

PROYECTO FINAL:

**“IDENTIFICACIÓN DE MAMPUESTOS
SUSTENTABLES, ECOLÓGICOS Y
PORTANTES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
MUROS RESISTENTES A LA ACCIÓN
SÍSMICA”**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

FACULTAD REGIONAL MENDOZA

GRUPO 5

MENDEZ FRANCO

NUÑEZ MIGUEL

GALLELLI AGUSTINA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
3. ESTADO ACTUAL DE CONOCIMIENTO DEL TEMA	11
4. GRADO DE AVANCE	14
5. OBJETIVOS.....	15
5.1. Objetivos principales	15
5.2. Objetivos secundarios.....	15
6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
7. DESCRIPCION DE LA METODOLOGÍA.....	16
8. ANTECEDENTES	17
8.1. Investigación a nivel internacional	17
8.2. Investigación a nivel nacional.....	19
8.3. Investigación a nivel local.....	20
8.3.1. Punto limpio Junín	21
8.3.1.1. Inicio del programa “GENTE CON ENERGÍA”:	23
Mejoras del ladrillo:	25
8.3.2. Sondeo a nivel local	27
8.3.2.1. Resultados.....	30
9. RECICLAJE	31
10. FABRICACIÓN DE LADRILLO COCIDO	32
11. MATERIAS PRIMA	34
11.1. Plásticos.....	34
11.1.1. Características de los plásticos:.....	34
11.2. Polímeros.....	34
11.2.1. Clasificación de los plásticos que se pueden reciclar:.....	35
11.2.2. Desventajas del reciclado de plástico	35
11.2.3. Estudio del plástico polietileno tereftalato (PET)	36
11.2.3.1. ¿Qué es un PET?	36
11.2.3.2. El PET como material	36
11.2.3.3. ¿De dónde podemos obtener el PET para reciclar?.....	37
11.2.3.4. ¿Cuáles son las características físicas del plástico PET?	37

11.2.3.5.	¿Cuáles son las aplicaciones del PET?.....	37
11.2.3.6.	Propiedades del PET como producto.....	38
11.2.3.7.	Otras propiedades.....	38
11.2.3.8.	Propiedades físicas y químicas del PET.....	38
11.2.3.9.	Características del PET.....	38
11.2.3.10.	Resistencia a sustancias químicas del PET.....	39
11.2.3.11.	Grado de contaminación admisible de los materiales.....	39
11.3.	Vidrio.....	40
11.3.1.	El vidrio como material.....	40
11.3.2.	Composición del vidrio.....	40
11.3.3.	Características mecánicas.....	41
11.3.4.	Características térmicas.....	42
11.3.5.	Características químicas.....	43
11.3.6.	Vidrio como material reciclable.....	43
11.4.	Cemento.....	44
11.4.1.	El cemento como material.....	44
11.4.2.	Componentes principales del cemento.....	44
11.4.3.	Clasificación de los cementos portland.....	45
11.4.4.	Propiedades del cemento.....	46
11.4.4.1.	Físicas.....	46
11.4.4.2.	Mecánicas.....	49
11.4.4.3.	Químicas.....	50
11.4.5.	Características del concreto.....	50
11.4.6.	Propiedades de productos elaborados con cemento.....	51
11.5.	Agregados.....	52
11.5.1.	Agregado grueso.....	52
11.5.2.	Agregado fino.....	53
11.6.	Agua.....	54
12.	ESTUDIO SOBRE EL PROCESO DE FABRICACIÓN E INNOVACIONES.....	55
12.1.1.	Proceso de reciclado mecánico.....	55
12.1.2.	Procedimiento de elaboración.....	57

13. REGLAMENTACIÓN.....	57
13.1. Reglamento CIRSOC 501 2007	57
13.2. Código sismorresistente del año 87	58
13.3. Reglamento CIRSOC 103- PARTE III. (2018).....	59
14. ENSAYOS EXPERIMENTALES NORMALIZADOS	62
14.1. Normas IRAM.....	62
14.2. Propiedades físicas de los ladrillos.....	62
14.2.1. Determinación de las dimensiones.....	62
14.2.2. Porosidad y absorción	62
14.2.2.1. Ensayo de inmersión durante 24 horas	62
14.2.2.2. Ensayo de ebullición durante 5 horas	63
14.3. Propiedades mecánicas de los ladrillos.....	63
14.3.1. Resistencia a la flexión	63
14.3.2. Resistencia a la compresión.....	63
15. PROPUESTAS CUALITATIVAS DEL MAMPUESTO Y ALTERNATIVAS	64
15.1. Alternativas.....	64
15.2. Alternativa seleccionada.....	64
16. PROYECTO EJECUTIVO PARA LA FABRICACIÓN DEL NUEVO MAMPUESTO	65
17. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DE UN MAMPUESTO	65
18. FABRICACIÓN DEL MAMPUESTO/BLOQUE EN LABORATORIO	66
18.1. Fabricación de molde.....	66
18.2. Fabricación de mampuesto.....	67
19. ENSAYOS EXPERIMENTALES REALIZADOS SOBRE EL MAMPUESTO/BLOQUE	74
19.1. Ensayos sobre mampuestos de Punto Limpio Junín.....	74
19.1.1. Ensayo de Características Geométricas.....	75
19.1.2. Ensayo de Densidad.....	76
19.1.3. Ensayo de absorción en frío	80
19.1.4. Ensayo de absorción en caliente	81
19.1.5. Ensayo de flexión	82
19.1.6. Ensayo de compresión	85
19.2. Ensayos sobre mampuestos confeccionados por nosotros	90

19.2.1.	Ensayo de Características Geométricas.....	91
19.2.2.	Ensayo de Densidad.....	92
19.2.3.	Ensayo de absorción en frio	96
19.2.4.	Ensayo de absorción en caliente	97
19.2.5.	Ensayo de flexión	101
19.2.6.	Ensayo de compresión	103
20.	ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS QUE PRODUCIRÍA DISPONER DEL MAMPUESTO EN ESTUDIO	107
21.	CONCLUSIONES.....	107
22.	BIBLIOGRAFIA	107
	ANEXOS.....	109
	ANEXO I – PLANOS MOLDE.....	109

PALABRAS CLAVE: MAMPUESTOS SUSTENTABLES
MAMPOSTERÍA ECOLÓGICA
MAMPOSTERÍA PORTANTE SISMORRESISTENTE

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: PRIMER VIVIENDA ECO SUSTENTABLE REALIZADA EN JUNÍN	21
FIGURA 2: UBICACIÓN PUNTO LIMPIO JUNÍN	22
FIGURA 3: SEDE PUNTO LIMPIO JUNÍN	22
FIGURA 4: SEDE PUNTO LIMPIO JUNÍN	23
FIGURA 5: LADRILLOS ECOLÓGICOS REALIZADOS EN JUNÍN	24
FIGURA 6: PET MOLIDO PARA CONFECCIÓN DE LADRILLOS	24
FIGURA 7: LADRILLOS FRAGUANDO	24
FIGURA 8: MURETE DE LADRILLOS ECOLÓGICOS	24
FIGURA 9: PUNTOS LIMPIOS UBICADOS EN LA CIUDAD.....	25
FIGURA 10: OTROS ELEMENTOS FABRICADOS EN PUNTO LIMPIO JUNÍN.....	26
FIGURA 11: GRÁFICOS ENCUESTAS	30
FIGURA 12: PALETIZADO DE BOTELLAS	56
FIGURA 13: BOLSAS DE ACOPIO DE PET MOLIDO.....	57
FIGURA 14: MOLDE PARA CONFECCIÓN DE MAMPUESTOS	67
FIGURA 15: MATERIALES PARA CONFECCIÓN MAMPUESTOS	68
FIGURA 16: PESAJE MATERIALES.....	68
FIGURA 17: MEZCLADO DE MATERIALES.....	68
FIGURA 18: ACEITADO DEL MOLDE	69
FIGURA 19: LLENADO DE MOLDE	70
FIGURA 20: MOLDE LISTO PARA COMPACTAR.....	70
FIGURA 21: COMPRESIÓN DE MEZCLA.....	70
FIGURA 22: DESMOLDE MAMPUESTO	71
FIGURA 23: DESMOLDE MAMPUESTO	72
FIGURA 24: MAMPUESTOS.....	72
FIGURA 25: SECTOR DE FRAGUADO	73
FIGURA 26: COLOCACIÓN DE MAMPUESTOS EN TACHOS PARA CURADO	73
FIGURA 27: MAMPUESTOS EN PROCESO DE CURADO.....	73
FIGURA 28: MAMPUESTOS HÚMEDOS LISTOS.....	74
FIGURA 29: MAMPUESTOS SECOS LISTOS PARA ENSAYAR	74
FIGURA 30: NUMERACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS Y POSTERIOR ORDEN DE LAS MISMAS	75
FIGURA 31: MEDICIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LOS MAMPUESTOS	75
FIGURA 32: HORNO PARA SECADO DE MUESTRAS	77
FIGURA 33: VERIFICACIÓN DE MASA CONSTANTE DE LAS MUESTRAS	77
FIGURA 34: MUESTRAS SUMERGIDAS EN AGUA FRÍA.....	77
FIGURA 35: MUESTRA ESCURRIÉNDOSE.....	78
FIGURA 36: OBTENCIÓN DE LA MASA SATURADA.....	78
FIGURA 37: OBTENCIÓN DE LA MASA SUMERGIDA	78
FIGURA 38: PESAJE A MASA CONSTANTE.....	81
FIGURA 39: MAMPUESTOS SUMERGIDOS HIRVIENDO EN AGUA	81
FIGURA 40: OBTENCIÓN DE LA MASA SATURADA.....	81
FIGURA 41: SEÑALIZACIÓN DE LOS SECTORES DE APOYO PARA ENSAYO	83
FIGURA 42: PREPARACIÓN DE MUESTRA EN MÁQUINA UNIVERSAL	83
FIGURA 43: POSICIONAMIENTO DE MAQUINA	83
FIGURA 44: REALIZACIÓN DEL ENSAYO	84

FIGURA 45: FINALIZACIÓN DE ENSAYO Y REGISTRO DE RESULTADOS	84
FIGURA 46: EMPAREJADO DE BORDES SOBRE MITADES PROVENIENTES DEL ENSAYO DE FLEXIÓN	86
FIGURA 47: IDENTIFICACIÓN DE MITADES	86
FIGURA 48: CRISOL CON AZUFRE	87
FIGURA 49: MOLDE	87
FIGURA 50: LLENADO DE MOLDE CON AZUFRE	87
FIGURA 51: COLOCACIÓN DEL LADRILLO Y AUMENTO DE ESPESOR DE AZUFRE	87
FIGURA 52: ENFRIADO DE AZUFRE	88
FIGURA 53: DESMOLDE	88
FIGURA 54: REPETICIÓN DEL PROCESO EN CARA OPUESTA	88
FIGURA 55: LADRILLOS ENCABEZADOS	88
FIGURA 56: MÁQUINA DE COMPRESIÓN	89
FIGURA 57: LADRILLOS ENSAYADOS.....	89
FIGURA 58: MAMPUESTOS IDENTIFICADOS	90
FIGURA 59: MAMPUESTOS IDENTIFICADOS	91
FIGURA 60: HORNO PARA SECADO DE MUESTRAS	93
FIGURA 61: VERIFICACIÓN DE MASA CONSTANTE DE LAS MUESTRAS	93
FIGURA 62: MUESTRAS SUMERGIDAS EN AGUA FRÍA.....	93
FIGURA 63: MUESTRA SECADA CON PAÑO	94
FIGURA 64: OBTENCIÓN DE LA MASA SATURADA.....	94
FIGURA 65: OBTENCIÓN DE LA MASA SUMERGIDA	94
FIGURA 66: HORNO PARA OBTENER MASA CONSTANTE	98
FIGURA 67: MAMPUESTOS ENVUELTOS EN FILM	98
FIGURA 68: MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS – FLEXIÓN	101
FIGURA 69: MAMPUESTOS CON 45% PET LUEGO DE ENSAYO DE FLEXIÓN.....	103
FIGURA 70: ENCABEZADO DE MAMPUESTOS	104
FIGURA 71: MAMPUESTOS ENCABEZADOS Y ENUMERADOS	105
FIGURA 72: PRENSA - ENSAYO COMPRESIÓN	105

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: INVESTIGACIÓN A NIVEL INTERNACIONAL.....	19
TABLA 2: COMPARACIÓN CASA IPV/CASA IMV	27
TABLA 3: IDENTIFICACIÓN RESINAS PLÁSTICAS.....	35
TABLA 4: PRODUCTOS A BASE DE POLIETILENO TEREFALATO	37
TABLA 5: DATOS TÉCNICOS DEL PET.....	38
TABLA 6: RESISTENCIA DEL PET A SUSTANCIAS QUÍMICAS	39
TABLA 7: PROPIEDADES DE PRODUCTOS ELABORADOS CON CEMENTO.....	52
TABLA 8: FACTOR DE CORRELACIÓN ENTRE F`M Y F`U	61
TABLA 9: VALORES DE F`M EN FUNCIÓN DE LOS TIPOS DE MAMPUESTOS Y MORTEROS TIPIFICADOS, REFERIDOS AL ÁREA BRUTA.	61
TABLA 10: DOSIFICACIONES DEL MORTERO PARA CONFECCIONAR LADRILLO.....	65
TABLA 11: PRESUPUESTO PARA CONFECCIÓN DE LADRILLOS.....	66
TABLA 12: ENSAYO DIMENSIONES GEOMÉTRICAS (MUESTRA CON ARENA)	76
TABLA 13: ENSAYO DIMENSIONES GEOMÉTRICAS (MUESTRA CON GRANZA).....	76
TABLA 14: RESULTADOS ENSAYO DE DENSIDAD (MUESTRA CON ARENA)	79
TABLA 15: RESULTADOS ENSAYO DE DENSIDAD (MUESTRA CON GRANZA)	79
TABLA 16: RESULTADOS ENSAYO DE ABSORCIÓN EN FRIO (MUESTRA CON ARENA)	80
TABLA 17: RESULTADOS ENSAYO DE ABSORCIÓN EN FRIO (MUESTRA CON GRANZA).....	80
TABLA 18: RESULTADOS ENSAYO DE ABSORCIÓN EN CALIENTE (MUESTRA CON ARENA)	82
TABLA 19: RESULTADOS ENSAYO DE ABSORCIÓN EN CALIENTE (MUESTRA CON GRANZA).....	82
TABLA 20: RESULTADOS ENSAYO DE FLEXIÓN (MUESTRA CON ARENA).....	85
TABLA 21: RESULTADOS ENSAYO DE FLEXIÓN (MUESTRA CON GRANZA)	85
TABLA 22: RESULTADOS ENSAYO DE COMPRESIÓN (MUESTRA CON ARENA).....	89
TABLA 23: TABLA 23: RESULTADOS ENSAYO DE COMPRESIÓN (MUESTRA CON GRANZA)	90
TABLA 24: CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS (MAMPUESTO 25% PET)	91
TABLA 25: CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS (MAMPUESTO 35% PET)	92
TABLA 26: CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS (MAMPUESTO 45% PET)	92
TABLA 27: DENSIDAD (MAMPUESTO CON 25% PET)	95
TABLA 28: DENSIDAD (MAMPUESTO CON 35% PET)	95
TABLA 29: DENSIDAD (MAMPUESTO CON 45% PET)	96
TABLA 30: ENSAYO ABSORCIÓN EN FRIO (MAMPUESTOS CON 25% PET)	96
TABLA 31: ENSAYO ABSORCIÓN EN FRIO (MAMPUESTOS CON 35% PET)	97
TABLA 32: ENSAYO ABSORCIÓN EN FRIO (MAMPUESTOS CON 45% PET)	97
TABLA 33: ENSAYO ABSORCIÓN EN CALIENTE (MAMPUESTOS CON 25% PET)	99
TABLA 34: ENSAYO ABSORCIÓN EN CALIENTE (MAMPUESTOS CON 35% PET)	100
TABLA 35: ENSAYO ABSORCIÓN EN CALIENTE (MAMPUESTOS CON 45% PET)	100
TABLA 36: ENSAYO FLEXIÓN (MAMPUESTOS 25% PET)	102
TABLA 37: ENSAYO FLEXIÓN (MAMPUESTOS 35% PET)	102
TABLA 38: ENSAYO FLEXIÓN (MAMPUESTOS 45% PET)	103
TABLA 39: ENSAYO COMPRESIÓN (MAMPUESTOS 25% PET)	106
TABLA 40: ENSAYO COMPRESIÓN (MAMPUESTOS 35% PET)	106

1. INTRODUCCIÓN

Mendoza es la provincia con mayor densidad de población de la región Centro Oeste de Argentina. Es allí, por ende, donde la cantidad de construcciones edilicias es más elevada. Se destaca que este lugar posee una característica muy especial, es una zona de elevado riesgo sísmico y también la mayoría de estas construcciones son de baja altura, esto ocurre debido a políticas nacionales, provinciales y municipales que proyectan las soluciones habitacionales para viviendas de uno a tres niveles. Por otra parte, existen normativas municipales que restringen la altura de los edificios

según distintas situaciones, generalmente por su ubicación, que, además de valorar la intención normativa, atiende a la necesidad de proteger varios aspectos del oasis que es Mendoza. Se considera que un desarrollo es sustentable, o sostenible como se lo denomina en Europa, cuando satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las generaciones futuras con un uso racional de los recursos naturales. Para cumplir con este desarrollo, la industria de la construcción se debe replantear varios aspectos que ella involucra, comenzando por la utilización de los materiales que utiliza, para satisfacer, en la mayor medida posible, que el desarrollo sea sustentable. Aunque en las últimas décadas el calentamiento global ha tomado gran repercusión por los problemas que acarrea, en especial, la industria de la construcción, ha recibido mucha atención para superar los retos que esto conlleva, destinando muchos recursos en investigaciones para mejorar y solucionar en mayor medida los términos de sustentabilidad. En este aspecto se le ha dado mucha atención a la conservación de los recursos naturales del planeta, el interés de disminuir la contaminación excesiva del medio ambiente, ya sea utilizando energías alternativas como también el manejo de una cantidad excesiva de materiales tóxicos y de desecho, inspirando la reutilización de estos. Ya se está observando en la vida cotidiana y a nivel mundial que se están utilizando desde bolsas ecológicas en los supermercados hasta la fabricación de automóviles eléctricos, aunque estos últimos pueden acarrear en un futuro no muy lejano, el problema de los desechos de materiales muy contaminantes debido a los elementos que necesitan para la acumulación de la energía (baterías). Al ejecutarse construcciones de baja altura, y por ser una zona de elevado riesgo sísmico, una de las estructuras verticales estructurales sismorresistentes son los muros de mampostería, los cuales se construyen, generalmente, con ladrillos cerámicos macizos de construcción artesanal, los que, por poseer dimensiones distintas a los normales, se los denomina ladrillones. Estos elementos, que forman especial parte en la construcción, se utilizan ya sea como un elemento estructural, como ya se lo mencionó, o simplemente como de cerramientos. La mayor parte de la elaboración de estos ladrillos se realiza en el distrito de El Borbollón y en zonas aledañas. Son elaborados con suelos arcillosos que se encuentran en estos lugares, dentro de la zona del Gran Mendoza, originando un mal uso del suelo, deteriorándolo, afectándolo de manera irreversible, provocando entonces un uso no sustentable del mismo.

Además, al extraer el suelo para su utilización se genera gran cantidad de excavaciones de grandes dimensiones, hasta tanto el material arcilloso se termine. Es de gran importancia que las personas que trabajan en la elaboración de este tipo de mampuesto no pierdan su fuente de trabajo, sino que la reemplacen en la fabricación de un nuevo mampuesto, y en lo posible que se incremente la mano de obra para generar mayor cantidad de puestos de trabajo.

De esta forma se frenaría el deterioro del suelo y con acciones especiales se lo podría recuperar. Otro factor, con características no sustentables es que, en su proceso de fabricación, se utiliza mucha madera, proveniente generalmente de los montes que rodean el gran oasis de Mendoza o bien de provincias cercanas como San Luis y La Pampa, allí también posee gran cantidad de ese material, madera, combustible similar o mejor a la de Mendoza. La quema de esa madera proveniente de campos donde el crecimiento de nuevos árboles o arbustos tiene un periodo muy largo de tiempo, produce una transformación de estas zonas en mucho más desérticas, afectando la fauna que allí habita y, además, de ser una vegetación autóctona que debería estar más protegida. Por lo expresado se da por entendido que, en cuestión ecológica, la quema de esta madera genera una gran cantidad de perjuicios como la generación de material particulado, gases y humo, afectando el aire, lo que favorece e incrementa el tan nocivo efecto invernadero, principalmente en la región de influencia, el Gran Mendoza. Es una cuestión de tradición que las personas que habitan la provincia elijan la utilización de este elemento, el ladrillón, para la construcción en lugar de otros alternativos como lo son aquellos que se utilizan para las construcciones denominadas industrializadas o prefabricadas. Esto ocurre por una cuestión cultural. También, los ingenieros estructuralistas lo eligen porque con ellos se pueden construir estructuras sismorresistentes que poseen menor costo y que, se ha comprobado, tiene una muy buena respuesta ante la acción de los terremotos. Por todos los motivos enunciados en los párrafos anteriores es que en el presente proyecto de investigación se pretende conseguir un ladrillo, mampuesto, que sea mucho más sustentable y ecológico que el anterior descrito, con la condición de que sean portantes, cumpliendo con las normativas vigentes, y que se pueda lograr construir sistemas verticales estructurales sismorresistentes, para que los ingenieros estructuralistas lo puedan elegir como una solución, que sea de gran similitud a aquellos, con la finalidad de que los profesionales del diseño arquitectónico utilicen estos nuevos materiales que además de poseer características estéticas aceptables, logre el cumplimiento de las normativas de habitabilidad, reduciendo en gran medida el consumo energético. También se mejoraría el tema de la permeabilidad, tratando de solucionar una de las mayores patologías en las construcciones. Es un propósito lograr salvar con el nuevo mampuesto la mejora de las características mencionadas y disminuir los costos de este tipo de edificaciones. La metodología que se utilizará es la elaboración de distintos tipos de mampuestos con materiales reciclables y/o con materiales existentes que no provoquen un impacto negativo en términos de sustentabilidad o bien que disminuyan los existentes. Se realizarán los ensayos correspondientes para conocer su respuesta, hasta alcanzar a realizar aquel que cumpla mejor con las características reglamentarias requeridas, objetivo principal de esta investigación. Podrán ser del tipo tradicional, de dimensiones semejantes, rectangulares y utilizando para la construcción del muro un elemento para su asiento y pegado con morteros cementicios o con pegamentos especiales. También pueden ser, similares a los anteriores, pero por encastre del tipo "lego".

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El déficit de vivienda en Argentina y la contaminación ambiental que se genera por la mala o nula disposición final de los residuos plásticos nos han motivado a iniciar esta

investigación que permitirá atacar estas dos problemáticas que aquejan a nuestra sociedad.

Por décadas los materiales constructivos en cuanto a ingeniería y arquitectura se refieren han superado los límites de lo que realmente es esencial y de importancia como lo son el bienestar del ser humano y el respeto por el medio ambiente, pasando a un segundo plano más comercial y de interés personal.

La construcción sin lugar a dudas es uno de los grandes causantes del deterioro del medio ambiente, es entonces cuando observamos con preocupación, cómo podríamos influir o aportar a mejorar las condiciones para los habitantes de nuestro país que carecen de una vivienda digna, o simplemente las condiciones con las que cuentan no son las más favorables. Y, en segundo lugar, una alternativa para minimizar los impactos negativos que se están causando al medio ambiente.

Uno de los causantes de esta contaminación ambiental es la disposición final de residuos, ya que representa gran preocupación para la población, debido a que no hay un manejo consiente y adecuado de los mismos, se debe reducir la generación de estos y reutilizar o reciclar la mayor parte posible, brindando un nuevo servicio para el ser humano a través de prácticas y nuevas tecnologías para el aprovechamiento y/o tratamiento de estos.

La apuesta por brindar nuevas propuestas sobre alternativas sostenibles debe responder a las necesidades de la comunidad y del medio ambiente, la implementación de materiales ecológicos, como son materiales constructivos a partir de reciclaje plástico como materia prima, aportarían a la solución de estos problemas.

3. ESTADO ACTUAL DE CONOCIMIENTO DEL TEMA

Las estructuras que poseen gran cantidad de viviendas son en base a muros de mampostería. De otra manera, tendría que utilizarse en mayor medida el hormigón (concreto).

La industria cementera, con fábricas ubicadas en diferentes partes del mundo, ha invertido en las últimas décadas, recursos muy importantes en investigación y desarrollo, para poder paliar la baja sustentabilidad que su actividad provoca.

El uso del cemento portland en las estructuras edilicias deberá cambiar radicalmente en los próximos años. Las razones más relevantes que permiten justificar dicha afirmación es que existen predicciones hechas en varios ámbitos respecto al calentamiento global y su progresivo incremento. Esto no significa dejar de usar dicho material.

El agua es el “material” más usado del planeta y el hormigón (concreto) es el que le sigue. Por tal motivo, el cemento portland es uno de los materiales más utilizado en el mundo. Las estimaciones de su elaboración, para la industria de la construcción, permite afirmar que es una de las actividades generadoras de dióxido de carbono trasladándolo al medio ambiente, por lo cual es una de las fuentes que contribuye al efecto invernadero.

La industria de la construcción utiliza muchos recursos no renovables. Se estima que es alrededor del 40%, no solamente hablando del cemento portland, esto contribuye, con un porcentaje similar respecto a los desechos generados por el ser humano.

Después de haber relatado la problemática que provoca la industria de la construcción y en forma particular el uso del cemento portland, es de destacar que este material, extraído de la piedra caliza que se encuentra en determinados lugares del mundo, es de

muchísima utilidad en la construcción. En algunos lugares de extracción de la piedra caliza, cuando ya no es de la calidad adecuada para la fabricación del cemento portland, las empresas están actuando, para paliar el calentamiento global, realizando plantaciones de forestales para mitigar la afectación que produce el dióxido de carbono. Están utilizando sistemas que tomaron como referencia el tipo y forma de plantaciones que hacían los Incas, tanto en terrazas como en el riego. Los detractores del uso del cemento portland tienden a utilizar otros materiales para la construcción que posean iguales o mejores características ecológicas, pero, en la mayoría de los casos se termina usando mucha más madera que antes. Como sabemos, el incremento en la utilización de la madera ha provocado mucha tala de bosques sin control, disminuyendo la capacidad del pulmón del planeta.

No se pretende dejar de lado la utilización de cemento portland, sino utilizarlo de forma tal que no le afecte al sistema o lo haga en proporciones mucho menores. Se puede presentar la posibilidad de la utilización de materiales que se puedan reciclar, disminuir el desecho de las construcciones o sus demoliciones, disminuir la tala de la vegetación natural de la zona, entre otras iniciativas que nos conduzcan a cumplir con los objetivos planteados.

En términos del agotamiento de los recursos naturales y de la crisis de manejo de desechos, se están planteando en todo el mundo la urgencia de reducir significativamente la cantidad de recursos naturales que la industria de la construcción toma cada año de la naturaleza, así como de reciclar un porcentaje importante de los materiales de desecho que genera ésta y otras industrias.

Desde otro punto de vista, el aumento de gasto desmedido de los recursos energéticos, principalmente para la calefacción o refrigeración de los ambientes de las viviendas, es cada vez mayor, tanto por el incremento normal de la cantidad de estas, como también por no prestarle importancia a las condiciones de habitabilidad que deberían tener estas construcciones edilicias.

El mundo pide urgentemente por una innovación en las prácticas del diseño y construcción de las estructuras edilicias, es un mundo que establecerá acciones que estimulen las prácticas ecológicas y que desanimen el desperdicio de recursos naturales.

Puede concluirse que el desarrollo sustentable de la industria de la construcción enfrenta mucho más activamente la protección del medio ambiente. Dentro del contexto en que la sociedad civil seguirá cercanamente a aquellas industrias que usan de manera intensiva los recursos naturales del planeta, dicho desarrollo representa una cuestión de supervivencia, oportunidad y crecimiento.

Alcocer (1998) menciona: “La protección del ambiente será, sin duda, una de las cuestiones más apremiantes y difíciles para el futuro de una población que crece continuamente”. Helene (2008) comenta: “La historia reciente ha demostrado que aún vale la pena investigar, proyectar, dosificar y construir, buscando siempre obtener más provecho de ese versátil material de construcción, explorando su elevado desempeño y usándolo correctamente desde el punto de vista de la protección ambiental y de sustentabilidad”, hablando especialmente del hormigón y por consecuencia del cemento portland.

Las empresas cementeras en Argentina han apuntado en los últimos años a la conservación del ambiente, en cada una de las etapas del proceso de fabricación. Han tomado real conciencia de la importancia de construir una sociedad orientada hacia el

desarrollo sostenible. Están comprometidas con la fabricación de productos de la más alta calidad, efectuando sustituciones para las materias primas y los combustibles no renovables, haciendo uso racional de la energía y reduciendo los impactos al entorno, mediante constantes mejoras en los procesos industriales que minimizan el impacto ambiental. Esta industria tiene a nivel mundial un récord en la reducción de los contaminantes aéreos, especialmente el polvo. Las inversiones realizadas han sido destinadas a la incorporación de nuevas tecnologías, como por ejemplo los filtros de mangas y los electro-filtros, que tienen por objeto minimizar las emisiones de material particulado mejorando la calidad del aire y también, una parte del proceso de fabricación ya no genera efluentes líquidos contaminantes, y la mayor parte de los sólidos son reincorporados al proceso.

El cemento en sí mismo constituye un aporte clave para la calidad de vida del hombre moderno a través de las múltiples aplicaciones del hormigón en la construcción de viviendas, carreteras, edificios, diques, aeropuertos, entre otros.

Hemos hablado mucho del cemento portland y lo que se está haciendo en cuanto a su fabricación y a la mejora de la sustentabilidad. Ver “Co procesamiento en la Industria del Cemento Portland” (2015), Asociación de Fabricantes del Cemento Portland”.

El tema es muy amplio si consideramos todo lo referente a la construcción. En la presente investigación se pretende dar un paso en esa línea, pero comenzando desde un material básico en la construcción como son los ladrillos. Esto nos lleva a tratar de conseguir un ladrillo sustentable, ecológico y que cumplan con requisitos normativos para alcanzar un fin determinado, sin dejar la posibilidad de la utilización del cemento portland.

Si se pretende ir más allá no podemos dejar de lado lo que la nanotecnología se encuentra experimentando en la industria de la construcción, por ejemplo: la creación de materiales que cuentan con ciertas características especiales que los hacen “súper materiales”, además de que su impacto ambiental es menor que los usados en la industria actual. Los más recientes avances de la nanotecnología se han enfocado en producir acero y hormigón más resistentes de lo que los conocemos. Imitando esto podemos llegar a pensar aplicar la nanotecnología en la fabricación de ladrillos, estos deberán tener ciertas mejoras moleculares para lograr el objetivo propuesto.

En términos de la fabricación actual del ladrillo en nuestra región y el detrimento de la sustentabilidad y de la ecología se destaca lo realizado por Curadeli, S. et. al. (2019) en el trabajo realizado sobre “Estudio Socio ambiental de la Producción de Ladrillos Artesanales en Mendoza desde la perspectiva del Análisis de Ciclo de Vida”. Herrera, A. (2014), “Estudio ambiental y social del Ciclo de Vida de la producción de ladrillos artesanales, utilizando combustibles tradicionales y alternativos en el Algarrobal, Mendoza. Evaluación de daños en los recursos naturales, en la calidad de los ecosistemas y en la salud humana”, Grupo de investigación CLIOPE – UTN, FRM. Gómez Lotero, W. L. y Rodríguez Bolaños, J. A. (2015), “Estrategias para el mejoramiento ambiental del proceso de producción de ladrillera las canteras S.A. de Bogotá según los criterios de economía azul”, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Administración Ambiental. Bogotá D.C.

4. GRADO DE AVANCE

Existe una gran variedad de estudios y fábricas de elaboración de mampuestos con la finalidad de que posean características de sustentabilidad y ecológicas. Estas fábricas, generalmente de emprendimientos familiares, elaboran ladrillos con distintos elementos reciclados o bien con agregados para mejorar su prestación, sin embargo, son muy pocos los elementos elaborados que han cumplido con las normativas vigentes, es más, algunos ni siquiera les han realizado los ensayos correspondientes. De aquellos que, si se les han realizado ensayos, algunos cumplen primariamente con las condiciones de habitabilidad según las dosificaciones empleadas ya que poseen material reciclado de diversas procedencias, partiendo mayormente de la utilización del PET hasta la utilización de colillas de cigarrillos. Pero la mayoría de estos mampuestos no cumplen con las condiciones necesarias para ser considerados portantes.

Todo aquel ladrillo que en su composición y fabricación busque disminuir el impacto negativo en el medio ambiente es ecológico. Pero hay muchas opciones: ladrillos de cenizas, de botellas recicladas, de papel, de cemento y barro, entre otros. Las propuestas crecen porque es una forma de cuidar el planeta. Un ejemplo de estas fábricas es Green Block "Ladrillo Ecológico Argentino" entre otras.

Desde hace varios años que se está investigando sobre el tema. Se quiere destacar que en los principios de estas investigaciones los ladrillos que se elaboraban para cumplir con las condiciones de sustentabilidad y ecológicas, tenían y aún existen, la forma tradicional de un ladrillo macizo común, actualmente, siguiendo con la forma rectangular se le ha condicionado para que posean forma de "lego" y hasta evitar el uso de morteros de asiento.

Podemos nombrar algunos de ellos que a nuestro entender se destacan y que poseen trabajos de investigación:

- Berlingieri, R. (2017) "Caracterización de bloques suelo cemento como mampuesto", Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
- Galíndez, F. (2007) para la Fundación Mapfre, "Bloques de tierra comprimida (BTC) sin adición de cemento", Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Católica de Salta.
- Secretaría de Minería de la Nación, perteneciente al Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y Servicios, en "Ambiental" (2011), "Evaluación y Diagnóstico Integral de la Actividad Ladrillera Artesanal en la República Argentina", Informe Final – Resultados Nacionales.
EcoLadrillos, (2014) "Ladrillos sustentables con forma de Legos". Universidad Tecnológica de México. Facultad de Arquitectura, Webb"
- "Martínez, A y Cote, M. (2014) "Diseño y Fabricación de Ladrillo Reutilizando Materiales a Base de PET," INGE CUC, vol. 10, no. 2, pp. 76–80.
- Cabo Laguna, M. (2011) "Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción", Universidad Pública de Navarra, España.
- Galán Marín, C., Rivera-Gómez, C. and Petric, C. (2010). "Clay-based composite stabilized with natural polymer and fibre". Construction and Building Materials 24. Pages 1462-1468.

- Oti, J.E., Kinuthia, J.M., Bai, J., 2008a. Developing unfired stabilised building materials in the UK, Proceedings of ICE. Journal of Engineering Sustainability 161 (4), 211–218. doi:10.1680/ensu.2008.161.4.211.
- Oti, J.E., Kinuthia, J.M., Bai, J., 2008b. Using slag for unfired-clay masonry bricks. Proceedings of ICE, Journal of Construction Materials 161 (4) 147– 155. doi:10.1680/coma.2008.161.4.147.
- Reyes, J. et. al. (2017) “Ladrillos ecológicos: una estrategia didáctica”. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Altamirano Príncipe, J. A. et. al. (2017) “Ladrillos ecológicos con material reciclado PET”. Universidad San Ignacio de Loyola. Lima. Perú.
- Mitchell, J; Arena, AP. Evaluación ambiental comparativa de materiales mampuestos aplicados en muros de viviendas en regiones áridas andinas. Avances en energías renovables y medio ambiente. Año: 2000 vol. 4 p. 87 – 92. ISSN: 0329-5184.

También hay un gran avance en el tema de la fabricación de ladrillos con la incorporación de PET en El Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE). Es un centro de investigación, experimentación, desarrollo y transferencia de tecnologías de construcción y gestión integral, destinadas a la producción social del hábitat. En ese campo investiga y desarrolla acciones demostrativas para ser transferidas a los sectores públicos y privados vinculados al tema. CEVE es una unidad ejecutora de doble dependencia: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y Asociación de Vivienda Económica, Córdoba. Argentina. Este centro de investigación actuó en el Departamento de Junín, Mendoza, donde brindó una capacitación sobre la tecnología de fabricación de ladrillos elaborados con plásticos reciclados a personal del Municipio, en el marco del Programa: Junín Punto Limpio. El mismo se dedica desde el año 2012 a recuperar envases de plástico para su posterior reciclado. En las obras recién mencionadas es de nuestro interés investigar su comportamiento según las normativas en vigencia.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivos principales

- Diseñar y construir un mampuesto que cumpla con las condiciones de sustentabilidad, ecología, normativas de habitabilidad vigentes para la zona del Gran Mendoza y que posea una resistencia mecánica tal para ser considerado portante según el Reglamento CIRSOC 501, 501E, INPRES CIRSOC 103 PARTE III con el fin de utilizarlos en la construcción de muros sismorresistente, tipología estructural muy utilizada en las zonas sísmicas del país.
- Disminuir el impacto ambiental en la fabricación actual de los ladrillos, mampuestos que se realiza de manera artesanal utilizando arcilla de terrenos productivos de los oasis de Mendoza.

5.2. Objetivos secundarios

- Analizar las características de ciertos ladrillos existentes que verifican las condiciones ecológicas y de sustentabilidad, para clasificarlos según las exigencias que se pretende que cumplan en este proyecto de investigación.

- Analizar muros existentes que fueron construidos con ladrillos sustentables y ecológicos, para comprobar el cumplimiento de la normativa sismorresistentes en zonas de elevado riesgo sísmico.
- Implementar estrategias en la producción de ladrillos sustentables y ecológicos para poder construir muros sismorresistentes.
- El nuevo mampuesto permitiría generar nuevas fuentes de trabajo centrado en la elaboración de ladrillos sustentables y ecológicos.
- Favorecer la formación de nuevos recursos humanos con la finalidad de obtener una nueva fuente y forma de trabajo.

6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

- Se puede lograr elaborar un ladrillo sustentable, ecológico, cumpliendo con las normativas de habitabilidad y con la resistencia mecánica necesaria, que verifique con los requerimientos normativos para que sean portantes a cargas verticales y las provenientes de la acción sísmica.
- Es factible lograr un ladrillo con un costo final menor al ladrillón o ladrillo cerámico macizo común fabricados artesanalmente y de uso habitual en las construcciones de Mendoza.
- Se puede lograr una mejora en el uso del suelo en todas aquellas zonas donde se fabrica el ladrillón, reduciendo el impacto que esto produce sobre el medio ambiente.

7. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Para lograr los objetivos del proyecto de investigación, se desarrollará la siguiente metodología de trabajo:

- a) Realizar un relevamiento de los mampuestos sostenibles que se fabrican en Argentina y en especial en Mendoza.
- b) De los mampuestos identificados en el punto 1 se seleccionarán una cantidad para realizarles los ensayos experimentales, con el objetivo de analizar el nivel de cumplimiento de las aptitudes compatibles con los objetivos de la investigación.
- c) Elaborar la propuesta del diseño del mampuesto buscado.
- d) Elaborar un layout y proyecto ejecutivo para la fabricación de los mampuestos propuestos en el punto 3.
- e) Adquisición de los materiales para la fabricación de los distintos tipos de mampuestos.
- f) Realizar los ensayos experimentales correspondientes para calibrar la propuesta de mampuestos que cumplan con los objetivos planteados.
- g) Evaluar la propuesta de mampuestos en cuanto a sostenibilidad y ecología, teniendo en cuenta el uso del suelo
- h) y su puesta en valor para la realización de otra actividad, principalmente en los lugares de fabricación de ladrillos artesanales elaborados en zonas del gran Mendoza.

De la metodología propuesta surgen como pasos intermedios:

- a) Realizar los contactos correspondientes para obtener mampuestos existentes sostenibles y ecológicos para el estudio correspondiente de los mismos.

- b) Organizar y planificar los ensayos experimentales de los mampuestos según la normativa vigente.
- c) Comparar los resultados de los ensayos mencionados con los que se obtienen del uso del ladrillón o ladrillos cerámicos macizos.
- d) Elaborar una guía de fabricación de los ladrillos que cumplan con los condicionamientos exigidos en la presente investigación.

8. ANTECEDENTES

8.1. Investigación a nivel internacional

País: Colombia.

Año: noviembre 2018.

Llevada a cabo por: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA-FACULTAD DE INGENIERÍA.

La línea de investigación es la cual se enfoca el proyecto de grado y que abarca conocimientos, inquietudes, prácticas y perspectivas del análisis que permitan el desarrollo del mismo es la "GESTIÓN Y TECNOLOGÍA PARA LA SUSTENTABILIDAD DE COMUNIDADES."

La implementación de los bloques con polímeros de plástico reciclado, pueden transformarse en una alternativa para la construcción de mampostería no portante, los cuales cumplirán con las características y normas de los sistemas convencionales constructivos y a su vez brindarán un mejor costo y reducirían los tiempos de ejecución en obra.

Objetivo general.

Realizar un análisis técnico y financiero en la implementación de bloques con polímeros de plástico reciclado para mampostería no portante aplicado en la construcción de vivienda para centros urbanos de Colombia.

Los diseños de las mezclas realizadas en este proyecto de investigación, se basaron en la determinación de la dosificación de cada uno de los materiales utilizados para lograr una mezcla óptima; (PET, cemento, arena, piedra y agua) que pudiera servir más adelante como material de construcción de obras civiles y como un nuevo método de disposición final de los residuos de PET.

Conclusión:

El PET puede ser usado como agregado en las mezclas, a fin de contribuir al proceso de disposición final de los residuos plásticos contaminantes, lo cual ayuda de forma indirecta a disminuir el impacto ambiental. Dichas mezclas pueden utilizarse en la construcción de elementos de obras civiles, cuyas cargas y su durabilidad estén limitadas a cierto rango.

Dentro de los aspectos técnicos, el proyecto de fabricación de un modelo de bloque con agregados de reciclaje plástico para mampostería no portante debe cumplir con diferentes parámetros como absorción, resistencia, humedad, densidad, entre otros; los cuales se encuentran enmarcados dentro de LAS NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS NTC DEL ICONTEC Y LA NORMA SISMO RESISTENTE NSR-2010.

País: Perú

Año: noviembre 2017

Llevada a cabo por: UNIVERSIDAD SAN IGNACIO LOYOLA – PERÚ.

Los ladrillos ecológicos busca ser un sustituto del ladrillo de arcilla, dado que en la actualidad el mercado está dominado por este tipo de ladrillo, además la informalidad, la cual representa más de S/. 100 millones de soles por año, representa un gran problema.

Además, la informalidad, la cual representa más de S/. 100 millones de soles por año, representa un gran problema.

Objetivos:

- Contribuir con la protección del medio ambiente.
- Cumplir con la calidad del producto y satisfacción del cliente.
- Impulsar ventas on-line con un margen de éxito sostenible.

Características de los ladrillos:

Ladrillos hechos a base de cemento, arena, plástico y agua, estos ladrillos generan ahorros en los costos de construcción de las viviendas, brindan mayor protección a los agentes externos (sonido y calor) y seguridad ante sismos; adicional a esto, con procesos de producción inofensiva para el medio ambiente.

Si bien en las pruebas realizadas en la Universidad Nacional de Córdoba arrojan que el ladrillo hecho con PET reciclado tiene una carga máxima por debajo de los ladrillos comunes, la forma que se le dará al ladrillo (modular en forma de lego) servirá para que esta carga máxima aumente. A la vez también podemos afirmar que los ladrillos que no soportan carga portante pueden tener una carga máxima de rotura menor.

Conclusión:

Se vio en el periodo de proyecto un producto Innovador e interesante el cual ha tenido mucha acogida para el público objetivo.

Con lo cual se ha realizado un análisis más profundo, así como cualitativo y cuantitativo con el fin de poder realizar un estudio de mercado y de esta manera atender a la demanda insatisfecha.

La fabricación de ladrillos ecológicos RESPONDE SEGÚN LA NORMA TÉCNICA PERUANA E 70 ALBAÑILERÍA.

EL CÓDIGO QUE CORRESPONDE AL PRODUCTO ES CIIU 2220, FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN CON MATERIAL DE PLÁSTICOS RECICLABLES.

Se resumen a continuación las propiedades más destacadas de ambas investigaciones

PAIS	INVESTIGACION A NIVEL INTERNACIONAL	
	COLOMBIA	PERÚ
AÑO	2018	2017
TEMA	PROYECTO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES CON AGREGADOS DE PLÁSTICO RECICLADO (PET)	LADRILLOS ECOLÓGICOS CON MATERIAL RECICLADO PET
INVESTIGACION LLEVADA A CABO POR	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA-FACULTAD DE INGENIERÍA	UNIVERSIDAD SAN IGNACIO LOYOLA – PERU
DIMENSIONES	80mm x 80mm x 80mm	250mm x 125mm x 75mm
PESO	0,784 gr	900gr
PESO ESPECIFICO	719 gr/cm3	826gr/cm3
RESISTENCIA A COMPRESION	2,35 Mpa	0,98 Mpa
MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS	PET-CEMENTO-ARENA-PIEDRA-AGUA	PET-CEMENTO-AGUA
% DE MATERIAS PRIMAS EN LA DOSIFICACION (PET)	15%	25%
CAPACIDAD PORTANTE	NO	NO
NORMAS	LAS NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS NTC DEL ICONTEC Y LA NORMA SISMO RESISTENTE NSR-2010	NORMA TÉCNICA PERUANA E 70 ALBAÑILERÍA.RECICLABLES CIU 2220, FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN CON MATERIAL DE PLÁSTICOS RECICLABLES

Tabla 1: Investigación a nivel internacional

8.2. Investigación a nivel nacional

A nivel nacional, en el año 2003 se presentó una nueva alternativa tecnológica para cerramientos laterales para viviendas, desarrollada en el Centro Experimental de la Vivienda Económica - CEVE, el cual es un Centro de investigación dependiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la República Argentina – CONICET.

Una tecnología que permitiera el rápido montaje de una vivienda (una o dos jornadas en seco), que sea económica y de simple ejecución, apta para dar una rápida solución a familias sin techo (personas de escasos recursos o víctimas de desastres naturales).

Se trata de placas ejecutadas con materiales durables y de buena aislación térmica, por lo que además de solucionar una emergencia constituye una solución definitiva y confortable al problema habitacional.

Los elementos constructivos de esta tecnología están elaborados con plásticos reciclados como materia prima principal. Los mismos proceden de botellas descartables de bebidas y embalajes de alimentos. Estos plásticos son triturados e incorporados en mezclas cementicias, en reemplazo de los áridos pétreos de hormigones convencionales.

A partir de lo anterior, se presenta una alternativa para la realización de ladrillos que, continuando o mejorando los logros del ladrillo común, puedan ser producidos sin las consecuencias negativas que tiene el mismo, para la construcción de mamposterías en viviendas.

Estos ladrillos con plástico reciclado poseen la calidad técnica necesaria para ser utilizados en cerramientos no portantes en la construcción, según la normativa de nuestro país, establecida en los Estándares Mínimos de Calidad para la Vivienda de Interés Social, aprobados por Resolución N° 9/2017 de la Secretaría de Vivienda del Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación. Se han realizado todos los ensayos requeridos para la aprobación del Certificado de Aptitud Técnica -CAT, en los laboratorios normalizados de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, y en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI- de Buenos Aires. Luego de la aprobación inicial del CAT en el año 2006, hubo sucesivas renovaciones anuales de este Certificado; y en julio del año 2017 se produce un nuevo requerimiento por parte de la Secretaría de Vivienda del Ministerio del Interior, Obras

Públicas y Vivienda de la Nación para proceder a su renovación: que el valor de la Transmitancia térmica no supere el Nivel B de IRAM 11605:1996, cumpliendo IRAM 11603:2012.

Esto surge por la necesidad de reducir el consumo energético en climatización de viviendas, desde una óptica sustentable. Por lo cual se realizó una propuesta de modificación en los revoques de la mampostería, y un nuevo cálculo de Acondicionamiento Higrotérmico

Esta tecnología pionera en la “construcción ecológica” (por reciclar un material que actualmente en gran cantidad se acumula o entierra, con un proceso de fabricación no contaminante; y por evitar la desertificación del suelo que produce la elaboración del ladrillo común de tierra cocida al cual reemplaza), constituye un paso adelante en la búsqueda de un desarrollo regional sustentable, con positivo impacto ambiental.

En cuanto al acondicionamiento térmico obligatorio, se respondió a la necesidad de cumplir con la Norma IRAM Nro. 11605:1996, obligatoria para todo nuevo sistema constructivo. Cabe destacar que en el CAT original también lo cumplía de modo voluntario. La diferencia radica en la modificación de la IRAM 11603:2012 donde la temperatura exterior de diseño para Córdoba pasó de 0,4 °C a -4,3°C. Esta importante variación, no sólo requiere modificaciones térmicas, sino de características de permeabilidad de los materiales utilizados, ya que el salto térmico provoca condensaciones intersticiales y superficiales en algunos casos.

Se logró también cumplir con la premisa de no modificar esencialmente el sistema constructivo del muro cuyo Certificado de Aptitud Técnica se obtuvo en el año 2006.

Como conclusión los ladrillos desarrollados utilizando PET reciclado son una alternativa posible para la ejecución de cerramientos de construcciones, más ecológica, más económica, más liviana y de mejor aislación térmica que la mampostería de ladrillos comunes de tierra cocida que se utilizan tradicionalmente en nuestra región.

Por ser una tecnología simple los elementos constructivos desarrollados son especialmente aptos para viviendas y construcciones de interés social. Generan una fuente de trabajo para personas de escasos recursos, tanto en las etapas de recolección de la materia prima, elaboración de los elementos constructivos y el montaje de las viviendas.

8.3. Investigación a nivel local

A nivel local, a partir del año 2012, que la ciudad de Mendoza está implementando el proyecto “Junín Punto Limpio”, el cual le ha permitido reutilizar hasta el 60% de los residuos plásticos que genera la provincia.

Daniel Azcurra, responsable del programa y también en parte su creador, recuerda que primero se ubicaron dos puntos de recolección en los barrios San Nicolás y San Gabriel y con esa recolección, se analizaron qué tipo de basura se generaba, qué cantidad y otros indicadores.

Así se detectó que la mayor parte de los residuos era plástica y justamente es el que mayor contaminación produce, debido a que no se degrada fácilmente y que ocupa un gran volumen; pero a su vez analizaron que este residuo es una de las materias primas ideales para reciclar y transformar.

De esta forma, se colocaron más puntos de recolección, en escuelas, clubes, uniones vecinales, polideportivos y todo sitio que fuera punto de encuentro de los vecinos.

Hoy cuentan con 80 puntos de recolección, que Junín denomina “Puntos limpios” y que ahora no solo recolecta botellas, sino todo material plástico, desde bolsas de supermercado, envases y elementos de todo tipo; además, actualmente todo lo pueden producir en la planta ya que cuentan con tres galpones totalmente equipados y están por sumar un cuarto.

Comenzaron confeccionando ladrillos, y luego hicieron cursos en el CONICET, lograron transferencia de tecnología y, tras un año de prueba y error lograron un ladrillo que ahora está certificado por el Instituto Nacional de la Vivienda y con el que, en 2017, se construyó una primera vivienda en Medrano para una familia de pocos recursos.

En febrero del 2019, se entregó en Junín una casa construida con todos estos materiales. Pero, además, se fabricó una estufa de doble combustión alimentada con briquetas, producidas con residuos de poda. ES LA VIVIENDA MÁS ECOLÓGICA Y SUSTENTABLE DE SUDAMÉRICA.



Figura 1: Primer vivienda eco sustentable realizada en Junín

Reciben visitas permanentes de representantes de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) que viajaron especialmente a la Argentina para esto; representantes de Alemania, municipios de Costa Rica, México, Brasil, Chile y Uruguay; Municipios de Santa Fe, Santiago del Estero, San Luis, Neuquén, San Juan, Tucumán, Buenos Aires, Chubut y empresas multinacionales.

8.3.1. Punto limpio Junín

El día 30 de octubre de 2020 realizamos la visita a la planta “PUNTO LIMPIO” ubicado en Pergamino s/n, Los Barriales Junín, Mendoza.

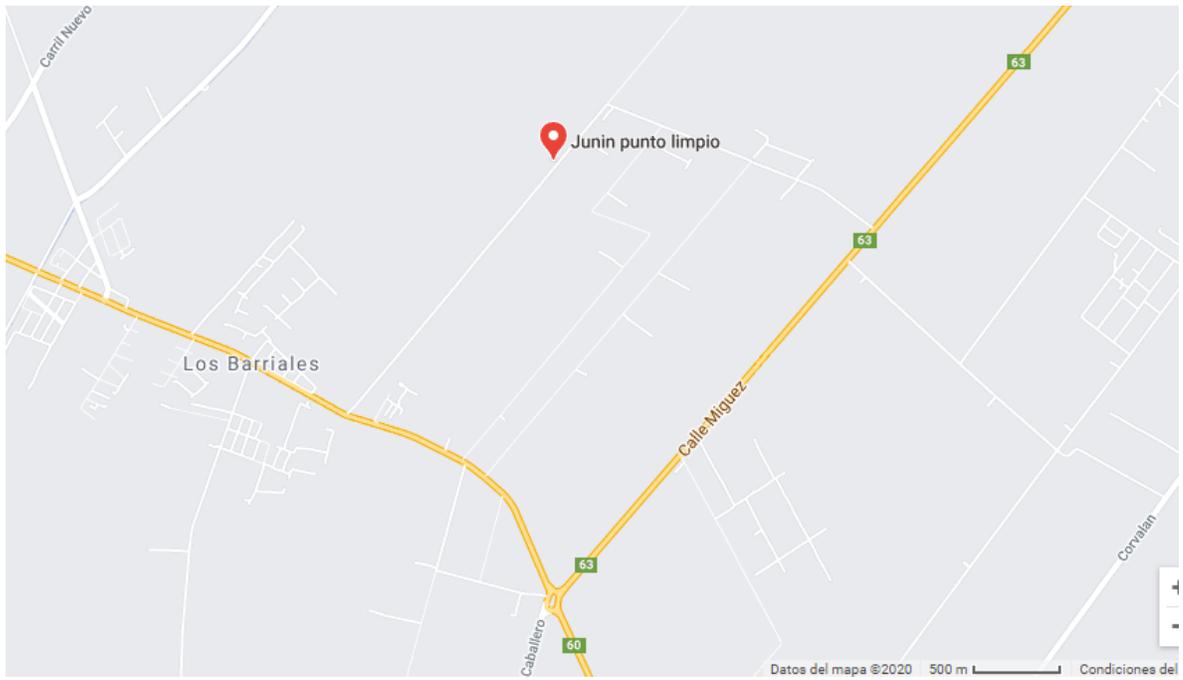


Figura 2: Ubicación Punto Limpio Junín



Figura 3: Sede Punto Limpio Junín



Figura 4: Sede Punto Limpio Junín

8.3.1.1. Inicio del programa “GENTE CON ENERGÍA”:

La planta de Junín comenzó con el programa “GENTE CON ENERGÍA”, y esta planta se caracteriza por ser la única del país que realiza este tipo de trabajos.

Características de la planta:

- Desde su inauguración en 2012 solo se realizaban mobiliario urbano.
- En 2015 junto con el CONICET se comenzó el estudio/ fabricación de ladrillos reciclados y en 2017 se terminó el estudio y los ensayos. Pudiendo conseguirse la primera casa ecológica en Sudamérica en marzo del 2019.
- Ensayos realizados en la UTN- UNC-Universidad Nacional de Córdoba. CVCE- CONICET- Universidad nacional de la plata.
- 4000m² de la fábrica y el predio en el cual esta es de 27Ha

Características del ladrillo ecológico:

- Cuenta con CAT: Para poder realizar la construcción.
- Cuenta CAS: Es el primero que se pide acá en Mendoza (el CAS es patente de Instituto nacional de la vivienda).
- Ensayos ignífugos: se realizaron en INTI (ruta 60) y en Bs. As.
- Es ignífugo, debido a que las partículas de plásticos están recubiertas de cemento, por lo que quedan inhibidas a la acción del fuego.
- El ladrillo se clasifica como un ER2 – demora 2 veces más en transmitir el calor.
- Adherencia de los ladrillos con la mezcla es muy buena debido a su rugosidad. Y no hace falta mojarlo, aunque se recomienda mojarlo para evitar el contacto de la mezcla húmeda y el ladrillo seco.
- En la fabricación de estos ladrillos se utiliza CCP40 (en las construcciones civiles normalmente se utiliza CCP30)
- Construcción más rápida y más ligera. (1kg menos que los convencionales)
- El proceso de curado del ladrillo se realiza en agua y al sol.

- Para obtener 1 ladrillo se necesitan aproximadamente 36 y 42 botellas.
- Se realizan 500 ladrillos diarios (con 2 operarios)



Figura 5: Ladrillos ecológicos realizados en Junín



Figura 6: PET molido para confección de ladrillos



Figura 7: Ladrillos fraguando



Figura 8: Murete de ladrillos ecológicos

Mejoras del ladrillo:

Junto con Holcim, se está realizando un proceso para incorporar caucho (proveniente de los neumáticos viejos) al cemento en el proceso de la transformación de la piedra (Clinker) en el cual aporte de caucho hace que el cemento sea mucho más fuerte. De esta manera lograría obtener un mejor cemento, por lo que para la dosificación del ladrillo se necesitaría menos cantidad de este y se podría agregar más cantidad de PET. Estudio aun en desarrollo.

Convenios con los municipios de:

- Capital
- Rivadavia.
- Godoy cruz.
- Las Heras.
- Santa rosa.
- San Martin
- San Carlos.
- Tupungato

Datos respecto a Junín:

- El departamento de Junín cuenta con 220 puntos limpios.
- Recaudación después de construir la primera casa ecológica: 30 Ton/año \square 80 Ton/año.
- Hoy en día se reciben 800 Ton/año.
- Todos los planes de reciclaje de la provincia tienen como destino final "Punto Limpio"
- Cuenta al día de hoy 400 casas viviendas sociales ecológicas, en una población de 40.000 personas. Es decir, el 1% de la población.



Figura 9: Puntos limpios ubicados en la ciudad

Asociados con la empresa:

- Mc Donald´s
- Grupo Peñaflo
- Bodegas argentinas
- Fecovita
- Grupo Cartelone

- Haitech.
- Coca- cola

Estas empresas también aportan al rejunte de plásticos que están incluidas en las 800Tn/año.

Proceso de fabricación:

- Una vez triturado el material se mezcla en la maquina: 70% plástico+ 30% (cemento, agua y arena).
- Se coloca la mezcla en el molde sacando el excedente, y se le dan 6 golpes.
- La máquina artesanal con la que se prensa el ladrillo le aplica una carga de 16kg, a una altura de 35cm.
- Se deja secar 24hs para que termine de fraguar.
- Pasadas las 24hs se lo hidrata para cortar el fraguado y no se queme. Tener en cuenta que la etapa de hidratación es diferente en verano que en invierno, ya que en verano se va a necesitar más agua y en invierno con hidratarlo una vez al día es suficiente.
- Pasadas esas 24hs de hidratación ya se puede utilizar para su colocación.
- Obteniendo finalmente un ladrillo con un peso aproximado de 3kg
- El ladrillo final tiene unas dimensiones finales de: 6,5cm x 12,5cm x 20cm

Otros materiales elaborados en la fábrica.

Además de los ladrillos ecológicos en la fábrica se elaboran otros materiales de construcción como:

- Tejas
- Adoquines
- Tirantes
- Contra tirantes.
- Rollizos de cierre perimetral.
- Mangueras.

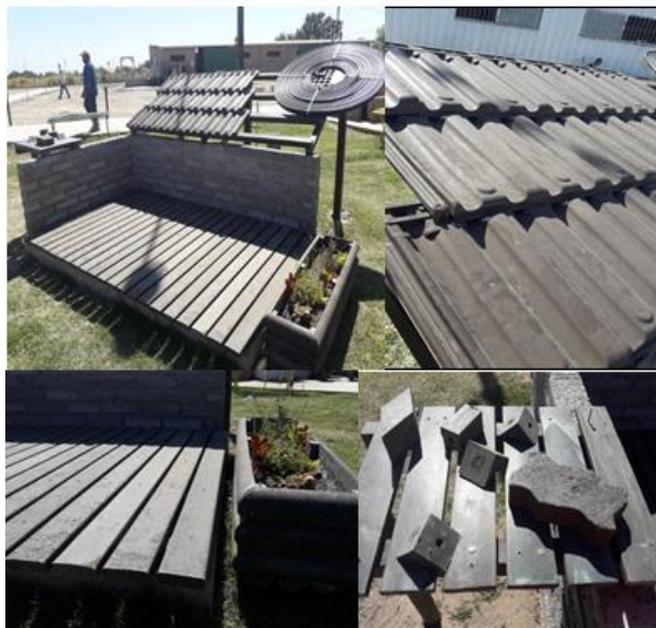


Figura 10: Otros elementos fabricados en Punto Limpio Junín

Para la fabricación de tejas, postes y mangueras no se hace una clasificación tan exhaustiva como para los ladrillos, ya que estos solo se fabrican de PET y etiquetas.

	CUADRO COMPARATIVO	
	CASAS IPV	CASAS IMV
COSTO MENSUAL	\$ 7.000	\$ 3.000
COSTO TOTAL	\$ 4.000.000	\$ 1.600.000
SUPERFICIE CUBIERTA	54m2	60m2
MATERIAL	100%(Madera-H°-arcilla)	85% (Material reciclado)
TECHO	Madera,tejas, membrana	100% material reciclado
TIEMPO DE EJECUCION	-	6 MESES

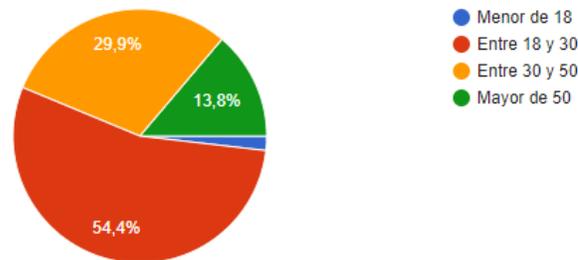
Tabla 2: Comparación Casa IPV/Casa IMV

8.3.2. Sondeo a nivel local

Se realizó una encuesta virtual, durante los primeros meses del 2021, para tener un relevamiento de la conciencia que hay en nuestra provincia en cuanto al tema de reciclaje.

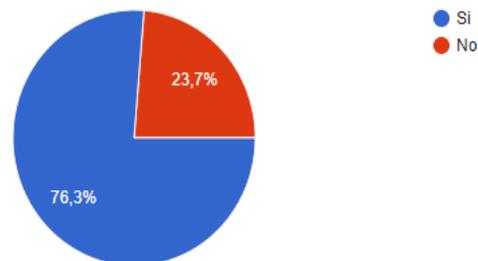
1. ¿A cuál de los siguientes rangos de edad perteneces?

384 respuestas



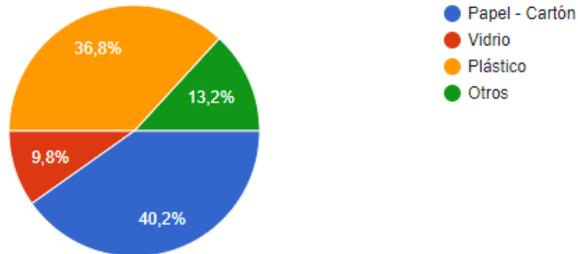
2. ¿Alguna vez ha reciclado?

384 respuestas



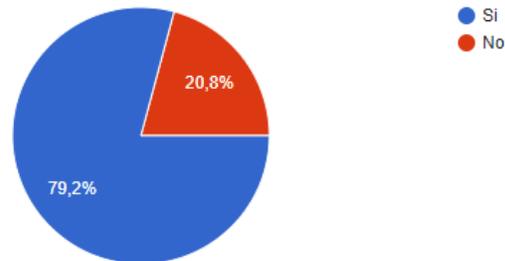
3. Si su respuesta anterior es sí, ¿Qué ha reciclado?

296 respuestas



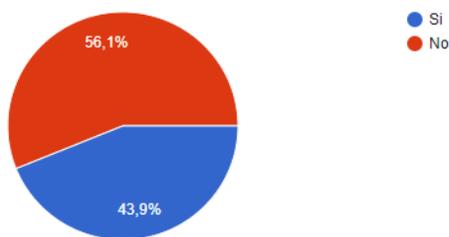
4. ¿Ha escuchado hablar de los "Puntos Verdes" en Mendoza?

384 respuestas



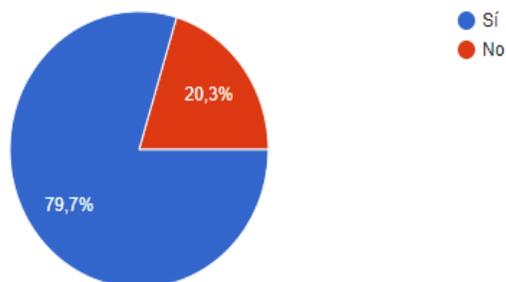
5. En caso que su respuesta anterior sea sí, ¿Conoce el destino que tienen los plásticos reciclados?

351 respuestas



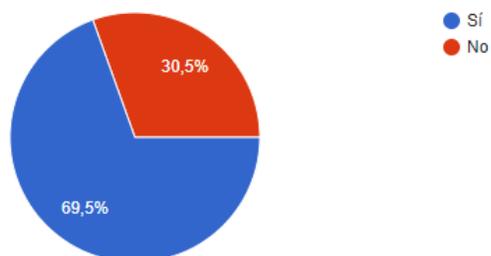
6. ¿Está al tanto que se realizan ladrillos con material plástico reciclado?

384 respuestas



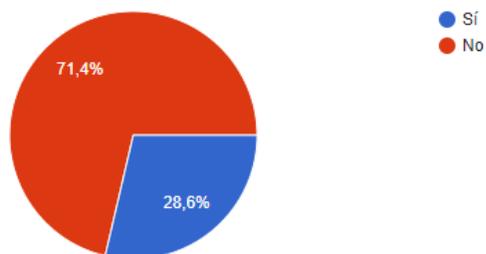
7. ¿Tiene conocimiento que se construyen viviendas sociales con los ladrillos reciclados mencionados anteriormente?

384 respuestas



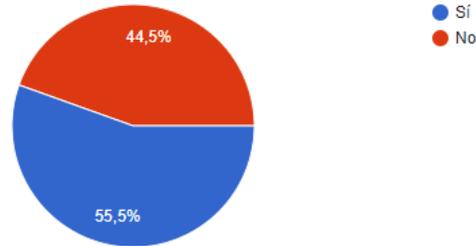
8. ¿Sabe que con los ladrillos reciclados en el departamento de Junín se han realizado aproximadamente 400 viviendas sociales?

384 respuestas



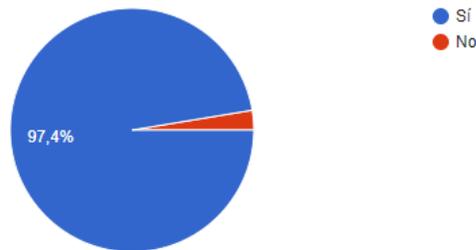
9. ¿Sabe que es el PET?

384 respuestas



10. ¿Estaría dispuesto a reciclar?

384 respuestas



11. En caso de que su respuesta anterior sea sí, ¿Cómo preferiría que sea recolectado ese material?

384 respuestas

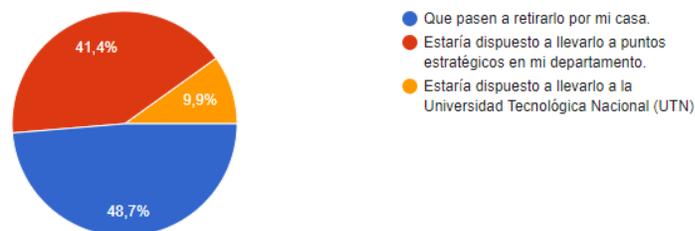


Figura 11: Gráficos encuestas

8.3.2.1. Resultados

Los datos obtenidos nos indican que:

- Más del 75% de las personas encuestadas han reciclado alguna vez. El plástico ha ocupado el segundo lugar entre los materiales que más reciclan nuestros encuestados, teniendo el primer lugar el papel y el cartón.
- Se consultó si la gente tenía conocimiento de los puntos limpios, y casi el 80% contestaron que sí. Pero lo que nos resulta curioso es que menos de la mitad no saben cuál es el destino del plástico que se recicla en los mismos, razón por la cual consideramos que todavía hace falta más conciencia sobre el tema.

- Sin embargo, el 80% de los encuestados saben que se realizan ladrillos con material plástico reciclado, por lo que deducimos que falta realizar esa conexión entre el reciclaje y su destino para que la gente tome conciencia que ese plástico que recicla puede darle un techo a otra persona.
- Si bien en la encuesta que se realizó a Daniel Azcurra en Punto Limpio se nos informó que las viviendas sociales no habían sido divulgadas, las encuestas nos arrojan que solo el 29% tiene conocimiento sobre la existencia de las mismas.
- Más del 50% de los encuestados tienen conocimiento de que es el PET, por lo tanto, este sería el grupo de encuestados que saben que es lo que se debe reciclar para elaborar los ladrillos reciclados.
- Finalmente se consultó si la gente estaría dispuesta a reciclar, el 97% respondió afirmativamente, y solo un 3% dijo que no. La mayoría preferiría que el material reciclado sea retirado por su casa.

9. RECICLAJE

La construcción genera constantemente un impacto ambiental, debido a que para la obtención de materiales se realizan procesos de extracción de materiales pétreos de las canteras que afectan la corteza terrestre. Es importante el aporte de esta investigación para que en la construcción se puedan generar el reemplazo de materiales que se extraen de la corteza terrestre por otros. Como es el caso del plástico y el vidrio.

Actualmente en el planeta hay alrededor de siete mil millones de personas, los cuales 15 requieren una vivienda, generando un crecimiento y demanda exponencial; lo que implica la exigencia de mayor cantidad de recursos naturales tanto para alimentación como para obtener un techo digno y confortable.

¿De dónde se tendrá que extraer todos los recursos necesarios para construir esas viviendas?

El ritmo que es insostenible, no es el del crecimiento de la población mundial, sino el consumo que tenemos los habitantes y las empresas multinacionales del mundo occidental, que somos, realmente quienes estamos agotando los recursos del planeta.

Históricamente la solución habitacional se ha convertido en un problema a escala mundial, debido a que no sólo afecta a la sociedad en su conjunto sino también y lo más importante del proceso constructivo, al planeta Tierra.

La administración de los recursos que se emplean para la construcción de edificaciones en general, ha sobre pasado los límites de lo tolerable para el planeta, la extracción indiscriminada de minerales y materiales de construcción, está desembocando en graves consecuencias para los diferentes ecosistemas. A la extracción indiscriminada de los recursos naturales, se suma la problemática de la falta de reposición de los mismos.

¿Qué es reciclaje o reciclamiento?

Reciclaje o reciclamiento es la acción y efecto de reciclar (aplicar un proceso sobre un material para que pueda volver a utilizarse). El reciclaje implica dar una nueva vida a material en cuestión, lo que ayuda a reducir el consumo de recursos y la degradación del planeta.

¿Cómo puede llevarse a cabo el reciclaje?

El tratamiento de reciclaje puede llevarse a cabo de manera total o parcial, según cada caso. Con algunos materiales, es posible obtener una materia prima, mientras que otros permiten generar un nuevo producto.

¿Cuál es la base del reciclaje?

La base del reciclaje se encuentra en la obtención de una materia prima o producto a partir de un desecho. Un bien ya utilizado (como una botella de plástico vacía) puede destinarse a la basura o reciclarse y adquirir un nuevo ciclo de vida.

¿Qué son los bloques de plástico reciclado?

Es convertir residuos poliméricos termoplásticos en una sustancia aglutinante que podría mezclarse con otros materiales, como la arena, y dar lugar a un hormigón polimérico sin cemento. Los componentes constructivos elaborados con materiales plásticos reciclados ofrecen mayor aislación térmica que los tradicionales, debido a que el plástico PET sirve como aislante térmico, repele el sonido y es casi impermeable.

10. FABRICACIÓN DE LADRILLO COCIDO

En nuestro país, las tecnologías que más se utilizan para la construcción de muros es la mampostería de ladrillos de barro cocido y la de bloques de mortero de cemento, vulgarmente llamados “bloques de hormigón”.

La tecnología de mampostería de ladrillos de barro cocido tiene excelentes cualidades técnicas (resistencia mecánica, resistencia al fuego, resistencia a la intemperie, resistencia acústica, etc.) reconocidas desde la antigüedad greco-romana y hasta nuestros días. Es económica, porque utiliza un recurso todavía abundante en el planeta: el suelo fértil; porque la inversión en equipos es baja (horno ladrillero y moldes), y porque la mano de obra es barata. El bajo precio en la actualidad también se debe a que los cortaderos trabajan en una informalidad total, y en condiciones precarias, lo cual atenta contra la salud de los trabajadores. En gran parte son inmigrantes indocumentados. Esta realidad fue denunciada en reiteradas oportunidades en los medios periodísticos de la provincia de Córdoba:

“Alrededor de 30% de los trabajadores de 800 cortaderos que hay en la provincia son bolivianos, según la Unión Obrera Ladrillera (UOLRA). Más del 90 % se encuentra allí en condiciones irregulares: cobran en negro, no tienen obra social ni beneficio social alguno. El 98% de los 300 cortaderos inspeccionados este año por UOLRA no cumplía con las condiciones mínimas de seguridad e higiene. A veces cobran con bonos de supermercados locales, en donde sí o sí deben comprar “

“Se concretó una inspección en cortaderos de ladrillos (de la provincia de Córdoba). No sólo los trabajadores relevados estaban en negro, sino que los propietarios de los cortaderos no contaban con ningún papel para determinar su razón social, los impuestos que pagan y todo lo que debe poseer una empresa para instalarse cumpliendo lo que exige la ley”

Desde el punto de vista ecológico, la actividad de fabricar ladrillos de barro cocido es perjudicial para el medio ambiente, pues produce la destrucción de suelo, del cual se utiliza la capa fértil superficial. El consumo de suelo de esta actividad es semejante a la de los viveros y las fábricas de cerámicos. El suelo es un recurso difícilmente renovable:

“Los suelos fueron producidos durante miles de años por ambientes naturales de bosques, matorrales y pastizales de altura...En ambientes tropicales y templados se requiere de 220 a 1.100 años para regenerar 25 mm. de suelo”.

Produce deforestación, puesto que se talan los árboles de montes próximos para obtener la leña necesaria para el funcionamiento de los hornos, habitualmente sin reponer los ejemplares extraídos. Además, produce contaminación atmosférica por el humo que emiten los hornos.

La tecnología de mampostería de bloques de mortero de cemento, también muy usada en nuestro país, implica la extracción de áridos, y habitualmente contaminación atmosférica e hídrica durante el proceso de fabricación del cemento.

La fabricación del cemento puede producir impactos ambientales negativos si no se toman los recaudos necesarios para evitarlo. Esto puede ocurrir en las siguientes etapas del proceso: manejo y almacenamiento de los materiales (partículas), molienda (partículas), y emisiones durante el enfriamiento del horno y la escoria (partículas o "polvo del horno", gases de combustión que contienen monóxido (CO) y dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos, aldehídos, cetonas, y óxidos de azufre y nitrógeno).

También se puede producir contaminación hídrica con los derrames del material de alimentación del horno (alto pH, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, principalmente potasio y sulfato), y del agua de enfriamiento del proceso (calor residual). El escurrimiento y el líquido lixiviado de las áreas de almacenamiento de los materiales y de eliminación de los desechos puede ser una fuente de contaminantes para las aguas superficiales y freáticas. El polvo, especialmente la sílice libre, constituye un riesgo importante para la salud de los empleados de la planta cuya exposición provoca la silicosis. Algunos de los impactos mencionados pueden ser evitados completamente, o atenuados más exitosamente, si se escoge el sitio de la planta con cuidado.

Sin embargo, se debe reconocer que la fabricación de cemento también puede producir impactos ambientales positivos en lo que se relaciona con el manejo de los desechos, pues el proceso es muy apropiado para la reutilización o destrucción de una variedad de materiales residuales, algunos de ellos peligrosos. Asimismo, el polvo del horno que no se puede reciclar en la planta sirve para tratar los suelos, neutralizar los efluentes ácidos de las minas, estabilizar los desechos peligrosos o como relleno para el asfalto.

El uso de madera en cerramientos exteriores en nuestro país es escaso, debido a su baja duración a la intemperie, y en general corresponde a viviendas precarias o transitorias (casillas) o bien para cabañas de uso turístico donde se busca una imagen de calidez.

Los árboles utilizados provienen de forestaciones de rápido crecimiento realizadas por el hombre, por lo cual en este caso se utiliza un recurso renovable.

En estas últimas décadas se ha comenzado a tomar conciencia a nivel mundial de la contaminación creciente del medio ambiente, y de la disminución también creciente de los recursos no renovables o difícilmente renovables.

Prueba de esta toma de conciencia, es la realización de la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro (año 1992) la cual ha impulsado energicamente el reciclado para un mejor aprovechamiento de la materia y energía en los términos de un ambiente más sano y útil para el conjunto de la sociedad.

Se busca ahora que las diferentes actividades que desarrolla el ser humano, entre ellas la construcción del hábitat, sean sustentables en el tiempo. Está claro que los residuos

deben ser disminuidos y adecuadamente dispuestos, y que deben utilizarse preferentemente recursos renovables.

11. MATERIAS PRIMA

El centro experimental de la vivienda económica (Unidad ejecutora del CONICET), propone el reciclado de residuos plásticos para la elaboración de elementos constructivos. De esta manera se da un destino útil a residuos que hasta el presente son en gran parte llevados a predios de enterramiento sanitarios municipales o peor aún, llevados a basurales al aire libre, donde se acumulan o queman produciendo una grave contaminación.

La innovación de esta tecnología radica en los materiales y procedimientos utilizados para obtener componentes constructivos. Los mismos están constituidos por mezclas cementicias en donde los plásticos triturados son utilizados como áridos. Se puede decir que esta tecnología tiene como antecedente la fabricación de los morteros con áridos pétreos, y que la sustitución del tipo de árido se debe a motivaciones ecológicas principalmente.

11.1. Plásticos

El plástico, es una sustancia sintética de estructura macromolecular por su gran cantidad de moléculas de hidrocarburos, alcoholes y otros compuestos orgánicos; el plástico es una sustancia orgánica por su gran cantidad de carbono en sus moléculas. Puede ser constituido por la acción del calor y la presión ya sea natural o artificialmente, esta última es la forma más apropiada para la fabricación de los productos de plástico.

11.1.1. Características de los plásticos:

Los plásticos se caracterizan por una relación resistencia densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Las moléculas lineales y ramificadas son termoplásticas (se ablandan con el calor), mientras que las entrecruzadas son termoestables (se mantienen las propiedades con el calor).

11.2. Polímeros

La materia está formada por moléculas que pueden ser de tamaño normal o moléculas gigantes llamadas polímeros. Se producen por la unión de cientos de miles de moléculas pequeñas denominadas monómeros que forman enormes cadenas de las formas más diferentes. Algunas parecen fideos, otras tienen ramificaciones, otras, globos, etc. Algunas se asemejan a las escaleras de mano y otras son como redes tridimensionales.

Si el número de unidades es muy grande, se usa también la expresión gran polímero. Un polímero no tiene la necesidad de constar de moléculas individuales todas del mismo peso molecular, y no es necesario que tengan todas las mismas composiciones químicas y la misma estructura molecular. Hay polímeros naturales como ciertas proteínas globulares y polícarbohidratos, cuyas moléculas individuales tienen todas el mismo peso molecular y la misma estructura molecular; pero la gran mayoría de los polímeros sintéticos y naturales importantes son mezclas de componentes poliméricos homólogos. La pequeña variabilidad en la composición química y en la estructura molecular es el resultado de la

presencia de grupos finales, ramas ocasionales, variaciones en la orientación de unidades monómeras y la irregularidad en el orden en el que se suceden los diferentes tipos de esas unidades en los copolímeros. Estas variedades en general no suelen afectar a las propiedades del producto final, sin embargo, se ha descubierto que en ciertos casos hubo variaciones en copolímeros y ciertos polímeros cristalinos.

La mayor parte de los polímeros que usamos en nuestra vida diaria son materiales sintéticos con propiedades y aplicaciones variadas. Lo que distingue a los polímeros de los materiales constituidos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades mecánicas. En general, los polímeros tienen una muy buena resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas se atraen. Las fuerzas de atracción intermoleculares dependen de la composición química del polímero y pueden ser de varias clases.

11.2.1. Clasificación de los plásticos que se pueden reciclar:

Los Desechos Plásticos que se pueden reciclar para fabricar el Bloque de Plástico Reciclado y sus códigos de identificación de resinas de plásticos son los siguientes:

IDENTIFICACIÓN DE RESINAS PLÁSTICAS			
NOMBRE	SIGLAS	USOS	CODIGO
Poliétileno tereftalato	PET	Se usa para hacer recipientes para bebidas suaves, jugos, agua, bebidas alcoholicas, aceites comestibles, limpiadores y otros	 Ilustración 1: Código de reciclaje de plástico PET
Poliétileno tereftalato	PE	Se usa para films plasticos procedentes de embalajes de golosinas, yerba, jabones, etc.	 Poliétileno de baja densidad Poliétileno de alta densidad Ilustración 2: Código de reciclaje de plasticos PE (alta y baja densidad)
Polipropileno bi-orientado	BOPP	Residuos industriales	 Ilustración 3: Código de plástico reciclado BOPP
Policloruro de vinilo	PVC	Se usa en juguetes, tuberias, molduras, tableros para automoviles, etc.	 Ilustración 4: Código de plástico reciclado de PVC

Tabla 3: Identificación resinas plásticas

Nota: Para objeto de la investigación se escogerá el plástico PET, por ser el más fácil de encontrar y está disponible en grandes cantidades de desecho para su reciclaje.

11.2.2. Desventajas del reciclado de plástico

- Reciclar de forma completa el plástico no es posible, siempre se obtiene un producto de menor calidad que el original.

- Dos productos hechos del mismo plástico pueden tener características diferentes, lo que afecta a la calidad del producto hecho de plástico reciclado.
- Es muy importante clasificar los plásticos no solamente según el tipo de material sino también de acuerdo a su uso anterior y su procedencia.

11.2.3. Estudio del plástico polietileno tereftalato (PET)

11.2.3.1. ¿Qué es un PET?

El polietileno tereftalato (PET, PETE), es un polímero plástico, lineal, con alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento, por lo que lo hace apto para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termoformado. Es extremadamente duro, resistente al desgaste, dimensionalmente estable, resistente a los químicos y tiene buenas propiedades dieléctricas.

Por otra parte, es un plástico del grupo de los materiales sintéticos denominados poliésteres. Químicamente, es un polímero obtenido a través de una reacción de policondensación entre ácido tereftálico (PTA) y monoetilenglicol (MEG). Sus propiedades más relevantes incluyen una alta transparencia y resistencia al desgaste, un gran coeficiente de fusión y resistencia térmica y química, es liviano, prácticamente irrompible y 100% reciclable. Su cristalinidad varía de amorfa a altamente cristalizado: 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.

11.2.3.2. El PET como material

El PET reciclado procedente fundamentalmente de botellas y envases. La valorización de este producto se ha llevado a cabo mediante la puesta a punto de un proceso de fabricación sencillo y económicamente rentable, basado en técnicas convencionales de compounding, que permita la obtención de compuestos plásticos de ingeniería aptos para aplicaciones exigentes, como pueden ser las piezas de automoción, en las cuales las propiedades mecánicas, la resistencia a la temperatura y la estabilidad dimensional son esenciales.

Las resinas de ingeniería basadas en polietileno tereftalato (PET) se producen a partir de un polímero de viscosidad media que es químicamente equivalente a los usados en fibras, películas y envases. Estas resinas ordinariamente reforzadas, pueden ser moldeadas para producir piezas estructurales con alta resistencia al impacto en electrodomésticos y automoción. También tienen múltiples aplicaciones en otros sectores como construcción, mueble, eléctrico y electrónico, etc.

El PET puede ser considerado una materia prima de bajo coste para la producción de compuestos de ingeniería cuando se compara con otro tipo de polímeros. La razón es que es un recurso fácilmente disponible gracias al reciclado de botellas de agua mineral, y que en el futuro lo será aún más debido al desarrollo y proliferación del reciclado de plásticos en todo el mundo.

Sin embargo, este polímero presenta una serie de desventajas comparado con otros termoplásticos de ingeniería cuando la técnica de transformación empleada es el moldeo por inyección. El PET posee una velocidad de cristalización baja, lo que le confiere cierta tendencia a fragilizarse, característica que ha mantenido alejada a esta resina del proceso

de inyección. Otros inconvenientes que presenta son su alta sensibilidad a la humedad y baja temperatura de transición vítrea. Sin embargo, tiene ventajas como un alto módulo mecánico, alta resistencia a la temperatura

y brillo superficial, siempre y cuando presente una cristalización adecuada. Una de las mayores limitaciones del PET es su baja velocidad de cristalización. Al igual que otros polímeros con esta característica, el polibuteno por ejemplo, el PET precisa de largos tiempos de ciclo para conseguir la suficiente cristalinidad. Este hecho lo hace poco adecuado para su uso en inyección. Además, en el caso del PET la estructura cristalina generada presenta un tamaño de cristal grande, que suele provocar cierta fragilidad mecánica en el moldeado. El PET amorfo se ablanda a una temperatura de sólo 80 °C. La cristalinidad proporciona mejora en la resistencia térmica y mecánica, necesaria para la mayoría de los usos que puede tener un polímero ingenieril.

Las sales alcalinas de ácidos carboxílicos de alto peso molecular son muy efectivas como nucleantes de PET. Estas sales pueden ser distribuidas muy homogéneamente y en bajas concentraciones por todo el polímero, lo cual las hace más efectivas.

Los polieteréster también actúan como nucleantes y promotores de cristalización. Son plastificantes líquidos que reducen las fuerzas intermoleculares entre las cadenas de polímero, y que permiten un mayor deslizamiento entre éstas, pudiendo entonces ordenarse de la forma más favorable para la formación del cristal.

11.2.3.3. ¿De dónde podemos obtener el PET para reciclar?

- Fibra: Alfombras, Ropa, Telas para Decoración (Cortinas, ropa de cama, tapicería, etc.)
- Empaques: Bebidas (gaseosa, agua mineral, jugos, etc.),
- Comidas, perfumerías y cosméticos, productos para el hogar, licores, productos farmacéuticos.

11.2.3.4. ¿Cuáles son las características físicas del plástico PET?

Buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes, alta resistencia al desgaste, buena resistencia química, buenas propiedades térmicas, muy buena barrera contra la humedad, totalmente reciclable.

11.2.3.5. ¿Cuáles son las aplicaciones del PET?

PRODUCTOS A BASE DE POLIETILENO TEREFALATO	
PRODUCTOS	USOS
Envases y empaque	Bebidas carbonatadas, agua purificada, aceite, conservas, cosméticos, detergentes y productos químicos, productos farmacéuticos
Electro- Electronico	Diversos tipos de películas y aplicaciones desde las películas ultra delgadas para capacitores de un micrometro o menos hasta 0,5 milímetros, utilizados para aislamiento de motores
Fibras	Debido a su resistencia, el PET se emplea en telas tejidas y cuerdas, partes para cinturones, hilos de costura y refuerzo de llantas
Otras aplicaciones	Se utiliza para bandejas de horno convencional o microondas, pero su principal uso es en botellas. También se utiliza en monofilamentos para fabricar

Tabla 4: Productos a base de polietileno tereftalato

11.2.3.6. Propiedades del PET como producto

- Cristalinidad y transparencia, aunque admite cargas de colorantes.
- Buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes.
- Alta resistencia al desgaste.
- Muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad.
- Compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad barrera de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos.
- Propiedades ignífugas en los tipos con aditivos.
- Excelentes propiedades mecánicas.
- Barrera de gases.
- Cristalizable.
- Reciclable.
- Liviano

11.2.3.7. Otras propiedades

- Baja absorción de humedad que lo hacen muy adecuado para la fabricación de fibras.
- Alta rigidez y dureza.
- Gran indeformabilidad al calor.
- Muy buenas características eléctricas y dieléctricas.
- Alta resistencia a los agentes químicos y estabilidad a la intemperie.

11.2.3.8. Propiedades físicas y químicas del PET

Datos técnicos del plástico PET		
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, Izod	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
Cosntante dieléctrica (60Hz)		3,65
Absorción de agua (24hs)	%	0,02
Velocidad de combustión	mm/mín	Consumo lento
Efecto luz solar		Se decoloran ligeramente
Calidad de mecanizado		Excelente
Calidad óptica		Transparente a opaco
Temperatura de fusión	°C	244-254

Tabla 5: Datos técnicos del PET

11.2.3.9. Características del PET

- Biorientación: permite lograr propiedades mecánicas y de barrera con optimización de espesores.
- Cristalización: permite lograr resistencia térmica para utilizar bandejas termoformadas en hornos a elevadas temperaturas de cocción, permite cocción en microondas
- Esterilizable: por gamma y óxido de etileno.

- Alternativas ecológicas
 - o Retornabilidad
 - o Fibras
 - o Polioles para poliuretanos
 - o Incineración

11.2.3.10. Resistencia a sustancias químicas del PET

Buena resistencia general en especial a:

- Grasas y aceites presentes en alimentos
- Soluciones diluidas de ácidos minerales
- Álcalis, sales, jabones, hidrocarburos alifáticos y alcoholes.

Poca resistencia a:

- Solventes halogenados
- Aromáticos
- Cetonas de bajo peso molecular

RESISTENCIA DEL PET A DISTINTAS SUSTANCIAS QUIMICAS			
ALCOHOLES		ALDEHÍDOS	
Metanol	Muy resistente	Acetaldehído	Muy resistente
Etanol	Muy resistente	Formaldehído	Muy resistente
Isopropanol	Resistente	COMPUESTOS CLORADOS	
Ciclohexanol	Muy resistente	Tetracloruro de carbono	Muy resistente
Glicol	Muy resistente	Cloroformo	Resistente
Glicerina	Muy resistente	Difenil Clorado	Muy resistente
Alcohol Bencílico	Resistente	Tricloro Etilico	Muy resistente
DISOLVENTES		SALES (SOLUCIONES)	
Éter	Muy resistente	Bicromato	Muy resistente
Acetona	No resiste	Carbonatos alcalinos	Muy resistente
Nitrobenzeno	No resiste	Cianuros	Muy resistente
Fenol		Fluoruros	Muy resistente
ÁCIDO		ÁLICALIS (SOLUCIONES ACUOSAS)	
Ácido Fórmico	No resiste	Hidróxido Amónico	No resistente
Ácido Acético	Muy resistente	Hidróxido Cálculo	Muy resistente
Ácido Clohídrico 10%	Resistente	Hidróxido Sódico	No resistente
Ácido Clohídrico 30%	Resistente	SUSTANCIAS VARIAS	
Ácido Fluorhídrico 10% y 35%	Muy resistente	Cloro	Muy resistente
Ácido Nítrico 10%	Muy resistente	Agua	Muy resistente
Ácido Nítrico 65%	No resiste	Peróxido de hidrógeno	Muy resistente
Ácido Fosforico 30% y 85%	Muy resistente	Oxígeno	Muy resistente
Ácido Sulfúrico 20%	Resistente		
Ácido Sulfúrico 80%	No resiste		
Anhídrico Sulfuroso seco	Muy resistente		

Tabla 6: Resistencia del PET a sustancias químicas

11.2.3.11. Grado de contaminación admisible de los materiales

El inconveniente que presenta el material proveniente de esta fuente es el grado de contaminación del mismo, pues está sucio de los otros residuos.

Los materiales que se reciclan con esta tecnología no necesitan estar limpios, pueden contener tierra, arenillas, etc. sin que se afecten por ello sus buenas propiedades (a diferencia de otros procedimientos de reciclado químicos en los cuales es imprescindible la perfecta limpieza de los materiales).

En el caso de los envases de PET, es habitual que se haga su procesado con un bajo grado de contaminación. No se aceptan envases que tengan restos de materiales tóxicos como plaguicidas o medicamentos.

Son molidos con rótulos y tapa, y también se acepta la presencia de otro tipo de plásticos (PP, PVC, etc.).

A diferencia de otros procedimientos de reciclado conocidos, no se necesitan piletones de lavado ni separadores de distintos plásticos por flotación u otros medios físicos.

En el caso de los films plásticos procedentes de envoltorios de alimentos, el material llega perfectamente limpio, puesto que procede de fábrica.

Hasta el presente este material no se ha podido reciclar para otros usos de manera económica ni en forma eficiente, por la presencia de tintas diversas en su superficie.

Esto no es un obstáculo en el caso de esta nueva tecnología en que se los cubre con una mezcla cementicia.

El reciclado de estos materiales para su uso en esta tecnología es muy simple y económico, de tipo mecánico. El procesamiento de estos materiales plásticos no deja residuos sin procesar porque incluso el sobrante molido y cementado se puede agregar a una nueva mezcla.

11.3. Vidrio

11.3.1. El vidrio como material

El vidrio es uno de los materiales más cotidianos y con el que estamos continuamente en contacto. Se fabrica con un recurso natural que procede de minas de arena (se obtiene básicamente a partir de sílice, caliza y sosa). Es una sustancia dura, frágil, translúcida, refringente (produce refracción de la luz) y mala conductora del calor la electricidad.

A lo largo de su historia, el vidrio ha demostrado ser uno de los materiales de envase más respetuosos con el medio ambiente. Es 100% reciclable y en un número indeterminado de veces. Las materias primas de las que se fabrica el vidrio son abundantes en la naturaleza, y éstas se obtienen mediante un proceso de extracción sencillo y poco contaminante. No obstante, la extracción de arena debe ser bien manejada porque de lo contrario puede generar contaminación y erosión.

El vidrio posee características que hacen que no interfiera con las propiedades de los productos que contiene. Por otra parte, su degradación química y su erosión física son muy lentas, pero no libera sustancia alguna que pueda resultar perjudicial para el entorno. Además, para su fusión, se puede emplear cualquier tipo de energía.

11.3.2. Composición del vidrio

Desde el punto de vista físico, el vidrio es una sustancia líquida sobre enfriada y solidificada. De manera persistente, el hombre se ha valido de dicho material para tratar de imitar las diversas vitrificaciones que presenta la naturaleza, tales como el cuarzo, la cornalina, el ágata, el jaspe, la obsidiana y el cristal de roca, que es una variedad de cuarzo cristalino, incoloro, de gran pureza y totalmente transparente.

Esta búsqueda constante lo llevó primero a reproducir con vidrio piedras semipreciosas, como la turquesa o la malaquita, a fin de incrustarlas en joyería. Progresivamente, los artesanos vidrieros perfeccionaron sus técnicas hasta conseguir, con fabulosas recetas de alquimia, el vidrio incoloro e incluso el cristal de plomo, que logra simular, casi a la perfección, la transparencia y belleza del cristal de roca.

El vidrio es una sustancia dura, no cristalina, frágil, de aspecto translúcido y en la mayoría de los casos transparente. Surge de la fusión a alta temperatura de una mezcla de sílice o arena sílica con un álcali terroso o carbonato de calcio y con un carbonato de sodio, sosa o potasa, dentro de un reactor de fusión.

Se deben de reunir 2,5 partes o más de sílice por una de fundente. Un exceso de bases haría que el vidrio fuese demasiado fluido y por tanto impropio para el trabajo, al tiempo en que un exceso de sílice conduciría a la desvitrificación. Como resultado de la presencia de uno de los dos carbonatos, el vidrio varía en su aspecto, según la época y la zona geográfica en que fue elaborado.

El punto en que la mezcla vítrea pasa de estado sólido al líquido viscoso, varía entre los 1.300 y los 1.500 grados centígrados. Una vez realizada la mezcla, alcanza de forma gradual la consistencia sólida, mediante un proceso de lento enfriamiento hasta adoptar su aspecto característico de material sólido transparente.

El vidrio se modela en caliente, en el poco tiempo en que se conserva entre el rojo amarillo y el rojo naranja. El proceso de recocido debe ser extremadamente lento, para impedir con ello la cristalización de los silicatos presentes en la mezcla. De no ser así, se puede originar una disminución sensible en la transparencia del vidrio, volviéndolo opaco y expuesto a romperse por impacto térmico.

La curva de enfriamiento depende del espesor y del tamaño de la pieza.

11.3.3. Características mecánicas

Durante su uso el vidrio puede estar sometido a esfuerzos mecánicos de diferente tipo: tracción, compresión, torsión, impacto y penetración. El comportamiento del vidrio bajo estos esfuerzos depende de varios factores, entre los que se encuentran la rigidez de los enlaces entre las moléculas que lo constituyen y, principalmente, el estado de su superficie.

En la superficie del vidrio existen fisuras microscópicas que actúan como lugares de concentración de las tensiones mecánicas y en consecuencia como centros de iniciación de posibles fracturas, debido a la imposibilidad de eliminar estos defectos microscópicos la resistencia mecánica real del vidrio está muy por debajo de su resistencia teórica, otra de las consecuencias de estas microfisuras superficiales es que la resistencia a la compresión de un vidrio es mucho más elevada que la resistencia a la tracción, por lo que un vidrio rompe siempre a tracción.

No es posible dar un valor preciso de la resistencia a tracción ya que el valor característico de esta resistencia mecánica está asociado con el estado de la superficie y le influye de manera notable la duración de la aplicación de la carga.

Los ensayos proporcionan los siguientes resultados:

Resistencia a la compresión:

La resistencia del vidrio a la compresión es muy elevada (10.000 kg/ cm²) por lo que, en sus aplicaciones normales, es prácticamente imposible la rotura del vidrio por compresión.

Resistencia a la tracción:

La resistencia a la tracción es, para el vidrio recocido, del orden de 400 kg/cm²; para el vidrio templado DUGLASS es del orden de 1000 kg/cm² (dos veces y media superior).

Resistencia a la flexión:

Cuando un vidrio está trabajando a flexión tiene una cara sometida a tracción y la otra a compresión. La resistencia a la rotura por flexión será pues:

- Para un vidrio recocido, sin defectos visibles, del orden de 400 Kg/cm²
- Para un vidrio templado, del orden de 1000 kg/cm²

Densidad:

La densidad del vidrio es de 2.5 gr/cm³, lo que supone, para un vidrio plano, una masa de 2.5 Kg por m² y milímetro de espesor.

Dureza:

La dureza del vidrio (su resistencia al rayado) es de 6.5 en la escala de MOHS, lo que representa una dureza ligeramente inferior a la del cuarzo.

Elasticidad:

Módulo de Young "E", es el coeficiente que relaciona el alargamiento que experimenta una barra de vidrio de longitud l y sección S sometida a una fuerza de tracción F. Para el vidrio común E= 7.100 kg/mm²

Coeficiente de Poisson:

Es la relación entre la deformación lateral (contracción) y la longitud (alargamiento) cuando se aplica al vidrio un esfuerzo de tracción. En el vidrio común es de 0,22. (Excepto al Borosilicato)

11.3.4. Características térmicas

Las propiedades térmicas del vidrio se pueden describir por tres constantes intrínsecas al material:

Calor específico:

Es la cantidad de calor necesaria para elevar 1°C la temperatura de 1 kg de material. Como el calor específico varía con la temperatura del material, se suele dar su valor a 20 ° C.

Conductividad térmica:

Cantidad de calor que atraviesa, por m² y hora, una pared de caras paralelas y de un metro de espesor cuando entre sus caras se establece una diferencia de temperaturas de 1°C.

Coeficiente de dilatación lineal:

Es el alargamiento por unidad de longitud que experimenta un material cuando aumenta 1°C su temperatura.

Conducción:

El calor se transmite por conducción a través de un medio material (sólido, líquido o gas). Las moléculas calientes comunican parte de su energía de vibración a sus vecinas más frías continuando dicho proceso a lo largo de todo el material.

Convección:

Esta forma de transmisión de calor es propia de líquidos y gases. La diferencia de temperatura provoca diferencias de densidad que a su vez dan lugar a movimientos en el fluido; el más caliente sube y es reemplazado por otro más frío. Si además el fluido posee algún otro tipo de movimiento se dice que hay convección forzada.

Radiación:

Todo cuerpo emite energía electromagnética de manera continua, la cantidad de energía y el espectro de emisión dependen de la temperatura del cuerpo y de sus propiedades emisivas. Este mecanismo no precisa de contacto material por lo que tiene lugar incluso en el vacío. Con el objeto de describir el comportamiento térmico de un acristalamiento se define el coeficiente de transmisión térmica "K" que tiene en cuenta los tres mecanismos de transmisión de calor, un valor de K pequeño nos indica un buen aislamiento térmico, K depende en gran medida de la existencia de cámara de aire y de su espesor, así como del tratamiento superficial de los vidrios, si se utiliza un vidrio con tratamiento bajo emisivo las pérdidas por radiación son mucho menores.

11.3.5. Características químicas

- Resistencia al agua.

Sin estabilizante como óxido o carbonato de calcio, el agua ataca al vidrio disolviendo algunos de sus componentes lo que se manifiesta por pequeñas pérdidas de masa. La intensidad del ataque depende de varios factores: la temperatura, el tiempo de contacto, la composición del vidrio, la agitación y el estado de la superficie. A temperatura ambiente el ataque es insignificante, la pérdida de masa después de estar sumergido durante horas es prácticamente inapreciable. Al aumentar la temperatura, la intensidad del ataque crece exponencialmente.

- Resistencia a los agentes atmosféricos.

El ataque del vidrio por agentes atmosféricos puede ocasionar la aparición en su superficie de manchas y descamaciones cuando son escaso en estabilizantes. El principal responsable de dicho ataque es el agua contenida en la atmósfera que se condensa frecuentemente sobre la superficie fría del vidrio. Esta pequeña cantidad de agua superficial es más peligrosa que gran cantidad de agua fluyendo ya que da lugar a una disolución concentrada de Na(OH) que ataca al vidrio. Resulta por consiguiente aconsejable evitar en lo posible la condensación. El resto de los gases atmosféricos no atacan al vidrio.

11.3.6. Vidrio como material reciclable

- El vidrio de botellas o recipientes es un producto 100 % reciclable que no sufre de un deterioro de su calidad por el proceso de reciclaje.
- Una botella retornable de vidrio puede ser reutilizada entre 17 y 35 veces antes de ser desechada.

- Permite un gran ahorro de energía, materia prima y se reducen considerablemente las emisiones generadas durante la producción.

11.4. Cemento

11.4.1. El cemento como material

El cemento es un polvo fino que se obtiene de la calcinación a 1,450°C de una mezcla de piedra caliza, arcilla y mineral de hierro. El producto del proceso de calcinación es el clínker (principal ingrediente del cemento), que se muele finamente con yeso y otros aditivos químicos para producir cemento.

Es un material aglutinante que presenta propiedades de adherencia y cohesión, que permiten la unión de fragmentos minerales entre sí, formando un todo compacto. Su nombre se deriva de *caementum*, que en latín significa “argamasa”, y procede a su vez del verbo *caedere* (precipitar). Es considerado el conglomerante más importante en la actualidad.

Hay dos tipos de cementos dependiendo de su origen: arcilloso, logrado a partir de arcilla y piedra caliza; y puzolánico, que contiene puzolana, un material alúmino silíceo. La mencionada puzolana puede provenir de volcanes o de un origen orgánico. En la construcción se ha generalizado la utilización de la palabra cemento para designar un tipo de aglutinante específico que es el cemento hidráulico, de origen puzolánico, debido a que es el más comúnmente utilizado.

El cemento hidráulico es la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales que contienen sílice, alúmina u óxidos de hierro, procesados generalmente en hornos rotatorios a altas temperaturas y mezclados con yeso. La cocción de la mezcla se realiza a temperaturas entre 1.450 y 1.480 °C, y la masa homogénea obtenida se denomina clínker, el cual, después de ser triturado finalmente, se convierte en el componente básico para la fabricación del cemento. Este material tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia del agua, presentándose un proceso de reacción química que se conoce como hidratación. Es mayormente empleado en la construcción, justamente por esa solidez que reviste como adherente y aglutinante.

11.4.2. Componentes principales del cemento

La composición química de las materias primas utilizadas en la fabricación del cemento hidráulico está compuesta por varios elementos como son:

- Óxido de calcio (CaO) aportado por la cal.
- Dióxido de silicio (SiO₂), el cual se encuentra en la arcilla junto con el óxido de aluminio (Al₂O₃) y el óxido de hierro (Fe₂O₃),
- y la adición del regulador del fraguado que es el yeso, el cual contiene trióxido de azufre (SO₃).

En la etapa de sinterización (tratamiento térmico a temperatura menor que el punto de fusión) durante la fabricación del clínker, se producen los componentes principales o potenciales que constituyen el 95% de dicho material, los cuales se conocen como mineral, debido a las impurezas de las materias primas. Al silicato tricálcico se le conoce como Alita (C₃S), al silicato dicálcico se le denomina Belita (C₂S), el ferrito aluminato

tetracálcico (C4AF) es la ferrita y celita al aluminato tricálcico (C3A). El motivo de añadir yeso al cemento es para retardar (controlar) el fraguado, ya que, si solo se muele el clínker, al mezclarlo con el agua fraguaría casi inmediatamente, y no permitiría ni su manipulación ni su instalación. La retardación de la hidratación inicial del cemento depende de la presencia de los iones SO_4 .

11.4.3. Clasificación de los cementos portland

El conocimiento bastante extenso sobre el cemento en cuanto a composición, características y comportamiento permite fabricar cementos con propiedades específicas. La clasificación más usada se encuentra en la norma ICONTEC 30, basada en las normas ASTM.

La clasificación es la siguiente:

- Cemento Portland tipo 1. Es destinado a obras de hormigón en general, al que no se le exigen propiedades específicas.
- Cemento Portland tipo 1M. Alcanza resistencias superiores a las del tipo 1.
- Cemento Portland tipo 2. Es resistente a la acción moderada de sulfatos y el desprendimiento de calor es menor que en los cementos normales.
- Cemento Portland tipo 3. Alcanza alta resistencia inicial.
- Cemento Portland tipo 4. El desprendimiento de calor es bajo.
- Cemento Portland tipo 5. Ofrece alta resistencia a la acción de los sulfatos.
- Cemento Portland Blanco. Se elabora con materias primas seleccionadas que no contienen óxido de hierro, por eso la coloración. Se usa para decoración.

También figuran 1A, 1MA, 2A y 3ª, que corresponden a los ya indicados con adición de material incorporador de aire.

Las características nombradas en cada tipo de cemento se obtienen variando las proporciones de los compuestos en el clínker y esto se logra partiendo de la dosificación de las materias primas. A la mayoría de los cementos portland se les adiciona otras sustancias con fines generalmente económicos. Los materiales adicionados pueden ser calizas, escorias de alto horno o puzolanas. Agregar calizas al clínker no es conveniente porque reduce la resistencia a la compresión del cemento, aunque ofrece mayor plasticidad durante el proceso inicial de reacción con el agua.

A los cementos que se les adiciona escorias se les llama cemento siderúrgico tipo 5. El uso de ellos se recomienda en obras de concreto, donde se requiere alta resistencia al ataque químico, bajo calor de hidratación y resistencias iniciales no altas. Es el cemento ideal para obras sumergidas en aguas marinas o en contacto con aguas sulfatadas y también para estructuras de concreto de gran masa, por presentar baja variación de volumen y por consiguiente menor riesgo de fisuración y agrietamiento.

A los cementos con adición de puzolanas se les llama Cemento Portland Puzolánicos. Las puzolanas al igual que las escorias son resistentes a los sulfatos y desprenden bajo calor de hidratación; la reacción de hidratación es lenta.

Tanto las puzolanas como las escorias contienen sílice en forma reactiva; estos materiales finamente divididos y en presencia de agua reaccionan con el hidróxido de calcio desprendido en la hidratación del cemento, formando compuestos con propiedades cementantes de características similares al cemento portland.

Las resistencias alcanzadas con los cementos siderúrgicos y puzolánicos son tardías con respecto a las obtenidas con los cementos portland.

11.4.4. Propiedades del cemento

Las propiedades físicas y mecánicas del cemento se pueden determinar a través de ensayos sobre el cemento puro, pasta de cemento o el mortero. Estas pruebas se realizan en laboratorio con el fin de asegurar que posea la calidad deseada y de que esté dentro de los requisitos mínimos exigidos por la norma. Sin embargo, es conveniente que el constructor a su vez -antes de empezar la obra- evalúe o realice las pruebas de aceptación para examinar las propiedades del cemento que se va a usar en la obra.

Los ensayos sobre los cementos se deben realizar para la evaluación de sus propiedades y no se deben confundir con los ensayos al concreto, puesto que las especificaciones del cemento determinan en gran medida las propiedades del concreto, de acuerdo con su composición. Aunque durante la fabricación del cemento se monitorean continuamente tanto la composición química como las diferentes propiedades, lo recomendable es hacer un chequeo final antes de iniciar la obra.

11.4.4.1. Físicas

Fraguado del cemento:

Al mezclar el cemento con el agua, se forma una pasta en estado plástico, en el cual la pasta es trabajable y moldeable, después de un tiempo que depende de la composición química del cemento, la pasta adquiere rigidez; es conveniente distinguir entre el fraguado y el endurecimiento, pues este último se refiere a resistencia de una pasta fraguada. El tiempo que transcurre desde el momento que se agrega el agua, hasta que la pasta pierde viscosidad y eleva su temperatura se denomina “tiempo de fraguado inicial”, e indica que la pasta está semidura y parcialmente hidratada. Posteriormente la pasta sigue endureciendo hasta que deja de ser deformable con cargas relativamente pequeñas, se vuelve rígida y llega al mínimo de temperatura; el tiempo transcurrido desde que se echa el agua hasta que llega al estado descrito anteriormente se denomina “tiempo de fraguado final”, e indica que el cemento se encuentra aún más hidratado (no totalmente) y la pasta ya está dura. A partir de este momento empieza el proceso de endurecimiento y la pasta ya fraguada va adquiriendo resistencia. La determinación de los tiempos de fraguado es arbitraria y da una idea del tiempo disponible para mezclar, transportar, colocar, vibrar y apisonar los concretos y morteros de una obra, así como el tiempo necesario para transitar sobre ellos y el tiempo para empezar el curado. La medida de los tiempos de fraguado se hace en el laboratorio mediante las agujas de Gillmore y el aparato de Vicat.

Falso fraguado

Con este nombre se conoce al endurecimiento prematuro y anormal del cemento, que se presenta dentro de los primeros minutos que sigue a la adición del agua y difiere del fraguado relámpago porque no presenta desprendimiento de calor; además, al volver a mezclar la pasta sin agregarle agua se restablece la plasticidad y fragua normalmente sin pérdida de resistencia. Este fenómeno se debe a las temperaturas altas (mayores de 100°C) en la molienda, que ocasionan deshidratación parcial o total del retardador que es el yeso. Si la operación de falso fraguado se presenta en la mezclada del concreto, se

debe prolongar el tiempo de mezclado y no debe agregarse más agua, porque se altera la relación agua-cemento.

Los Factores que más inciden en los Tiempos de Fraguado

- Composición química del cemento
- Finura del cemento; entre más fino sea, es mayor la velocidad de hidratación
- Mientras mayor sea la cantidad de agua de amasado, dentro de ciertos límites, más rápido es el fraguado.
- A menor temperatura ambiente, las reacciones de hidratación son más lentas.

Expansión en autoclave:

El efecto de un exceso de magnesio o cal en el cemento produce expansión y desintegración del concreto hecho con ese cemento. La prueba de expansión del cemento Pórtland en la autoclave brinda un índice de dicha expansión potencial retardada, causada por la hidratación del CaO (cal libre), el MgO (magnesia) o ambos. Estos compuestos son débilmente solubles y se forman en el interior del concreto, dando origen al crecimiento de cristales, que provocan una presión capaz de llevar a la ruptura de la microestructura. El porcentaje de cal libre en los cementos modernos no debería exceder del 1% de su composición, aunque ninguna norma específica un límite a la cal libre; más bien se limita la expansión de muestras prismáticas de cemento colocadas en un horno llamado "autoclave", a temperatura y presión controladas. Este ensayo normalizado por la ASTM acelera la eventual acción de la cal libre y la estabilidad de la muestra garantiza la calidad del cemento. Como un indicador adicional, puede considerarse que un cemento con bajo contenido de residuo insoluble, es un cemento bien calcinado y con escaso riesgo de cal libre. La cal libre se puede presentar por problemas durante la fabricación del cemento: Χομβιναχι (v incompleta de los constituyentes del cemento en su proceso de fabricación. | Exceso de material grueso, de la caliza del crudo por molienda incompleta, que impide la reacción con los elementos arcillosos en el proceso de clinkerización. | Elevado contenido de óxido de calcio en el crudo, que impide que la totalidad de este óxido se combine con los óxidos de sílice, aluminio y hierro en el proceso de clinkerización. | Proceso de segregación en el horno o temperatura de calcinación por debajo del nivel óptimo. Debe advertirse que eventualmente puede encontrarse el CaO como cal liberada, en cuanto el silicato tricálcico (S3C) es un compuesto meta estable que tiende a convertirse en silicato bicálcico (S2C) más CaO. El óxido desprendido del Silicato tricálcico se encuentra en estado amorfo, de fácil reacción con el agua de hidratación y puede ocasionar expansiones que desaparecen en un breve lapso. La Magnesia (MgO) que se encuentra en pequeñas proporciones dentro de los cementos Pórtland, proviene del carbonato de magnesio (MgCO₃), que es un componente de las piedras calizas. El carbonato se disocia en óxido de magnesio (MgO) y dióxido de carbono (CO₂). La magnesia no se combina con los otros óxidos de cemento y se mantiene en solución sólida en los minerales dentro del clinker. Cuando la magnesia se encuentra en forma cristalizada (se llama periclase), al hidratarse presenta expansión de volumen y puede producir la fractura del concreto. Cuando la magnesia se presenta en forma de vidrio es inofensiva.

Las normas limitan el contenido de óxido de magnesio a 5%, que es la cantidad máxima que es posible entre a formar solución sólida en las fases del clinker. La expansión de la magnesia se produce generalmente luego de un período prolongado, y para identificarla en el concreto es necesario someter las muestras a un análisis por microscopio. Sin embargo, es mucho más práctica la aplicación de la norma ASTM que prescribe además la prueba de expansión en autoclave. El objetivo de esta prueba es la determinación de la inalterabilidad del volumen del cemento, o como se conoce mejor, la sanidad del cemento; la sanidad se refiere a la capacidad de una pasta endurecida para conservar su volumen después del fraguado. La expansión destructiva retardada o falta de sanidad es provocada por un exceso en las cantidades de cal libre o de magnesia. Casi todas las especificaciones para el cemento limitan los contenidos de magnesia (periclusa), así como la expansión registrada en la prueba de autoclave. Las especificaciones ASTM C 150-02 para cemento Pórtland permite un valor máximo de 0.80% de expansión en el incremento de la longitud de especímenes de prueba hechos con pasta de cemento, antes y después de su exposición a presiones altas (295 ± 10 psi durante 3 horas) en la autoclave. Por otra parte, la especificación ASTM C 595-03 para cementos hidráulicos mezclados permite un valor máximo de contracción de 0.20% y un valor máximo de expansión de 0.80%. y la especificación ASTM C 91-03 para cemento de mampostería permite un valor máximo de expansión de 1.0%. Asimismo, la especificación de desempeño ASTM C 1157-02 para cemento hidráulico permite un valor máximo de expansión de 0.80% Una autoclave puede definirse como una olla de presión con medidores de presión, válvulas termómetros y otros aditamentos que aseguran que el aparato trabaje en los rangos especificados para la prueba y que al mismo tiempo brinden seguridad al operador.

Finura:

Es una de las propiedades más importantes del cemento, ya que determina en gran medida la velocidad de hidratación, el desarrollo del calor de hidratación, la retracción y la adquisición de resistencia del cemento. Un cemento con grano fino se hidrata con mucha más facilidad. Este parámetro se determina mediante un método indirecto con el aparato de Blaine, que consiste en medir el tiempo necesario para atravesar una cantidad de aire en una muestra de densidad conocida. Se denomina superficie específica y se expresa en cm^2/gr . La norma técnica colombiana que rige este ensayo es la NTC 33. La cámara de permeabilidad se conecta al manómetro, verificando que haya una conexión hermética. El aire contenido en el brazo del manómetro que tiene las marcas se elimina lentamente hasta que el líquido alcance la marca más alta, luego se cierra la válvula herméticamente.

Consistencia normal (Fluidez):

Es la característica que indica el grado de fluidez con que se puede manejar la pasta de cemento, este parámetro se determina con la aguja de Vicat. Los cementos tienen unos requerimientos de agua diferentes, dependiendo si son o no adicionados; generalmente los cementos adicionados requieren de más agua. Existe una fluidez para la cual debe agregarse cierta cantidad de agua, y es lo que se denomina consistencia normal.

Este ensayo lo debemos realizar siguiendo los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana NTC 5784: Se limpia y se seca cuidadosamente la superficie de la mesa de flujo y se coloca el molde de flujo en el centro. Se coloca en el molde una capa de mortero

de aproximadamente 25 mm de espesor y se apisona 20 veces con el apisonador. La presión del apisonador debe ser la suficiente para asegurar un llenado uniforme del molde. Se llena entonces el molde con mortero y se apisona tal como se especificó para la primera capa. Se retira el mortero sobrante para obtener una superficie plana, por medio del deslizamiento de la regla de enrase o pasando el borde recto de un palustre (sostenido de cerca y perpendicularmente al molde) con un movimiento de sierra a lo largo del borde superior del mismo. Se limpia y se seca la plataforma teniendo especial cuidado de retirar el agua del borde del molde. Se levanta el molde del mortero un minuto después de completar la operación de mezclado. Inmediatamente después se deja caer la mesa 25 veces durante 15s, a menos que otra condición sea especificada.

Densidad

Se determina por la relación entre la masa de una cantidad dada y el volumen absoluto de esa masa. En los cementos normales este valor está muy cerca de 3,15 g/cm³, en los adicionados este valor está cerca de 2,90 g/cm³, dependiendo de la cantidad de adiciones utilizadas

11.4.4.2. Mecánicas

Resistencia mecánica:

La resistencia mecánica del cemento endurecido es la propiedad del material que tiene mayor influencia en los fines estructurales para los cuales se emplea. Para medir la resistencia mecánica del cemento, se fabrican probetas de mortero, empleando arena normalizada con una gradación abierta, compuesta por tres tamaños y con una proporción determinada de 2.75 partes de esta arena por una parte de cemento. Utilizando la cantidad de agua necesaria para que el mortero tenga una fluidez entre 110 y 115.

La norma ICONTEC 220 especifica el método para determinar la resistencia a la compresión en probetas de mortero. No se mide la compresión en probetas de concreto como sería lo más lógico, puesto que es la mayor y la más importante aplicación del cemento, pero existe dificultades en obtener agregados gruesos normalizados.

Retracción y fisuras:

En condiciones normales la pasta de cemento se contrae al endurecer; la mayor retracción ocurre en los primeros dos o tres meses de hidratación del cemento. En cementos normales esta retracción es del orden de 0.015%.

Las retracciones se originan cuando los esfuerzos y tensiones internas que se producen en proceso de fraguado y/o endurecimiento de la pasta de cemento son superiores a la resistencia de la propia masa.

Las retracciones pueden ser debidas a condiciones hidráulicas o a condiciones térmicas. Las de orden hidráulico son motivadas por composición mineralógica del cemento, como:

- Alto contenido de silicato tricálcico
- Alto contenido de aluminato tricálcico
- Alto contenido de álcalis
- Fraguado y endurecimientos rápidos
- Bajo contenido de yeso.

Las de orden térmico se deben a:

- Finura del cemento
- Bajo poder de retención de agua por parte del cemento
- Alta dosificación del cemento

Cuando las retracciones son grandes pueden producir fisuras; sin embargo, existen causas ajenas al cemento que producen fisuramiento, como:

- Asentamiento o desplazamiento de la propia estructura.
- Deformaciones que experimenta el terreno de cimentación, por sobrecarga
- debidas al medio ambiente, como son: la baja humedad relativa, altas temperaturas o vientos fuertes que producen desecación rápida del concreto fresco.

11.4.4.3. Químicas

El proceso de clinkerización del cemento involucra la transformación de las materias primas a productos más complejos, por medio de reacciones en estado sólido. La química del cemento frecuentemente emplea un modelo basado en abreviaturas para las formulas químicas de los óxidos más frecuentes presentes en el material y los cuales se forman a partir de ellos, motivo por el cual deben evaluarse las propiedades químicas la cuales incluyen:

- Hidratación del cemento
- Formación de la pasta de cemento
- Calor de hidratación

11.4.5. Características del concreto

Manejabilidad:

La manejabilidad o trabajabilidad es una propiedad del concreto fresco que se define como su capacidad para ser colocado, compactado adecuadamente y para ser terminado sin segregación ni exudación; la manejabilidad va asociado al término plasticidad, definido como la propiedad del concreto fresco que le permite dejarse moldear y cambiar lentamente si se saca del molde.

No debe confundirse la manejabilidad con la consistencia o fluidez, relacionada de este con estado de mezcla seca (dura) o fluida (blanda), es decir, se refiere al grado de humedad de la mezcla.

Dentro de ciertos límites las mezclas fluidas o húmedas son más manejables que las secas, pero dos mezclas que tengan la misma consistencia no son igualmente manejables, para ello deben tener el mismo grado de plasticidad.

Los factores que influyen en la trabajabilidad son:

- El contenido del agua de secado, es el principal factor que influye en la manejabilidad del concreto; se expresa en kg o litros por m³ de concreto.
- La fluidez de la pasta, debido a que para una cantidad determinada de pasta y de agregado, la plasticidad de la mezcla dependerá de las proporciones de cemento y agua en la pasta.

- El contenido de aire, bien sea naturalmente atrapado o adicionado, aumenta la manejabilidad de la mezcla porque sus burbujas actúan como balineras de los agregados permitiendo su movilidad.
- La buena gradación de los agregados.
- Los agregados gruesos con partículas planas y alargadas o de forma cúbica con superficie rugosa, disminuyen la manejabilidad de la mezcla.
- Bajo contenido de arena en proporción con el contenido de agregado grueso determina una mezcla poco manejable. Pero si el contenido de arena es elevado hay necesidad de añadir agua o pasta en exceso para que la mezcla sea manejable presentándose también segregación o exudación.
- Algunas condiciones de clima y temperatura pueden alterar la manejabilidad de la mezcla.

Algunas condiciones de producción y colocación del concreto:

Segregación:

Es la separación de los materiales que constituyen una mezcla de cemento. Entre los principales factores que producen segregación están la diferencia en tamaños de las partículas y la mala distribución granulométrica de los agregados. Otras causas se refieren a los inadecuados procesos del concreto: Mezclado, transporte, colocación y compactación. La segregación se produce en dos formas: Las partículas gruesas tienden a separarse de las otras por acción de la gravedad, esto ocurre generalmente con mezclas secas y poco plásticas. La otra forma es la separación de la pasta (cemento y agua) lo que ocurre con mezclas muy fluidas.

Exudación:

Se conoce también como sangrado y consiste en que parte del agua de mezclado tiende a subirse a la superficie del concreto recién colocado o durante el proceso de fraguado. La exudación puede crear problemas en el concreto; cuando la velocidad de la evaporación es menor que la velocidad de la exudación, se forma una película de agua que aumenta la relación agua cemento en la superficie y posteriormente esta zona queda porosa y de baja resistencia al desgaste; pero si la velocidad de evaporación es mayor que la velocidad de la exudación se pueden producir grietas de contracción. La exudación puede ser controlada con aditivos inclusores de aire, cementos más finos y un control de agregado fino.

11.4.6. Propiedades de productos elaborados con cemento

HIDRAULICAS	La reacción de la hidratación entre el cemento y el agua es única: el material fragua y luego se endurece. La naturaleza hidráulica de la reacción permite que el cemento hidratado se endurezca aún bajo el agua.
ESTÉTICAS	Antes de fraguar y endurecerse, el cemento hidratado presenta un comportamiento plástico. Por lo tanto, se puede vaciar en moldes de diferentes formas y figuras para generar arquitecturas estéticamente interesantes, que serían difíciles de lograr con otros materiales de construcción.
DE DURABILIDAD	Cuando se usa correctamente; por ejemplo, con buenas prácticas de diseño de mezclas de concreto, el cemento puede formar estructuras con una vida de servicio larga que soporte los cambios climáticos extremos y agresiones de agentes químicos.
ACÚSTICAS	Utilizados con un diseño adecuado, los materiales basados en cemento pueden servir para un excelente aislamiento acústico.

Tabla 7: Propiedades de productos elaborados con cemento

11.5. Agregados

11.5.1. Agregado grueso

11.5.1.1. Función

Teniendo en cuenta que el concreto es una piedra artificial, el agregado grueso es la materia prima para fabricar el concreto. En consecuencia, se debe usar la mayor cantidad posible y del tamaño mayor, teniendo en cuenta los requisitos de colocación y resistencia. Hasta para la resistencia de 250 kg/cm² se debe usar el mayor tamaño posible del agregado grueso; para resistencias mayores investigaciones recientes han demostrado que el menor consumo de concreto para mayor resistencia dada (eficiencia), se obtiene con agregados de menor tamaño. Se llama eficiencia del concreto a la relación entre la resistencia del concreto y el contenido de cemento. En concreto de alta resistencia, mientras más alta sea esta, menor deberá ser el tamaño máximo para que la eficiencia sea máxima. Para cada resistencia existe un margen estrecho del valor del tamaño máximo por debajo del cual es necesario aumentar el contenido del cemento. En concretos de mediana y baja resistencia mientras mayor sea el tamaño mayor es la eficiencia.

11.5.1.2. Características de un buen agregado grueso para concreto

Un buen agregado grueso debe poseer las siguientes características:

- Una buena gradación con tamaños intermedios, la falta de dos o más tamaños sucesivos puede producir problemas de segregación.
- Un tamaño máximo adecuado a las condiciones de la estructura.
- Debe evitarse el uso de agregados planos o alargados, ya que además de producir bajas masas unitarias y baja resistencia mecánica, tienen tendencia a colocarse horizontalmente formándose bajo su superficie bolsas de agua cuando esta sube a la superficie debido a la sedimentación de las partículas sólidas; esta agua almacenada bajo las partículas deja un espacio vacío cuando después del fraguado el agua evapora, por lo cual trae como consecuencia una notable reducción de la resistencia del concreto.
- Una adecuada densidad aparente está entre 2.3 y 2.9 gr/cm³. Cuanto mayor es su densidad mejor es su calidad y mejor su absorción, que oscila entre 1 y 5%.
- Las partículas con formas angulosas producen mezclas ásperas y difíciles de manejar.

- Una superficie rugosa, limpia y sin capa de arcilla.
- No debe contener terrones de arcilla, ni partículas deleznable; generalmente se limita al contenido de finos entre 1 y 3%, para que permita una adecuada adherencia de las partículas y el cemento en las mezclas.
- El agregado grueso debe tener una resistencia al desgaste en la máquina de los ángeles que garantice su dureza. Los límites recomendados son: Si el agregado va a ser usado en losas de concreto o en pavimentos rígidos el desgaste debe ser menor del 35%, si va a ser usado en otras estructuras el desgaste debe ser menor del 40%.
- Agregados con partículas esféricas y cúbicas son los más convenientes para concreto, porque tienen mayor resistencia y es menor el consumo de cemento debido al mayor acomodo de las partículas, o sea mayor cantidad de material por unidad de volumen.
- Respecto a los resultados del agregado sometido al ensayo de ataque de los sulfatos, las especificaciones para los materiales utilizados en la obra son: Si la solución empleada es sulfato de sodio, la pérdida total en el agregado grueso no debe ser mayor del 12% y si la solución empleada es sulfato de magnesio la pérdida total no debe ser mayor de 18%.

11.5.2. Agregado fino

11.5.2.1. Función

El agregado fino o arena se usa como llenante, además actúa como lubricante sobre los que ruedan los agregados gruesos dándole manejabilidad al concreto.

Una falta de arena se refleja en la aspereza de la mezcla y un exceso de arena demanda mayor cantidad de agua para producir un asentamiento determinado, ya que entre más arena tenga la mezcla se vuelve más cohesiva y al requerir mayor cantidad de agua se necesita mayor cantidad de cemento para conservar una determinada relación agua cemento

11.5.2.2. Características de un buen agregado fino para concreto

- Un buen agregado fino al igual que el agregado grueso debe ser bien gradado para que puedan llenar todos los espacios y producir mezclas más compactas.
- La cantidad de agregado fino que pasa los tamices 50 y 100 afecta la manejabilidad, la facilidad para lograr buenos acabados, la textura superficial y la exudación del concreto.
- Las especificaciones permiten que el porcentaje que pasa por el tamiz N° 50 este entre 10% y 30%; se recomienda el límite inferior cuando la colocación es fácil o cuando los acabados se hacen mecánicamente, como en los pavimentos, sin embargo, en los pisos de concreto acabado a mano, o cuando se desea una textura superficial tersa, deberá usarse un agregado fino que pase cuando menos el 15% el tamiz 50 y 3% el tamiz 100.
- El módulo de finura del agregado fino utilizado en la elaboración de mezclas de concreto, deberá estar entre 2,3 y 3,1 para evitar segregación del agregado grueso cuando la arena es muy fina; cuando la arena es muy gruesa se obtienen mezclas ásperas.
- La presencia de materia orgánica en la arena que va a utilizarse en la mezcla de concreto llega a interrumpir parcial o totalmente el proceso de fraguado del cemento.

A continuación, se dan los resultados del ensayo colorimétrico sobre contenido de materia orgánica en la arena y su utilización:

Contenido de materia orgánica, observaciones:

- 0 - 1 Arena excelente
- 1 - 2 Arena que se puede utilizar en concretos de alta resistencia
- 2 - 3 Arena que se utiliza en concretos de mediana resistencia
- 3 - 4 Arena que no se puede utilizar en concreto
- 4 - 5 Arena demasiado mala.

Si la arena presenta alto contenido de materia orgánica, se le puede lavar o elegir otra, dependiendo del análisis de costos.

Para concreto de alta calidad de resistencia las arenas gruesas, clasificadas y muy limpias Las arenas medias y las arenas finas se utilizan para concretos de menores resistencias

11.6. Agua

El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto y morteros, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante.

Para cada cuantía de cemento existe una cantidad de agua del total de la agregada que se requiere para la hidratación del cemento; el resto del agua solo sirve para aumentar la fluidez de la pasta para que cumpla la función de lubricante de los agregados y se pueda obtener la manejabilidad adecuada de las mezclas frescas. El agua adicional es una masa que queda dentro de la mezcla y cuando se fragua el concreto va a crear porosidad, lo que reduce la resistencia, razón por la que cuando se requiera una mezcla bastante fluida no debe lograrse su fluidez con agua, sino agregando aditivos plastificantes.

El agua utilizada en la elaboración del concreto y mortero debe ser apta para el consumo humano, libre de sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas.

En caso de tener que usar en la dosificación del concreto, agua no potable o de calidad no comprobada, debe hacerse con ella cubos de mortero, que deben tener a los 7 y 28 días un 90% de la resistencia de los morteros que se preparen con agua potable.

Algunas de las sustancias que con mayor frecuencia se encuentran en las aguas y que inciden en la calidad del concreto se presentan a continuación:

- Las aguas que contengan menos de 2000 p.p.m. de sólidos disueltos generalmente son aptas para hacer concretos; si tienen más de esta cantidad deben ser ensayados para determinar sus efectos sobre la resistencia del concreto.
- Si se registra presencia de carbonatos y bicarbonatos de sodio o de potasio en el agua de la mezcla, estos pueden reaccionar con el cemento produciendo rápido fraguado; en altas concentraciones también disminuyen la resistencia del concreto.
- El alto contenido de cloruros en el agua de mezclado puede producir corrosión en el acero de refuerzo o en los cables de tensionamiento de un concreto pre esforzado.
- El agua que contenga hasta 10000 p.p.m. de sulfato de sodio, puede ser usada sin problemas para el concreto.
- Las aguas ácidas con pH por debajo de 3 pueden crear problemas en el manejo y deben ser evitadas en lo posible.

- Cuando el agua contiene aceite mineral (petróleo) en concentraciones superiores a 2%, puede reducir la resistencia del concreto en un 20%.
- Cuando la salinidad del agua del mar es menor del 3.5%, se puede utilizar en concretos no reforzados y la resistencia del mismo disminuye en un 12%, pero si la salinidad aumenta al 5% la reducción de la resistencia es del 30%.

El agua del curado tiene por objeto mantener el concreto saturado para que se logre la casi total hidratación del cemento, permitiendo el incremento de la resistencia.

Las sustancias presentes en el agua para el curado pueden producir manchas en el concreto y atacarlo causando su deterioro, dependiendo del tipo de sustancias presentes. Las causas más frecuentes de manchas son: El hierro o la materia orgánica disuelta en el agua.

12. ESTUDIO SOBRE EL PROCESO DE FABRICACIÓN E INNOVACIONES

12.1.1. Proceso de reciclado mecánico

El reciclado mecánico será el método que se utilizará para este proyecto. El reciclado mecánico es un proceso físico mecánico mediante el cual el plástico es recuperado sin alteración de la estructura química, permitiendo su posterior utilización. Consiste en la trituración o molienda, separación y, en algunos casos el lavado de los envases. El producto final son escamas de PET.

12.1.1.1. Recepción

De forma diaria se recibe el material recolectado en el mercado. El input son botellas de PET dentro de bolsas y de colores mezclados. Una vez descargados, se van acopiando en el almacén. En esta etapa se realiza una inspección visual de que el material recolectado sea correcto.

12.1.1.2. Clasificación

Las botellas pasan a una etapa de macro selección. Se realiza a través de una clasificación manual.

Se vuelcan los residuos en una mesa y por simple reconocimiento visual, se retiran manualmente los envases de otros materiales (PVC, polietileno, otros plásticos, contaminantes, bolsas, metales, etc.), piedras o fragmentos metálicos que puedan dañar las máquinas.

12.1.1.3. Compactación

Del resto del material clasificado que no ha sido compactado anteriormente, se lo lleva al suelo, y de manera manual es compactado por un operario, aplastándolo con los pies.

12.1.1.4. Paletización

Una vez logrado la compactación de los envases PET, se pesan hasta lograr unos 70 kg, y se los paletiza en fardos de 1 m³. Estos fardos se van acopiando, para su posterior trituración.



Figura 12: Paletizado de botellas

12.1.1.5. Triturado/molienda

El triturado es un proceso mecánico mediante el cual un molino o trituradora corta las botellas de plástico PET enteras en trozos pequeños y uniformes, reduciendo los residuos plásticos hasta obtener escamas del tamaño deseado, aproximadamente partículas de 3mm. Se sugiere rociar las botellas con agua en la zona de corte continuamente para que las escamas de PET se vayan limpiando parcialmente, y para disminuir la frecuencia de afilado de las cuchillas, ya que el agua actúa como un lubricante disminuyendo la fricción y como un refrigerante eliminando el calor. En el núcleo del molino se encuentra un rotor giratorio con un sistema de cuchillas a diferentes ángulos y formas que gira a altas velocidades dentro de una cámara de corte donde están montadas otras cuchillas. El tamaño de las escamas puede variar configurando la separación de las cuchillas del molino. Si quedaran objetos metálicos no retirados en etapas anteriores, dañarían las cuchillas. La molienda comienza con la entrada de las botellas en la cámara de corte del molino triturador. El plástico entra en contacto con las cuchillas de la cámara, creando un movimiento de corte de tijera. Mientras el rotor sigue girando, las botellas de PET se van cortando en trozos cada vez más pequeños. Una vez triturado el material, se abre una tolva y caen escamas de botellas de PET recién molidas, listas para dirigirse al siguiente proceso.

12.1.1.6. Limpieza

Es muy importante esta etapa en los plásticos que vienen de post consumo, ya que no se conoce que sustancias o bacterias pueden haber contenido. El PET ya triturado presenta mayor facilidad y mejor eficiencia a la hora del lavado ya que cuenta con mayor superficie de contacto con el agua que una botella. El lavado de calor alcanza 95° C aproximadamente, y elimina la contaminación difícil de separar, tal como pegamentos, adhesivos, aceites, grasas, suciedad adherida, y alimentos o líquidos sobrantes. Si se utilizan detergentes o disolventes deben ser de baja espuma y se debe tener en cuenta que todo efluente del proceso debe ser tratado, hecho que agrega costo y dificulta el reciclaje. Por ello se define implementar otra posibilidad que es el agregado de soda cáustica. Se requiere baja concentración de la misma para realizar el lavado y luego puede ser reutilizada sin tratamiento alguno, simplemente reponiendo la que se pierde durante el transcurso del proceso.

12.1.1.7. Secado

El proceso de secado es la última etapa previa a la obtención de las escamas de PET listas para ser almacenadas.

12.1.1.8. Almacenado

Finalmente, las escamas de PET se depositan en bolsas big bags de 350 kg.



Figura 13: Bolsas de acopio de PET molido

12.1.2. Procedimiento de elaboración

El procedimiento de elaboración es el siguiente:

- Las partículas de PET (escamas de PET) obtenidas anteriormente se mezclan con cemento Pórtland y los áridos en una hormigonera, luego se agrega agua con aditivos químicos incorporados.
- Cuando esta mezcla adquiere consistencia uniforme, se la vierte en un molde metálico con capacidad para confeccionar un ladrillo.
- Se realiza una compresión de la mezcla que se encuentra dentro del molde con una presión de 400 kg/cm^2 mediante la máquina universal de ensayos.
- Se dejan en reposo los componentes constructivos durante un día y pasan a la etapa de curado con agua, en donde permanecen 7 días.
- Después de este tiempo, se los retira y se los almacena en pilas a cubierto hasta cumplir los 28 días desde su elaboración.
- Luego son llevados al laboratorio para la realización de los ensayos correspondientes.

13. REGLAMENTACIÓN

13.1. Reglamento CIRSOC 501 2007

PROPIEDADES DE LAS SECCIONES CÁLCULO DE LAS TENSIONES

El diseño de los elementos deberá hacerse usando las propiedades de la sección basadas en la mínima área transversal neta del elemento bajo consideración. Las propiedades de la sección deberán basarse en las dimensiones especificadas por el fabricante.

En elementos diseñados para que trabajen en conjunto (acción compuesta), las tensiones se deberán determinar usando las propiedades basadas en la mínima sección transversal transformada neta del elemento compuesto. En este caso, se deberá aplicar el concepto

de sección transformada para un análisis elástico, en el cual las áreas de los diferentes materiales se transforman de acuerdo con la relación entre los módulos elásticos.

RIGIDEZ

Se permite la determinación de la rigidez basada en la sección no fisurada.

En los mampuestos cuya sección transversal no sea constante a lo largo de su altura, deberá adoptarse para el cálculo de la rigidez la sección promedio neta.

RADIO DE GIRO (r)

El radio de giro deberá calcularse usando la sección transversal neta del elemento considerado o el valor de la sección neta promedio cuando así corresponda.

Resistencia flexional de los elementos de mampostería simple.

Las siguientes prescripciones se deberán aplicar para la determinación de la resistencia flexional de los elementos de mampostería simple:

(a) La resistencia de diseño de los elementos para los momentos y las cargas axiales mayoradas, se deberán determinar de acuerdo con los principios de la mecánica.

(b) Las deformaciones específicas de la mampostería deberán ser directamente proporcionales a la distancia al eje neutro.

(c) La tensión de compresión por flexión en combinación con la tensión de compresión axial en la mampostería se deberán suponer directamente proporcionales a las deformaciones específicas. La resistencia a compresión nominal será menor o igual que la correspondiente a una tensión de 0,80 f'm.

(d) La resistencia nominal a tracción por flexión, se deberá determinar de acuerdo con el artículo 6.1.2.

Resistencia axial nominal de los elementos de mampostería simple

La resistencia axial nominal P_n , se deberá determinar usando las expresiones (9-29) ó (9-30).

(a) Para elementos que tienen una relación h/r menor o igual que 99:

$$P_n = 0,80 \left\{ 0,80 A_n f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{140r} \right)^2 \right] \right\}$$

Para elementos que tienen una relación h/r mayor que 99

$$P_n = 0,80 \left[0,80 A_n f'_m \left(\frac{70r}{h} \right)^2 \right]$$

Siendo:

P_n : resistencia axial nominal (N)

A_n : área transversal neta de la mampostería (mm²)

f'_m : la resistencia especificada a la compresión de la mampostería (MPa)

h : espesor o altura total de la sección transversal de un elemento (mm)

r : radio de giro (mm)

13.2. Código sismorresistente del año 87

MAMPUESTOS ADMITIDOS PARA MUROS PORTANTES (7.2.2.3)

La mínima relación longitud/altura de los mampuestos debe ser 2. Las celdas de los bloques huecos tendrán disposiciones tales que el mortero pueda colocarse tanto en las juntas horizontales como en las verticales. Cuando se admite el relleno parcial de las juntas por lo menos el mortero se debe colocar en 1/5 del espesor del muro a cada lado y

simétrico. A los fines de este Código los distintos tipos de mampuestos se clasifican del siguiente modo:

a) LMC Ladrillos cerámicos comunes, ladrillos cerámicos macizos semiprensados o prensados.

- LMC-A Clase A: Resistencia media 120 kg/cm²
- LMC-B Clase B: Resistencia media 75 kg/cm²

Mampuestos no incluidos en los apartados anteriores.

Su utilización es objeto de aprobación especial del ITIEM, que deberá definir las condiciones de empleo.

EMPLEO DE DIFERENTES TIPOS DE MAMPUESTOS

Cuando se empleen diferentes tipos de mampuestos en una construcción se tomarán en cuenta los diferentes módulos de elasticidad para cada uno de ellos. No se admite el empleo de mampuestos diferentes en un mismo panel portante o en paneles portantes coplanares y contiguos horizontalmente.

13.3. Reglamento CIRSOC 103- PARTE III. (2018)

Clasificación de los mampuestos

Los mampuestos admitidos para la ejecución de mampostería sismorresistente son:

- Ladrillos Cerámicos Macizos (LCM)
- Bloques Huecos Portantes Cerámicos (BHPC)
- Bloques Huecos Portantes de Hormigón (BHPH)

En ningún caso la altura de los mampuestos será mayor que 2/3 de su longitud, con excepción de los medios mampuestos utilizados en los bordes verticales de los muros para obtener la trabazón correspondiente.

Se admitirá la utilización de mampuestos elaborados con materiales distintos de los especificados, siempre que satisfagan los requisitos que esta Parte III establece para los mampuestos cerámicos y de hormigón, lo que deberá comprobarse mediante ensayos.

Resistencia característica a compresión de los mampuestos

Para realizar las verificaciones de resistencia y control de calidad establecida en esta Parte

III se utilizará la resistencia característica a compresión del mampuesto (f'_u), determinada teniendo en cuenta su área bruta de asiento.

La resistencia característica se determinará considerando la probabilidad de que su valor sea alcanzado por el 90 % de las piezas ensayadas.

Los ensayos para determinar la resistencia a compresión de cada tipo de mampuesto, se realizarán de acuerdo con la norma o especificación correspondiente, según se establece en el artículo 2.1.3.

Ladrillos cerámicos macizos

La resistencia característica a compresión de ladrillos cerámicos macizos f'_u se evaluará sobre una muestra representativa, compuesta de 30 ó más unidades, empleando la siguiente expresión:

$$f'_u = f_{um} (1 - 1,3 \delta_m)$$

Siendo δ_m el coeficiente de variación, cuyo valor se determinará con la siguiente expresión,

(No podrá emplearse para la determinación de $f'u$ un valor de $\delta_m < 0,12$):

$$\delta_m = \frac{\sqrt{\frac{\sum(f_i - f_{um})^2}{n-1}}}{f_{um}} < 0,25$$

Siendo:

$f'u$: la resistencia característica del ladrillo cerámico macizo considerado;

f_{um} : el promedio de los valores de las resistencias determinadas mediante los ensayos correspondientes;

δ_m : el coeficiente de variación, cuyo valor se calculará con la siguiente expresión (no podrá emplearse para la determinación de $f'u$ un valor de $\delta_m < 0,12$)

f_i : es la resistencia individual de cada ladrillo ensayado.

Nota: Se hace notar que este Reglamento exige *30 unidades o más* a diferencia de la norma IRAM 12586/2004 que exige sólo *10 unidades*.

Condiciones de resistencia

Ladrillos cerámicos macizos

Los ladrillos cerámicos macizos deberán cumplir con la norma IRAM 12566-1, excepto en lo relativo al valor de la resistencia característica mínima a compresión $f'u$ que no podrá ser inferior a $f'u = 5,0$ MPa.

Se podrán adoptar resistencias características a la compresión $f'u$ mayores que la indicada, cuando así resulte de aplicar el criterio probabilístico establecido en el artículo 2.1.2. (a).

También se podrán adoptar resistencias declaradas por el fabricante cuando éste presente una certificación emitida por tercera parte independiente, otorgada por un organismo reconocido, a través de laboratorios acreditados o de trayectoria altamente confiable y que se encuentre vigente a la fecha de presentación, siempre que esas resistencias verifiquen la resistencia característica mínima indicada en este artículo.

Resistencia especificada a la compresión de la mampostería

La resistencia especificada a la compresión de la mampostería $f'm$, basada en el área bruta de la sección correspondiente, constituye un índice de la resistencia de la mampostería a la compresión, y se utilizará para su diseño y control.

La determinación de la resistencia $f'm$ se realizará durante la fase de proyecto y se verificará luego mediante controles efectuados durante la fase de construcción.

La resistencia $f'm$ se podrá determinar, con fines de diseño y control, mediante alguno de los procedimientos (a), (b) o (c) siguientes:

Resistencia de mampuestos y morteros tipificados

Cuando no resulte posible la ejecución de ensayos sobre pilas, la resistencia especificada a la compresión de la mampostería $f'm$, podrá determinarse en base a la resistencia característica a compresión $f'u$ de los mampuestos utilizados (artículo 2.1.2.) y al tipo de mortero empleado (artículo 2.2.1.).

La correlación entre la resistencia especificada a la compresión de la mampostería f'_m , la resistencia característica a compresión f'_u de los mampuestos y el tipo de mortero, se establecerá mediante la siguiente expresión:

$$f'_m = f_1 f'_u$$

Siendo:

f_1 : el factor de correlación entre f'_m y f'_u , el cual depende de los tipos de mampuestos y morteros utilizados, y cuyos valores se indican en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Factor f_1 de correlación entre f'_m y f'_u

Tipo de mampuesto	Valores de f_1			
	Tipo de mortero			
	Resistencia elevada (E)	Resistencia intermedia (I)	Resistencia normal (N)	Cemento de Albañilería (NA)
Ladrillos cerámicos macizos	0,50	0,45	0,35	0,13
Bloques huecos portantes cerámicos				
Bloques huecos portantes de hormigón				

Tabla 8: Factor de correlación entre f'_m y f'_u

El valor de la resistencia especificada a la compresión f'_m así determinado, no podrá ser mayor que 1,5 veces los valores indicados en la Tabla 2.4.

Valores indicativos

Este procedimiento consiste en adoptar los valores normativos de la resistencia especificada a la compresión de la mampostería f'_m , indicados en la Tabla 2.4., en función de los tipos usuales de mampuestos y morteros.

En este caso no se requieren determinaciones experimentales, pero deberán tomarse las precauciones necesarias para obtener en la obra, las características mínimas exigidas para los materiales a utilizar.

Tabla 2.4. Valores de f'_m en función de los tipos usuales de mampuestos y morteros tipificados, referidos al área bruta.

Tipo de mampuesto	Valores de f'_m en MPa			
	Tipo de mortero			
	Resistencia elevada (E)	Resistencia intermedia (I)	Resistencia normal (N)	Cemento de Albañilería (NA)
Ladrillos cerámicos macizos	2,75	2,25	1,75	0,65
Bloques huecos portantes cerámicos	2,25	1,75	1,40	0,52
Bloques huecos portantes de hormigón	2,25	1,75	1,40	0,52

Tabla 9: Valores de f'_m en función de los tipos de mampuestos y morteros tipificados, referidos al área bruta.

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS Y UTILIZACIÓN DE OTROS MATERIALES

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS REFERIDOS A LOS COMPONENTES

Mampuestos

Los mampuestos a utilizar deberán estar limpios, íntegros y sin rajaduras.

Los mampuestos cerámicos deberán asentarse en estado de saturación y sin agua libre superficial. Los mampuestos de hormigón deberán asentarse en estado seco, su edad mínima será de 28 días, salvo métodos especiales de curado que garanticen la resistencia requerida.

14. ENSAYOS EXPERIMENTALES NORMALIZADOS

14.1. Normas IRAM

- IRAM 12585 – Ladrillos y bloques cerámicos para la construcción de muros – Método de determinación de las características geométricas.
- IRAM 12586 – Ladrillos y bloques cerámicos para la construcción de muros – Método de ensayo de la resistencia a la compresión
- IRAM 12587 – Ladrillos y bloques cerámicos para la construcción de muros – Método de ensayo de la resistencia a la flexión.
- IRAM 12588 – Ladrillos y bloques cerámicos para la construcción de muros – Método de ensayo de la capacidad de absorción de agua por inmersión en agua fría y en agua caliente.
- IRAM 12599 – Ladrillos y bloques cerámicos para la construcción de muros – Método de ensayo de la densidad absoluta, volumétrica total y del volumen macizo.

Las normas IRAM antes mencionadas se encuentran adjuntas en “ANEXO I”

14.2. Propiedades físicas de los ladrillos

14.2.1. Determinación de las dimensiones

- Se emplea una regla de acero inoxidable de 30 cm graduada al milímetro
- Si no existe alguna especificación en particular, se emplean 10 ladrillos enteros, realizando las mediciones de longitud, ancho y espesor al 1 mm.
- Cada una de las medidas se obtiene como promedio de las cuatro medidas entre los puntos medios de los bordes terminales de cada cara.
- Se calcula para cada dimensión el promedio general correspondiente al grupo de los 10 ladrillos.

14.2.2. Porosidad y absorción

Según la temperatura a la que hayan sido sometidos los productos estos son más o menos porosos, es decir, que serán capaces de absorber más o menos agua; lo que influirá de manera muy importante en sus propiedades

14.2.2.1. Ensayo de inmersión durante 24 horas

- Se emplean cinco (5) medios ladrillos con caras y lados planos y paralelos cortados de ladrillos sin defectos apreciables
- Se secan las probetas a estufa entre 110 y 115 °C hasta masa constante y luego se pesan (G)
- Las probetas secas se introducen en el baño de agua destilada o agua de lluvia, manteniéndola sumergidas durante 24 horas a una temperatura entre 15 y 30 °C

- Transcurridas las 24 horas se enjagan las probetas, se pesan (G1) y se calcula la absorción de agua (A)

14.2.2.2. Ensayo de ebullición durante 5 horas

- Se emplean los mismos cinco medios ladrillos en los que se realizó el ensayo descrito anteriormente
- Se sumergen las probetas, se calienta el agua en 1 hora hasta alcanzar el punto de ebullición el que se mantiene durante 4 horas y luego se deja enfriar el agua
- Se retiran las probetas del baño, se enjagan, se pesan (G2) y se determina la absorción de agua (B)
- Al finalizar se calcula el coeficiente de saturación dividiendo la absorción en agua fría y en agua caliente (A/B)

Absorción en agua fría	$A = \frac{G1 - G}{G}$	Absorción en agua caliente	$B = \frac{G2 - G}{G}$
Coeficiente en saturación		$C = \frac{G1 - G}{G2 - G}$	

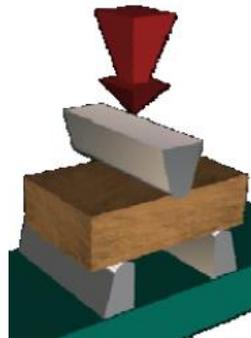
14.3. Propiedades mecánicas de los ladrillos

14.3.1. Resistencia a la flexión

Se emplea la máquina universal de ensayos provista de dispositivos adecuados para flexión con carga concentrada en el centro de la luz

- Se emplean cinco (5) ladrillos secos, enteros y sin desperfectos superficiales para el ensayo
- Se asienta la probeta sobre los apoyos que deben distar 18 cm aplicando la carga en el centro de la probeta de manera gradual hasta la rotura de la misma
- Se calcula la resistencia a flexión de cada uno de los ensayos y el valor promedio de los 5 valores para verificar si cumple con las especificaciones

Módulo de rotura a flexión	$\sigma_F = \frac{3 P L}{2 a b^2}$	
Tipo de ladrillo IRAM 12587		
Macizo	Clase A	3,0 MPa
Macizo	Clase B	2,0 MPa

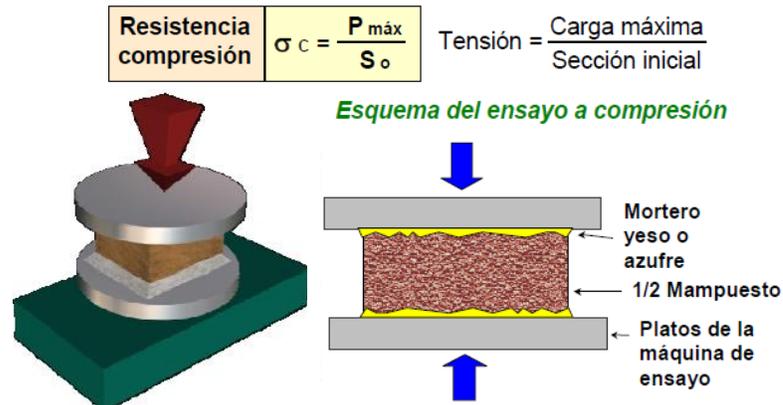


14.3.2. Resistencia a la compresión

Puede emplearse cualquier máquina que tenga una calota esférica adecuada

- Las probetas son medios ladrillos de caras paralelas y planas obtenidas de cinco ladrillos secos enteros; pudiendo ser cortados mediante herramientas especiales o las mitades resultantes del ensayo a flexión
- Las probetas deben ser encabezadas con una pasta de yeso cocido sobre las dos caras de las mismas

- Se coloca la probeta sobre el apoyo de la máquina y se ejerce la fuerza de compresión hasta llegar a la rotura
- Se calcula la resistencia a compresión como la fuerza de rotura dividido la sección transversal de la probeta, anotando los valores individuales de resistencia y calculando el valor promedio



Ladrillo		IRAM 12.586		CCSR '87
Tipo	Clase	Media	Individual	Cálculo
Macizo	A	12,0 MPa	9,5 MPa	3,0 a 4,0 MPa
Macizo	B	7,5 MPa	6,0 MPa	1,5 a 2,5 MPa
Huecos	A	-	-	1,2 a 2,0 MPa
Huecos	B	-	-	1,0 a 1,2 MPa

15. PROPUESTAS CUALITATIVAS DEL MAMPUESTO Y ALTERNATIVAS

15.1. Alternativas

Basados en el estudio de las materias primas hemos llegado a plantear 4 posibilidades para la composición y fabricación del ladrillo:

- Ladrillos con PET, compactados en frío
- Ladrillos con PET, compactados en caliente
- Ladrillos con PET y VIDRIO, compactado en caliente

15.2. Alternativa seleccionada

Luego de estudiar el tema hemos descartado las siguientes posibilidades:

- Ladrillos con PET, compactados en caliente

Esta posibilidad fue descartada debido a que por un lado necesitábamos maquinaria especial para poder compactar la mezcla en caliente, y además al estar tratando de materiales ecológicos no nos pareció correcto utilizar hornos que conllevan a un gasto energético y una posible emisión de gases como monóxido de carbono, metales pesados, dioxinas, furanos, dióxido de carbono, entre otros al calentar el plástico.

- Ladrillos PET con vidrio compactado en caliente

Esta posibilidad se descartó debido a que al igual que en la propuesta anterior necesitábamos maquinaria especial para la compactación en caliente y se tuvo en cuenta la emisión de gases a la atmósfera.

Por lo tanto, la alternativa seleccionada fue Ladrillos PET compactados en frío.

16. PROYECTO EJECUTIVO PARA LA FABRICACIÓN DEL NUEVO MAMPUESTO

Se realizaron 3 dosificaciones distintas variando el porcentaje de PET en cada una de ellas:

- Mezcla A: ladrillo con un 35% de PET
- Mezcla B: ladrillo con un 45% de PET
- Mezcla C: ladrillo con un 55% de PET

Este porcentaje de PET incide directamente en los demás porcentajes de material tal como se puede observar en el siguiente cuadro:

DOSIFICACION MORTERO PARA LADRILLO								
MATERIALES	MEZCLA							
	A		B		C		D	E
	CANTIDAD		CANTIDAD		CANTIDAD		CANTIDAD	CANTIDAD
	UNITARIO	PESO (Kg o Lts)	UNITARIO	PESO (Kg o Lts)	UNITARIO	PESO (Kg o Lts)	Ladrillos PET con	Ladrillos PET con
PET	25%	0,41	35%	0,58	45%	0,74	Este valor no se tendra en cuenta ya que fueron donados por la planta de reciclado en Junin	Este valor no se tendra en cuenta ya que fueron donados por la planta de reciclado en Junin
Cemento	1,00	0,67	1,00	0,67	1,00	0,67		
Arena	3,00	1,52	2,50	1,52	2,00	1,52		
Agua	1,00	0,27	1,00	0,27	1,00	0,27		
Aditivo	0,33	0,05	0,33	0,05	0,33	0,05		
		2,92		3,09		3,25		

Tabla 10: Dosificaciones del mortero para confeccionar ladrillo

Recibimos de Punto Limpio Junín dos lotes de ladrillos de los cuales desconocemos sus dosificaciones:

- Mezcla D: ladrillo confeccionado con PET, arena fina, cemento, agua.
- Mezcla E: ladrillo confeccionado con PET, granza, cemento, agua.

A estos ladrillos donados se les realizarán los ensayos correspondientes y compararemos dichos valores con los obtenidos de nuestros ladrillos.

17. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DE UN MAMPUESTO

Del cómputo anterior se obtuvieron los siguientes valores, los cuales según precios del mercado al 04/06/2021 arrojan los siguientes costos:

MATERIALES	TOTALES	UNIDAD	CANTIDAD COMERCIAL	UNIDAD COMERCIAL	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	PRESUPUESTO FINAL
PET	43,40	Kg	100	Kg	\$ -	\$ -	\$ 27.960,00
Alquiler trituradora PET	1,00	días	1	días de alquiler	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00	
Cemento	50,00	Kg	1	Bolsas	\$ 700,00	\$ 700,00	
Arena	114,00	Kg	2	Bolsas	\$ 230,00	\$ 460,00	
Agua	20,00	Lts	-	-	\$ -	\$ -	
Aditivo	4,00	Lts	2	Bidon	\$ 2.400,00	\$ 4.800,00	
Soda Cáustica	4,00	kg	1	kg	\$ -	\$ -	
Molde para compactacion	1	-	1	-	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00	

Tabla 11: Presupuesto para confección de ladrillos

El PET no tiene costo debido a que el grupo realizó una campaña de reciclado mediante WhatsApp y se logró juntar una cantidad considerable de plástico, el cual será entregado a cambio de PET molido que nos brindara una empresa del medio, este PET que se nos va a entregar viene lavado, por lo que no será necesario comprar soda caustica para limpiarlo.

El molde fue diseñado por el grupo para poder ser utilizado en la máquina universal de ensayos, y luego se envió a confeccionar por una empresa metalúrgica del medio. Se adjunta "ANEXO I" con planos del molde.

Se obtuvo que el valor aproximado para la confección de cada ladrillo es de \$ 205 si tenemos que alquilar una máquina para triturar el plástico y de \$85 si el plástico no llegara ya molido.

Si bien estos valores superan el valor de un ladrillón cerámico en Mendoza, el cual ronda aproximadamente en \$65, nuestro ladrillo tiene la ventaja que estamos reciclando el plástico proveniente del residuo urbano, logrando así un aporte al medio ambiente.

18. FABRICACIÓN DEL MAMPUESTO/BLOQUE EN LABORATORIO

18.1. Fabricación de molde

Previo a la realización de los mampuestos se analizaron las distintas posibilidades de moldes para poder confeccionar los mismos, se presentaron varias ideas, desde un artefacto manual para producirlos en cantidad hasta un molde individual para poder ser adaptado en la maquina universal de ensayos y producirlos con ayuda de la misma.

Por temas de economía, se terminó optando por la opción adaptable a la maquina universal. El mismo se realizó con chapa de entre 5 y 10mm, el espesor de la misma fue verificada para soportar la presión con la que se realizarían los ladrillos (escala más chica de la maquina universal)

Los planos del molde de encuentran adjuntos en el ANEXO I, el mismo consta de tres partes:

- una base, la cual tiene unas guías que se unen a la maquina universal de ensayos mediante los pernos propios de la misma,

- una parte central o cuerpo, es la parte que contiene lateralmente la mezcla con la cual se realiza el mampuesto

- una tapa, es mediante la cual transmitimos la presión a la mezcla para lograr una buena compactación de la misma y además nos sirve como niveladora de las caras del mampuesto.

Una vez diseñado el molde fue enviado a un metalúrgico para su confección, obteniéndose el molde que a continuación podemos ver:



Figura 14: Molde para confección de mampuestos

18.2. Fabricación de mampuesto

Para la fabricación de los ladrillos utilizamos el laboratorio de materiales de la facultad, en el mismo realizamos las distintas mezclas que habíamos estudiado. Separamos los materiales a utilizar:

- Arena
- Cemento
- Agua
- PET
- Aditivo



Figura 15: Materiales para confección mampuestos

Procedimos a pesar las cantidades de los mismos y realizamos la mezcla:



Figura 16: Pesaje materiales



Figura 17: Mezclado de materiales

Una vez obtenida la mezcla, se procede a verterla sobre el molde, para ello se colocaron láminas de radiografía aceitadas tanto en la base como en la tapa del molde para evitar la adherencia del preparado en el molde, también fueron aceitadas las caras laterales del mismo.



Figura 18: Aceitado del molde

Una vez aceitado, se procedió a ubica el molde en la maquina universal y apretar los tornillos, luego de esto se coloca la mezcla en capas, las mismas iban siendo acomodadas y apisonadas mediante una espátula.





Figura 19: Llenado de molde

Una vez finalizado el llenado del molde se coloca la tapa y se realizan unos golpes con martillo de goma para terminar de acomodar el material, se completa con un poco mas de mezcla si es necesario y finalmente se coloca la tapa para comprimir la mezcla mediante el uso de la maquina universal de ensayos



Figura 20: Molde listo para compactar

Se compacta la mezcla



Figura 21: Compresión de mezcla

Luego de compactada la mezcla se aflojan los tornillos y sacamos el molde de la máquina, llevándolo al lugar de secado, se quita la tapa (sin quitar el film plástico) y con movimientos similares a un zarandeo se va elevando el molde lateral hasta quitarlo del todo



Figura 22: Desmolde mampuesto

Luego apoyamos una superficie lisa sobre la parte superior del ladrillo, giramos el molde, quedando el ladrillo apoyado sobre esta superficie y retiramos la base del molde, quitamos el film plástico de la parte superior del ladrillo y finalmente tenemos nuestro ladrillo desmoldado.



Figura 23: Desmolde mampuesto

Una vez que todos los ladrillos fueron desmoldados, se los acomodó, de manera tal que se pudieran colocar probetas de hormigón en las esquinas y centros para luego poder colocar un nylon y dejarlos fraguar, dentro de este espacio se colocaron recipientes con agua para evitar las pérdidas de humedad durante el fraguado. Se dejaron fraguar durante dos días.



Figura 24: Mampuestos



Figura 25: Sector de fraguado

Una vez cumplido el tiempo de fraguado, realizamos el curado. Se colocaron los ladrillos en recipientes plásticos y se los sumergió en agua, se sellaron con nylon para evitar que se evaporara el agua que contenían, y se los dejó ahí durante 28 días.



Figura 26: Colocación de mampuestos en tachos para curado



Figura 27: Mampuestos en proceso de curado

Pasados los 28 días, se quitaron del agua los mampuestos y se dejaron secar a temperatura ambiente sobre varillas de madera y plásticas



Figura 28: Mampuestos húmedos listos

Una vez secas las muestras se numeraron y se pudo comenzar con los ensayos

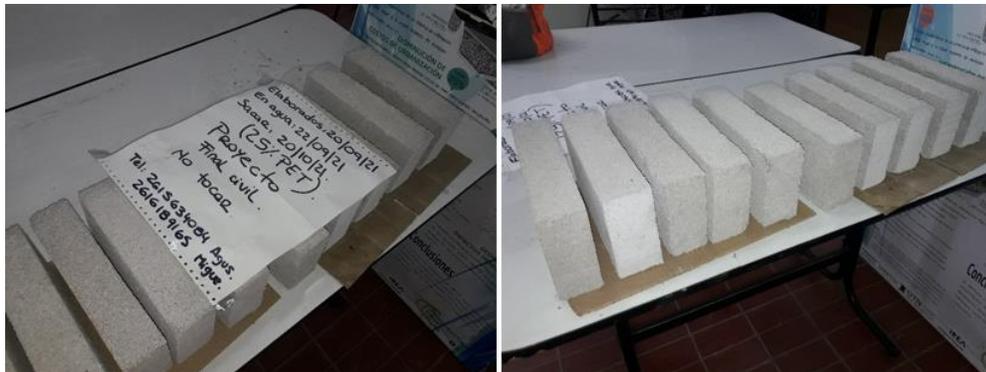


Figura 29: Mampuestos secos listos para ensayar

19. ENSAYOS EXPERIMENTALES REALIZADOS SOBRE EL MAMPUESTO/BLOQUE

19.1. Ensayos sobre mampuestos de Punto Limpio Junín

Antes de comenzar los ensayos se enumeraron los mampuestos, utilizando numeración del 1-15 para los mampuestos confeccionados con PET, arena, cemento, y agua y del 16-30 para los mampuestos confeccionados con PET, granza, cemento, y agua, luego los ordenamos en un sector designado en el laboratorio de materiales para luego proceder con los ensayos.



Figura 30: Numeración e identificación de las muestras y posterior orden de las mismas

19.1.1. Ensayo de Características Geométricas

Se procede a medir con regla metálica cada uno de los mampuestos en sus tres dimensiones: alto, ancho y largo. Se toman 4 medidas y luego se promedian las mismas para obtener una medida más correcta teniendo en cuenta los posibles errores de fabricación del mampuesto.



Figura 31: Medición de las dimensiones de los mampuestos

Del ensayo se obtuvieron los siguientes valores:

MUESTRA CON ARENA			
PROBETA N°	DIMENSIONES		
	ALTO	ANCHO	LARGO
1	6,68	12,53	26,18
2	6,08	12,30	26,05
3	6,10	12,60	25,95
4	6,28	12,75	26,18
5	6,13	12,55	25,88
6	6,20	12,43	26,18
7	6,35	12,40	26,05
8	6,65	12,45	26,13
9	6,45	12,68	26,25
10	6,50	12,68	26,10
11	5,95	12,45	26,05
12	6,20	12,43	26,10
13	6,23	12,45	26,10
14	6,30	12,53	26,08
15	6,60	12,43	26,03

Tabla 12: Ensayo dimensiones geométricas (muestra con arena)

MUESTRA CON GRANZA			
PROBETA N°	DIMENSIONES		
	ALTO	ANCHO	LARGO
16	5,98	12,80	25,93
17	6,25	12,73	25,98
18	6,88	12,73	25,88
19	6,63	12,53	25,98
20	6,38	12,55	26,00
21	6,33	12,60	25,85
22	6,50	12,55	25,83
23	6,43	12,63	25,70
24	6,50	12,53	25,98
25	6,63	12,75	25,80
26	6,48	12,55	25,83
27	5,98	12,33	25,68
28	6,30	12,45	25,70
29	6,28	12,53	25,40
30	6,38	12,40	25,65

Tabla 13: Ensayo dimensiones geométricas (muestra con granza)

19.1.2. Ensayo de Densidad

De las 15 muestras iniciales de cada tipo seleccionamos las 10 mejores, se descartaron aquellas que tenían sus puntas rotas o eran muy irregulares.

Inicialmente colocamos las muestras en el horno hasta obtener masa constante



Figura 32: Horno para secado de muestras



Figura 33: Verificación de masa constante de las muestras

Una vez pesadas las muestras se sumergieron en agua durante 72 horas



Figura 34: Muestras sumergidas en agua fría

Se retiraron los ladrillos del agua y se los dejó escurrir por 2 minutos



Figura 35: Muestra escurriéndose

Pesamos los ladrillos obteniendo así la masa saturada del mampuesto

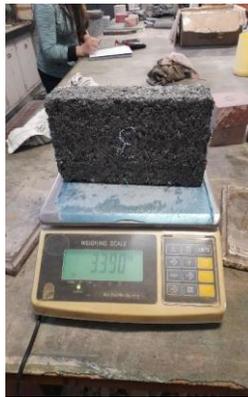


Figura 36: Obtención de la masa saturada

Luego obtuvimos la masa sumergida mediante el uso de la balanza hidrostática



Figura 37: Obtención de la masa sumergida

Finalmente se obtuvieron los siguientes valores de densidad:

MUESTRA CON ARENA				
PROBETA N°	ms	ma	m	Densidad (ρ_m)
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg/cm ³]
1	3,605	2,068	3,189	2074,821
2	3,058	1,711	2,734	2029,324
3	3,390	1,886	2,988	1986,370
4	3,497	1,977	3,087	2030,592
5	3,064	1,672	2,726	1958,333
6	3,498	1,922	3,026	1919,734
7	3,209	1,828	2,834	2051,774
8	3,487	1,878	3,136	1948,726
9	3,694	1,992	3,305	1941,833
10	3,596	2,005	3,173	1994,343
11				
12				
13				
14				
15				
pm: Valor medio de la densidad del conjunto				1993,585

Tabla 14: Resultados ensayo de densidad (muestra con arena)

MUESTRA CON GRANZA				
PROBETA N°	ms	ma	m	Densidad (ρ)
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg/cm ³]
16	3,221	1,676	2,928	1895,146
17	3,025	1,675	2,523	1868,889
18	3,116	1,781	2,655	1988,764
19	3,083	1,713	2,745	2003,285
20	3,048	1,685	2,703	1983,125
21	2,967	1,622	2,664	1980,669
22	3,062	1,711	2,723	2015,544
23	2,828	1,569	2,513	1996,029
24				
25				
26	3,512	1,927	3,084	1945,741
27				
28				
29	3,025	1,671	2,712	2002,585
30				
pm: Valor medio de la densidad del conjunto				1967,978

Tabla 15: Resultados ensayo de densidad (muestra con granza)

19.1.3. Ensayo de absorción en frío

La absorción se determinó en paralelo con la densidad, utilizando para el cálculo de la misma la masa sumergida y la masa seca.

Se adjunta tabla de resultados:

MUESTRA CON ARENA				
PROBETA N°	Ms	Ma	V	Capacidad de absorcion (Ai)
	[g]	[g]	[cm3]	[g/100g de Ms]
1	3,189	3,605	2188,345	13%
2	2,734	3,058	1946,521	12%
3	2,988	3,390	1994,517	13%
4	3,087	3,497	2094,164	13%
5	2,726	3,064	1988,979	12%
6	3,026	3,498	2016,391	16%
7	2,834	3,209	2051,177	13%
8	3,136	3,487	2162,954	11%
9	3,305	3,694	2146,036	12%
10	3,173	3,596	2150,314	13%
11				
12				
13				
14				
15				
Am: Valor medio de la capacidad de absorcion del conjunto				13%

Tabla 16: Resultados ensayo de absorción en frío (muestra con arena)

MUESTRA CON GRANZA				
PROBETA N°	Ms	Ma	V	Capacidad de absorcion (Ai)
	[g]	[g]	[cm3]	[g/100g de Ms]
16	2,928	3,221	1982,744	10%
17	2,523	3,025	2065,824	20%
18	2,655	3,116	2263,658	17%
19	2,745	3,083	2155,357	12%
20	2,703	3,048	2080,163	13%
21	2,664	2,967	2060,116	11%
22	2,723	3,062	2106,674	12%
23	2,513	2,828	2084,672	13%
24				
25				
26	3,084	3,512	2098,572	14%
27				
28				
29	2,712	3,025	1996,297	12%
30				
Am: Valor medio de la capacidad de absorcion del conjunto				13%

Tabla 17: Resultados ensayo de absorción en frío (muestra con granza)

19.1.4. Ensayo de absorción en caliente

Para realizar el ensayo de absorción en caliente secamos nuevamente las muestras a masa constante, las cuales posteriormente fueron pesadas en la balanza y volcadas a la planilla.



Figura 38: Pesaje a masa constante

Luego procedimos a colocar los ladrillos totalmente sumergidos en agua dentro de un recipiente, y los hervimos durante 2hs.



Figura 39: Mampuestos sumergidos hirviendo en agua

Finalizado este proceso, dejamos enfriar el agua a temperatura ambiente, dejamos escurrir los ladrillos unos minutos, los secamos con un paño y pesamos nuevamente los mampuestos para obtener la masa saturada.



Figura 40: Obtención de la masa saturada

Se adjunta tabla de resultados:

MUESTRA CON ARENA				
PROBETA N°	Ms	Ma	V	Capacidad de absorcion (Ai)
	[g]	[g]	[cm3]	[g/100g de Ms]
1	3,172	3,556	2188,345	12%
2	2,710	3,002	1946,521	11%
3	2,983	3,339	1994,517	12%
4	3,079	3,474	2094,164	13%
5	2,694	2,990	1988,979	11%
6	3,010	3,410	2016,391	13%
7	2,822	3,153	2051,177	12%
8	3,115	3,459	2162,954	11%
9	3,283	3,616	2146,036	10%
10	3,153	3,522	2150,314	12%
11				
12				
13				
14				
15				
Am: Valor medio de la capacidad de absorcion del conjunto				12%

Tabla 18: Resultados ensayo de absorción en caliente (muestra con arena)

MUESTRA CON GRANZA				
PROBETA N°	Ms	Ma	V	Capacidad de absorcion (Ai)
	[g]	[g]	[cm3]	[g/100g de Ms]
16	2,922	3,226	1982,744	10%
17	2,699	3,008	2065,824	11%
18	2,740	3,091	2263,658	13%
19	2,751	3,104	2155,357	13%
20	2,700	3,035	2080,163	12%
21	2,660	2,944	2060,116	11%
22	2,724	3,051	2106,674	12%
23	2,530	2,813	2084,672	11%
24				
25				
26	3,111	3,464	2098,572	11%
27				
28				
29	2,710	3,048	1996,297	12%
30				
Am: Valor medio de la capacidad de absorcion del conjunto				12%

Tabla 19: Resultados ensayo de absorción en caliente (muestra con granza)

19.1.5. Ensayo de flexión

Para poder realizar el ensayo de tracción procedimos a marcar sobre los mampuestos los sectores de apoyo. Los apoyos en la base se encontraban a 23cm, por lo cual se ejecutaron dos marcas en la base a 11.5cm del centro y una superior en el centro.



Figura 41: Señalización de los sectores de apoyo para ensayo

Una vez marcados todos los ladrillos procedimos a colocarlos sobre los apoyos y acomodar el mampuesto sobre apoyos de goma para luego comenzar el ensayo.



Figura 42: Preparación de muestra en máquina universal

En una primera instancia lo que hacemos es acercar el cabezal de la máquina al apoyo superior.



Figura 43: Posicionamiento de maquina

Una vez colocado el mampuesto en su correcta posición se procede a aplicar la carga. Para ello utilizamos la menor escala de la maquina universal.



Figura 44: Realización del ensayo

El momento donde la probeta quiebra, tomamos la medición en el visor de la máquina y luego aplicando la fórmula podemos determinar el módulo individual de rotura a la flexión del mampuesto.



Figura 45: Finalización de ensayo y registro de resultados

Se adjunta tabla de resultados:

MUESTRA CON ARENA				
PROBETA N°	Medidas		Carga de rotura (G´)	Modulo individual de rotura a la flexion (MRi)
	Alto (h)	Ancho (b)		
	[cm]	[cm]	[kg]	[MPa]
1	6,68	12,53	245,00	0,66
2	6,08	12,30	120,00	0,40
3	6,10	12,60	200,00	0,64
4	6,28	12,75	230,00	0,69
5	6,13	12,55	110,00	0,35
6	6,20	12,43	285,00	0,90
7	6,35	12,40	160,00	0,48
8	6,65	12,45	150,00	0,41
9	6,45	12,68	260,00	0,74
10	6,50	12,68	170,00	0,48
11				
12				
13				
14				
15				

Tabla 20: Resultados ensayo de flexión (muestra con arena)

MUESTRA CON GRANZA				
PROBETA N°	Medidas		Carga de rotura (G´)	Modulo individual de rotura a la flexion (MRi)
	Alto (h)	Ancho (b)		
	[cm]	[cm]	[kg]	[MPa]
16	5,98	12,80	192,00	0,63
17	6,25	12,73	160,00	0,48
18	6,88	12,73	195,00	0,49
19	6,63	12,53	185,00	0,51
20	6,38	12,55	170,00	0,50
21	6,33	12,60	150,00	0,45
22	6,50	12,55	255,00	0,72
23	6,43	12,63	170,00	0,49
24				
25				
26	6,48	12,55	320,00	0,91
27				
28				
29	6,28	12,53	190,00	0,58
30				

Tabla 21: Resultados ensayo de flexión (muestra con granza)

19.1.6. Ensayo de compresión

Para realizar el ensayo de compresión utilizamos las mitades provenientes del ensayo de flexión, las mismas se recortaron con amoladora para generar mitades perfectas ya que el ensayo de flexión las había roto de manera despareja.



Figura 46: Emparejado de bordes sobre mitades provenientes del ensayo de flexión

Luego de obtenidos los cortes, se procedió a numerar nuevamente las probetas.



Figura 47: Identificación de mitades

Una vez identificadas las probetas procedimos a realizar el encabezado de las mismas, para ello utilizamos azufre.

Se fundió azufre en un crisol, luego fue vertido mediante un cucharón de acero inoxidable sobre un molde que se encontraba apoyado sobre una mesa (previamente aceitada para facilitar el desmolde) con dimensiones similares a las de la probeta, una vez frío el material se despegó de la mesa, se le cortaron los bordes para que no sobresalieran demasiado de las dimensiones del ladrillo y se repitió la operación con la cara opuesta del mismo.



Figura 48: Crisol con azufre



Figura 49: Molde



Figura 50: Llenado de molde con azufre



Figura 51: Colocación del ladrillo y aumento de espesor de azufre



Figura 52: Enfriado de azufre



Figura 53: Desmolde



Figura 54: Repetición del proceso en cara opuesta



Figura 55: Ladrillos encabezados

Una vez encabezados los ladrillos se procedió a realizar el ensayo de compresión, para ello se utilizó la prensa.



Figura 56: Máquina de compresión



Figura 57: Ladrillos ensayados

Se adjunta tabla de resultados:

MUESTRA CON ARENA						
PROBETA N°	Dimensiones		Carga de rotura (G)			Resistencia individual a la compresion (σ'_{i})
	Largo (h)	Ancho (b)	[KN]	[tn]	[N]	[MPa]
	[cm]	[cm]				
1	13,40	12,90	202,20	20,61	202200,00	11,70
2	12,80	13,30	109,90	11,20	109900,00	6,46
3	13,00	13,40	173,00	17,64	173000,00	9,93
4	11,80	13,10	176,00	17,94	176000,00	11,39
5	12,80	13,10	97,00	9,89	97000,00	5,78
6	13,00	12,40	165,00	16,82	165000,00	10,24
7	12,80	12,90	137,20	13,99	137200,00	8,31
8	12,90	10,70	64,10	6,53	64100,00	4,64
9	13,00	12,90	181,20	18,47	181200,00	10,81
10	12,60	13,00	151,30	15,42	151300,00	9,24
11						
12						
13						
14						
15						
σ'_{PKm} : Promedio de las resistencias individuales						8,85
σ'_{PK} : Resistencia característica a la compresion del conjunto						5,40
Tipo de encabezado: mortero de azufre						
Regimen de carga: 4,5 Mpa/min +/- 0,5MPa						

Tabla 22: Resultados ensayo de compresión (muestra con arena)

MUESTRA CON GRANZA						
PROBETA N°	Dimensiones		Carga de rotura (G)			Resistencia individual a la compresion ($\sigma'i$)
	Largo (h)	Ancho (b)	[KN]	[tn]	[N]	[MPa]
	[cm]	[cm]				
16	12,90	14,00	192,80	19,65	192800,00	10,68
17	12,90	12,70	75,70	7,72	75700,00	4,62
18	12,50	12,80	78,90	8,04	78900,00	4,93
19	12,70	13,40	117,80	12,01	117800,00	6,92
20	15,00	12,70	134,00	13,66	134000,00	7,03
2118	13,40	12,70	109,70	11,18	109700,00	6,45
22	12,80	13,20	129,00	13,15	129000,00	7,63
2317	12,60	12,70	99,60	10,15	99600,00	6,22
24						
25						
26	13,00	13,40	136,30	13,89	136300,00	7,82
27						
28						
29	11,00	12,90	169,80	17,31	169800,00	11,97
30						
$\sigma'PKm$: Promedio de las resistencias individuales						7,43
$\sigma'PK$: Resistencia característica a la compresion del conjunto						4,98
Tipo de encabezado: mortero de azufre						
Regimen de carga: 4,5 Mpa/min +/- 0,5MPa						

Tabla 23: Resultados ensayo de compresión (muestra con granza)

19.2. Ensayos sobre mampuestos confeccionados por nosotros

Los ensayos para los mampuestos que realizamos en el laboratorio de la universidad se realizaron bajo las mismas condiciones que los que nos otorgó Punto Limpio Junín.

Antes de comenzar los ensayos se enumeraron los mampuestos, utilizando numeración del 1-10 para los mampuestos confeccionados con 25% de PET, arena, cemento, agua y aditivos, del 11-20 para los mampuestos confeccionados con 35% de PET, arena, cemento, agua y aditivo, y del 21 al 30 para los mampuestos confeccionados con 45% de PET, arena, cemento, agua y aditivo. Luego los ordenamos en un sector designado en el laboratorio de materiales para luego proceder con los ensayos.



Figura 58: Mampuestos identificados



Figura 59: Mampuestos identificados

19.2.1. Ensayo de Características Geométricas

Se procede a medir con regla metálica cada uno de los mampuestos en sus tres dimensiones: alto, ancho y largo. Se toman 4 medidas y luego se promedian las mismas para obtener una medida más correcta teniendo en cuenta los posibles errores de fabricación del mampuesto.

Del ensayo se obtuvieron los siguientes valores:

MUESTRA CON 25% PET			
PROBETA N	DIMENSIONES		
	ALTO	ANCHO	LARGO
1	6,53	13,00	26,00
2	5,70	13,00	26,00
3	6,50	13,00	26,00
4	6,18	12,95	26,00
5	6,30	13,00	26,00
6	6,00	13,00	26,00
7	5,73	13,00	26,00
8	25,10	13,00	26,00
9	6,00	13,00	26,00
10	5,58	13,00	26,00

Tabla 24: Características Geométricas (mampuesto 25% PET)

MUESTRA CON 35% PET			
PROBETA N	DIMENSIONES		
	ALTO	ANCHO	LARGO
11	6,15	13,05	26,03
12	6,05	12,98	25,95
13	5,95	13,00	26,00
14	5,93	13,03	26,05
15	5,95	13,00	26,10
16	5,68	13,00	26,05
17	5,85	13,03	26,00
18	6,05	12,95	26,03
19	6,03	13,00	26,03
20	6,03	13,00	26,00

Tabla 25: Características Geométricas (mampuesto 35% PET)

MUESTRA CON 45% PET			
PROBETA N	DIMENSIONES		
	ALTO	ANCHO	LARGO
21	6,38	13,00	26,00
22	6,00	13,00	26,00
23	6,00	13,00	26,00
24	6,10	13,00	26,00
25	6,23	13,00	26,00
26	6,13	13,00	26,00
27	6,00	13,00	26,00
28	6,00	13,00	26,00
29	6,00	13,00	26,00
30	6,28	13,00	26,00

Tabla 26: Características Geométricas (mampuesto 45% PET)

19.2.2. Ensayo de Densidad

De las 15 muestras iniciales de cada tipo seleccionamos las 10 mejores, se descartaron aquellas que tenían sus puntas rotas o eran muy irregulares.

Inicialmente colocamos las muestras en el horno hasta obtener masa constante



Figura 60: Horno para secado de muestras



Figura 61: Verificación de masa constante de las muestras

Una vez pesadas las muestras se sumergieron en agua durante 72 horas



Figura 62: Muestras sumergidas en agua fría

Se retiraron los ladrillos del agua, se los dejó escurrir por 2 minutos y se los secó con un paño



Figura 63: Muestra secada con paño

Pesamos los ladrillos obteniendo así la masa saturada del mampuesto



Figura 64: Obtención de la masa saturada

Luego obtuvimos la masa sumergida mediante el uso de la balanza hidrostática



Figura 65: Obtención de la masa sumergida

Finalmente se obtuvieron los siguientes valores de densidad:

MUESTRA CON 25% PET				
PROBETA N°	ms	ma	m	Densidad (ρ)
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg/cm³]
1	4,106	2,203	3,360	1765,633
2	3,444	1,897	3,012	1946,994
3	3,897	2,145	3,375	1926,370
4	3,729	2,101	3,218	1976,658
5	3,814	2,119	3,353	1978,171
6	3,689	2,041	3,246	1969,660
7	3,237	1,854	2,777	2007,954
8	3,987	2,137	3,576	1932,973
9	3,584	2,010	3,126	1986,023
10	3,388	1,828	3,028	1941,026
pm: Valor medio de la densidad del conjunto				1943,146

Tabla 27: Densidad (mampuesto con 25% PET)

MUESTRA CON 35% PET				
PROBETA N°	ms	ma	m	Densidad (ρ)
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg/cm³]
11	3,460	2,022	2,964	2061,196
12	3,425	2,000	2,956	2074,386
13	3,246	1,918	2,733	2057,982
14	3,465	1,993	2,999	2037,364
15	3,376	1,981	2,882	2065,950
16	3,172	1,904	2,687	2119,085
17	3,337	1,947	2,895	2082,734
18	3,371	1,988	2,898	2095,445
19	3,319	1,964	2,848	2101,845
20	3,345	2,000	2,974	2211,152
pm: Valor medio de la densidad del conjunto				2090,714

Tabla 28: Densidad (mampuesto con 35% PET)

MUESTRA CON 45% PET				
PROBETA N°	ms	ma	m	Densidad (ρ)
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg/cm ³]
21	3,492	2,074	2,591	1827,221
22	3,368	1,968	2,824	2017,143
23	3,318	1,977	2,753	2052,946
24	3,442	2,028	2,810	1987,270
25	3,506	2,062	2,854	1976,454
26	3,489	2,067	2,930	2060,478
27	3,279	1,946	2,701	2026,257
28	3,207	1,880	2,677	2017,332
29	3,416	1,965	2,902	2000,000
30	3,479	2,070	2,937	2084,457
pm: Valor medio de la densidad del conjunto				2004,956

Tabla 29: Densidad (mampuesto con 45% PET)

19.2.3. Ensayo de absorción en frío

La absorción se determinó en paralelo con la densidad, utilizando para el cálculo de la misma la masa sumergida y la masa seca.

Se adjunta tabla de resultados

MUESTRA CON 25% PET				
PROBETA N°	Ms	Ma	V	Capacidad de absorcion (Ai)
	[g]	[g]	[cm ³]	[g/100g de Ms]
1	3,360	4,106	2205,450	22%
2	3,012	3,444	1926,600	14%
3	3,375	3,897	2197,000	15%
4	3,218	3,729	2079,123	16%
5	3,353	3,814	2129,400	14%
6	3,246	3,689	2028,000	14%
7	2,777	3,237	1935,050	17%
8	3,576	3,987	8483,800	11%
9	3,126	3,584	2028,000	15%
10	3,028	3,388	1884,350	12%
Am: Valor medio de la capacidad de absorcion del conjunto				15%

Tabla 30: Ensayo absorción en frío (mampuestos con 25% PET)

MUESTRA CON 35% PET				
PROBETA N°	Ms	Ma	V	Capacidad de absorcion (Ai)
	[g]	[g]	[cm3]	[g/100g de Ms]
11	2,964	3,460	2088,701	17%
12	2,956	3,425	2037,043	16%
13	2,733	3,246	2011,100	19%
14	2,999	3,465	2010,360	16%
15	2,882	3,376	2018,835	17%
16	2,687	3,172	1921,839	18%
17	2,895	3,337	1981,103	15%
18	2,898	3,371	2038,994	16%
19	2,848	3,319	2038,408	17%
20	2,974	3,345	2036,450	12%
Am: Valor medio de la capacidad de absorcion del conjunto				16%

Tabla 31: Ensayo absorción en frio (mampuestos con 35% PET)

MUESTRA CON 45% PET				
PROBETA N°	Ms	Ma	V	Capacidad de absorcion (Ai)
	[g]	[g]	[cm3]	[g/100g de Ms]
21	2,591	3,492	2154,750	35%
22	2,824	3,368	2028,000	19%
23	2,753	3,318	2028,000	21%
24	2,810	3,442	2061,800	22%
25	2,854	3,506	2104,050	23%
26	2,930	3,489	2070,250	19%
27	2,701	3,279	2028,000	21%
28	2,677	3,207	2028,000	20%
29	2,902	3,416	2028,000	18%
30	2,937	3,479	2120,950	18%
Am: Valor medio de la capacidad de absorcion del conjunto				22%

Tabla 32: Ensayo absorción en frio (mampuestos con 45% PET)

19.2.4. Ensayo de absorción en caliente

Para realizar el ensayo de absorción en caliente secamos nuevamente las muestras a masa constante, las cuales posteriormente fueron pesadas en la balanza y volcadas a la planilla



Figura 66: Horno para obtener masa constante

Una vez pesados envolvimos los ladrillos en film para evitar que tomaran la humedad del ambiente y mantuvieran su masa constante.



Figura 67: Mampuestos envueltos en film

Luego procedimos a colocar los ladrillos totalmente sumergidos en agua dentro de un recipiente, y los hervimos durante 2hs.



Finalizado este proceso, dejamos enfriar el agua a temperatura ambiente, dejamos escurrir los ladrillos unos minutos, los secamos con un paño y pesamos nuevamente los mampuestos para obtener la masa saturada.

Se adjunta tabla de resultados:

MUESTRA CON 25% PET				
PROBETA N°	Ms	Ma	V	Capacidad de absorcion (Ai)
	[g]	[g]	[cm3]	[g/100g de Ms]
1	3,699	4,091	2205,450	11%
2	3,035	3,400	1926,600	12%
3	3,395	3,810	2197,000	12%
4	3,245	3,633	2079,123	12%
5	3,358	3,789	2129,400	13%
6	3,255	3,688	2028,000	13%
7	2,781	3,129	1935,050	13%
8	3,606	3,967	8483,800	10%
9	3,146	3,545	2028,000	13%
10	3,037	3,409	1884,350	12%
Am: Valor medio de la capacidad de absorcion del conjunto				12%

Tabla 33: Ensayo absorción en caliente (mampuestos con 25% PET)

MUESTRA CON 35% PET				
PROBETA N°	Ms	Ma	V	Capacidad de absorcion (Ai)
	[g]	[g]	[cm3]	[g/100g de Ms]
11	2,977	3,415	2088,701	15%
12	2,964	3,376	2037,043	14%
13	2,733	3,171	2011,100	16%
14	3,022	3,418	2010,360	13%
15	2,894	3,296	2018,835	14%
16	2,688	3,123	1921,839	16%
17	2,896	3,301	1981,103	14%
18	2,897	3,355	2038,994	16%
19	2,845	3,292	2038,408	16%
20	2,983	3,395	2036,450	14%
Am: Valor medio de la capacidad de absorcion del conjunto				15%

Tabla 34: Ensayo absorción en caliente (mampuestos con 35% PET)

MUESTRA CON 45% PET				
PROBETA N°	Ms	Ma	V	Capacidad de absorcion (Ai)
	[g]	[g]	[cm3]	[g/100g de Ms]
21	2,901	3,582	2154,750	23%
22	2,784	3,426	2028,000	23%
23	2,705	3,291	2028,000	22%
24	2,778	3,419	2061,800	23%
25	2,807	3,484	2104,050	24%
26	2,783	3,356	2070,250	21%
27	2,669	3,292	2028,000	23%
28	2,650	3,164	2028,000	19%
29	2,855	3,420	2028,000	20%
30	2,872	3,486	2120,950	21%
Am: Valor medio de la capacidad de absorcion del conjunto				22%

Tabla 35: Ensayo absorción en caliente (mampuestos con 45% PET)

19.2.5. Ensayo de flexión

Para poder realizar el ensayo de tracción procedimos a marcar sobre los mampuestos los sectores de apoyo. Los apoyos en la base se encontraban a 23cm, por lo cual se ejecutaron dos marcas en la base a 11.5cm del centro y una superior en el centro.

Una vez marcados todos los ladrillos procedimos a colocarlos sobre los apoyos y acomodar el mampuesto sobre apoyos de goma para luego comenzar el ensayo.

En una primera instancia lo que hacemos es acercar el cabezal de la máquina al apoyo superior. Una vez colocado el mampuesto en su correcta posición se procede a aplicar la carga. Para ello utilizamos la menor escala de la maquina universal.



Figura 68: Maquina universal de ensayos – Flexión

El momento donde la probeta quiebra, tomamos la medición en el visor de la máquina y luego aplicando la fórmula podemos determinar el módulo individual de rotura a la flexión del mampuesto.

Se adjunta tabla de resultados:

MUESTRA CON 25% PET				
PROBETA N°	Medidas		Carga de rotura (G´)	Modulo individual de rotura a la flexion (MRi)
	Alto (h)	Ancho (b)		
	[cm]	[cm]	[kg]	[MPa]
1	6,53	13,00	220,00	0,60
2	5,70	13,00	124,00	0,44
3	6,50	13,00	160,00	0,44
4	6,18	12,95	130,00	0,40
5	6,30	13,00	180,00	0,52
6	6,00	13,00	150,00	0,48
7	5,73	13,00	50,00	0,18
8	25,10	13,00	236,00	0,04
9	6,00	13,00	130,00	0,42
10	5,58	13,00	130,00	0,48

Tabla 36: Ensayo flexión (mampuestos 25% PET)

MUESTRA CON 35% PET				
PROBETA N°	Medidas		Carga de rotura (G´)	Modulo individual de rotura a la flexion (MRi)
	Alto (h)	Ancho (b)		
	[cm]	[cm]	[kg]	[MPa]
11	6,15	13,05	110,00	0,33
12	6,05	12,98	124,00	0,39
13	5,95	13,00	73,00	0,24
14	5,93	13,03	170,00	0,56
15	5,95	13,00	100,00	0,33
16	5,68	13,00	65,00	0,23
17	5,85	13,03	103,00	0,35
18	6,05	12,95	92,00	0,29
19	6,03	13,00	77,00	0,25
20	6,03	13,00	90,00	0,29

Tabla 37: Ensayo flexión (mampuestos 35% PET)

MUESTRA CON 45% PET				
PROBETA N°	Medidas		Carga de rotura (G')	Modulo individual de rotura a la flexion (MRi)
	Alto (h)	Ancho (b)		
	[cm]	[cm]	[kg]	[MPa]
21	6,38	13,00	22,00	0,06
22	6,00	13,00	20,00	0,06
23	6,00	13,00	20,00	0,06
24	6,10	13,00	20,00	0,06
25	6,23	13,00	21,00	0,06
26	6,13	13,00	22,00	0,07
27	6,00	13,00	16,00	0,05
28	6,00	13,00	30,00	0,10
29	6,00	13,00	18,00	0,06
30	6,28	13,00	17,00	0,05

Tabla 38: Ensayo flexión (mampuestos 45% PET)

19.2.6. Ensayo de compresión

Luego del ensayo de flexión, las muestras que estaban compuestas por 45% de PET quedaron inutilizables debido a que las mismas se desgranaron luego de romper, por lo tanto, no se pudieron ensayar a compresión.



Figura 69: Mampuestos con 45% PET luego de ensayo de flexión

Para realizar el ensayo de compresión utilizamos las mitades provenientes del ensayo de flexión, las mismas se recortaron con amoladora para generar mitades perfectas ya que el

ensayo de flexión las había roto de manera despareja. Luego de obtenidos los cortes, se procedió a numerar nuevamente las probetas. Una vez identificadas las probetas procedimos a realizar el encabezado de las mismas, para ello utilizamos azufre.

Se fundió azufre en un crisol, luego fue vertido mediante un cucharon de acero inoxidable sobre un molde que se encontraba apoyado sobre una mesa (previamente aceitada para facilitar el desmolde) con dimensiones similares a las de la probeta, una vez frio el material se despegó de la mesa, se le cortaron los bordes para que no sobresalieran demasiado de las dimensiones del ladrillo y se repitió la operación con la cara opuesta del mismo.



Figura 70: Encabezado de mampuestos

Se enumeraron las probetas nuevamente



Figura 71: Mampuestos encabezados y enumerados

Una vez encabezados los ladrillos se procedió a realizar el ensayo de compresión, para ello se utilizó la prensa.



Figura 72: Prensa - Ensayo compresión

Se adjunta tabla de resultados:

MUESTRA CON 25% PET						
PROBETA N°	Dimensiones		Carga de rotura (G)			Resistencia individual a la compresion (S'i)
	Largo (h)	Ancho (b)				
	[cm]	[cm]	[KN]	[tn]	[N]	[MPa]
1	12,7	13,00	166,70	16,99	166700,00	10,10
2	12,5	13,1	152,30	15,52	152300,00	9,30
3	13,10	11,60	142,30	14,51	142300,00	9,36
4	13,10	12,00	183,50	18,71	183500,00	11,67
5	12,20	13,10	188,10	19,17	188100,00	11,77
6	12,90	13,10	83,20	8,48	83200,00	4,92
7	11,50	13,10	282,70	28,82	282700,00	18,77
8	12,30	13,05	150,70	15,36	150700,00	9,39
9	12,00	13,00	275,30	28,06	275300,00	17,65
10	13,10	12,20	151,30	15,42	151300,00	9,47
S'PKm: Promedio de las resistencias individuales						11,24
S'PK: Resistencia caracteristica a la compresion del						5,46

Tabla 39: Ensayo compresión (mampuestos 25% PET)

MUESTRA CON 35% PET						
PROBETA N°	Dimensiones		Carga de rotura (G)			Resistencia individual a la compresion (S'i)
	Largo (h)	Ancho (b)				
	[cm]	[cm]	[KN]	[tn]	[N]	[MPa]
11	12,6	13,20	121,40	12,38	121400,00	7,30
12	13,2	13,1	135,90	13,85	135900,00	7,86
13	13,10	12,60	93,70	9,55	93700,00	5,68
14	12,80	13,10	153,80	15,68	153800,00	9,17
15	13,10	12,90	140,70	14,34	140700,00	8,33
16	12,70	13,00	82,50	8,41	82500,00	5,00
17	11,40	13,00	126,60	12,91	126600,00	8,54
18	13,10	12,00	117,40	11,97	117400,00	7,47
19	11,10	13,10	101,50	10,35	101500,00	6,98
20	11,30	13,10	85,30	8,70	85300,00	5,76
S'PKm: Promedio de las resistencias individuales						7,21
S'PK: Resistencia caracteristica a la compresion del						5,30

Tabla 40: Ensayo compresión (mampuestos 35% PET)

20. ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS QUE PRODUCIRÍA DISPONER DEL MAMPUESTO EN ESTUDIO

Luego de estudiar y analizar cuáles serían los beneficios que producirían estos mampuestos, hemos concluido que los más importantes serían el reciclado del residuo urbano (plásticos) para la fabricación de un ladrillo que se puede considerar como portante para la construcción de viviendas eco sustentable.

Estos mampuestos, si bien no están compuestos en su totalidad por productos reciclables, impactan de manera positiva en el panorama que se nos presenta hoy en día, ya que según nuestras encuestas hemos visto que la gente está dispuesta a reciclar y proporcionar el plástico proveniente de sus hogares para que los utilicemos en la fabricación de ladrillos, evitando de este modo que terminen en las calles y acequias de nuestra provincia.

21. CONCLUSIONES

Se pudo concluir que para bajos porcentajes de PET los ladrillos presentan buenas características resistentes, pero cuando fuimos suministrando mayor porcentaje los valores decayeron, no pudiéndose manipular el ladrillo de 45% de PET luego del ensayo de flexión debido a que el mismo se desgrana por completo ante la presencia de agua en los ensayos de absorción en frío y en caliente. Observamos que el agua es un factor que deteriora fuertemente al ladrillo, por lo que el mismo debería utilizarse revocado, tal como nos habían informado que hacían en la planta de reciclado de Junín.

En términos generales, para las dosificaciones con un 25% y 35% de PET, los ladrillos serían aptos para construir, no siéndolo el de 45%.

Se podría llegar a mejores valores estudiando la posibilidad de adicionar distintos aditivos, o quizás utilizar el PET procesado en finas fibras, dado que esta lograría mantener todo el material unido y no se produciría una falla donde se obtengan pedazos de mampuesto, sino que se podría obtener el mampuesto aun unido como en los ensayos de los ladrillos provenientes de Junín.

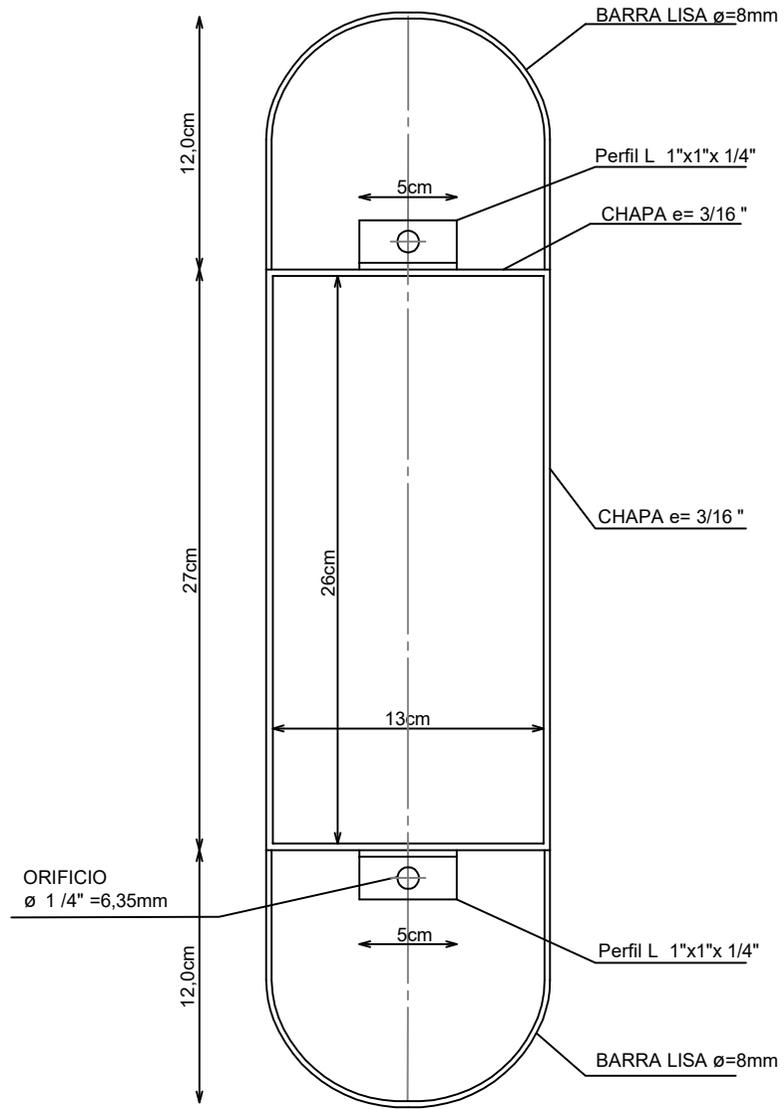
22. BIBLIOGRAFIA

- Artículo “Nueva tecnología constructiva usando materiales reciclados para casos de emergencia habitacional” de Rosana Gaggino del año 2003.
- Trabajo de investigación sobre “Ladrillos ecológicos con material reciclado PET” de la Universidad San Ignacio de Loyola – Lima – Perú del año 2017.
- Proyecto de grado sobre “Análisis del comportamiento mecánico de ladrillos estructurales utilizando el polipropileno de materiales plásticos reciclables” de la Universidad Pontificia Bolivariana – Facultad de Ingeniería – Bucaramanga del año 2014.
- Artículo “Tecnología innovativa para la construcción utilizando plásticos reciclados” – Universidad de Humanidades y Centro Regional Universitario Bariloche de Gaggino Rosana del año 2009.
- Tesis sobre “Reciclado de PET a partir de botellas post consumo” de la Universidad Nacional de Córdoba – Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales del año 2016.

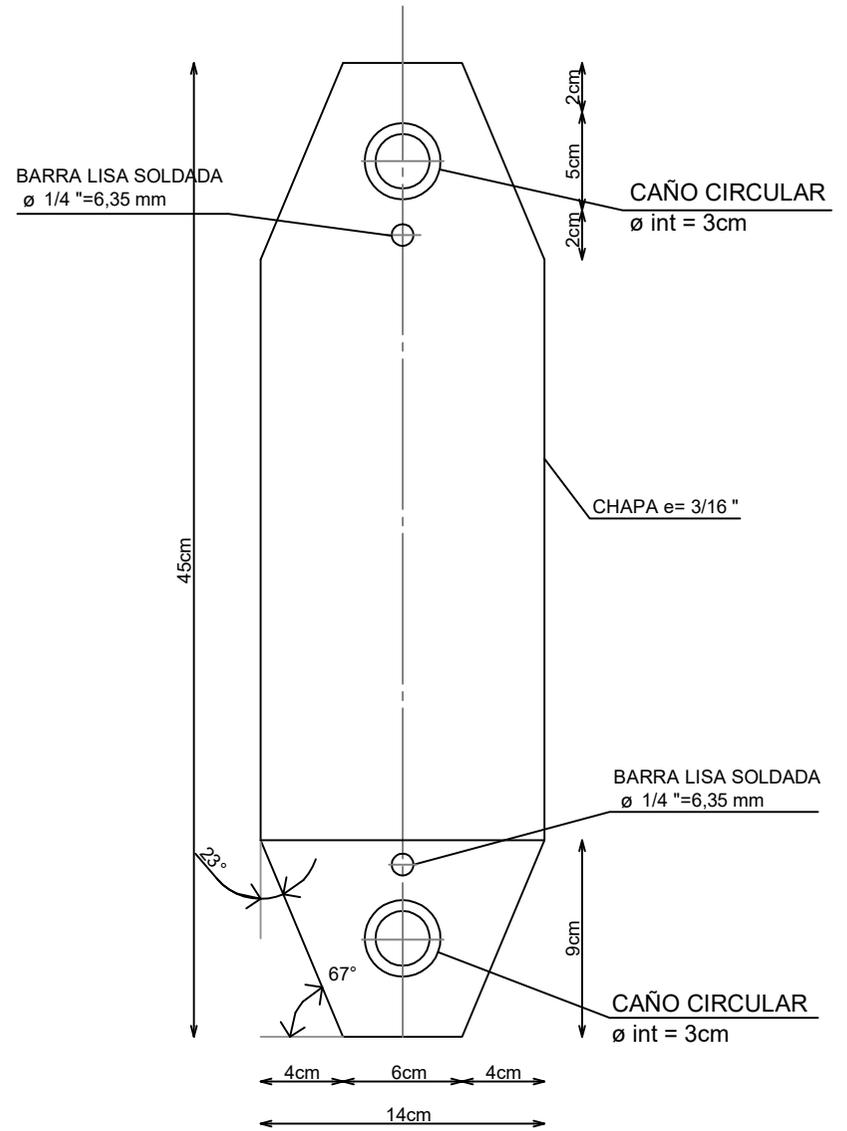
- Tesis sobre “Caracterización de material compuesto PET- Vidrio” de la Universidad de Córdoba – Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales del año 2015.
- Síntesis de Tesis doctoral sobre “Diseño experimental de elementos constructivos utilizando materiales reciclados para viviendas de interés social” del año 2019
- Trabajo de grado sobre “Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques agregados de plástico reciclado (PET) aplicados en la construcción de viviendas” de la Universidad Católica de Colombia – Facultad de Ingeniería – Bogotá del año 2018.
- Charlas con la gente de Punto Limpio Junín.

ANEXOS

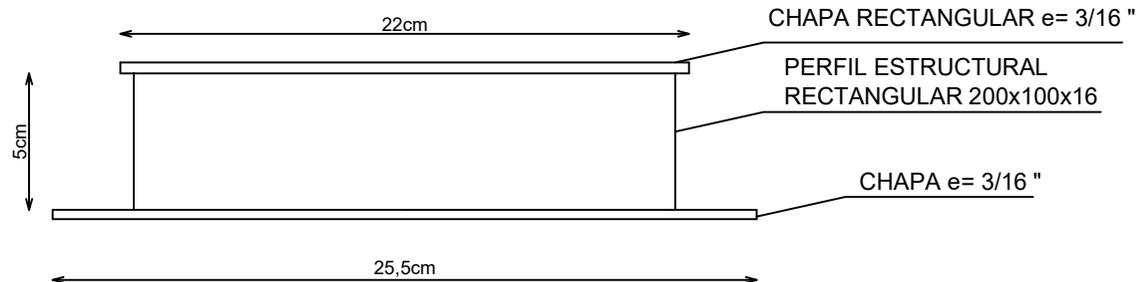
ANEXO I – PLANOS MOLDE



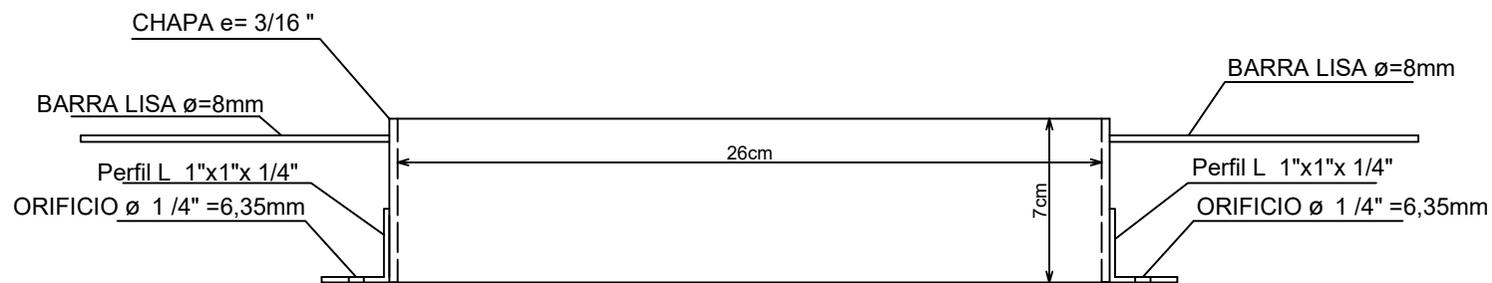
PARTE CENTRAL DEL MOLDE



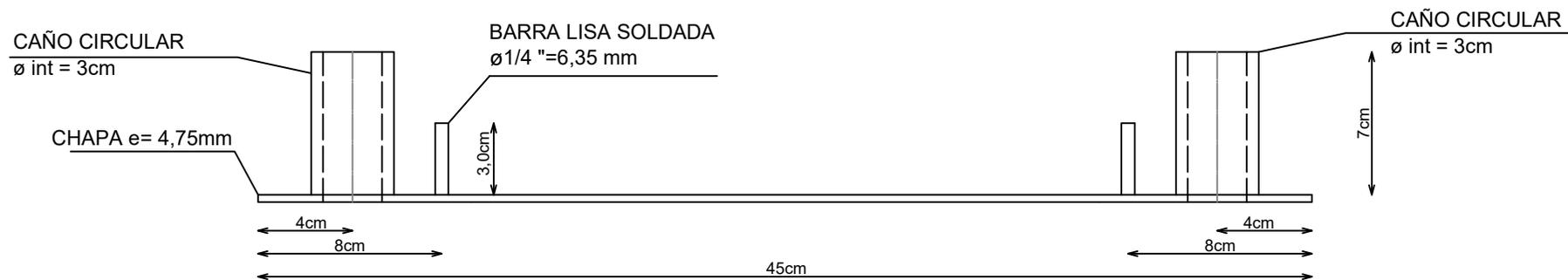
BASE DEL MOLDE



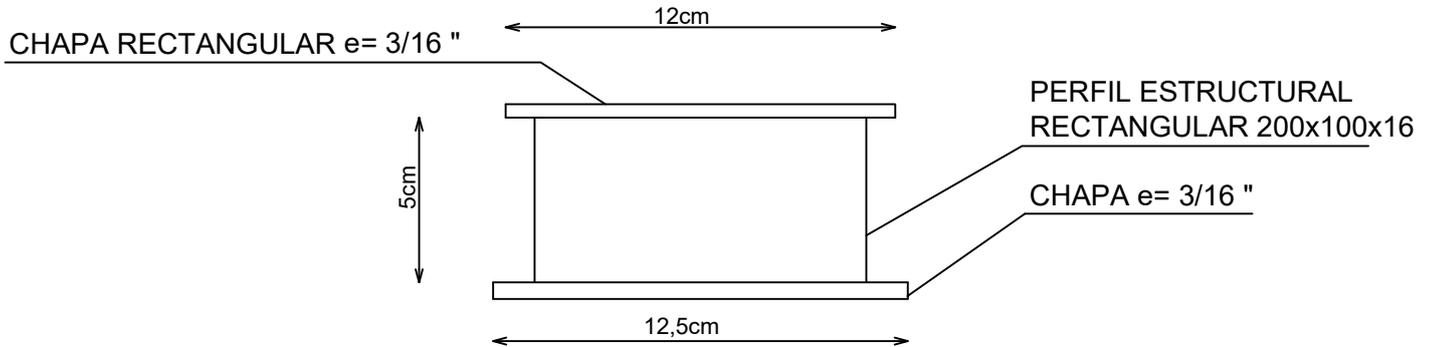
VISTA LONGITUDINAL TAPA DEL MOLDE



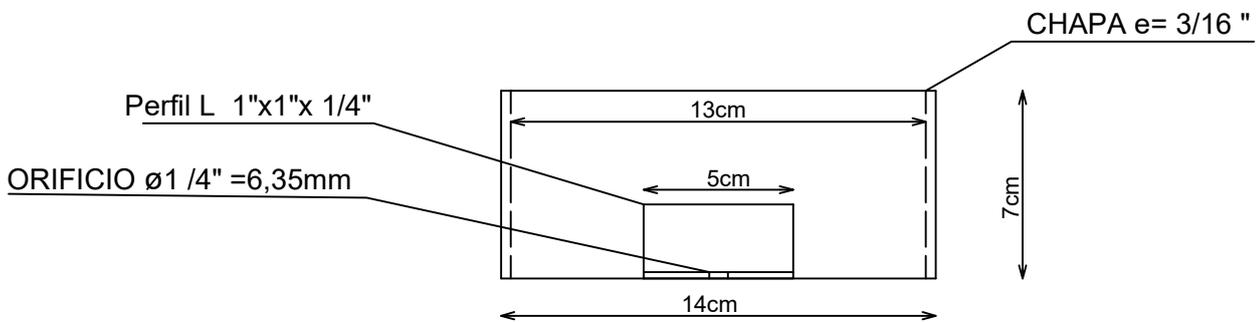
VISTA LONGITUDINAL PARTE CENTRAL DEL MOLDE



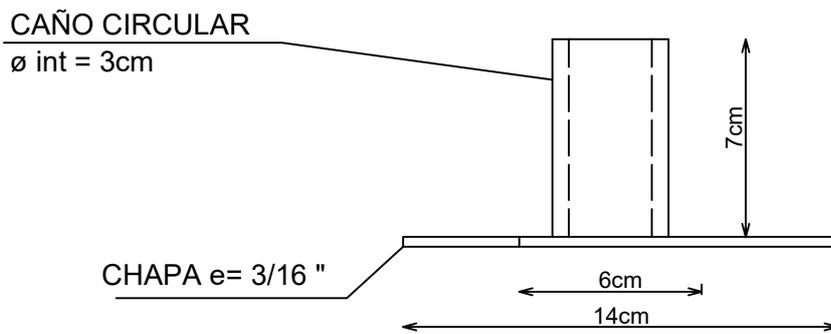
VISTA LONGITUDINAL BASE DEL MOLDE



VISTA TRANSVERSAL TAPA DEL MOLDE

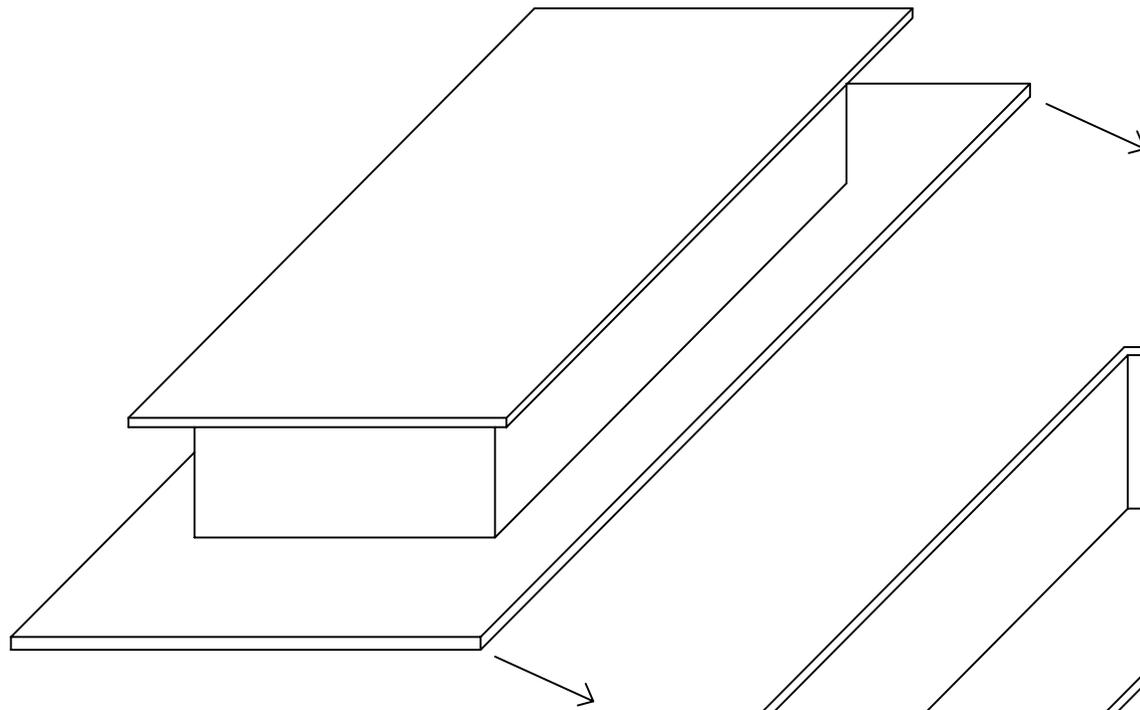


VISTA TRANSVERSAL PARTE CENTRAL DEL MOLDE

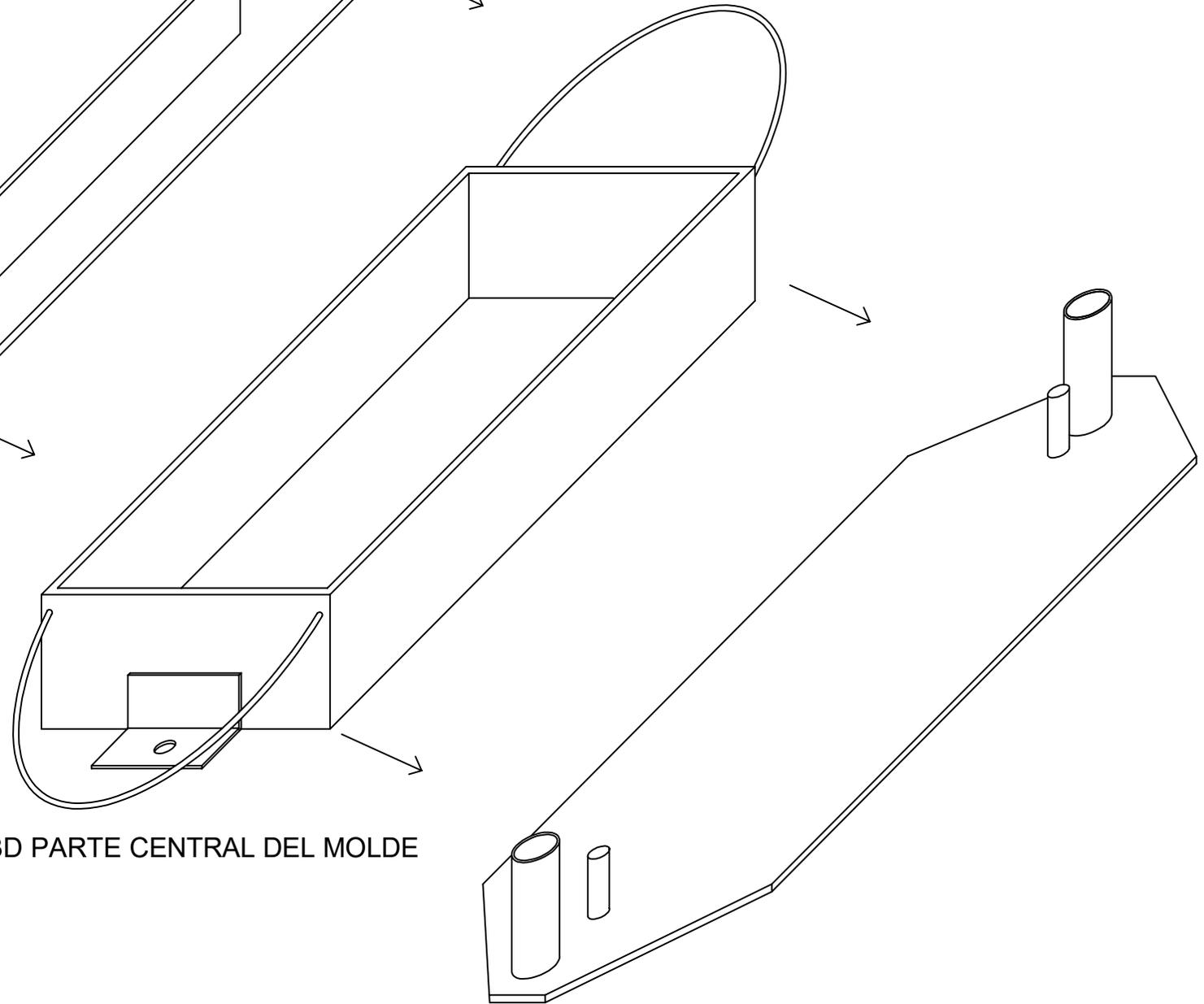


VISTA TRANSVERSAL BASE

Año:2020-2021	PROYECTO FINAL
Grupo:5	MOLDE DEL LADRILLO



VISTA 3D TAPA DEL MOLDE



VISTA 3D PARTE CENTRAL DEL MOLDE

VISTA 3D BASE DEL MOLDE