo es la siguiente:

$$\%Abs = \frac{Mh - Ms}{Ms} X 100$$

Mh = Muestra saturada o humeda

Ms = Muestra secada al horno

$$\%Abs = \frac{713.2g - 704.2g}{704.2g} X 100 = 1.28\%$$

Se encuentra un valor del 1.28% de absorción de la probeta y aumento de su peso.

3.6.5.1 Absorción inicial de agua

La absorción inicial del elemento identificada se ve reflejada en la diferencia de pesos al humedecer por 1 minuto la muestra y compararla con la muestra seca, arrojando un valor de 0,3 g/min como la tasa de absorción inicial NTC4017.

Ilustración 63 Diferencia de pesos de la partícula después de humedecerla



Fuente: Propia.

$$Abs\ inicial = Ph1 - Ps$$

Ph1 = Partícula húmeda en un minuto.

Ps = Partícula seca.

$$Abs\ inicial = 178.4g - 178.1g = 0.3g/min$$

3.6.6 Adherencia a revoques

La prueba de adherencia a revoques define si la superficie de la unidad de mampostería con mezcla de plásticos tiene un agarre al momento de que se le den acabados o se quiera pegar otro elemento de su mismo tipo uno sobre otro para producir un muro.

El procedimiento que se realiza en el laboratorio es la preparación de una mezcla de arena, agua y cemento para producir un mortero de pega, después de esto se toman nos probetas de ensayo del material seleccionado y se les añade una cantidad del mortero, después de esto se ubica una sobre la otra para generar la adherencia, y para finalizar se recubren todas las superficies de los cilindros con la mezcla de mortero.

Ilustración 64 Mezcla de mortero, pega y acabado superficial.



Fuente: Propia.

Ilustración 65 Pega y acabado superficial de los elementos.



Fuente: Propia.

Ilustración 66 Acabado final de los elementos superpuestos y recubiertos.



Fuente: Propia.

Se identifica una excelente adherencia del elemento al combinarlo con morteros para generar acabados y pega de otros elementos sobre el mismo.

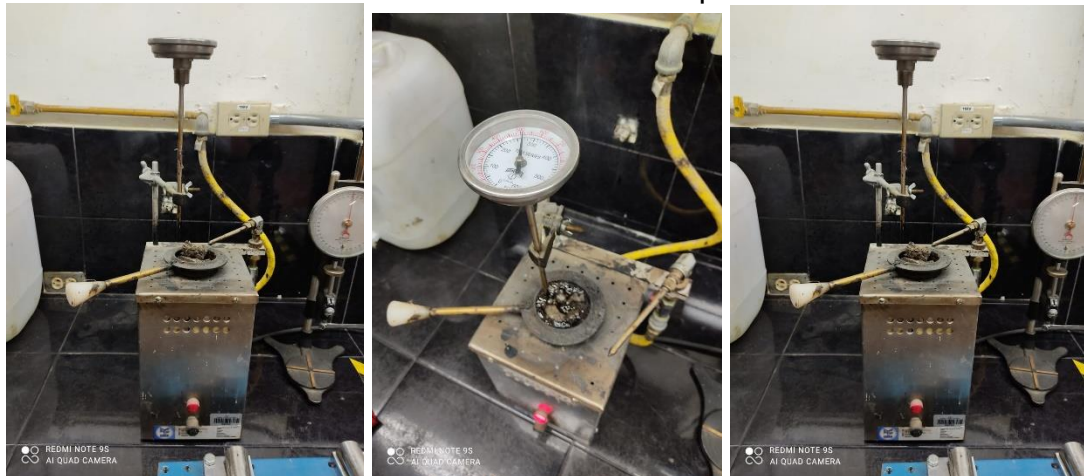
3.6.7 Punto de ignición y llama

En el punto de ignición es la tasa de producción de vapores si es lo suficientemente alta como para que se mantenga la llama por sí misma al retirar la fuente de calor externa. En el punto de autoignición o autoinflamación, la sustancia empieza a arder de forma espontánea, sin necesidad de una fuente de calor externa.

En el laboratorio se realiza esta práctica usando una copa abierta de Cleveland la cual mide y describe las propiedades de una mezcla bajo temperaturas controladas, se pone sobre la copa una partícula del conglomerado y se pone a calentar bajo una temperatura inicial de 100°C, en el momento en el que la mezcla empieza a derretirse se identifican la temperatura con un termómetro.

Después de esto se observa que empiezan a generarse vapores, estos generan una combustión constante a 300°C y una de chispa de ignición a 220°C a encontrando así el punto de ignición y llama.

Ilustración 67 Partícula dentro de la copa de Cleveland.



Fuente: Propia.

Ilustración 68 Punto de llama en el ensayo.



Fuente: Propia.

3.6.8 Permeabilidad al vapor de agua

Al momento que los elementos de mampostería se enfrentan a factores agresivos como la temperatura del agua, se debe tener contemplada una resistencia en forma y absorción para evitar daños provocados por el agua al ser absorbida en forma de vapor.

Este ensayo se realiza mediante el uso de una cubeta llena de agua y puesta a 300°C a hervir, al momento de generar vapor el agua se ubica una partícula del conglomerado sobre la cubeta para lograr contacto de estos vapores, a partir de ese momento se cuentan 20 minutos de exposición y se toman los datos de aumento de peso con respecto a la partícula seca.

Ilustración 69 Ensayo de absorción de vapor de agua.



Fuente: Propia.

Ilustración 70 Pesos de la partícula antes y después del ensayo.



Fuente: Propia.

$$\%AbsV = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Ph = Partícula húmeda.

Ps = Partícula seca.

$$\%AbsV = \frac{178.4g - 178.1g}{178.1g} \times 100 = 0.16\%$$

Después de realizar los cálculos pertinentes se encuentra que el porcentaje de absorción del vapor de agua es de un 0.16%.

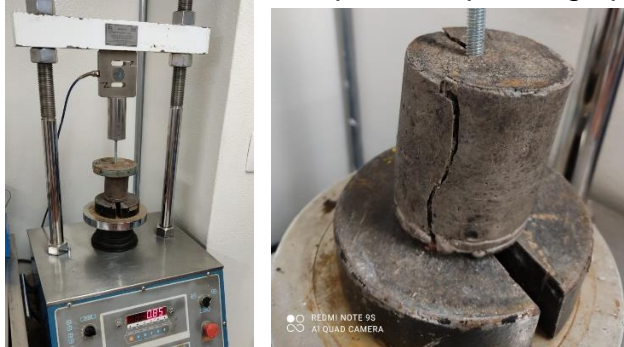
3.6.9 Resistencia a carga puntual por clavado

El elemento de mampostería siempre está enfrentado a factores del entorno, en el ámbito de vivienda se afecta con alteraciones de su funcionamiento normal cuando se realizan clavados de puntillas al estar ubicado en los muros.

Esta resistencia se trata de identificar con un ensayo de carga puntual, para conocer que resistencia logra aguantar al enfrentarse al clavado de una puntilla o un tornillo en su superficie.

Se realiza usando una máquina de compresión ubicando en una de sus superficies una puntilla con el fin de generar un punzonamiento en la probeta.

Ilustración 71 Ensayo de compresión por carga puntual.



Fuente: Propia.

Se identifica en este ensayo un valor de 1.6 KN de fuerza de resistencia a clavado de elementos como puntillas o tornillos

4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 ENSAYOS DE COMPRESIÓN

A partir de los valores obtenidos por los ensayos de compresión realizados a las unidades de mampostería generadas, que se muestran en Gráfica 3 “Resistencia a la compresión de unidades generadas a partir de la mezcla “ que la unidad de referencia “Tolete 2” con el valor más alto en resistencia a la compresión de 40,58 Kgf/cm², soportando una carga de 39,8 kN como se indica en la Tabla 21. “Resultado de ensayos de compresión mampostería plástica”.

Ilustración 72 Unidad de mampostería sólida "Tolete" generada por la mezcla de diseño.



Fuente: Propia

La unidad de mampostería plástica mezclada con caucho y arena mostrada anteriormente tiene un valor aceptable y coherente de resistencia, al soportar la carga ejercida en el área bruta de su base en comparación con la unidad tipo tolete convencional que soporta esfuerzo de 41,56 Kgf/cm². Estos dos valores de esfuerzo soportado tienen una proximidad del 97.64% haciéndolas realmente similares. Al verificar la normativa NSR-10 en el título D Mampostería estructural, se encuentran las referencias de los valores mínimos para el cumplimiento de la resistencia basados según la normativa NTC 4205, estos valores son los siguientes:

Tabla 23 Cumplimientos mínimos para mampostería no estructural NTC4205.

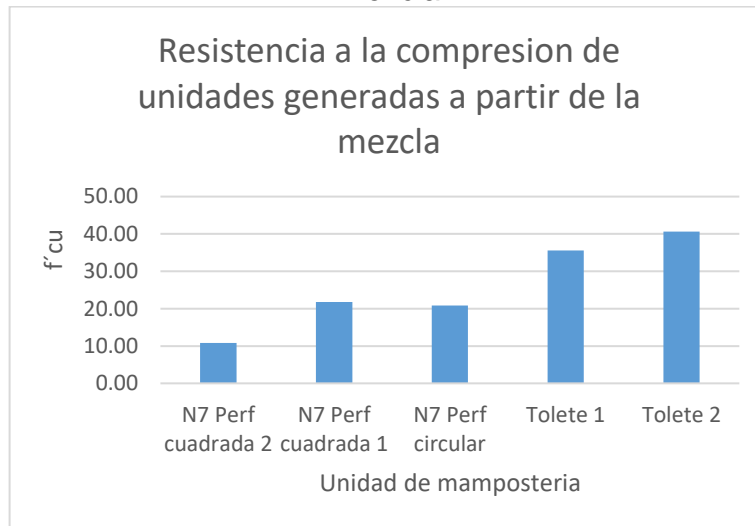
Tipo	Resistencia mínima ¹⁾ a la compresión Pa (kgf/cm ²)		Absorción de agua máxima en %			
			Interior		Exterior	
	Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad
PH	3,0 (30)	2,0 (20)	17	20	13,5	14
PV	14,0 (140)	10,0 (100)	17	20	13,5	14
M	14,0 (140)	10,0 (100)	17	20	13,5	14

Fuente: NTC4205

Tomando los valores de referencia de la Tabla 23. “cumplimientos mínimos para mampostería NTC4205”, se realiza una comparación con los valores obtenidos en los ensayos de compresión, encontrando que:

- Todas referencias de unidades de mampostería diseñadas y ensayadas no cumplen con el parámetro mínimo de resistencia a la compresión esto se identifica en la Tabla. 21 “Resultados de ensayos de compresión en mampostería plástica”.
- Según la NSR-10 estas unidades de mampostería no son aptas para usarse como mampostería reforzada, mampostería no reforzada y mampostería confinada.

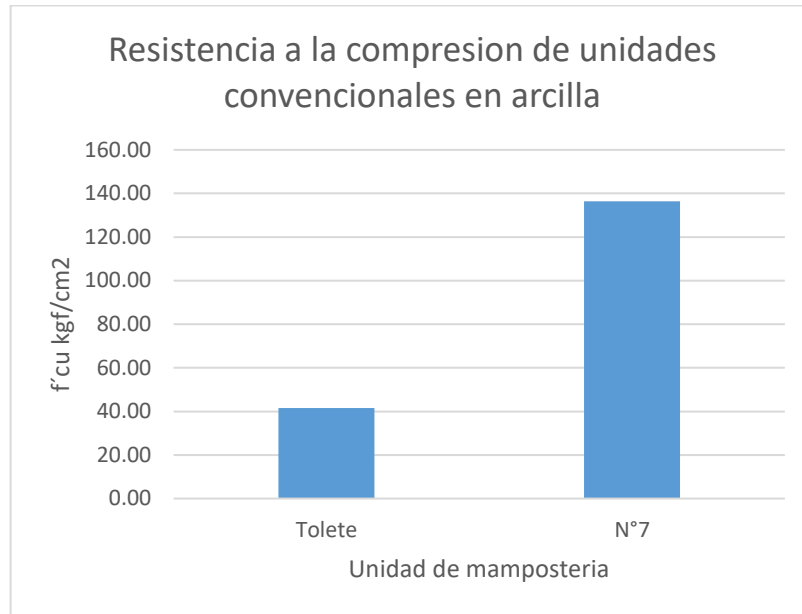
Gráfica 2 Resistencia a la compresión de unidades generadas a partir de la mezcla



Fuente: Propia

A partir de la Gráfica 5 “Resistencia a la compresión de unidades convencionales en arcilla” mostrada a continuación, se identifica la unidad no.7 común con el mayor valor de resistencia a la compresión de 136,44 Kgf/cm² cumple la resistencia mínima de la norma para mampostería no estructural, pero para mampostería estructural no cumple.

Gráfica 3 Resistencia a la compresión de unidades convencionales en arcilla



Fuente: Propia

A partir de lo anterior se puede deducir que estos elementos de mampostería generados con el diseño de mezcla que propone este trabajo necesitan de mayores investigaciones para mejorar la resistencia a la compresión y así lograr los requisitos de la norma NTC4205.

4.2 GRAVEDAD ESPECIFICA

Este ensayo permite identificar el valor del peso específico del material obteniendo un valor de 1,28 g/cm³, este a su vez se compara con pesos específicos como el del concreto que tiene un valor promedio de 2,4 g/cm³ y el peso específico del ladrillo cocido elaborado de 1,4 g/cm³. (ICHA.cl – Instituto Chileno del Acero, 2021).

Al remitirse a estos dos materiales principales en la industria de la construcción, es claro identificar un peso específico más bajo y más liviano de este material a base de peso por unidad de volumen, basado en la mezcla de PET, granulo de caucho y arena.

4.3 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

Se identifica una muy baja conductividad térmica ya que la transferencia de temperatura entre caras de la probeta es nula, siendo beneficioso para aplicar el material en los muros internos y externos de las obras civiles con el factor de aislación térmica conservando ciertas temperaturas en ambiente cerrados.

Remitiéndose al ensayo de la gravedad específica, se observó que el material se sometió a un secado en horno a una temperatura de 100°C durante 24 horas, sin mostrar mínimos indicios de descomposición en su textura ni estado, indicando un comportamiento favorable bajo altas temperaturas.

4.4 ABSORCIÓN DE AGUA

La capacidad de absorción de agua es baja con un valor de 1,28 %, aumentando su peso en 9 gramos con respecto a su peso inicial seco. Después de dejar la muestra 8 días sumergida en el agua, su comportamiento y contextura no sufren ninguna alteración representativa logrando un elemento con una impermeabilidad aproximada al 100%.

Tomando como referencia comparativa la Tabla 23 “Cumplimientos mínimos para mampostería NTC4205” se identifican los valores máximos de absorción en porcentaje aplicable para unidades de mampostería elaboradas en arcilla, en donde establece un parámetro del 20% de absorción máxima para ladrillos de muros interiores y el 14% de absorción máxima para ladrillos de muros exteriores.

De acuerdo a lo anterior este elemento esta adentro de los parámetros de absorción de la NTC4205 y se puede considerar un elemento aceptable.

4.5 ADHERENCIA A REVOQUES

La adherencia al revoque comúnmente realizada con el mortero y el estuco es de gran importancia en la industria de la construcción dado que es una característica principal para el recubrimiento y acabados de los muros. En este ensayo se identificó un comportamiento favorable en cuanto a la adherencia de dos elementos con un mortero de pega adhiriéndolos exitosamente, esta es una característica que tiene similitud con las unidades comunes, demostrando que esta alternativa de mezcla es una opción sería basada en ensayos técnicos para el mercado actual.

Observando los elementos que se cubrieron superficialmente y se unieron con mortero se identifica que al pasar 8 días después de su unión en húmedo, no se generaron desprendimientos del mortero de pega ni desvinculación de las probetas pegadas, para medir la adherencia de morteros se hace necesario realizar un ensayo llamado pull off (extracción de pernos) bajo la norma ASTM D- 7234, según esto no se pudo realizar el ensayo porque no se tiene el equipo (nombre del equipo: probador de adherencia por extracción) necesario en los laboratorios.

4.6 PUNTO DE IGNICIÓN Y LLAMA

El ensayo de punto de ignición y llama sirve para definir el que momento el material al exponerse a temperaturas críticas logra características combustibles que pueden llegar a aumentar el peligro en un incendio, con esto se puede analizar qué medidas de precaución se pueden realizar para eliminar, reducir y mitigar incendios antes de que ocurran. El resultado del ensayo arrojó un punto de llama de 300°C, siendo esta una temperatura máxima de exposición implicando que por debajo de ella el material no es combustible.

4.7 PERMEABILIDAD AL VAPOR DEL AGUA

Al observar las construcciones de vivienda o uso industrial, siempre existe un sector en donde se manipulan vapores producidos por cocinas o maquinaria, en estos sectores la absorción de vapores es un factor que puede llegar a alterar la composición del elemento de mampostería dado que siempre estos gases no solo

tienen contenidos de agua, sino también pueden llegar a tener partículas químicas o biológicas que generan corrosión en los muros.

Al analizar el valor de absorción de vapores se encuentra una impermeabilidad favorable debida al comportamiento repelente del plástico PET y también del caucho.

Este elemento de mampostería diseñado tiene una absorción de vapor nula de acuerdo a la comparación de los pesos en gramos, siendo extremadamente ligero la variación de pesos antes y después de ser sometidos al ensayo, concluyendo que la muestra es impermeable con un valor muy bajo de absorción de vapor de 0,16%.

4.8 RESISTENCIA LA CARGA PUNTUAL Y AL CLAVADO

Las unidades de mampostería siempre han estado sometidas a la carga puntual (axial) debida al clavado de puntillas o inserción de tornillos, al ejecutar el ensayo se obtiene el valor de 163.15kg de resistencia al clavado, de acuerdo a ello en este punto se generan fracturas y agrietamientos considerables en el elemento.

Comparando la composición de otras unidades convencionales se visualiza que cuando hay clavado de puntillas se desprenden partículas, algo que no ocurre con el diseño propuesto haciéndolo vulnerable a este tipo de cargas.

4.9 LIMITES DE DEFECTOS SUPERFICIALES NSR10 – NTC4205

Este parámetro está indicado por la NTC 4205 en donde se analiza el acabado superficial del ladrillo, en comparativa con la mampostería tradicional en arcilla teniendo en cuenta las fisuras, desbordados y la distorsión de caras(alabeo) como se muestra a continuación:

4.9.1 Fisuras

De acuerdo al numeral 5.6.1 de la NTC 4205 se expresa que las fisuras no deberán atravesar por completo el espesor de la unidad y anexo la fisura no deberá tener una longitud mayor del 25% de la dimensión en el sentido donde va la fisura.

4.9.2 Desbordados

En fachadas no deben tener desbordados que superen los siguiente:

Tabla 24 Longitud máxima permisible de los desbordados desde las esquinas y los bordes de la pieza.

Textura	Longitud máxima del desbordado, mm	
	Esquina	Borde
Lisa	6	10
Rugosa	8	13

Fuente: NTC 4205

La longitud de los desbordados en una cara no puede exceder el 10% de su perímetro.

Tabla 25 Porcentaje de las piezas que pueden exceder las longitudes máximas de desbordados.

Textura	Porcentaje máximo	Longitud máxima de desbordado, mm	
		Esquina	Borde
Lisa	10	8	13
Rugosa	15	12	19

Fuente: NTC 4205

4.9.3 Distorsión de caras (Alabeo)

Las tolerancias de distorsión de las caras de unidades, que se miden en relación con una superficie plana o una línea recta, respectivamente no deberán exceder lo siguiente:

Tabla 26 Distorsión de las caras o aristas.

Clase	Máxima distorsión permisible, %
Fachada	1,5
Interior	2,0

Fuente: NTC 4205

4.9.4 Análisis de límites de defectos superficiales

Ilustración 73 Mampostería plástica Tolete 1 y 2.



Fuente: Propia.

Mampostería plástica tipo Tolete 1 y 2:

Fisuras: Estos elementos no presentaron ninguna fisura que considere un 25% de la superficie.

Desbordados: Según lo observado no existen desbordamientos de las esquinas ni piezas que se hayan desprendido en la superficie del elemento.

Distorsión de caras: existe una distorsión de caras de un 0.5% encontrando que cumple al estar por debajo de lo que se indica en la NTC4205.

Ilustración 74 Mampostería plástica N7 perforación cuadrada 1.



Fuente: Propia.

Mampostería plástica tipo N7 Perforación cuadrada 1

Fisuras: Estos elementos presentaron fisuras que consideran un 15% de la superficie este valor está por debajo del máximo permisible.

Desbordados: Según lo observado existen desbordamientos de las esquinas, pero no piezas que se hayan desprendido en la superficie del elemento estos no son mayores a 10mm.

Distorsión de caras: existe una distorsión de caras de un 0.5% encontrando que cumple al estar por debajo de lo que se indica en la NTC4205.

Ilustración 75 Mampostería plástica tipo N7 Perforación cuadrada 2



Fuente: Propia.

Mampostería plástica tipo N7 Perforación cuadrada 2

Fisuras: Estos elementos presentaron fisuras que consideran un 5% de la superficie este valor está por debajo del máximo permisible.

Desbordados: Según lo observado existen desbordamientos de las esquinas, pero no piezas que se hayan desprendido en la superficie del elemento, estos no son mayores a 10mm.

Distorsión de caras: existe una distorsión de caras de un 0.5% encontrando que cumple al estar por debajo de lo que se indica en la NTC4205.

Ilustración 76 Mampostería plástica tipo N7 perforación circular



Fuente: Propia.

Mampostería plástica tipo N7 Perforación circular.

Fisuras: Estos elementos presentaron fisuras que consideran un 25% de la superficie este valor está por encima del máximo permisible.

Desbordados: Según lo observado existen desbordamientos de las esquinas, pero no piezas que se hayan desprendido en la superficie del elemento, estos no son mayores a 10mm.

Distorsión de caras: existe una distorsión de caras de un 1% encontrando que cumple al estar por debajo de lo que se indica en la NTC4205.

4.10 COMPARATIVA EN COSTOS DE ELABORACIÓN

En la comparativa de costos de elaboración de una unidad de mampostería utilizando la mezcla diseñada en relación al costo por unidad generada en arcilla cocida común, se tienen los siguientes costos aproximados y ajustados al mercado actual.

Tabla 27 Costo de elaboración de una unidad de mampostería con la mezcla de diseño.

COSTO DE ELABORACION DE UNA UNIDAD DE MAMPOSTERIA CON LA MEZCLA DE DISEÑO					
Item	Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total
1	Formaleta en lamina	1,00	unidad	\$ 125.000,00	\$ 125.000,00
2	Pet	1,30	Kg	\$ 1.000,00	\$ 1.300,00
3	Granulo de caucho	0,26	Kg	\$ 800,00	\$ 208,00
4	Arena de peña	0,39	Kg	\$ 233,00	\$ 91,65
5	Aceite mineral	0,50	litro	\$ 2.900,00	\$ 1.450,00
6	Pipeta a gas	1,00	Unidad	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00
7	Estufa industrial	1,00	Unidad	\$ 250.000,00	\$ 250.000,00
8	Olla a presión	1,00	Unidad	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00
9	Guantes resistentes al calor	2,00	par	\$ 9.000,00	\$ 18.000,00
TOTAL					\$ 378.550,00

Fuente: Propia

Se reunieron materiales y elementos fundamentales para la elaboración de una unidad basada en la mezcla de diseño, obteniendo un valor total en pesos de producción para generar una unidad.

A continuación, se muestra el valor por cm³ de acuerdo al diseño de mezcla el nombrado como dosificación 4 según el numeral 3.5.1 “dosificación”.

Para un elemento de mampostería se requieren 1800cm³ de la dosificación 4.

*Se establece una regla de 3 de la siguiente forma = $\frac{1800\text{cm}^3}{1\text{cm}^3} * \frac{\$378550}{?} = \$210.30$*

Tabla 28 Costo por unidad de volumen

COSTO POR UNIDAD DE MEDIDA	
Volumen cm ³	Valor
1800	\$378.550.00
1	\$ 210.30

Fuente: Propia

Se encuentra un valor de 210.30 pesos por cm³ de elaboración de dosificación 4. En cuanto al costo de elaboración de un ladrillo en arcilla cocida se tiene los siguientes valores de acuerdo a los principales materiales y equipos que se usan para la elaboración de una unidad de arcilla cocida.

Tabla 29 Costo de elaboración de una unidad de mampostería con arcilla cocida

COSTO DE ELABORACION DE UNA UNIDAD DE MAMPOSTERIA CON ARCILLA COCIDA					
Item	Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total
1	Formaleta en lamina	1	unidad	\$ 125.000,00	\$ 125.000,00
2	Arcilla	0,97	Kg	\$ 6.000,00	\$ 5.820,00
3	Pizarra	0,97	Kg	\$ 800,00	\$ 776,00
4	Horno	1	Kg	\$ 500.000,00	\$ 500.000,00
5	Guantes resistentes al calor	1	unidad	\$ 9.000,00	\$ 9.000,00
				TOTAL	\$ 640.596,00

Fuente: Propia

Se tiene el costo para generar una unidad encarecida por el horno la cual es una herramienta fundamental para la generación de la unidad manejando una temperatura de cocción de 350 grados centígrados.

A continuación, se muestra el costo por cm³ de este material:

Tabla 30 Costo por unidad de volumen

COSTO POR UNIDAD DE MEDIDA	
Volumen cm ³	Valor
1800	\$ 640.60
1	\$ 355,89

Fuente: Propia

De acuerdo a la estimación general realizada anteriormente se muestra un costo más bajo en la elaboración de la mezcla planteada con algunos usos y aplicaciones distintas y otras en común de lo planteado con respecto a lo convencional.

Notas:

-El material de la formaleta puede ser variable y reduciría costos en ambos casos, sin embargo, el costo de la materia prima de la propuesta generada es menor a lo convencional.

-Si se llega a optimizar esta metodología de elaboración de unidades de mampostería plástica se puede lograr una reducción de costos mayor a la descrita anteriormente.

-Este es un análisis de costos es básico, se requieren tomar más referentes de precios de producción para poder dar una comparativa más acertada.

- El elemento de mampostería plástica según este análisis presenta un valor menor con respecto a uno de arcilla, pero se requieren más datos tanto de la propuesta como de lo existente en el mercado para afirmar que si se ve una reducción, este análisis es un primer paso para identificar la posibilidad de reducción de costos.

5 CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS

5.1 CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO GENERAL

“Proponer un diseño de mezcla alternativo a partir de plástico reciclado, granulo de caucho y arena como insumo para la elaboración de unidades de mampostería”.

Este objetivo se cumplió de acuerdo a lo siguiente:

- Una idea principal de reutilización del plástico para generar un impacto ambiental positivo.
- Una investigación de antecedentes similares al objetivo de este proyecto.
- Una selección de materiales realizada de acuerdo a una experimentación inicial.
- Un diseño de mezcla generado a partir de un método y una fundamentación teórica.
- Ensayos técnicos realizados que enriquecen las características del material y elementos que se pretenden dar a conocer.
- Analizar y comparar las propiedades, características y costos del material generado en relación al material convencional obtenido en el mercado actual.

5.2 CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

5.2.1 Objetivo específico no. 1

“Identificar características y comportamientos del plástico reciclado como ligante en la mezcla, a partir de investigaciones y ensayos”.

A partir del capítulo 3 “Metodología” y específicamente en el numeral 3.1.1 al 3.1.6, se demuestran las características y comportamientos del plástico (PET) antes y después de combinarlo con el caucho granulado y la arena fina, se demuestra como estos 3 materiales son complementarios para un buen conglomerado.

Finalmente, con esta unidad de mampostería generada se realizan ensayos técnicos apropiados demostrados en el numeral 3.6” Ensayos y resultados”, para poder realizar la comparativa y definir posibles usos.

5.2.2 Objetivo específico no. 2

“Seleccionar dosificaciones apropiadas de materiales para diseñar una mezcla que logre homogeneidad y funcionalidad al elaborar unidades de mampostería”.

El desarrollo de este objetivo se ve evidenciado en el numeral 3.5 específicamente en el numeral 3.5.1 “Dosificación”, en donde se muestra el fundamento teórico para generar el diseño de la mezcla, tomando como referencia el PET cumpliendo la función del material aglutinante y principal.

5.2.3 Objetivo específico no. 3

“Demostrar si es posible que esta alternativa de mezcla es una opción real basada en ensayos técnicos para el mercado actual”.

Partiendo de la evaluación demostrada en el numeral 4" Análisis de los resultados", se realizan las comparativas de acuerdo a normativas vigentes que rigen la elaboración o fabricación de este tipo de elementos de mampostería en Colombia, definiendo que, si es una alternativa real soportada en ensayos técnicos, se considera es una nueva oportunidad generando una tecnología sostenible de mezcla, pero no cumple con los requisitos mínimos que la norma NTC4205 requiere.

6 TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

Para lograr un enfoque a la sociedad y priorizando las comunidades de bajos recursos, es pertinente indicar que este proyecto puede ser realizado con autonomía a partir de la metodología descrita en el Capítulo 3 anteponiendo que se debe mejorar la resistencia a la compresión de estos elementos de mampostería, con base en esta se pueden realizar capacitaciones para transferir el conocimiento que se adquirió en este trabajo de grado, este documento podría ser de gran ayuda para fundaciones sin ánimo de lucro que deseen alternativas para construcción de vivienda de interés social, con el fin de ayudar a personas que viven en asentamientos en condición de pobreza. Descrito lo anterior se da cumplimiento a la Responsabilidad Social en la Universidad Católica de Colombia fortaleciendo un estado de conciencia personal y comunitario que posibilite el afianzamiento con los principios institucionales y valores morales, en búsqueda de la coherencia entre el pensamiento, el sentimiento, la palabra y la acción de los miembros de la comunidad universitaria y su entorno. (U. C. de Colombia, 2021)

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- De acuerdo con los objetivos planteados se logró el diseño de una mezcla alternativa a partir de plástico reciclado, granulo de caucho y arena correspondiente a la dosificación 4 demostrado en el numeral 3.6.2.1. "Ensayos de compresión a probetas cilíndricas", como insumo para la elaboración de unidades de mampostería.
- En virtud de las investigaciones realizadas se identifica la necesidad de este tipo de materiales de construcción que ayuden a disminuir la contaminación que producen los envases plásticos de un solo uso y los neumáticos reciclados.
- De acuerdo con la investigación realizada anteriormente se afirma que los materiales PET, caucho y arena conforman un buen conglomerado que posiblemente puede ser usado para construcción.
- Se concluye que la mezcla es muy maleable y se ajusta a las formas de los recipientes en los que se funda, esto es de gran ayuda en el momento en que se quiera cambiar el tipo de molde para otra configuración de elemento.
- A partir de los resultados de laboratorio el elemento de mampostería con mezcla de PET, caucho y arena tiene una resistencia baja según la NTC4205, pero si se logran a futuro añadir más combinaciones en las dosificaciones de materiales se puede llegar a una unidad con mejores características.
- El plástico PET por sí solo no puede llegar a tener una resistencia adecuada puesto que al momento de endurecer y tener longitudes muy grandes la tendencia va a ser a la fractura, por efecto de las contracciones por temperatura según lo que se observó en el comportamiento experimental desarrollado en la metodología.
- El uso de los elementos de protección personal es uno de los mejores métodos de cuidado contra situaciones que puedan complicarse al trabajar con mezclas en caliente teniendo en cuenta que el material al estar fluido puede llegar a temperaturas de 300°C según el proceso de preparación y mezclado.
- De todo lo anterior el poder encapsular materiales contaminantes como lo son el PET y el caucho de neumáticos reciclados en unidades de mampostería y usarlos en construcción, significa una reducción de contaminación muy significativa.
- La reducción en peso del elemento de mampostería es considerable con respecto a los comúnmente utilizados, esto puede ayudar al momento del transporte reduciría costos en combustibles, además de que en la construcción reduciría cargas muertas en la estructura.
- Se identifica que el elemento de mampostería al contener elementos con características de deformación favorables no se estalla en el momento que

falla y puede ayudar a las construcciones para que se mantengan en pie en caso de sismo por que mantendrá su forma y no se desprenderá por partes.

- Se identifica una aplicabilidad del elemento de mampostería en cajas de acometidas de redes domiciliarias gracias a su excelente comportamiento impermeable identificado en los análisis de resultados.
- Se encuentra una disminución en costos de elaboración descrita en el numeral 4.10 “Comparativa de costos”, ya que la mayoría de materiales usados en la mezcla son reciclados y no hay que comprarlos, pero aún se debe hondar más en este aspecto para dar una aseveración correcta.
- Se pueden llegar a tener mejores valores de resistencia a la compresión en unidades de mampostería con mezcla de plástico reciclado y otros materiales que tengan perforaciones verticales realizando una nueva estrategia de dosificación para lograr tener mejores unidades de mampostería estructural.
- Se deja una puerta abierta para poder profundizar a futuro estos tipos de elementos de mampostería ecológicos.
- No se pueden usar elementos de mampostería plástica ni los comunes a flexión, carecen de resistencia a este tipo de carga.
- Se resalta que la innovación en la mezcla de estos materiales no se ha realizado antes según las investigaciones realizadas, además de que el uso del método de dosificación es lo que lo hace autentico.
- Teniendo en cuenta que esta es una experimentación del proceso que se puede realizar, cabe aclarar que se puede industrializar la metodología para mejorar costos en cuanto a cuanto al consumo energético.
- Al momento de realizar elementos de Mampostería plástica tipo N7 con perforación circular, se debe tener en cuenta que está incumpliendo los análisis de defectos superficiales ya que la perforación circular que tiene el molde genero una fisura con porcentaje mayor al que permite la norma NTC2405, esto se puede solucionar realizando más ensayos de fundida.
- La mezcla propuesta se puede optimizar para mejorar las características anteriormente demostradas en análisis de los resultados.
- Se identifican cumplimientos de la norma NTC2405 para los limites de defectos superficiales enunciados en el numeral 4.9 para la unidad de mampostería con mezcla de plástico Tolete, N7 perforación cuadrada pero no para la N7 perforación circular.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se exige el uso de elementos de protección personal en el momento de replicar la metodología descrita en este trabajo.
- No se debe fundir ni tratar de quemar el caucho granulado, ya que este genera demasiados gases contaminantes perjudiciales para la salud.
- Se recomienda utilizar morteros de pega según las especificaciones de la norma técnica NTC4205 para lograr obtener la resistencia y adherencia completa del elemento de mampostería diseñado.
- Es pertinente recubrir los elementos de mampostería para reducir fallas por altas temperaturas producidas por incendios.
- Se recomienda no clavar puntillas con martillo ya que esto puede generar fracturas considerables en la unidad, se hace necesario el uso de tornillos para conservar su geometría.
- La limpieza de los materiales se debe priorizar para lograr un elemento de calidad.
- Tener en cuenta el manejo de la contaminación que se puede generar y las normas colombianas que rigen este aspecto.
- La identificación de la adherencia a revoques se hace de manera visual y al tacto, pero si recomendado mejorar este ensayo de forma más técnica.
- Se recomienda realizar ensayos de construcción con muros y someterlos a cargas para verificar su comportamiento.
- Es bueno realizar mas ensayos para lograr un valor promedio con mejor confiabilidad en los resultados y menor valor de incertidumbre.

BIBLIOGRAFÍA

- Acoplasticos. (2021). *¿Qué es el PET?*
<https://www.acoplasticos.org/index.php/mnu-pre/opm-bus-pref/36-opc-fag-pre4>
- Arthuz-López, L., & Pérez-Mora, W. (2019). Alternativas De Bajo Impacto Ambiental Para El Reciclaje Del Poliestireno Expandido a Nivel Mundial. *Informador Técnico*, 83(2), 209–219. <https://doi.org/10.23850/22565035.1638>
- Barrenechea, E. P., González, I. I., & Croce, I. C. (2015). *ESTUDIO DE MERCADO : MATERIALES RECICLABLES*. 62.
- Basurto., ing. D. (2021). *MECÁNICA DE SUELOS GRANULOMETRÍA DE SUELOS - PDF Free Download*. <https://docplayer.es/45547238-Mecanica-de-suelos-granulometria-de-suelos.html>
- Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2009). Introducción: El concepto de esfuerzo. *Mecánica de Materiales*, 1–45.
- Borri, A., & Corradi, M. (2020). *The Failure of Masonry Walls by Disaggregation and the Masonry Quality Index The Failure of Masonry Walls by Disaggregation and the Masonry Quality Index* (Número October). <https://doi.org/10.3390/heritage3040065>
- Caldas, U. distrital francisco jose de. (2021). *ARENA DE PEÑA CERNIDA - Especificaciones Técnicas para Construcción de Viviendas*. <https://sites.google.com/a/correo.udistrital.edu.co/manualviviendas/3-especificaciones-de-materiales/morteros/arena-de-pena-cernida>
- Capote Luna, V. (2011). Tipos de esfuerzos físicos. *Revista digital para profesionales de la enseñanza*, 7–13.
- Castro, G. (2008). MATERIALES Y COMPUESTOS PARA LA INDUSTRIA DEL NEUMATICO. *Diciembre*, 1–57. http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Materiales_y_Compuestos_para_la_Industria_del_Neumatico.pdf
- Colombia, C. de la republica de. (2019). *Proyecto de ley reducción de la producción y el consumo, de los plásticos*. 15–16. http://www.ghbook.ir/index.php?name=فرهنگ و رسانه های نوین&option=com_dbook&task=readonline&book_id=13650&page=73&chkhashk=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component
- Colombia, U. C. de. (2021). *Responsabilidad Social - Universidad Católica De Colombia*. <https://www.ucatolica.edu.co/portal/servicios-comunitarios/responsabilidad-social/>
- Fataniya, R., Maaze, R., & Kapadiya, K. (2018). *Experimental investigations of*
-

-
- concrete masonry units with Plastic bottles cores and PET Fibres Experimental Investigation of Concrete Masonry Units with Plastic Bottle Cores and PET Fibers. July 2015, 1–5.*
- Ferrex. (2021). *Arena para construcción | Materiales para construcción.* <https://www.materialesparaconstruccion.com.mx/productos/agregados/arena/>
- FLORES, D. F. S. (2017). *Degradación de materiales plásticos “PET” (polyethylene terephthalate), como alternativa para su gestión.* 71.
- Gaggino, R. (2008). *LADRILLOS Y PLACAS PREFABRICADAS CON PLÁSTICOS RECICLADOS APTOS PARA LA AUTOCONSTRUCCIÓN.* 23(August 2008), 137–163.
- Garcia, S., & Bracho, N. (2017). *ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ADICION DE RESIDUOS PLASTICOS EN LA FABRICACION DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO.* 2016, 59.
- Garcia, S., Bracho, N., & López, W. (2017). Estudio del efecto de la adición de residuos plásticos en la fabricación de bloques huecos de concreto. *Rev.LatinAm.Metal.Mat.*, 2016, 55–59. <http://www.rlmm.org/ojs/index.php/rlmm/article/view/888>
- Gololo y Toin. (2017). *¿Sabes qué botellas de plástico puedes rellenar?* <https://gololoytoin.com/botellas-de-platico-que-puedes-rellenar-libres-BPA/>
- Greenpeace, U. y M. (2019). Situación actual de Colombia y su impacto en el medio ambiente. *Green Peace*, 14. http://greenpeace.co/pdf/2019/gp_informe_plasticos_colombia_02.pdf
- Ibertest. (2021). *IBERTEST.*
- ICHA.cl – Instituto Chileno del Acero.* (2021). <http://icha.cl/>
- Infraestructura, A. N. de. (2013). Sección 400. *Instituto nacional de vias*, 1–424.
- Maaze, M. R., Fataniya, R., Maaze, R., Kapadiya, K., Vijay, P., Pipalia, F., & Student, P. G. (2015). Experimental investigations of concrete masonry units with Plastic bottles cores and PET Fibres Experimental Investigation of Concrete Masonry Units with Plastic Bottle Cores and PET Fibers. *IJSRD-International Journal for Scientific Research & Development*, 3(July 2015), 2321–0613. <https://www.researchgate.net/publication/326710930>
- Marsiglio, L., Cheng, S., Falk, E., Fugh, A., & Mulvaney, K. (2020). *Comparing the Properties of Polyethylene Terephthalate (PET) Plastic Bricks to Conventional Concrete Masonry Units.* November.
- Ministerio del Medio Ambiente. (1995). Decreto 948 de 1995. Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire. *Decreto*, 1995(41), 57. <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/54->
-

dec_0948_1995.pdf%5Cnhttp://www.fedepanela.org.co/files/DECRETO_948_DE_1995.pdf

MONCAYO, D. C. C. (2018). *ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LADRILLOS FABRICADOS A PARTIR DE PLÁSTICO RECICLADO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN*. UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS FACULTAD INGENIERÍA CIVIL.

Naciones Unidas Cambio Climático. (2021). <https://un.org/es/climatechange>

Nathaly, R., Ram, F., & Javier, A. P. (2019). *Ladrillos de plástico reciclado para*. Universidad Católica de Cuenca.

NSR-10, R. C. de construcción sismo resistente. (2012). NSR-10. NSR-10.

NTC-2240. (2003). *NTC-2240 INCONTEC* (Vol. 3).

NTC-296. (2000). NTC 296. Dimensiones modulares de unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos. *Norma Técnica Colombiana-4017*, 1–4.

NTC-673. (2010). *ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO -CONTEC - Instituto Colombiano de Normas Técnicas*. 571.

NTC 4205. (2000). NTC 4205. Ingeniería civil y arquitectura. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos. *Norma Técnica Colombiana-4205*, 14.

Parente, R. A. (2006). *ELEMENTOS ESTRUCTURAIS DE PLÁSTICO RECICLADO*.

Rafael, I., Jesús, D. D. E., & Muriel, H. (2018). *PROYECTO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES CON AGREGADOS DE PLÁSTICO RECICLADO (PET), APLICADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA*. Universidad Católica de Colombia.

RAQUEL., A. A., BLANCO HERNÁNDEZ, C. A., & VASQUEZ VASQUEZ, D. B. (2013). *Introducción a la Teoría de Decisión Estadística*. (Vol. 3). UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

Reciclaire. (2021). *Inicio*. <http://www.reciclaire.com/>

Sostenible, M. de ambiente y desarrollo. (2018). *RES 1407 DE 2018*.

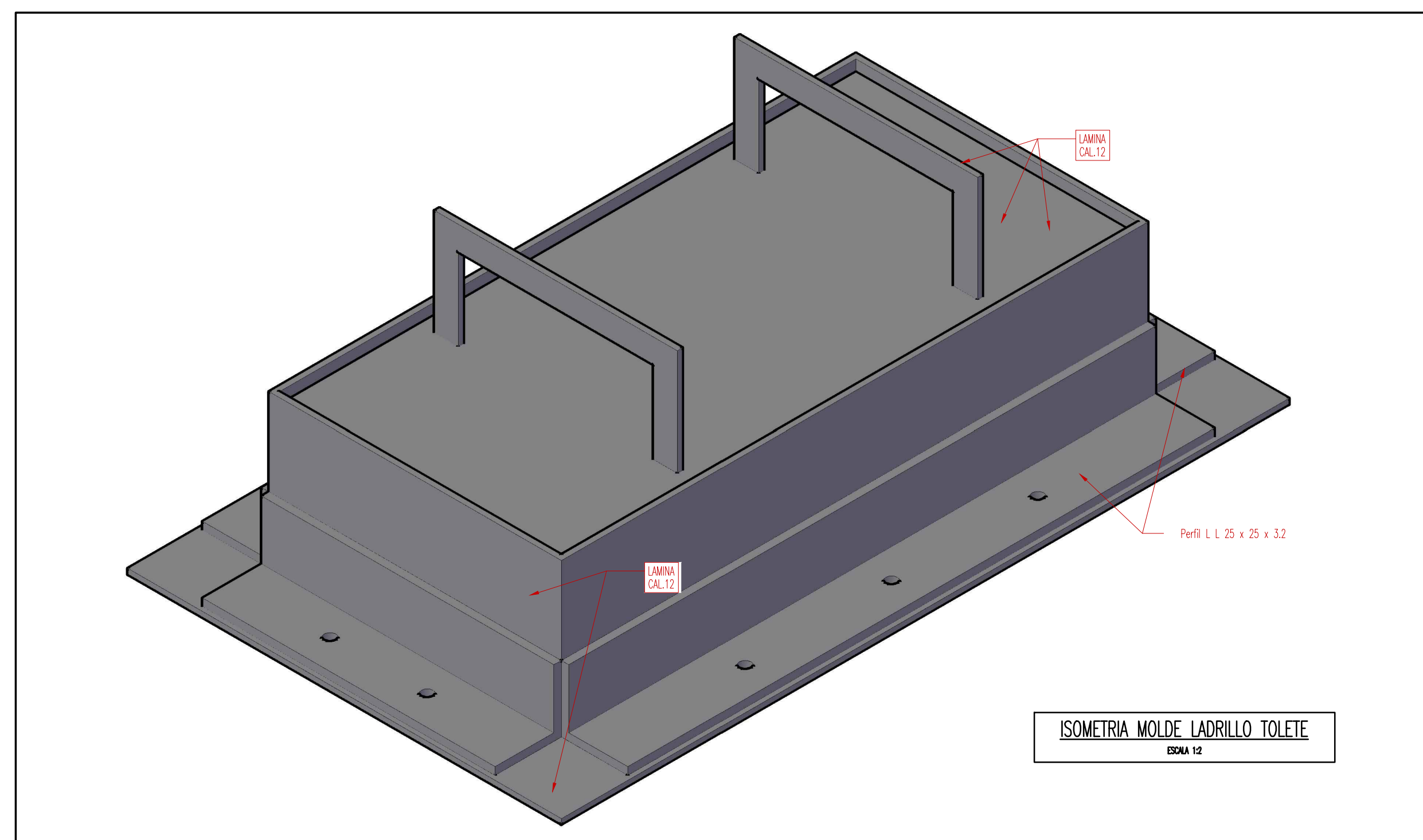
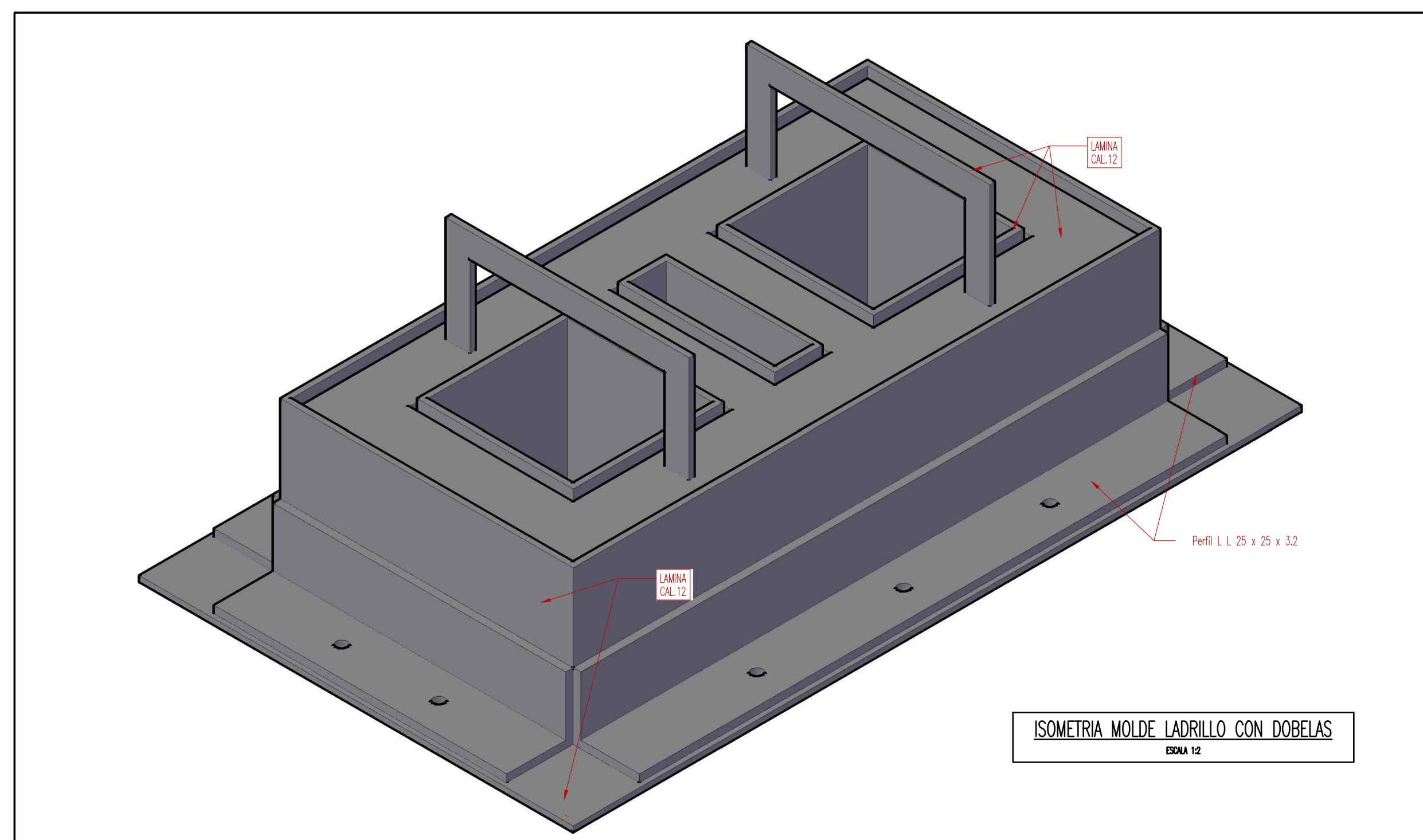
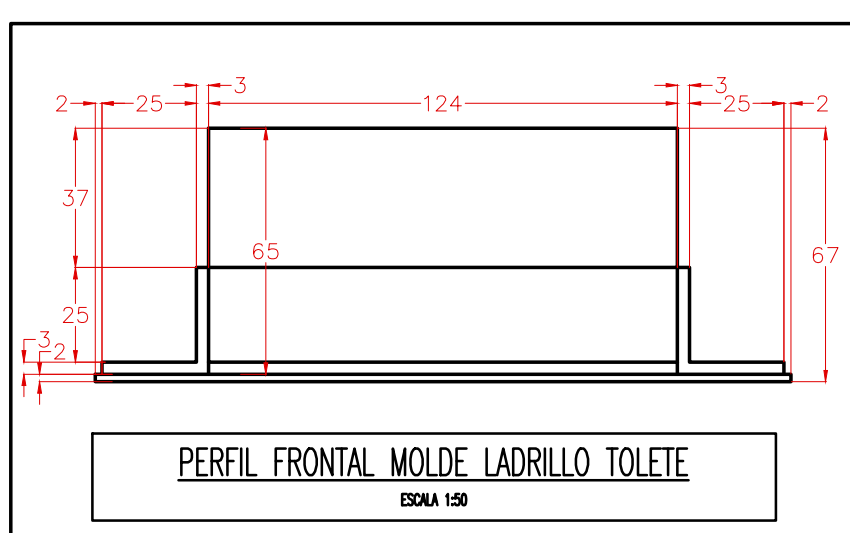
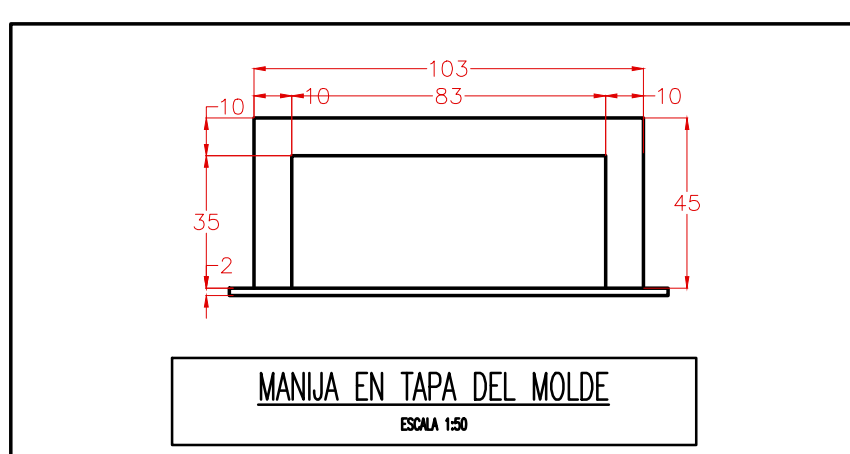
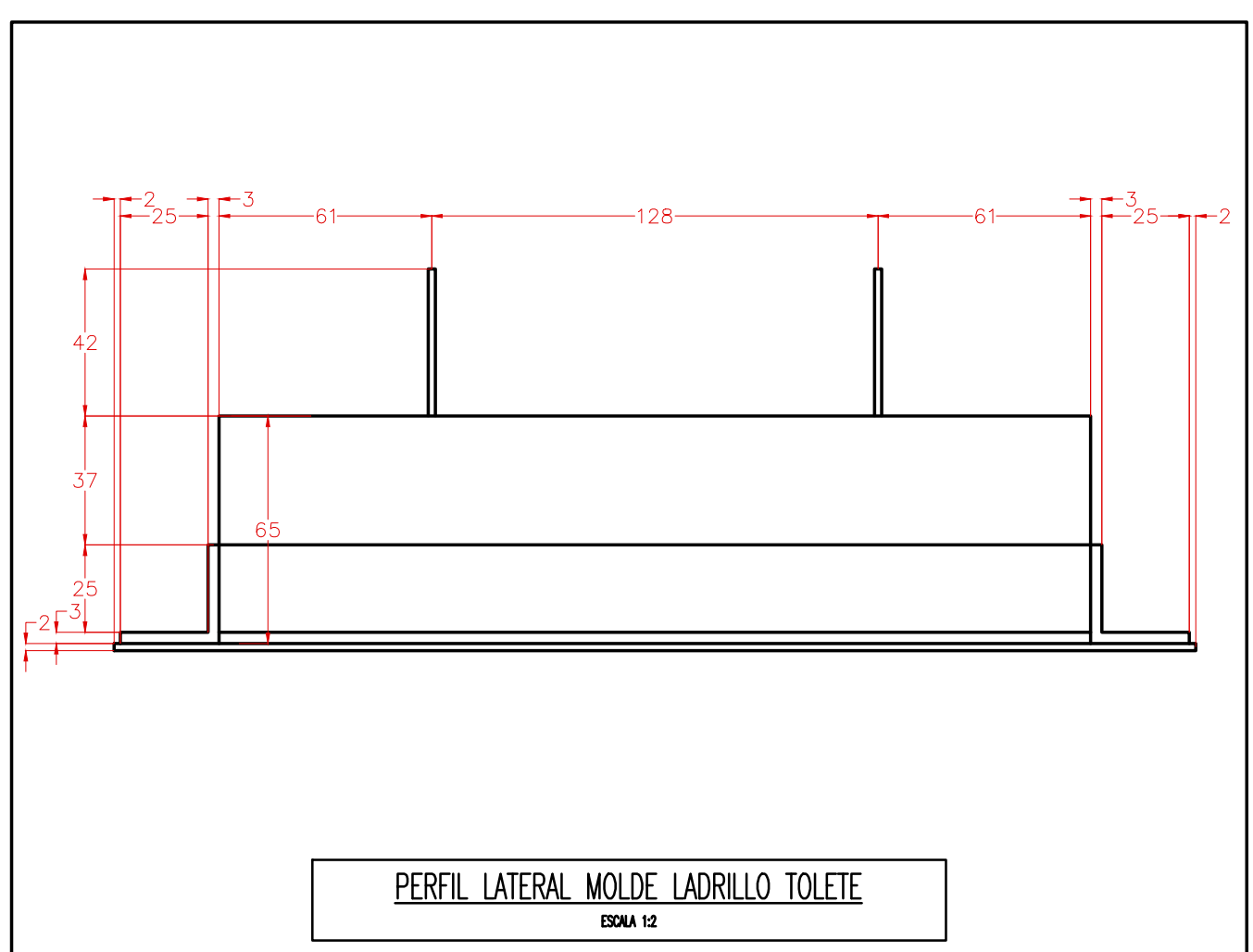
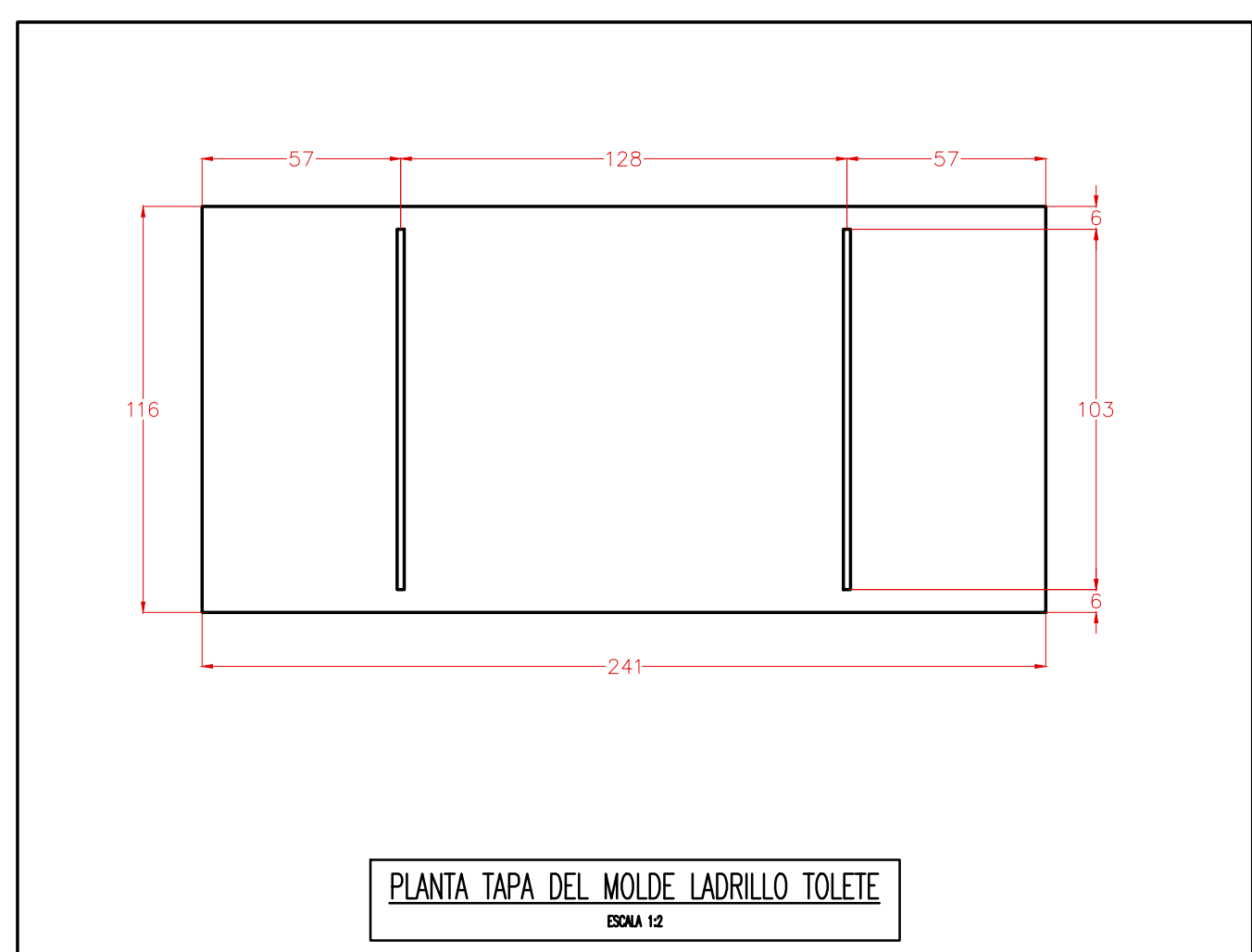
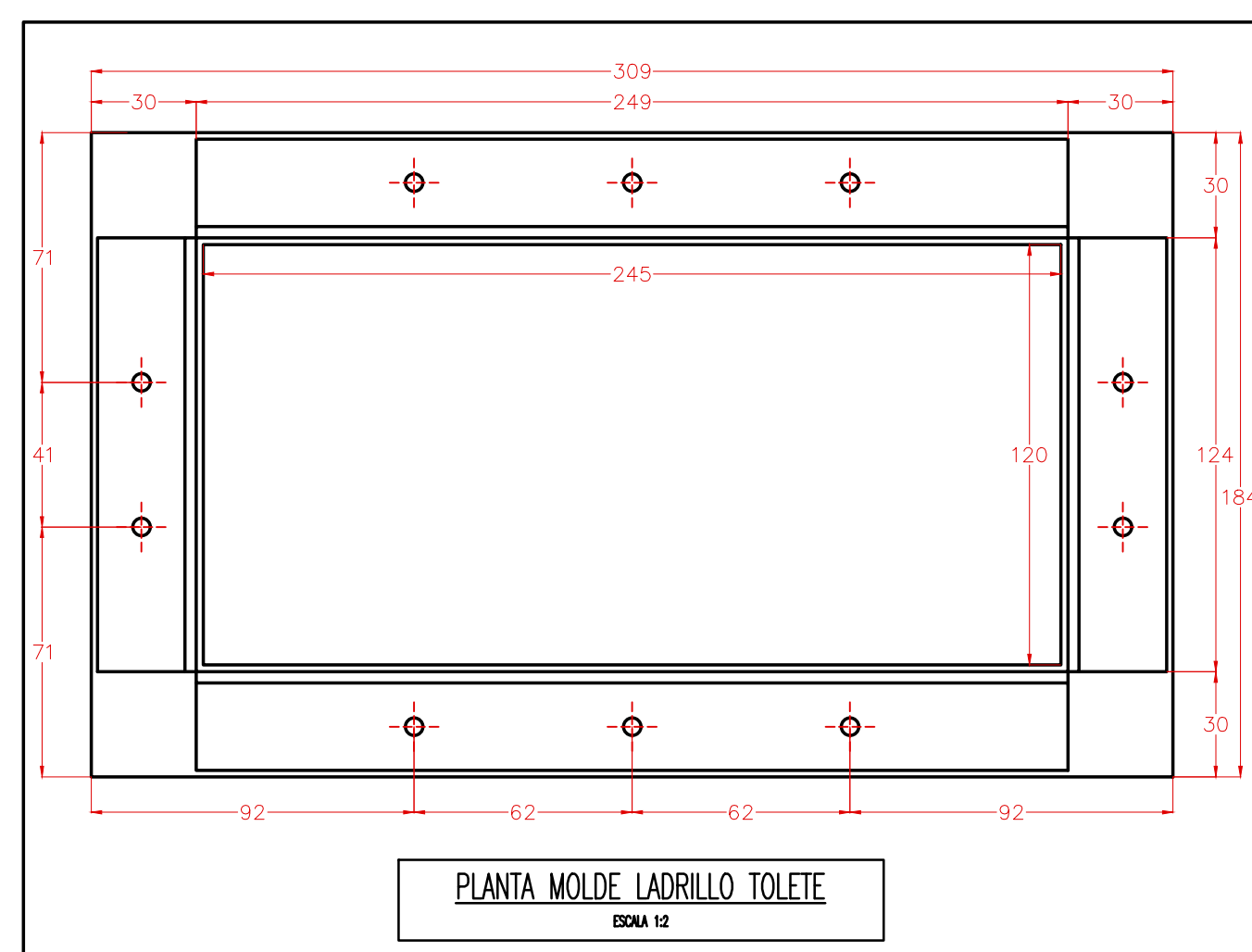
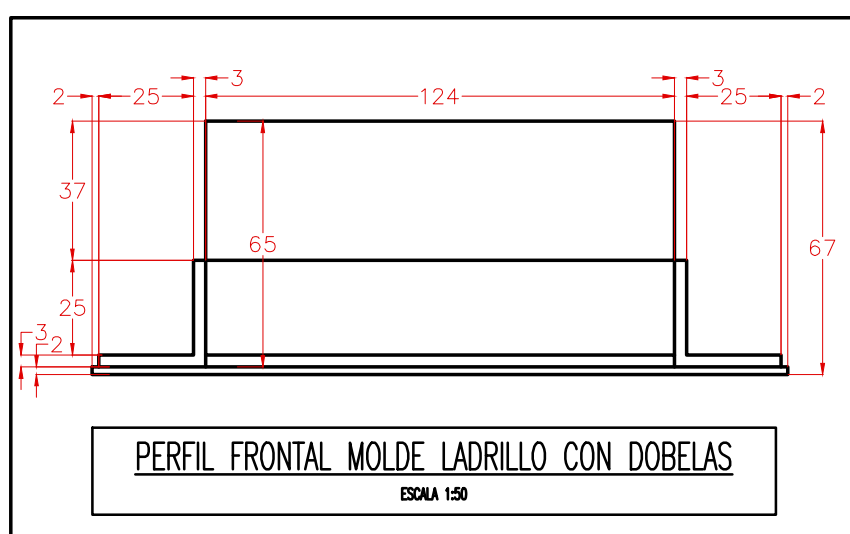
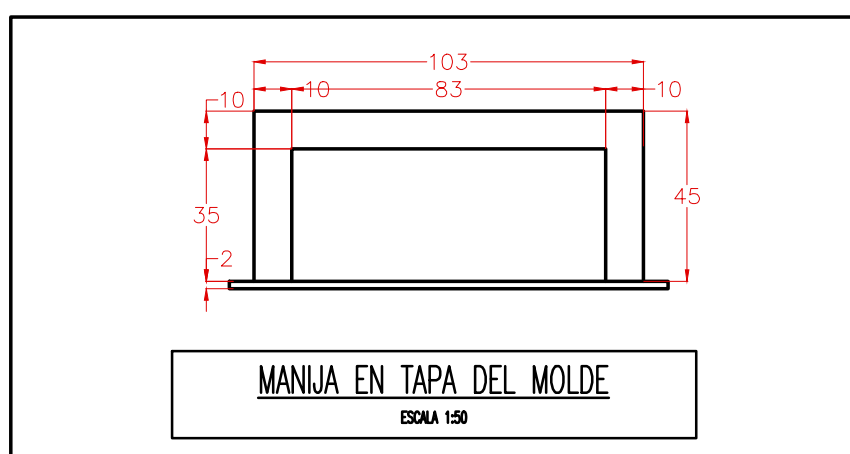
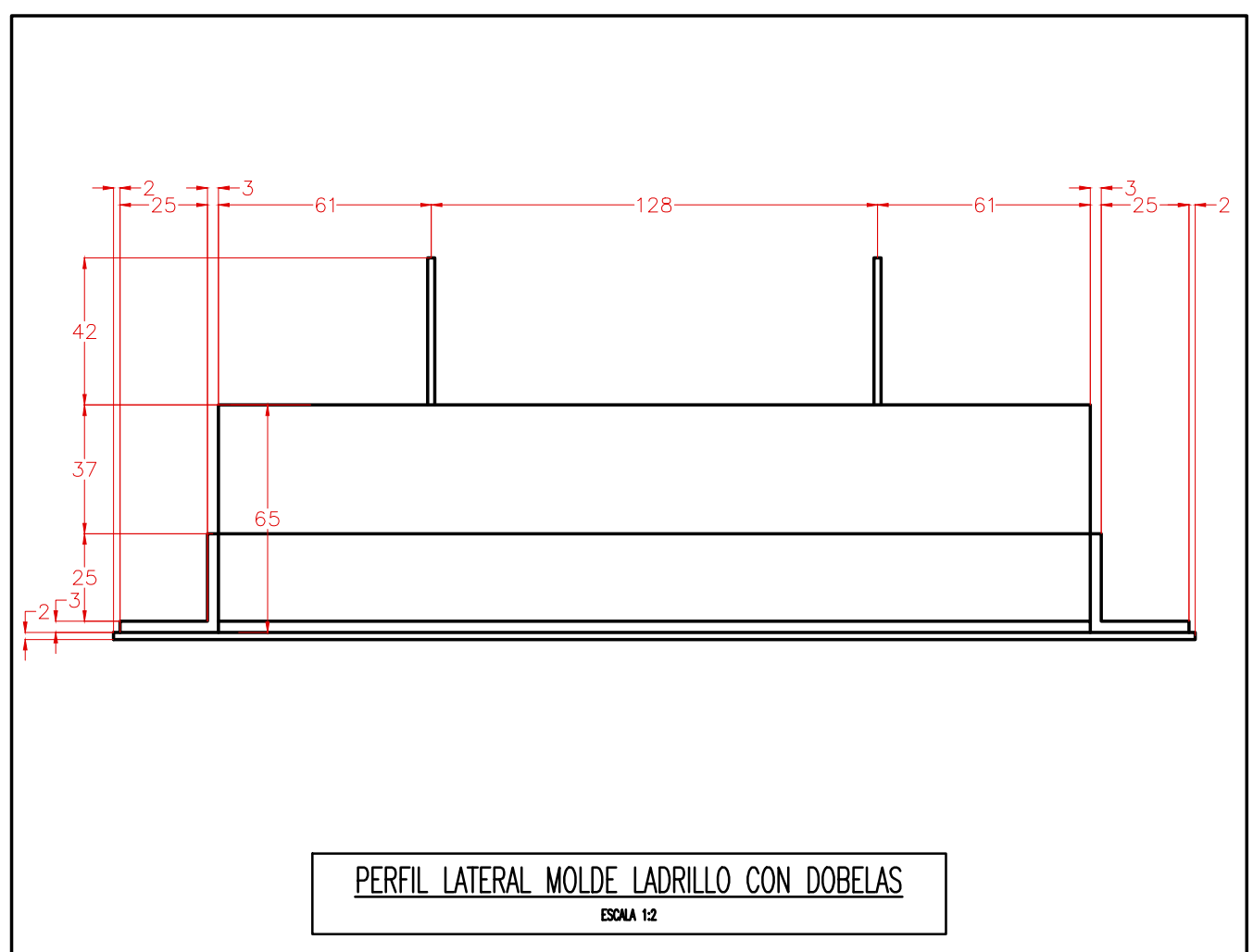
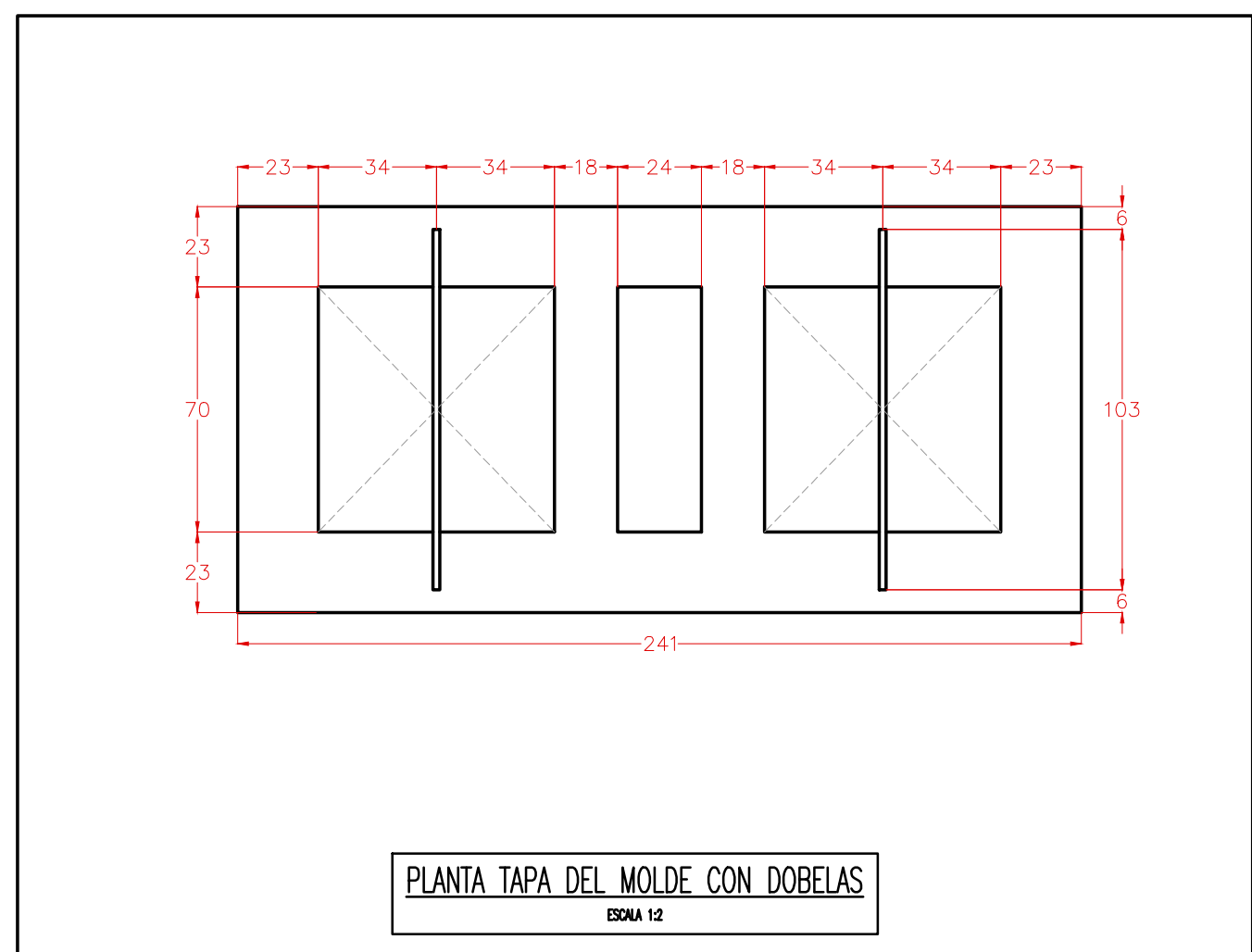
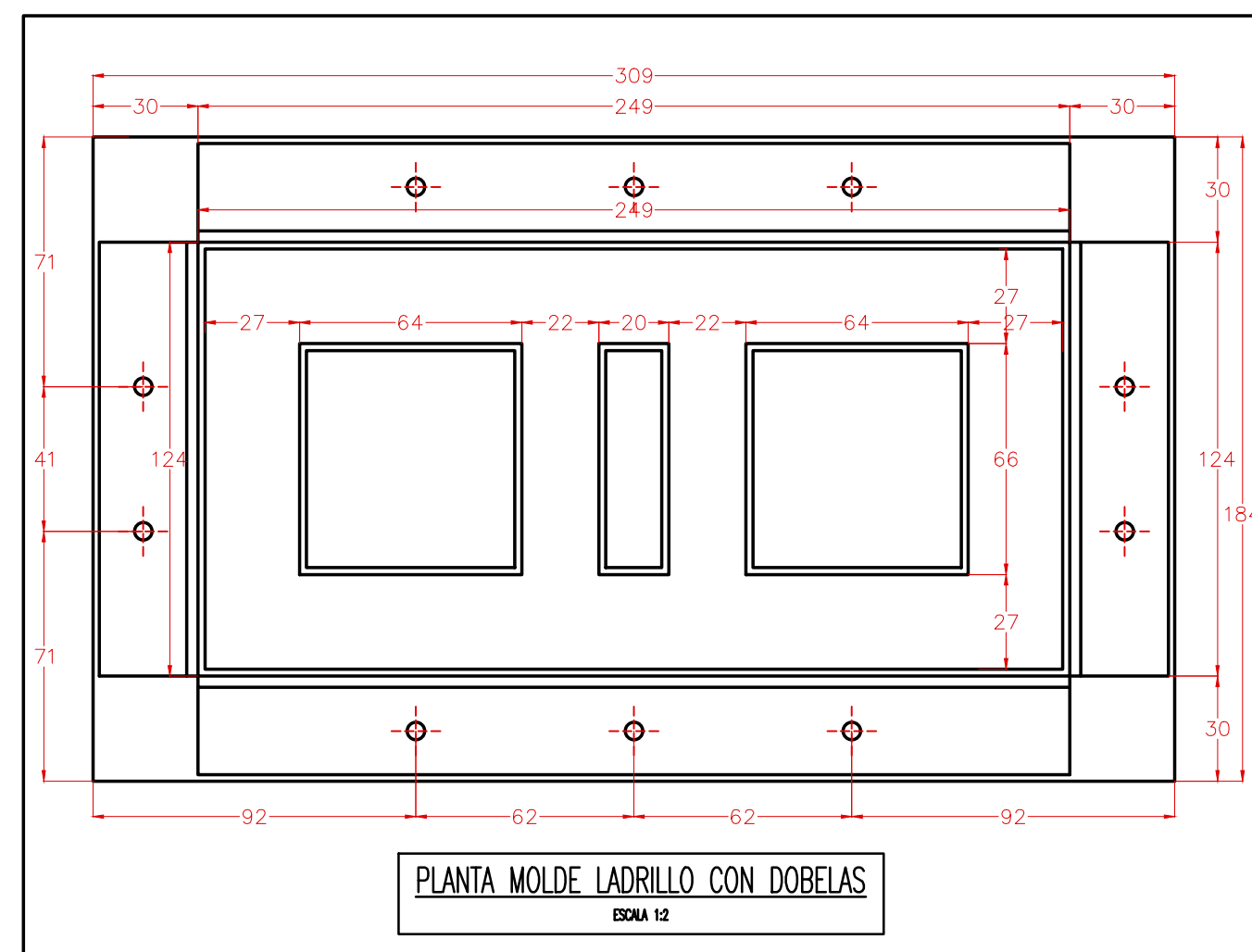
Tabares, C. (2017). ESTUDIO DE ALTERNATIVA AL PROCESO DE RECICLAJE DEL PLÁSTICO PET EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COL. *ESTUDIO DE ALTERNATIVA AL PROCESO DE RECICLAJE DEL PLÁSTICO PET EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COL*, 9(5), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101607><https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2020.02.034><https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cjag.12228>

[Ahttps://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104773](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104773)%0A<https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.04.011>%0A<https://doi.o>

TABARES, C. J. P. (2017). ESTUDIO DE ALTERNATIVA AL PROCESO DE RECICLAJE DEL PLÁSTICO PET EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA. En *Tesis* (Vol. 1, Número 3). Universidad Católica de Colombia.

ANEXOS

ANEXO 1 PLANO DE DESPIECE DE MOLDE.PDF	58
ANEXO 2 PROGRAMACIÓN-TIEMPO-LABORATORIO 090421	79
ANEXO 3 ALMACENAMIENTO-DE-MATERIALES-IYR 090421	79



LOCALIZACION

NOTAS

PLANOS DE REFERENCIA

No.	PLANO No.	DESCRIPCION

CONVENCIONES

REV.	FECHA	DESCRIPCION	DIBUJO	DISEÑO	REVISO	APROBO



DISEÑO DE UNIDAD DE MAMPOSTERIA CON MEZCLA DE PLASTICOS RECICLADOS Y OTROS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION DE MUROS EN OBRAS CIVILES.

MOLDES
PLANTA, DETALLES E ISOMETRIAS

NOMBRE		PLANO No. 01 DE 01	
APROBO :	APROBO	FECHA :	ABRIL 2021
REVISO :	REVISO	ESCALA :	ESCALA
DISEÑO :	IEH GRUCON	CODIGO :	
DIBUJO :	DIBUJO	D (A1) 559 Mm X 864 Mm	REV. A

NOMBRE DE LA ASIGNATURA/PROYECTO DE INVESTIGACIÓN/SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO DE GRADO QUE SUSTENTA LA SOLICITUD DE TIEMPO DE LABORATORIO:

DISEÑO DE UNIDAD DE MAMPOSTERIA CON MEZCLA DE PLASTICOS RECICLADOS Y OTROS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION DE MUROS EN OBRAS CIVILES.

IDENTIFICACIÓN DE LOS SOLICITANTES DE TIEMPO DE LABORATORIO:

CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	E-MAIL @ucatolica.edu.co	TELÉFONO
506833	Daniel Parra Triana	dparra33@ucatolica.edu.co	3202109286
506801	Gustavo Alejandro Roa Durán	garoa01@ucatolica.edu.co	3229031152

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDAD(ES) POR TIEMPO DE LABORATORIO SOLICITADO:

ID	HORARIO IDEAL			HORARIO OPCIONAL			ESPACIO SOLICITADO ⁽²⁾ (A-B-C-D-E)	ENSAYO(S) A REALIZAR EN CADA LAPSO
	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO ⁽¹⁾ (HH:MM)	HORA FIN ⁽¹⁾ (HH:MM)	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO ⁽¹⁾ (HH:MM)	HORA FIN ⁽¹⁾ (HH:MM)		
1	14/04/21	7:30 PM	10:00 PM	14/04/21	8:00 PM	10:00 PM	B - C	Ensayo de compresión, ensayo de flexión y exposición a agentes químicos.
2	17/04/21	9:30 am	12:00 pm	17/04/21	10:00 am	12:00 pm	B - C	Ensayo de compresión, ensayo de flexión Y Peso específico - Cond Térmica
3	24/04/21	9:30 am	12:00 pm	24/04/21	10:00 am	12:00 pm	B - C	Ensayo de compresión, ensayo de flexión Absorción - Conductividad eléctrica - resistencia al fuego Comportamiento a agentes químicos.
4								
5								

⁽¹⁾ Cada lapso solicitado será máximo de 2 HORAS por día. Por favor, asistir con puntualidad para mayor optimización del tiempo.

⁽²⁾ A) Mecánica de suelos. B) Concretos. C) Mecánica de Sólidos. D) Análisis de agua. E) Hidráulica

MATERIALES /EQUIPOS/ INSUMOS A USAR	UND	CANT	A CARGO:	
			LAB	USU
Maquina de pruebas de compresion y flexión	1	1	x	
Balanza digita	1	1	X	
Horno	1	1	X	
Beaker 500m	1	1	X	
Termometro	1	1	X	

OBSERVACIONES

Entiendo que debo diligenciar completamente esta solicitud y que su aprobación me obliga a cumplir a cabalidad con el "Reglamento de los laboratorios" de la FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA y a acatar las órdenes que se impartan por parte del personal docente y administrativo. Los elementos de protección personal serán de mi propiedad. También me comprometo con el uso eficiente del horario asignado: asistir, informar la no asistencia (por lo menos con un día hábil de anticipación).

FIRMAS



SOLICITANTE 1



SOLICITANTE 2

SOLICITANTE 3

SOLICITANTE 4


SOLICITANTE 5



DOCENTE / TUTOR ENCARGADO

COORDINADOR DE LABORATORIOS

Recuerde enviar la imagen del formato totalmente diligenciado a labscivil@ucatolica.edu.co

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIOS	ALMACENAMIENTO DE MATERIALES (INGRESO Y RETIRO)	Código: F 053 LI 101 01 Agosto/18
---	---	--------------------------------------

IDENTIFICACIÓN DE LOS RESPONSABLES DE MATERIALES EN EL LABORATORIO:		
CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	E-MAIL @ucatolica.edu.co
506833	Daniel Parra Triana	dparra3@ucatolica.edu.co
506801	Gustavo Alejandro Roa Duran	gaoa01@ucatolica.edu.co

ASIGNATURA: Trabajo de grado	DOCENTE: Juan Carlos Ruge	FECHA Y HORA DE INGRESO: 14/04/2021 8:00pm	FECHA Y HORA DE RETIRO: 14/04/2021 10:00pm
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: Probetas de mezcla de plastico Ladrillos de mamposteria	CANTIDAD (UNIDAD): 9 unidades 4 unidades	TÉCNICO LAB (INGRESO):	TÉCNICO LAB (RETIRO):
OBSERVACIONES:			

Retirar los materiales ingresados es deber del estudiante. El no hacerlo, implica restricción en la generación de PAZ Y SALVO a final de semestre.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIOS	ALMACENAMIENTO DE MATERIALES (INGRESO Y RETIRO)	Código: F 053 LI 101 01 Agosto/18
--	---	--------------------------------------

IDENTIFICACIÓN DE LOS RESPONSABLES DE MATERIALES EN EL LABORATORIO:		
CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	E-MAIL @ucatolica.edu.co

ASIGNATURA:	DOCENTE:	FECHA Y HORA DE INGRESO:	FECHA Y HORA DE RETIRO:
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	CANTIDAD (UNIDAD):	TÉCNICO LAB (INGRESO):	TÉCNICO LAB (RETIRO):
OBSERVACIONES:			

Retirar los materiales ingresados es deber del estudiante. El no hacerlo, implica restricción en la generación de PAZ Y SALVO a final de semestre.