



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR - SEDE LOJA

ESCUELA PARA LA CIUDAD, EL PAISAJE Y LA ARQUITECTURA

**PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
ARQUITECTO**

TEMA:

**“PROPUESTA DE UN PANEL PREFABRICADO NO PORTANTE DE MICRO-HORMIGÓN
CON AGREGADO DE FIBRAS DE PLÁSTICO RECICLADO TIPO PET”**

AUTOR:

HENRY HERNAN AVILA AGUILAR

DIRECTOR:

ARQ. VANESSA VELEZ

2019

LOJA – ECUADOR

A mis padres, abuelitos, hermanos y tíos...

*A la Arq. Vanessa Vélez por su paciencia,
voluntad y acertada guía en el desarrollo de la presente investigación.*

A mis compañeros y amigos por apoyarme en distintas oportunidades.

A:

Arq. Verónica Muñoz

Arq. Fernando Moncayo

Ing. Wilson Jaramillo

Ing. Ramiro Jiménez

*Por impartir sus conocimientos y permitirme
una formación tanto personal como profesional.*

*Primeramente, a quien encomendé cada uno de mis pasos, cada investigación y cada escritura y quien ha estado siempre al frente de todo este gran esfuerzo, el Arquitecto por Excelencia, **DIOS**.*

A mis padres, abuelitos, hermanos y tíos que siempre estuvieron apoyándome en todo, gracias.

Y a mi primo Jesús quien ha sido mi inspiración para que día a día, exista una razón para vivir y seguir luchando por algo mejor.

Resumen

Uno de los principales problemas del micro hormigón son sus bajas características mecánicas de compresión y flexión, por lo cual en los últimos años se han venido estudiando, materiales de refuerzo que ayuden a mejorar las propiedades del micro hormigón, entre ellos las fibras obtenidas de plástico tipo PET reciclados, sin embargo, aún siguen presentando bajos resultados mecánicos, además de incrementar una mínima cantidad de plástico PET. Puesto que, la idea es incrementar la mayor cantidad posible de plástico, con la finalidad de afrontar a la contaminación por las altas cantidades que existen en el planeta. Ante este escenario, se plantea la propuesta de un panel prefabricado en base al estudio de un micro hormigón reforzado con fibras de plástico PET, con la finalidad de aplicar una mayor cantidad de plástico y poder obtener resultados mecánicos óptimos. La presente investigación se basa en una metodología cuantitativa (empírico-analítico), ya que el proceso investigativo es en gran parte experimental, la cual da cumplimiento a los objetivos planteados. En cuanto a los resultados encontrados se tiene que la fibra PET se puede adicionar en un micro-hormigón hasta en un 2.21% en relación al peso total de la mezcla, presentando características óptimas de trabajabilidad y de resistencia requeridos por la norma, tanto a flexión como a compresión, al contrario, se tiene que al adicionar más fibra PET se obtiene una mezcla de nula trabajabilidad y se reduce sus características mecánicas. Por otro lado, se logra obtener un panel de 120cm x 90cm x 1.5cm y 29 kg de peso, sin embargo, presenta resistencias mecánicas bajas en relación a lo requerido por la norma chilena NCh, por lo que se considera un panel no portante. Por último, luego del análisis entre los paneles prefabricados, se determina que el panel propuesto en cuanto a resistencias mecánicas está por debajo de los tres paneles analizados.

Palabras claves: Prefabricados, Micro-hormigón, Reciclaje, fibras PET.

Abstract

One of the main problems of micro concrete is its low mechanical characteristics of compression and bending, so in recent years have been studying reinforcement materials that help improve the properties of micro concrete, including fibers obtained from plastic PET type recycled, however, still have low mechanical results, in addition to increasing a minimum amount of PET plastic. Since, the idea is to increase the largest possible amount of plastic, in order to deal with pollution by the high amounts that exist on the planet. Given this scenario, the proposal of a prefabricated panel based on the study of a micro concrete reinforced with PET plastic fibers is proposed, in order to apply a greater amount of plastic and to obtain optimal mechanical results. The present investigation is based on a quantitative methodology (empirical-analytical), since the investigative process is largely experimental, which fulfills the stated objectives. Regarding the results found, it is possible to add PET fiber in a micro-concrete up to 2.21% in relation to the total weight of the mixture, presenting optimal workability and resistance characteristics required by the standard, both bending as in compression, on the contrary, it is necessary to add more PET fiber to obtain a mixture of no workability and its mechanical characteristics are reduced. On the other hand, it is possible to obtain a panel of 120cm x 90cm x 1.5cm and 29 kg of weight, however, it has low mechanical resistance in relation to that required by the Chilean NCh norm, which is why it is considered a non-load bearing panel. Finally, after the analysis between the prefabricated panels, it is determined that the proposed panel in terms of mechanical strengths is below the three panels analyzed.

Keywords: Prefabricated, Micro-concrete, Recycling, PET fibers.

“PROPUESTA DE UN PANEL PREFABRICADO DE MICRO-HORMIGÓN CON FIBRAS DE PLÁSTICO TIPO PET”

Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Índice de Ilustraciones.....	x
Índice de Tablas.....	xii
Índice de anexos.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
1. Plan de investigación.....	1
1.1. Tema de investigación.....	1
1.2. Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. General.....	5
1.4.2. Específicos.....	5
1.5. Metodología.....	6
CAPITULO II.....	8
2. Marco teórico y estado del arte.....	8
2.1. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.1. Plástico PET.....	8
2.1.1.1. Características y propiedades del plástico PET.....	9
2.1.1.2. Ventajas y desventajas del plástico PET.....	11
2.1.1.3. Reciclaje del plástico PET.....	12
2.1.2. El reciclaje.....	15
2.1.3. El reciclaje en Loja.....	15
2.1.3.1. El ciclo de reciclaje en Loja.....	15
2.1.3.2. Planta de reciclaje de Loja.....	17
2.1.3.3. Proceso de reciclaje del plástico PET en la planta de reciclaje de Loja.....	19
2.1.4. El PET como material de construcción.....	21
2.1.5. Aplicación del plástico PET en construcción.....	22
2.1.5.1. Construcción de mamposterías con botellas PET rellenas de tierra.....	23
2.1.5.2. Sistema constructivo detalles.....	24
2.1.5.3. Eco-ladrillo con plástico PET y hormigón.....	26
2.1.5.4. Características técnicas del eco-ladrillo.....	27
2.1.6. Investigaciones de casos de hormigones con plástico PET como agregado.....	29
2.1.6.1. Estudio comparativo de elementos fabricados de hormigón.....	30
2.1.6.2. Agregado alternativo para la fabricación de bloques y adoquines.....	32
2.1.6.3. El plástico reciclado como elemento constructor de la vivienda.....	33
2.1.7. Materiales constituyentes: Micro-hormigón.....	34
2.1.7.1. Micro-hormigón.....	34
2.1.7.2. Cemento portland.....	35

2.1.7.3.	Aditivos	35
2.1.7.4.	Agregados.....	36
2.1.7.5.	Agua.....	37
2.2.	ESTADO DEL ARTE.....	38
CAPITULO III		42
3. Análisis de paneles prefabricados		42
3.1.	Paneles prefabricados en el Ecuador	43
3.1.1.	Panel prefabricado de micro hormigón.	44
3.1.2.	Panel prefabricado de fibrocemento	48
3.1.3.	Panel prefabricado de yeso cartón.	52
3.1.4.	Cuadro comparativo de los paneles analizados	56
3.1.5.	Conclusiones.....	57
CAPITULO IV		59
4. Estudio de dosificaciones y mezclas		59
4.1.	Datos preliminares para el diseño y ensayos de las mezclas.....	59
4.2.	Datos de partida para dosificación de un micro-hormigón	60
4.3.	Fibras de plástico PET reciclado	65
4.3.1.	Determinación de la geometría y dimensiones de la fibra PET	65
4.3.2.	Proceso de corte de la fibra PET	67
4.4.	Aspectos importantes previos a la realización de ensayos	69
4.4.1.	Parámetros establecidos para la identificación de la dosificación ideal.	70
4.4.2.	Ensayos de mezclas de micro-hormigón con fibra PET	72
4.4.2.1.	Mezcla 1 - mezcla base	73
4.4.2.2.	Mezcla Nro. 2.	75
4.4.2.3.	Mezclas Nro. 3.....	77
4.4.2.4.	Mezcla Nro. 4.	79
4.5.	Ensayos mecánicos del mortero	81
4.6.	Ensayo de resistencia a la compresión de morteros.....	81
4.6.1.	Procedimiento para la elaboración de ensayos a compresión de morteros.	81
4.6.2.	Ensayo de resistencia a la flexión de morteros.....	91
4.6.2.1.	Procedimiento para la elaboración de ensayos a flexión de morteros.	91
4.7.	Aspectos importantes previos a la realización de ensayos	99
4.7.1.	Ensayos de resistencia a compresión y flexión	100
4.7.1.1.	Ensayo Nro. 1 (compresión – 1% PET).....	101
4.7.1.2.	Ensayo Nro. 2 (compresión – 2.21%).....	103
4.7.1.3.	Ensayo Nro. 3 -----(flexión – 2.21% PET)	105
4.7.2.	Discusión de resultados.....	107
4.7.2.1.	Mezclas	107
4.7.2.2.	Ensayos mecánicos (compresión).....	109
4.7.2.3.	Ensayos mecánicos (flexión).....	112
CAPITULO V.....		115
5. Diseño, elaboración y experimentación del panel de micro-hormigón		115
5.1.	Diseño del panel	115
5.1.1.	Modulación del panel.....	115
5.1.2.	Molde del panel.	118
5.2.	Elaboración del panel de micro-hormigón con fibras de plástico	121
5.2.1.	Dosificación del Panel de 120cm x 90cm x 1.5cm.....	122

5.2.2.	Herramientas para la elaboración del panel	123
5.2.3.	Proceso de fabricación del panel	124
5.2.3.1.	Pesaje de materiales	124
5.2.3.2.	Mezclado de micro-hormigón con fibra PET.....	125
5.2.3.3.	Moldeado del panel.....	126
5.2.3.4.	Desmolde y curado del panel	127
5.2.3.5.	Acabado del panel.....	128
5.3.	Experimentación del panel (ensayos)	130
5.3.1.	Pruebas de campo.	130
5.3.1.1.	Prueba de corte – norma NTE INEN 2100	130
5.3.1.2.	Prueba de perforación – norma ASTM D 5748.....	130
5.3.1.3.	Prueba de resistencia al impacto – norma INEN 1227	130
5.3.2.	Pruebas de laboratorio.....	134
5.3.2.1.	Resistencia a compresión	134
5.3.2.2.	Resistencia a flexión	134
5.3.2.3.	Ensayos	137
5.3.2.4.	Discusión de resultados del panel.....	139
CAPITULO VII.....		141
6. Análisis comparativo de las mezclas obtenidas y de del panel propuesto.		141
6.1.	Comparación de resultado de las mezclas con adición de fibras	141
6.1.1.	Discusión de resultados.....	144
6.2.	Comparación del panel propuesto con los panes de micro hormigón.	145
6.2.1.	Comparación del panel Micro hormigón y el panel Micro H-PET (propuesta)...	146
6.2.1.1.	Conclusión.....	146
6.2.2.	Comparación del panel fibrocemento y el panel Micro H-PET (propuesta).....	147
6.2.2.1.	Conclusión.....	147
6.2.3.	Comparación del panel yeso cartón y el panel Micro H-PET (propuesta)	148
6.2.3.1.	Conclusión.....	148
6.3.	Tabla comparativa de los paneles	149
6.4.	Discusión de resultados.....	150
7. CONCLUSIONES		153
8. RECOMENDACIONES		156
9. BIBLIOGRAFÍA		158
10. ANEXOS.....		161

Índice de Ilustraciones

Ilustración. 1. Metodología de investigación e interrelaciones de temas	6
Ilustración. 2. Formula del PET	9
Ilustración. 3. Características del plástico PET.....	10
Ilustración. 4. Ventajas y desventajas del plástico PET	11
Ilustración. 5. Proceso de reciclaje del plástico PET	13
Ilustración. 6. Vista satelital de la planta de reciclaje de Loja.....	18
Ilustración. 7. proceso del reciclaje del PET en Loja	20
Ilustración. 8. El PET como material alternativo de construcción.....	21
Ilustración. 9. El PET en construcción	22
Ilustración. 10. Mampuestos de botellas de plástico PET rellenas de arena	23
Ilustración. 11. Datos del sistema constructivo de botellas PET rellenas de arena.....	24
Ilustración. 12. Datos del sistema constructivo de botellas PET rellenas de arena.....	25
Ilustración. 13. Ladrillos de hormigón con agregado de plástico PET	26
Ilustración. 14. Aspectos técnicos del eco-ladrillo	27
Ilustración. 15. Ventajas del eco-ladrillo	28
Ilustración. 16. El PET como agregado	29
Ilustración. 17. Estudio del PET como agregado	30
Ilustración. 18. Proceso de dosificación de hormigón aplicado en este estudio	31
Ilustración. 19. El PET como agregado para la fabricación de bloques	32
Ilustración. 20. PET reciclado como elemento constructor de la vivienda	33
Ilustración. 21. Relación del estado del arte con la experimentación	38
Ilustración. 22. Paneles prefabricados	42
Ilustración. 23. Paneles prefabricados	43
Ilustración. 24. Datos panel de micro hormigón (Hormypol).....	44
Ilustración. 25. Datos técnicos del panel de micro hormigón (Hormypol)	45
Ilustración. 26. Proceso de armado del panel de micro hormigón (Hormypol).....	46
Ilustración. 27. Ventajas del panel de micro hormigón (Hormypol).....	47
Ilustración. 28. Datos del panel de fibrocemento.....	48
Ilustración. 29. Datos técnicos del panel de fibrocemento	49
Ilustración. 30. Proceso de armado del panel de fibrocemento	50
Ilustración. 31. Ventajas del panel de fibrocemento	51
Ilustración. 32. Datos del panel prefabricado yeso cartón.....	52
Ilustración. 33. Datos técnicos del panel yeso cartón.....	53
Ilustración. 34. Proceso de armado del panel de yeso cartón	54
Ilustración. 35. Ventajas del panel yeso cartón.....	55
Ilustración. 36. Proceso que se debe tener en cuenta en la dosificación	60
Ilustración. 37. Proceso de ensayo granulométrico - ASTM 136-1	62
Ilustración. 38. Envases PET de 600 ml, 1.35 y 3 litros respectivamente.....	65
Ilustración. 39. Geometría y dimensiones de la fibra obtenidas	66
Ilustración. 40. Características de la geometría y dimensiones de la fibra PET	67
Ilustración. 41. Proceso de obtención de fibra PET	68
Ilustración. 42. Experimentación de mezclas.....	72
Ilustración. 43. Mezcla de micro-hormigón sin fibra PET y sin aditivo SIKA.	74
Ilustración. 44. Mezcla con agregado del 1 % de fibra de plástico PET en el miro-hormigón	76

Ilustración. 45. Mezcla con agregado del 3% de fibra de.....	78
Ilustración. 46. Mezcla con agregado del 2.21 %	80
Ilustración. 47. Proceso para elaboración de ensayos a compresión.....	82
Ilustración. 48. pesaje de materiales, componentes de micro hormigón	84
Ilustración. 49. Preparación de los moldes de acuerdo a la norma NTE INEN 488	85
Ilustración. 50. Mezclado de la pasta de micro-hormigón.....	86
Ilustración. 51. Determinación del flujo	87
Ilustración. 52. Proceso de moldeo de los especímenes según la norma NTE INEN 488	88
Ilustración. 53. Curado de especímenes de acuerdo a la norma NTE INEN 1 576	89
Ilustración. 54. Determinación de resistencia a compresión norma NTE INEN 488	90
Ilustración. 55. Proceso para la elaboración de ensayos a flexión	91
Ilustración. 56. pesaje de los materiales, componentes de micro-hormigón	93
Ilustración. 57. Preparación de los moldes de acuerdo a la norma NTE INEN 198	94
Ilustración. 58. Mezclado de la pasta de mortero según norma NTE INEN 155.....	95
Ilustración. 59. Moldeo de especímenes según la norma NTE INEN 488	96
Ilustración. 60. Proceso de curado de especímenes según la norma NTE INEN 1 576.....	97
Ilustración. 61. Determinación de resistencia a flexión según la norma NTE INEN 198.....	98
Ilustración. 62. Ensayos a compresión y flexión.....	100
Ilustración. 63. Matriz para modulación en múltiplos de 30cm.....	116
Ilustración. 64. dimensiones del panel propuesto	117
Ilustración. 65. Armado de molde	119
Ilustración. 66. Preparación del molde	120
Ilustración. 67. Herramientas a utilizar	123
Ilustración. 68. Pesaje de materiales.....	124
Ilustración. 69. Mezclado de componentes de micro hormigón	125
Ilustración. 70. Moldeado del panel	126
Ilustración. 71. Desmolde de panel	127
Ilustración. 72. acabados de panel.....	128
Ilustración. 73. Acabado textura de panel.....	129
Ilustración. 74. Prueba de corte - NTE INEN 2100	131
Ilustración. 75. Prueba de perforación - ASTM D 5748	132
Ilustración. 76. Prueba de impacto - INEN 1227	133
Ilustración. 77. Pruebas de compresión de panel Micro H-PET (propuesto)	135
Ilustración. 78. pruebas de flexión de panel propuesto	136
Ilustración. 79. Diagrama para la comparación de especificaciones.....	141
Ilustración. 80. Diagrama para la comparación de los paneles	145

Índice de Tablas

Tabla. 1. Propiedades del plástico PET	9
Tabla. 2. reciclaje en Loja.....	16
Tabla. 3. Recolección en la planta recicladora enero - noviembre 2017	17
Tabla. 4. Resumen de resultados de las investigaciones	41
Tabla. 5. Tabla comparativa de características de los paneles	56
Tabla. 6. Comparación de especificaciones técnicas de los paneles	57
Tabla. 7. Fluidéz recomendada para morteros	61
Tabla. 8. Clasificación de los morteros de pega por propiedad	64
Tabla. 9. Proporciones de materiales para 1 m ³ de micro-hormigón	73
Tabla. 10. Dosificación para mezcla base.....	73
Tabla. 11. Dosificación del micro-hormigón para un volumen de 15 especímenes.	75
Tabla. 12. Dosificación del micro-hormigón para un volumen de 12 especímenes.	77
Tabla. 13. Dosificación del micro-hormigón para un volumen de 12 especímenes.	79
Tabla. 14. dosificación con adición de la fibra al 2.21 %.....	122
Tabla. 15. Dosificación para panel de 120cmx90cmx1.5cm	122
Tabla. 16. Comparación de resultados a compresión y flexión	142
Tabla. 17. Resultados de los paneles	150

Índice de anexos

Anexo. 1. Resultado análisis granulométrico	161
Anexo. 2. Determinación del contenido de cemento.....	162
Anexo. 3. Determinación de la relación agua - cemento.....	162
Anexo. 4. fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructura y condiciones de colocación	162
Anexo. 5. Falla de especímenes – compresión	162
Anexo. 6. Falla de especímenes - flexión	162
Anexo. 7. certificados emitidos por el laboratorio "GEOCONS"	162

CAPÍTULO I

1. Plan de investigación

1.1.Tema de investigación

Propuesta de un panel prefabricado en base el estudio de un micro-hormigón reforzado con fibra de plástico tipo PET.

1.2.Planteamiento y formulación del problema.

En los últimos 20 años, según el instituto americano del concreto (ACI) el uso de fibras para el refuerzo de hormigones y micro hormigones ha aumentado exponencialmente, tanto el uso de fibras de vidrio como las fibras sintéticas y de acero, las cuales tienen como principal objetivo otorgar al micro hormigón mayor respuesta a flexo tracción, compresión, retracción e impactos.

Sin embargo, Zollo & Brandt (2013) manifiestan en su análisis sobre el desarrollo de las fibras aplicadas en construcción, que la adición de fibras en micro hormigones, siguen presentando problemas de baja resistencia en cuanto a compresión y a flexión, así mismo, señalan que algunas fibras fueron relacionadas con potenciales peligrosos para la salud y el medio ambiente.

Por esta razón, en los últimos años se han iniciado investigaciones con el objetivo de encontrar tipos de fibras provenientes de diferentes materiales reciclables, como posibles sustitutos que le proporcionen al micro hormigón propiedades mecánicas favorables y que sean amigables con el medioambiente. Tal como, es el caso del estudio realizado por Figueroa (2013) donde realiza la comparación de características mecánicas de un micro hormigón convencional con un micro hormigón reforzado con fibras recicladas de polipropileno (PP), donde señala que para muestras con fibra de polipropileno hubo un bajo incremento en la resistencia a compresión y flexión, además presenta problemas en la trabajabilidad de las mezclas debido a las dimensiones de la fibra. sin embargo, presentaron un mejoramiento en los índices de ductilidad.

Por otro lado, Irwan et al. (2014) en su investigación “the mechanical properties of PET fiber reinforced concrete from recycled” muestran que la adición de fibra PET tiene un mínimo incremento a medida que se va aumentando el volumen de fibra, llegando a adicionar un máximo de 1% de fibra, obteniendo un aumento de 0.8% de resistencia a compresión y a flexión de 1.6%, en relación a un micro hormigón convencional (sin fibra PET).

Por el contrario, en los estudios realizados por Kim & Foti (2013) sobre el micro hormigón reforzado con fibras PET, mostraron bajos resultados en las propiedades mecánicas, por lo que afirman que el agregado de fibras PET disminuye la resistencia del micro hormigón en un 9% de la resistencia normal, esto debido a las características físicas, la distribución y volumen de la fibra aplicada en esta matriz cementicia, ya que como lo manifiesta Fraternali y Ochi (2013) este tipo de fibras afectan al micro hormigón tanto en su estado fresco como en estado endurecido, donde afirman que entre menores dimensiones sean las fibras, mejor se distribuyen uniformemente en el micro hormigón y por lo tanto se obtiene mejor resistencia a compresión, flexión y retracción.

Por ende, la aplicación del plástico PET reciclado en matrices cementicias es de gran importancia, ya que además de aportar favorables características al micro hormigón, también se afronta el problema de la contaminación por las altas cantidades de este tipo de plástico en el planeta, ya que según Lascano & Serrato (2016) es uno de los desechos que provoca mayor contaminación ambiental, tardándose entre 400 a 1000 años en degradarse. En efecto, en la ciudad de Loja según el departamento de higiene GAD Loja (2017) se obtiene un promedio anual de 38.834 kg de plástico PET, siendo uno de los residuos de mayor abundancia en el vertedero municipal, del cual la tercera parte es reciclado y vendido a empresas nacionales, el resto de residuos quedan enterrados y al no ser alcanzados por la luz solar el proceso de descomposición es más largo como lo manifiesta Mestanza (2018), además desprenden sustancias y elementos tóxicos que afectan al medio ambiente.

Con lo expuesto anteriormente, ante las bajas resistencia a compresión y flexión del micro hormigón reforzado con fibras recicladas debido a la falta de mayor adición de fibras, dado que afectan a la trabajabilidad de las mezclas y ante la contaminación ambiental generado por residuos plásticos perjudiciales para la salud humana. El presente proyecto de fin de carrera se enfoca en el estudio y la experimentación del micro hormigón reforzado con fibras de plástico PET reciclado, con la finalidad de obtener mejores resultados en las propiedades mecánicas, para así realizar la propuesta como una alternativa de aplicación de este tipo de micro hormigón en la fabricación de un panel prefabricado.

1.3. Justificación

¿Qué pasaría si no se investiga sobre hormigón reforzado con fibras PET?

“La arquitectura por sí sola no puede resolver los problemas ambientales del mundo, pero puede contribuir significativamente en la experimentación de nuevas soluciones constructivas, lo que implica dar un giro a los sistemas convencionales, para ello es indispensable la investigación mediante la innovación tecnológica, el desarrollo técnico científico y la creatividad, que promuevan la utilización y reutilización de materiales no convencionales y reciclados” (Barragán, 2017).

De tal punto de vista, al no seguir investigando el micro hormigón con fibras PET, se desconocería la importancia de la inserción de fibras plásticas recicladas en el micro hormigón como sustituto de las fibras industrializadas, además se desaprovecharía las altas características físico-químicas y mecánicas que presenta el plástico PET y, en consecuencia, no se lograría potencializar el reciclaje del plástico y la importancia para proteger el medio ambiente.

Por tanto, en las investigaciones previas se ha puesto en evidencia, que las fibras PET como elemento de reciclaje pueden colaborar en mejorar las características del micro hormigón, tanto en su estado fresco como endurecido, por lo cual es de vital importancia seguir investigando el micro hormigón reforzado con este tipo de fibras, ya que además Fraternalli y Ochi (2013) recomiendan realizar estudios de micro hormigón donde se pueda incrementar mayor volumen de fibras PET.

Ante lo cual se hace necesario la experimentación del micro hormigón reforzado con fibras de plástico PET adicionando porcentajes mayores del 1%, para luego ser aplicado en la elaboración de un elemento constructivo, proceso a realizarse en base al estudio de las propiedades mecánicas y físicas del micro hormigón. Finalmente, esta investigación pretende contribuir significativamente al desarrollo e innovación de la arquitectura.

1.4.Objetivos

1.4.1. General

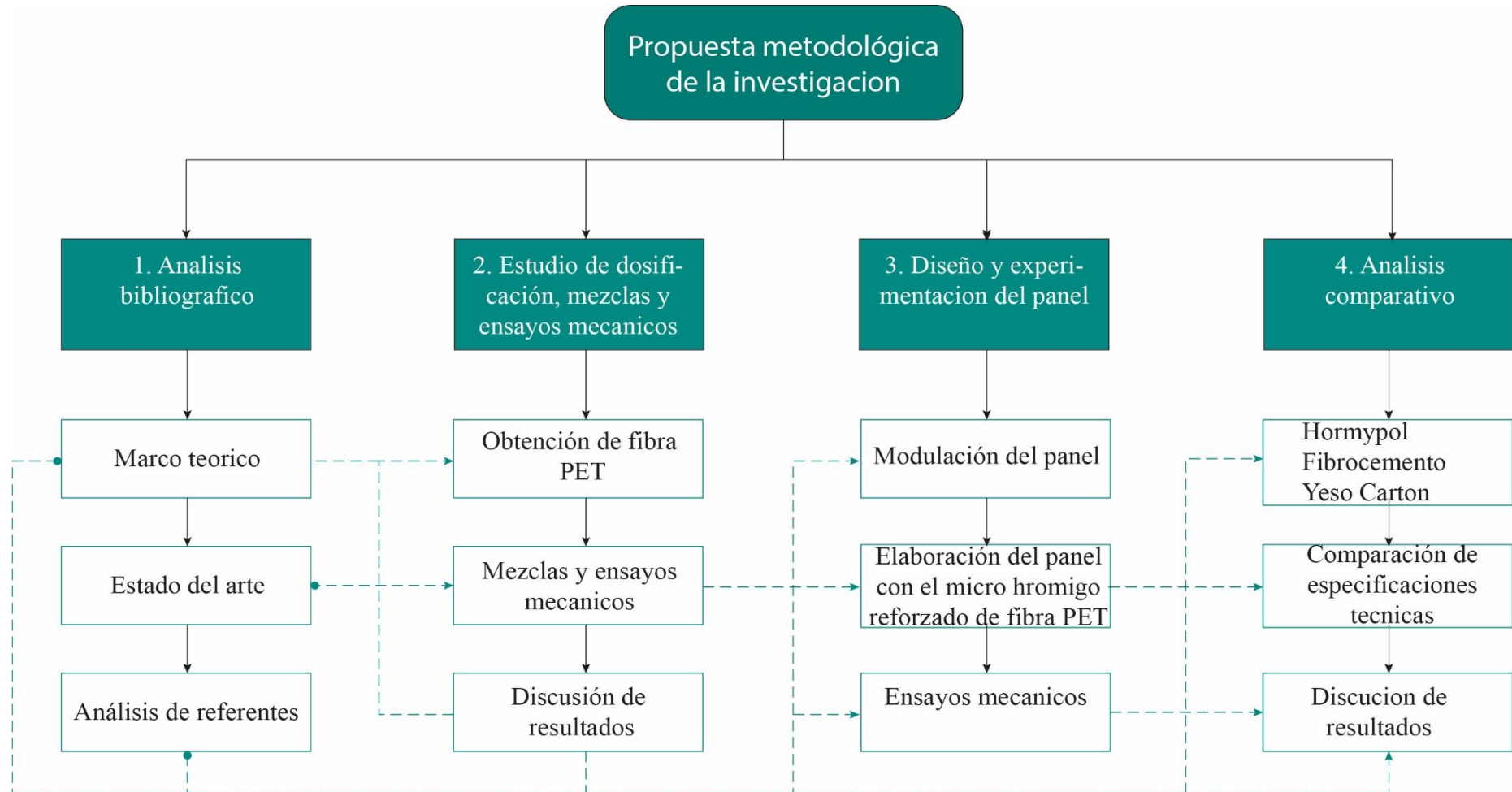
Proponer un panel prefabricado en base al estudio del micro-hormigón reforzado con fibras de plástico tipo PET, como material alternativo para la construcción en la ciudad de Loja.

1.4.2. Específicos

- Determinar el uso de plástico PET en los materiales de construcción.
- Establecer una mezcla trabajable y eficaz, mediante un estudio de dosificaciones.
- Diseñar y elaborar un panel prefabricado de micro-hormigón y fibras de plástico reciclado tipo PET.
- Realizar una comparación entre los paneles de micro hormigón (Hormypol), fibrocemento, Yeso cartón y el panel elaborado de micro-hormigón con agregado de fibra de plástico PET, para evaluar las ventajas y desventajas en base a especificaciones técnicas.

1.5. Metodología

Ilustración. 1. Metodología de investigación e interrelaciones de temas



Elaboración: El autor

El presente proyecto de investigación está basado en una metodología cuantitativa (empírico-analítico), que permitirá analizar y comprobar información y datos, por lo cual el siguiente proyecto dentro de su plan de trabajo se encuentra dividido en cuatro fases, las cuales se encuentra lógicamente relacionadas con la finalidad de dar cumplimiento a los objetivos planteados:

En la primera fase se revisarán estudios relacionados con el plástico PET en cuanto a la aplicación en la construcción, asimismo se analizarán investigaciones realizadas en los últimos 5 años sobre las fibras de plástico PET como refuerzo de hormigones, con la finalidad de conocer sus características físicas y mecánicas.

En la segunda fase se obtendrán y se determinarán las dimensiones de las fibras de plástico reciclado PET, para posteriormente ser aplicadas en el micro hormigón, con la finalidad de obtener una mezcla optima y trabajable, y posteriormente realizar los ensayos mecánicos respectivos donde se obtendrá resultados que se los constatará con la revisión bibliográfica.

En la tercera fase que corresponde al diseño y elaboración del panel, se elaborará en base a las mezclas optima con mayor porcentaje de fibra PET, que se obtendrá en los estudios de dosificación y mezclas realizados en la segunda fase, para posteriormente ser sometido a los ensayos mecánicos correspondientes, con la finalidad de obtener datos específicos del panel propuesto y ser comparados con los otros paneles.

En la cuarta fase se concluirá con la comparación primeramente de los resultados obtenidos de las mezclas con los resultados obtenidos del estado del arte, por último, se realizará la comparación del panel propuesto con los paneles de fibrocemento, micro hormigón (Hormypol) y yeso cartón, con el objetivo de determinar las ventajas y desventajas en base a sus especificaciones técnicas.

CAPITULO II

2. Marco teórico y estado del arte

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Plástico PET

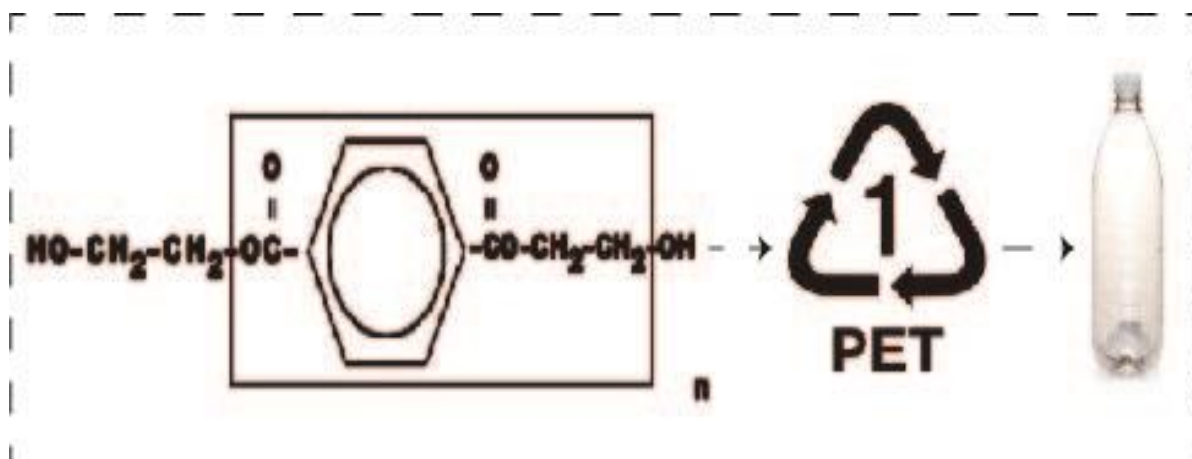
El material plástico de tereftalato de polietileno más conocido por sus siglas en inglés PET, es un material muy utilizado en la elaboración de recipientes de bebidas de agua, jugos, aceites, detergentes caseros etc. El PET se desarrolló primero para uso de fibras sintéticas por la British CalicoPrinters en 1941, posteriormente comenzó a ser usado como material de embalaje a mediados de los años sesenta, y en los inicios de los setentas, la técnica para expandir botellas orientadas biaxialmente se desarrolló comercialmente (Angumba, 2016).

Las botellas hoy en día, representan el uso más significativo de resinas de PET. Para elaborar una botella de PET empieza desde las materias primas: etileno y paraxileno. Los derivados de estas dos sustancias (glycol de etileno y ácido tereftálico) se hacen reaccionar para obtener la resina PET. (Celi, 2013).

La resina, se la obtiene en forma de cilindros pequeños llamados pellets, son fundidos e inyectados en un molde para hacer una preforma, la cual es una clase de tubo de ensayo, más corto que la futura botella, pero con las paredes más gruesas, se sopla y amolda (Celi, 2013).

Posteriormente durante la fase de sople-moldura, el aire a alta presión es soplado en la preforma permitiéndole tomar la forma exacta del molde en el que fue introducido, de esta manera se obtiene como producto final una botella transparente, fuerte y ligera (Celi, 2013).

Ilustración. 2. Formula del PET



Fuente: Plásticos mecanizables. IMC 2010

Elaboración: El autor

Las razones principales que mantienen el éxito de los recipientes de PET son que, gracias a la estructura molecular del material, es irrompible. Lo que, es más, el empaquetamiento con PET es ligero, transparente y resellable (Angumba, 2016).

2.1.1.1. Características y propiedades del plástico PET

En la tabla N°1 se indica las propiedades con los datos técnicos como se indica:

Tabla. 1. Propiedades del plástico PET

Datos técnicos del polietileno – tereftalato PET		
Peso específico	Gr/ cm3	139
Resistencia a la tracción fluencia rotura	Kg/ cm2	900
Resistencia a la flexión	Kg/ cm2	1450
Alargamiento a la rotura	%	15
Módulo de elasticidad (tracción)	Kg/ cm2	3700
Resistencia al desgaste por roce	Muy buena	
Propiedades térmicas		
Temperatura de fusión	°C	255
Conductividad térmica	Baja	
Temperatura de deformabilidad de calor	°C	170
Temperatura de ablandamiento de vical	°C	175

coeficiente de dilatación lineal de 23 a 100 grados	mm por °C	0.00008
Propiedades eléctricas		
Absorción de humedad	%	0.25
Propiedades químicas		
Resistencia a álcalis débiles a temperatura ambiente	Buena	
Resistencia a ácidos débiles a temperatura ambiente	Buena	
Comportamiento a la combustión	Arde con mediana dificultad	
Propagación de llama	Mantiene la llama	
Comportamiento al quemado	Gotea	

Fuente: Plásticos mecanizables. IMC 2010

Elaboración: El autor

Con los datos técnicos presentados en la tabla Nro. 1 de propiedades del plástico PET, el cual es elaborado en base a un estudio realizado por la universidad de argentina en el área de construcciones, quienes analizan las características del plástico tipo PET, afirman que posee propiedades apropiadas para ser utilizado como material alternativo en la elaboración de materiales constructivos.

Ilustración. 3. Características del plástico PET

-Cristalinidad y transparencia, aunque admite cargas de colorantes. -Barrera de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos y es totalmente reciclable. -Es compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad. -Muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad. -Buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes. -Buen coeficiente de deslizamiento. -Buenas propiedades térmicas. -Alta resistencia al desgaste -Buena resistencia química	
---	--

Fuente: Plásticos mecanizables. IMC 2010

Elaboración: El autor

De esta manera está justificado que este polímero es totalmente reciclable; lo que da un valor agregado al material. Por el contrario, la deficiencia en el proceso es la falta de políticas gubernamentales en el Ecuador para realizar una correcta disposición final de estos elementos (Angumba, 2016).

2.1.1.2. Ventajas y desventajas del plástico PET

En la industria de la construcción es uno de los sectores que se utilizan diversos productos de plástico, los cuales son utilizados en tuberías, instalaciones eléctricas, pisos, mobiliario y otros. Los productos de plástico PET tienen una gran gama de aplicaciones y es importante conocer cuáles son sus ventajas y desventajas; por lo que se definen algunas de estas características:

Ilustración. 4. Ventajas y desventajas del plástico PET

	
VENTAJAS: a) Es moldeable, pudiéndosele dar la forma deseada por medio de diferentes técnicas. b) Variada flexibilidad dependiendo de las características del material que se requiera. c) Una vez instalado el material no requiere constante mantenimiento. d) Es muy duradero. e) Dependiendo de su uso se puede variar la resistencia del plástico. f) Posee una gran resistencia a las sustancias químicas (líquidas y gases). g) Soporta altas y/o bajas presiones y temperaturas.	DESVENTAJAS: a) Son desechos de difícil solución. b) Poco manejo de la recolección y disposición final de los residuos. c) Material poco convencional y poco utilizado en la actualidad como material de construcción. d) Material inflamable, por lo que no es recomendable utilizarlo sin recubrimiento.

Fuente: Plásticos mecanizables. IMC 2010

Elaboración: El autor

2.1.1.3. Reciclaje del plástico PET

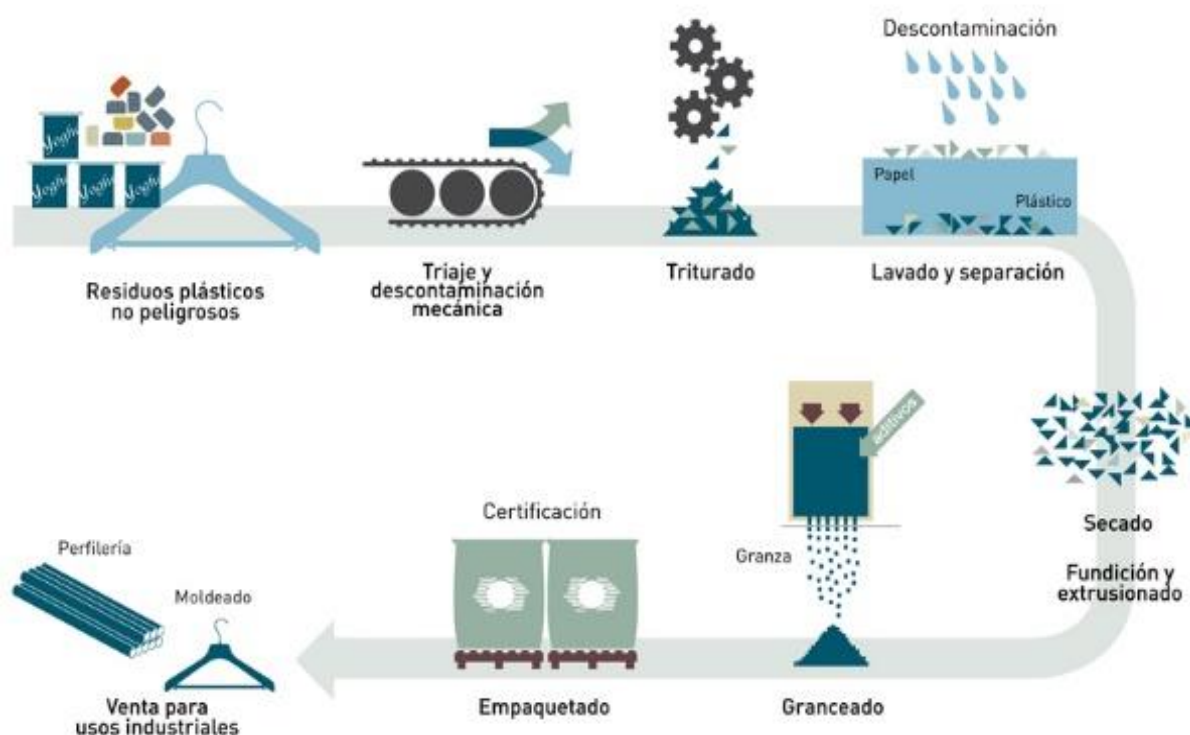
En el Ecuador la reutilización de las botellas plásticas de PET se ha incrementado un 25 % durante los últimos años, en especial desde el año 2012 cuando se puso un impuesto de dos centavos a cada botella; es por eso que ahora revisaremos cual es el proceso para recuperar el PET (Pacheco, 2015).

Por otra parte, en el Ecuador existen empresas recicladoras de material plástico entre ellas está la empresa BEBAS C.C. en la ciudad de Cuenca, la misma que funciona como centro de acopio y procesamiento de material reciclado entre los cuales se tiene cartón, papel y envases de plástico (Pacheco, 2015).

Los envases de plástico llegan al centro de acopio en donde son lavados y clasificados según su color, luego pasan a una maquina aglutinadora de donde se obtiene una “escama” del mismo.

Posteriormente pasa a una “zaranda” de donde se retiran las impurezas existentes y pasa a un proceso de extrusión obtiene un granulo o “pellet” de plástico reciclado que es el producto final que la empresa oferta. El producto se comercializa a la ciudad de Guayaquil y se exporta a Perú y Colombia, a un precio de 75 centavos de dólar por kilogramo (Pacheco, 2015).

Ilustración. 5. Proceso de reciclaje del plástico PET



Fuente: OPE-MED 2015

Elaboración: El autor

Otra de las empresas que se encarga de reciclar es la ENKADOR S.A. se encuentra en la ciudad de Quito, es una de las empresas que recupera el plástico con un proceso conocido como reciclaje mecánico, el mismo que se describe a continuación (Pacheco, 2015).

La siguiente información es tomada del portal web de la empresa ENKADOR S.A. La cual indica que el proceso que se realiza para la recuperación de los envases consiste en triturar y lavar los mismos hasta conseguir “escamas” o “flakes” de PET de 8 a 12 mm.

El proceso comienza reconociendo los materiales de los que está compuesto un envase plástico, ya que la botella propiamente dicha es de PET, pero la tapa, el aro de seguridad de la misma y la etiqueta son de diferentes tipos de plástico.

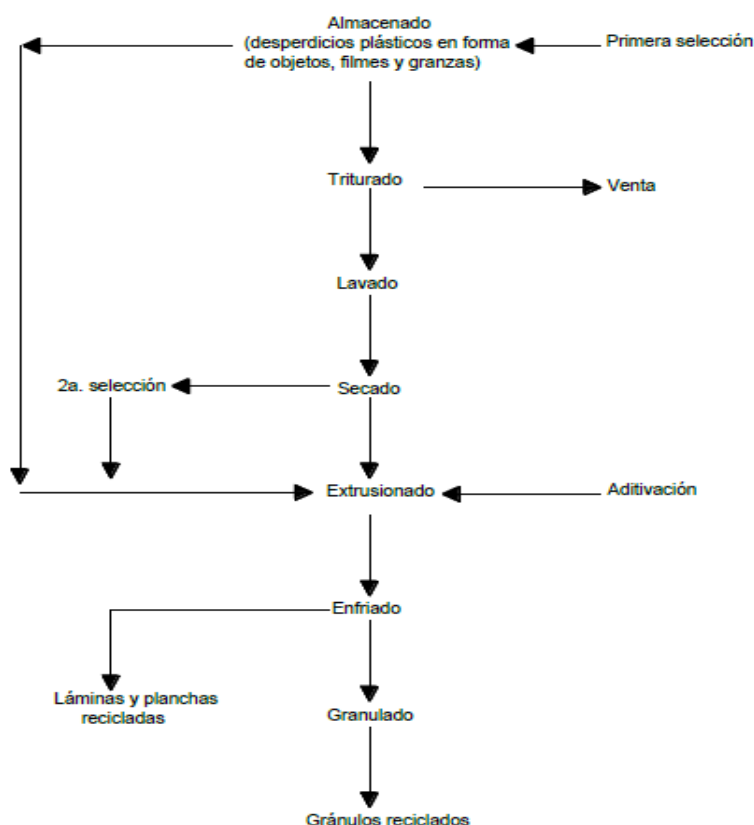
La tapa de los envases es de Polipropileno (PP) o Polietileno de alta densidad (PEAD) y el aro de seguridad son de etilenvinilacetato (EVA).

Por otro lado, la etiqueta de la botella es principalmente de polietileno de baja densidad (PEBD) o en ciertos casos es de papel. Lo primero que se hace es separar los envases por color, siendo los transparentes los que más valoración tienen dentro del mercado del reciclaje, luego se los tritura y se los lava, obteniendo el material sucio, que son escamas de las botellas de PET incluida etiquetas y tapas.

El material limpio es el polvo residual que se obtiene de las botellas plásticas luego de ser escogidas y lavadas. El lavado se lo realiza en agua hirviendo para separar tapas y etiquetas obteniendo así el material deseado, a este se lo traslada hacia un secador-cristalizador en donde se extraen las impurezas del PET y se reduce el grado de humedad del mismo.

Por último, se envía el material a una máquina extrusora en donde se obtiene la “pellet” de PET (2.5mm de diámetro). Posteriormente van hacia el área de hilatura de donde se obtienen los filamentos de plástico reciclado.

Grafico. 1 Proceso de reciclaje PET



Fuente: Manual de reciclado del plástico, MRP

Elaboración: El autor

2.1.2. El reciclaje

El reciclaje son acciones transcendentales dentro de la ecología y el medio ambiente, efectuado con mayor auge a inicios de la década del año 2000. La primera idea al pensar en reciclaje se la asocia a recoger botellas plásticas usadas, el uso correcto de fundas plásticas, escoger y clasificar los desechos orgánicos e inorgánicos (Boada,2003, pág.5).

Por otro lado, dentro de los problemas que se generan producto de una mala práctica del reciclaje limitada al escogimiento y clasificación de la basura, está el efecto boomerang pues es la misma basura la que se nos devuelve como contenedor de los productos de diario consumo (Boada,2003, pág.05), que posteriormente forman problemas ambientales como la polución del aire y el aumento incesante de la presión de los rellenos sanitarios.

2.1.3. El reciclaje en Loja

La ciudad de Loja ha emprendido en diferentes proyectos con la finalidad de guiarla hacia un desarrollo sostenible, que permita mejorar las condiciones ambientales a las que son expuestos sus habitantes todos los días.

De esta manera, en lo que respecta a los desechos sólidos y su manejo, desde el año 2000 se ha implementado en la ciudad de Loja, un sistema de clasificación domiciliaría, recolección diferenciada, reciclaje y tratamiento, al cual se lo introdujo con el nombre de “Plan de Gerencia Integral de Desechos Sólidos” por lo que se desarrolla con la separación de los residuos domiciliarios en dos recipientes, uno de color verde perteneciente a residuos orgánicos y otro de color negro perteneciente a los residuos inorgánicos (GAD Loja, 2016).

2.1.3.1. El ciclo de reciclaje en Loja

Dentro del presente tema de estudio es fundamental conocer cuál es el proceso y tratamiento de los desechos sólidos en la ciudad, para lo cual a continuación se hace un estudio del tema.

Según el GAD municipal de Loja, para efectuar el tratamiento de los desechos sólidos en la ciudad, se consideran cinco componentes: clasificación, recolección, planta de reciclaje, planta de lombricultura, disposición final.

Tabla. 2. reciclaje en Loja

1 Clasificación :	Es el primer eslabón y el más fundamental dentro del procesos de reciclaje llevado a cabo en la ciudad de Loja, la basura se clasifica con la ayuda de los recipientes diferenciados de color negro para aquellos desechos que no biodegradables y color verde los biodegradables, facilitando de aquella forma la labor llevada a cabo por trabajadores.
	
2 Recolección :	El GAD municipal de Loja maneja un programa de recolección de los desechos sólidos dentro de la ciudad que contiene 11 rutas de recolección logrando cubrir un 99% de recolección urbana y un 90% de recolección rural. Cifras destacables dentro de un programa de tratamiento y manejo de residuos.
	
3 Planta de reciclaje :	La planta de reciclaje logra recuperar los desechos no biodegradables como son el cartón, papel blanco, vidrio, y plástico para facilitar su reutilización por parte de empresas locales y nacionales a través de su comercialización a las mismas.
	
4 Planta de lombricultura :	A partir de los desechos biodegradable eso que se pudren aquí se producen abono orgánico o humus el cual se logra gracias a un proceso de lombricultura llevado a cabo con la especie de lombriz roja californiana, se comercializa como producto final saquillos de
	
5 Disposición final :	El área destinada para dicho propósito tiene una superficie aproximada de 2 hectáreas, el GAD ha dispuesto equipos de trabajo para el mantenimiento de dicha área y el tratamiento de líquidos lixiviados que se almacenan en una laguna de estabilización.
	

Fuente: GAD Loja.

Elaboración: El autor

2.1.3.2. Planta de reciclaje de Loja

La planta de reciclaje y centro de Gestión Integral en Manejo de Residuos Sólidos de la ciudad, cantón Loja, se encuentra ubicado en la parte sur-occidental de la Ciudad de Loja, en la inmediación del relleno sanitario municipal en la zona de Chontacruz con una extensión de 45.7 hectáreas, a una distancia de 5.5 Km desde el centro de la ciudad, con una altitud de 2334 msnm, (GAD Loja, 2016).

Los residuos rescatados y clasificados en la planta de reciclaje de Loja tienen la siguiente producción anual.

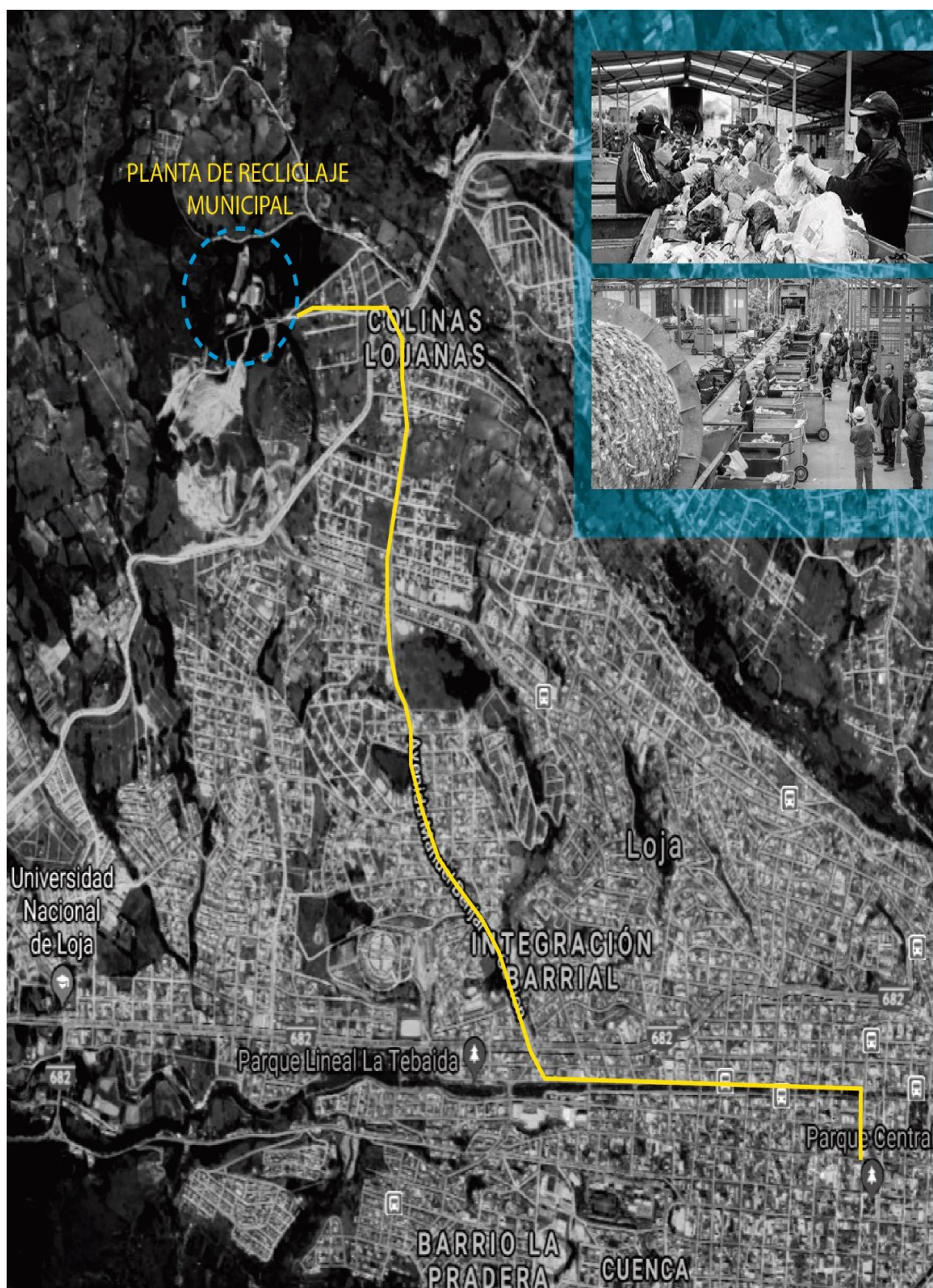
Tabla. 3. Recolección en la planta recicladora enero - noviembre 2017

PRODUCCIÓN PLANTA RECICLAJE ENERO-NOVIEMBRE 2017		
Tipo de material	Total (Kg)	Porcentaje
Cartón	172672	41,59%
Papel periódico	20589	4,96%
Papel plegadiza	40293	9,70%
Papel impreso	35946	8,66%
Papel Kraft	3494	0,84%
Papel Archivo	16542	3,98%
Papel Bond blanco	492	0,12%
Línea blanca	5583	1,34%
Plástico soplado Pet	17460	4,21%
Plástico soplado Pehd	11038	2,66%
Plástico de funda baja	24830	5,98%
Plástico de funda alta	7399	1,78%
Plástico mezclado	8627	2,08%
Vidrio	28340	6,83%
Aluminio	1661	0,40%
Cobre	373,5	0,09%
Metal ferroso	19857	4,78%
TOTAL	415197 Kg	100%

Fuente: GAD Loja

Elaboración: El autor

Ilustración. 6. Vista satelital de la planta de reciclaje de Loja



Fuente: Google Maps

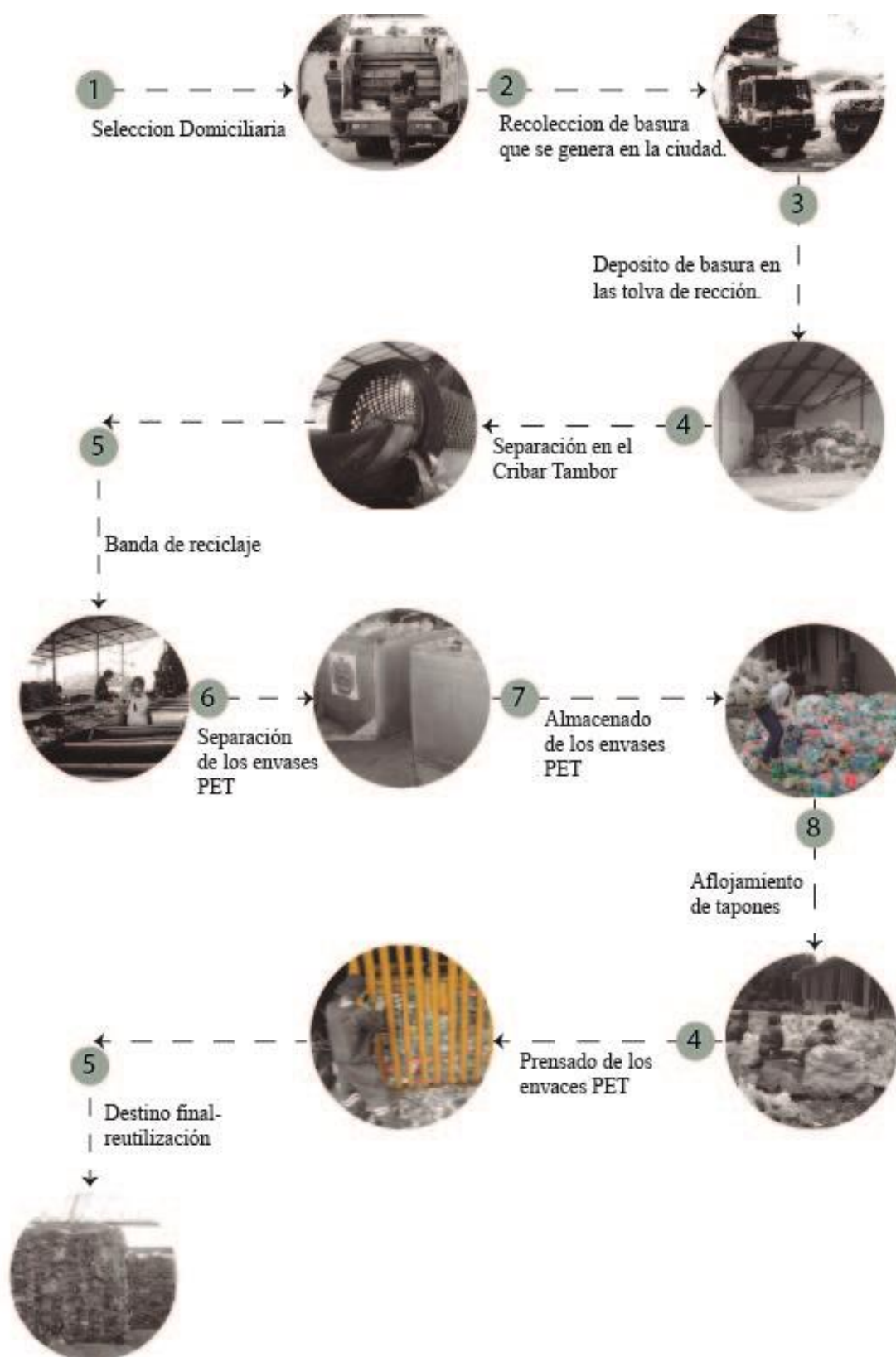
Elaboración: El autor

2.1.3.3. Proceso de reciclaje del plástico PET en la planta de reciclaje de Loja.

El proceso de reciclado parte desde la recolección domiciliaria hasta la parte donde se prensa el plástico PET, para posteriormente ser destinado hacia lugares donde lo reutilizan, en la ilustración Nro. 7 se explica claramente todo el proceso de reciclado de plástico PET.

Como es evidente en la tabla Nro. 3 el plástico corresponde al 16.72 % del porcentaje total de reciclaje anual, realizado en la planta recicladora de la ciudad con un total de 69 toneladas, por el cual 4.21% es el plástico de tipo PET, Porcentaje que aún se encuentra a gran distancia de significar un impacto ante la totalidad de residuos plásticos producidos por la ciudad (GAD Loja, 2017).

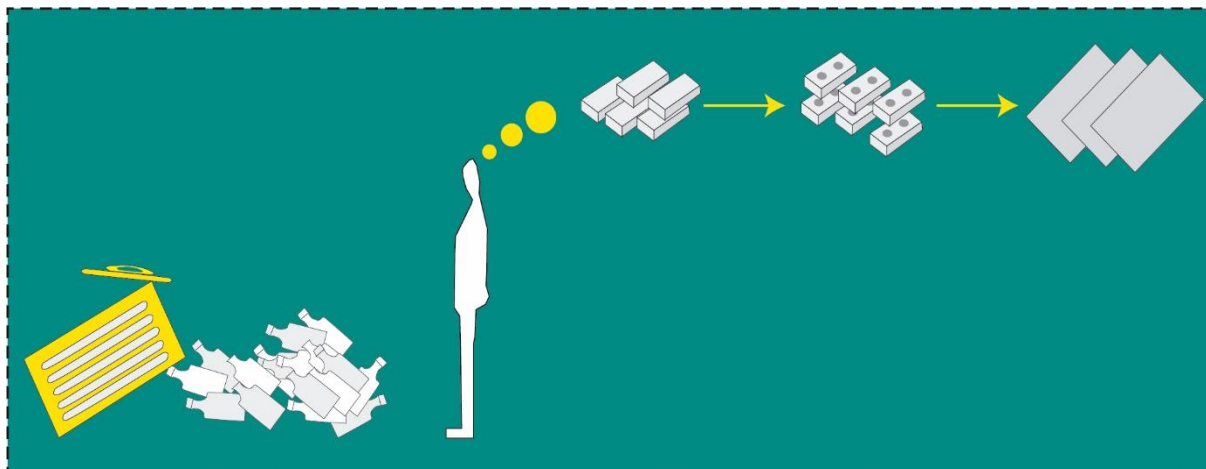
Ilustración. 7. proceso del reciclaje del PET en Loja



Fuente: GAD Loja
Elaboración: El autor

2.1.4. El PET como material de construcción

Ilustración. 8. El PET como material alternativo de construcción



Fuente: Zavala, 2015

Elaboración: El autor

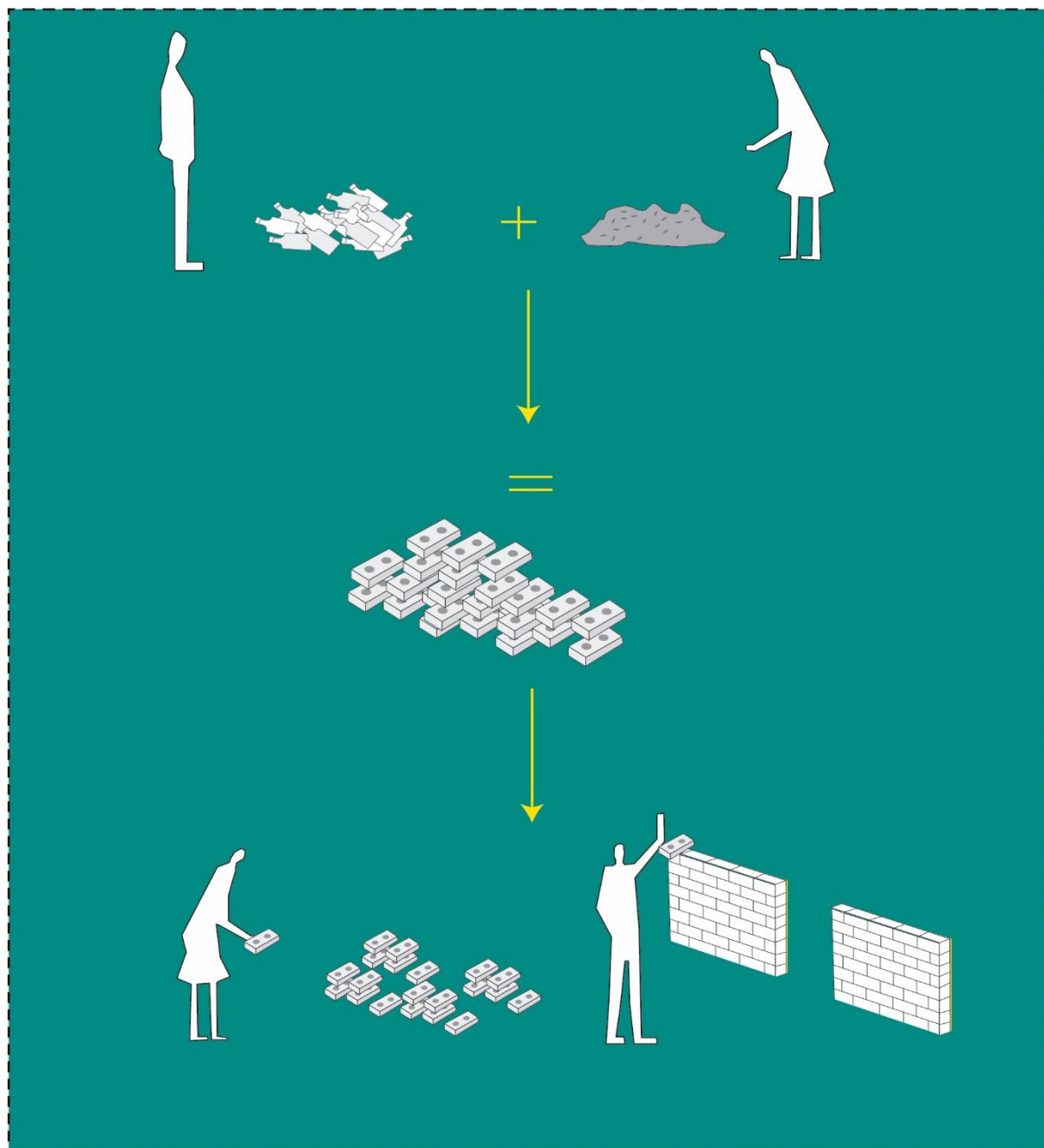
El crecimiento constante de población ocasiona diferentes problemáticas, siendo dos las principales relacionadas con la industria de la construcción: la falta de viviendas para la población de bajos recursos y el creciente deterioro ambiental ocasionado por la generación de desechos no biodegradables. Entre las soluciones se encuentra el desarrollo y mejora en la calidad de los elementos de construcción, empleando nuevas tecnologías y materiales que disminuyan el impacto ambiental (reduciendo el gasto de energía y materias primas que requieren los elementos de construcción convencionales), que sean de bajo costo en su elaboración y de procesamiento sencillo; y en este rango se considera el plástico utilizado en la elaboración de botellas PET (Zavala , 2015).

El politereftalato de etileno (PET), derivado de las botellas plásticas y es reutilizado en otros países como Colombia y Argentina en la fabricación de viviendas para poblaciones vulnerables y en múltiples materiales para la construcción. Todo surge con la filosofía de aportar a la conservación del medio ambiente, bajo la premisa de darles aplicación y utilización a los residuos plásticos (Zavala , 2015).

2.1.5. Aplicación del plástico PET en construcción

Como parte de esta investigación se estudiará casos en donde el plástico sea un elemento de construcción en la edificación o como material puro, la aplicación del mismo puede ser variada ya que es una tecnología nueva, pero la finalidad de este estudio es ver de qué manera se lo está usando y la reacción de la comunidad ante este nuevo sistema.

Ilustración. 9. El PET en construcción

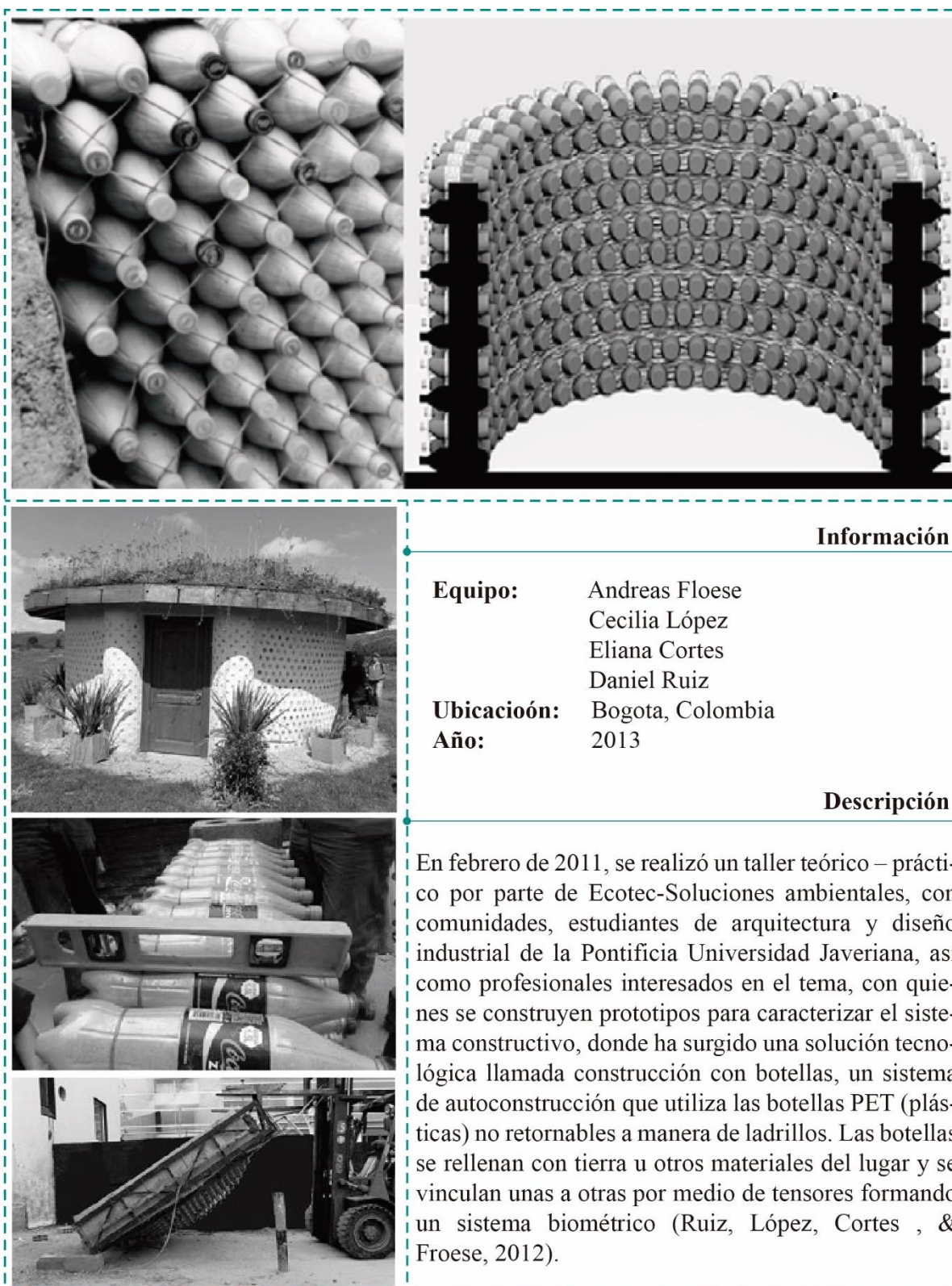


Fuente: SANAA , 2017

Elaborado por: el autor.

2.1.5.1. Construcción de mamposterías con botellas PET rellenas de tierra

Ilustración. 10. Mampuestos de botellas de plástico PET rellenas de arena



Fuente: Ruiz, López, Cortes , & Froese, 2012

Elaborado: el autor.

2.1.5.2. Sistema constructivo detalles

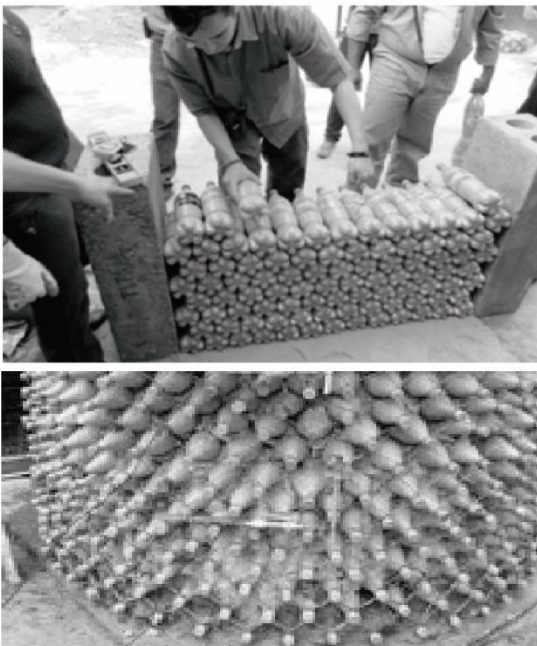
Ilustración. 11. Datos del sistema constructivo de botellas PET rellenas de arena

TRABAJOS PRELIMINARES	Las botellas se pueden llenar de polvo de escobro tierra o arena. El escombros se seleccionó en tres grupos: el primero, que es el mas grande, sirve para la cimentación. El segundo tamaño sirve para llenar las partes intermedias de las paredes y el material mas pequeño (polvo) sirve para llenar las botellas.	
LLENADO DE BOTELLAS	Se va introduciendo el material dentro de la botella a través de un embudo y se va apisonando cada capa hasta llenarla. Cuando la botella está llena no debe presentar abolladuras y al presionarla no se debe hundir ninguna de sus caras laterales.	
PEGA	Existen tres tipos de mezclas para el sistema: 1) Arena – cemento; esta mezcla se emplea en diferentes proporciones como pega o para pañete en proporciones 1;4, 1;6, o 1;10 dependiendo del uso. 2) Cal – tierra; empleado como acabado final del sistema constructivo. 3) Tierra; utilizado como pega entre hiladas.	
CIMENTACIÓN	Se debe tener una base de cimentación que garantice al menos la resistencia requerida para el peso propio de los muros hechos con botellas. Normalmente se recomienda el uso de una placa de base de concreto ciclópeo.	

Fuente: Ruiz, López, Cortes, & Froese, 2012

Elaborado: el autor.

Ilustración. 12. Datos del sistema constructivo de botellas PET rellenas de arena

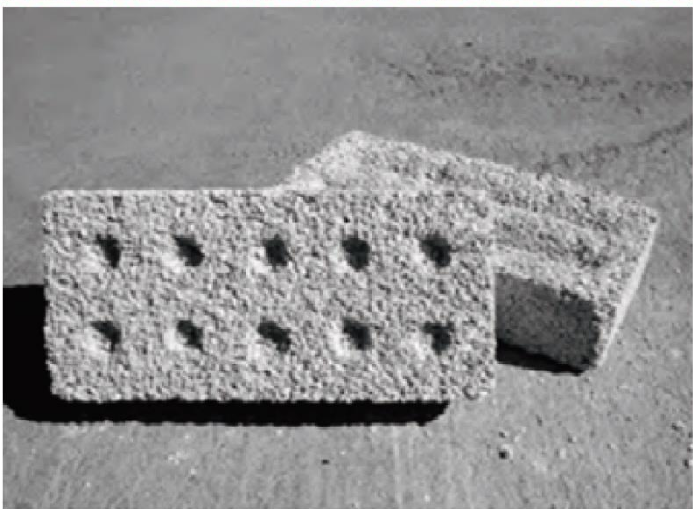
MUROS	Para la construcción de muros es necesario que esté construida y nivelada la placa base, para ello se coloca la primera capa de mortero, que es una mezcla de arena-cemento. Sobre ella se colocan las botellas hasta obtener la primera hilada. Las botellas de la segunda hilada se colocan en el espacio medio de las botellas de la primera hilada. A medida que se van colocando las botellas se van amarrando por la cintura de la botella. Luego se procede a amarrar las tapas de las botellas, formando un amarre biométrico. Una vez obtenida la altura requerida se procede a llenar con escombros de tamaño medio los espacios vacíos que hay entre cada botella de manera que se nivele la superficie para proceder a colocar la primera capa de pañete.	
COLUMNAS	El sistema permite la construcción de columnas realizadas en los extremos de los muros, sin embargo, su uso no es restrictivo. Se pueden emplear sistemas de concreto o madera como complemento a muros de botellas. Estos deben estar anclados a la cimentación y a la viga de soporte de la cubierta, formando un sistema de diafragma. Para su construcción se coloca una primera capa de arena-cemento y se van colocando las botellas de manera radial con la tapa hacia adentro. Las tapas deben formar un anillo simétrico en el centro que se va amarrando a medida que se va colocando las botellas. En el centro de esta columna se colocan los refuerzos que sean necesarios para formar la columna y soportar las solicitudes de cubierta.	
ACABADOS	Como acabados se pueden emplear pañetes de tierra, cal o arena-cemento. Dependiendo del tipo de pañete se recomienda emplear pinturas de agua o aceite. En las zonas donde hay presencia de humedad (cocina, áreas de ropas y duchas) se recomienda el uso de enchapes que no permitan el contacto del agua con el material.	

Fuente: Ruiz, López, Cortes, & Froese, 2012

Elaborado: el autor

2.1.5.3. Eco-ladrillo con plástico PET y hormigón

Ilustración. 13. Ladrillos de hormigón con agregado de plástico PET

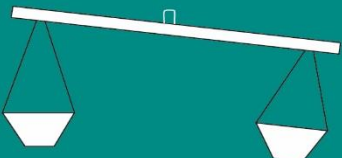
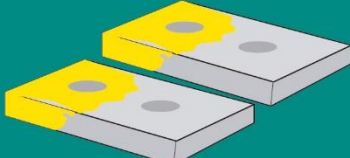
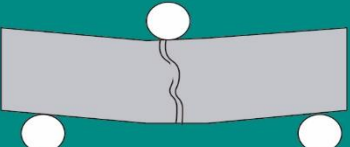
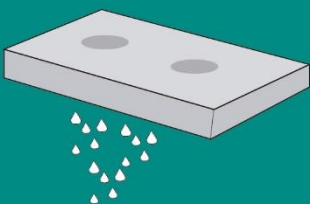
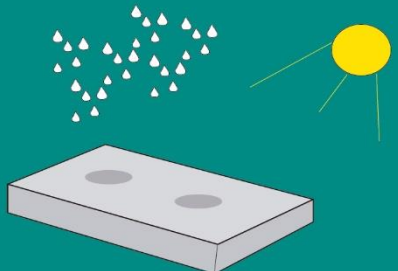
									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Información</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Equipo:</td> <td>CEVE CONICET - AVE</td> </tr> <tr> <td>Ubicación:</td> <td>Santiago, Chile</td> </tr> <tr> <td>Año:</td> <td>2008</td> </tr> </tbody> </table>	Información		Equipo:	CEVE CONICET - AVE	Ubicación:	Santiago, Chile	Año:	2008
Información									
Equipo:	CEVE CONICET - AVE								
Ubicación:	Santiago, Chile								
Año:	2008								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2"> Investigadores del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina crearon un ladrillo que se fabrica a base de residuos de botellas de plástico. En su fabricación se usa polietileno-tereftalato (más conocido como PET) procedente de envases descartables de bebidas, en combinación con cemento portland como ligante, más un aditivo químico que mejora la adherencia de las partículas plásticas al cemento. El invento permite reutilizar grandes cantidades de plástico, ya que cada ladrillo se hace con 20 botellas descartables (Gaggino, 2008). </td> </tr> </tbody> </table>	Descripción		Investigadores del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina crearon un ladrillo que se fabrica a base de residuos de botellas de plástico. En su fabricación se usa polietileno-tereftalato (más conocido como PET) procedente de envases descartables de bebidas, en combinación con cemento portland como ligante, más un aditivo químico que mejora la adherencia de las partículas plásticas al cemento. El invento permite reutilizar grandes cantidades de plástico, ya que cada ladrillo se hace con 20 botellas descartables (Gaggino, 2008).					
Descripción									
Investigadores del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina crearon un ladrillo que se fabrica a base de residuos de botellas de plástico. En su fabricación se usa polietileno-tereftalato (más conocido como PET) procedente de envases descartables de bebidas, en combinación con cemento portland como ligante, más un aditivo químico que mejora la adherencia de las partículas plásticas al cemento. El invento permite reutilizar grandes cantidades de plástico, ya que cada ladrillo se hace con 20 botellas descartables (Gaggino, 2008).									
	Una de las responsables del proyecto, Rosana Gaggino, investigadora adjunta del CONICET en el Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE, CONICET-AVE), explica que el proceso se lleva a cabo triturando los plásticos con un molino, luego en una hormigonera común se hace una mezcla con el cemento portland y el aditivo, que luego se coloca en una bloquera manual que les da forma a los ladrillos. “El proceso es simple porque es como hacer bloques de cemento y arena, sólo que se reemplaza la arena por las partículas de plástico PET”								

Fuente: Gaggino, 2008

Elaborado: el autor

2.1.5.4. Características técnicas del eco-ladrillo

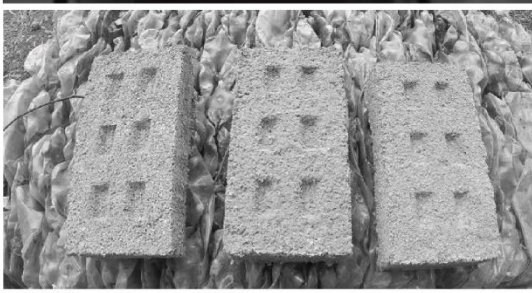
Ilustración. 14. Aspectos técnicos del eco-ladrillo

PESO ESPECÍFICO	Los ladrillos, bloques y placas elaborados con plásticos reciclados son livianos por el bajo peso específico de la materia prima.	
CONDUTIVIDAD TÉRMICA	Los elementos constructivos obtenidos son malos conductores del calor, por lo que proveen una excelente aislación térmica, superior a la de otros cerramientos tradicionales.	
RESISTENCIA MECÁNICA	Ladrillos y bloques con plásticos reciclados tienen una resistencia menor a la de otros elementos constructivos tradicionales, pero suficiente para ser utilizados como cerramientos de viviendas con estructura independiente antisísmica.	
ABSORCIÓN DEL AGUA	Los elementos constructivos con plásticos reciclados tienen una absorción de agua similar a la de otros cerramientos tradicionales.	
COMPORTAMIENTO A LA INTERPERIE	Los ladrillos con diferentes plásticos reciclados sin revoque fueron expuestas durante tres años a la intemperie, sin observarse en ellas alteraciones dimensionales ni deterioros. Se realizó un ensayo de envejecimiento acelerado con exposición a rayos ultravioleta y ciclos de humedad resultando que la disminución de resistencia a la compresión posterior al envejecimiento fue del orden el 25%.	

Fuente: Gaggino, 2008

Elaborado: el autor

Ilustración. 15. Ventajas del eco-ladrillo

VENTAJAS	- Proveen una aislación térmica cinco veces que los ladrillos convencionales - Pesan un kilo menos (ladrillo con PET pesa 1.400kg) que un ladrillo convencional - Al tener mayor aislamiento térmico, se puede construir muros de menor espesor. En vez de hacer paredes de 30 cm se pueden hacer de 15cm. - Los ladrillos de PET y cemento tienen alta resistencia al fuego, ya que los resultados de los ensayos de propagación de la llama lo clasifican como material clase RE 2: material combustible de muy baja propagación de llama.	 
	- Es un ladrillo más ecológico que los tradicionales porque su materia prima principal está constituida por residuos plásticos reciclados. - A diferencia del ladrillo de barro cocido, en la producción del ladrillo de PET no se consume suelo fértil, por lo que no genera desertificación del suelo. - Dado que el ladrillo se moldea con una máquina manual rodante y no necesita cocción en grandes hornos a cielo abierto (como si lo requiere la fábrica de ladrillo de barro), no produce contaminación atmosférica ni tala de árboles para obtener la leña necesaria para el funcionamiento del horno.	 

Fuente: Gaggino, 2008

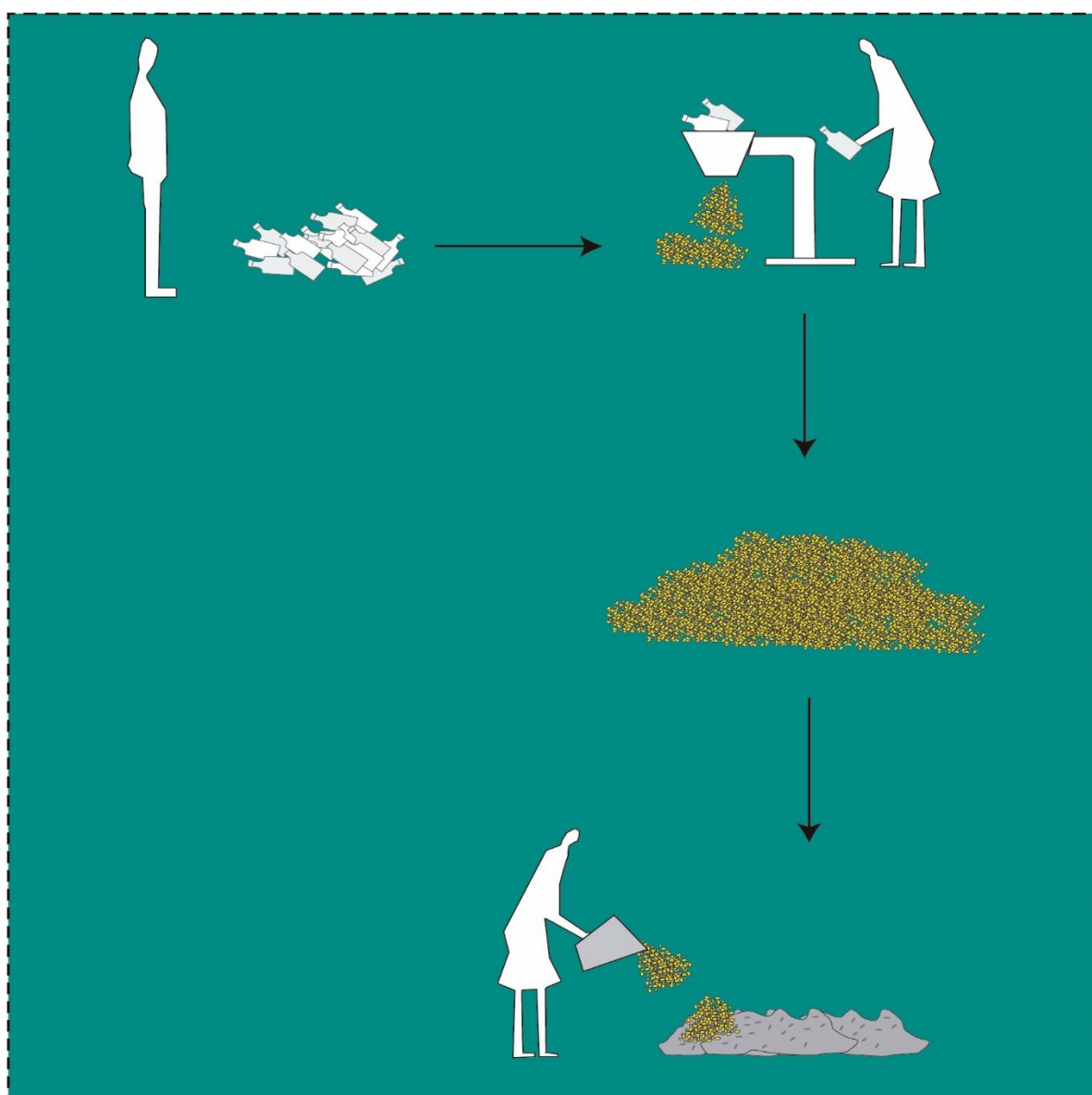
Elaborado: el autor

2.1.6. Investigaciones de casos de hormigones con plástico PET como agregado.

En el siguiente apartado analizaremos las experiencias que se han obtenido usando el plástico como material de construcción, revisaremos la conformación de hormigones teniendo al PET como reductor de agregados.

Las investigaciones que analizaremos a continuación tienen como punto en común la fabricación de hormigones de resistencias variadas usando el PET reciclado como reductor de agregados finos y gruesos.

Ilustración. 16. El PET como agregado



Fuente: Chacón & Lema , 2012

Elaborado: el autor.

2.1.6.1. Estudio comparativo de elementos fabricados de hormigón con material reciclado PET y de hormigón convencional

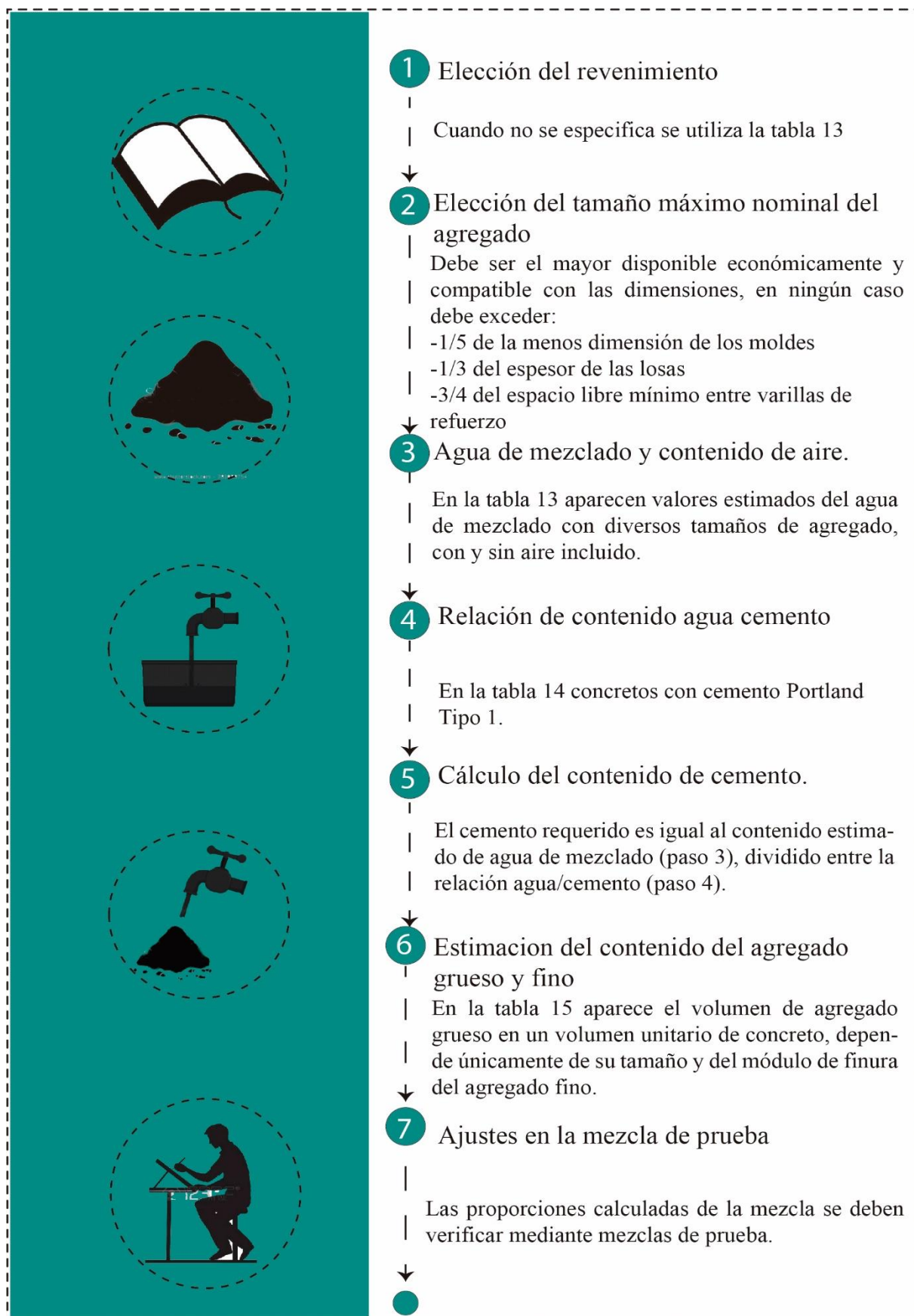
Ilustración. 17. Estudio del PET como agregado

									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Información</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Equipo:</td> <td>Adriana Lema Jonathan Chacón</td> </tr> <tr> <td>Ubicación:</td> <td>Quito, Ecuador</td> </tr> <tr> <td>Año:</td> <td>2013</td> </tr> </tbody> </table>	Información		Equipo:	Adriana Lema Jonathan Chacón	Ubicación:	Quito, Ecuador	Año:	2013
Información									
Equipo:	Adriana Lema Jonathan Chacón								
Ubicación:	Quito, Ecuador								
Año:	2013								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2"> Como primer caso tenemos la tesis de pregrado “Estudio comparativo de elementos fabricados de hormigón con material reciclado PET y de hormigón convencional” de Adriana Lema y Jonathan Chacón; que se realizó en la Escuela Politécnica Nacional. </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> Un dato importante de esta investigación es la colaboración con la comunidad, en este caso conjuntamente con el Colegio Fernando Ortiz Crespo ubicado en la parroquia Zambiza en Quito, al mismo que por medio de proyectos paralelos de reciclaje se le entregó una trituradora de plástico, consiguiendo así parte de la materia prima para la fabricación de los hormigones. </td> </tr> </tbody> </table>	Descripción		Como primer caso tenemos la tesis de pregrado “Estudio comparativo de elementos fabricados de hormigón con material reciclado PET y de hormigón convencional” de Adriana Lema y Jonathan Chacón; que se realizó en la Escuela Politécnica Nacional.		Un dato importante de esta investigación es la colaboración con la comunidad, en este caso conjuntamente con el Colegio Fernando Ortiz Crespo ubicado en la parroquia Zambiza en Quito, al mismo que por medio de proyectos paralelos de reciclaje se le entregó una trituradora de plástico, consiguiendo así parte de la materia prima para la fabricación de los hormigones.			
Descripción									
Como primer caso tenemos la tesis de pregrado “Estudio comparativo de elementos fabricados de hormigón con material reciclado PET y de hormigón convencional” de Adriana Lema y Jonathan Chacón; que se realizó en la Escuela Politécnica Nacional.									
Un dato importante de esta investigación es la colaboración con la comunidad, en este caso conjuntamente con el Colegio Fernando Ortiz Crespo ubicado en la parroquia Zambiza en Quito, al mismo que por medio de proyectos paralelos de reciclaje se le entregó una trituradora de plástico, consiguiendo así parte de la materia prima para la fabricación de los hormigones.									
									

Fuente: Chacón & Lema , 2012

Elaborado: el autor.

Ilustración. 18. Proceso de dosificación de hormigón método ACI-211, aplicado en este estudio



Fuente: NORMA ACI - 211

Elaborado por: el autor.

2.1.6.2. Agregado alternativo para la fabricación de bloques y adoquines en base al plástico PET

Ilustración. 19. El PET como agregado para la fabricación de bloques

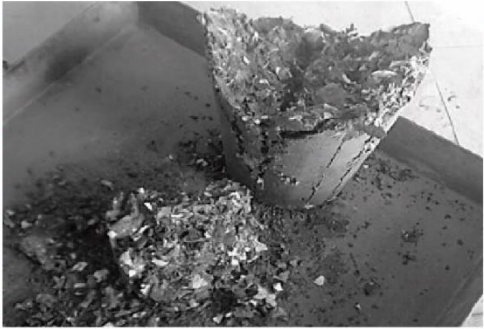
									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Información</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Equipo:</td> <td>Freddi Cañizares ortega Ruben Moreno Cárdenas</td> </tr> <tr> <td>Ubicacioón:</td> <td>Lima, Perú</td> </tr> <tr> <td>Año:</td> <td>2012</td> </tr> </tbody> </table>	Información		Equipo:	Freddi Cañizares ortega Ruben Moreno Cárdenas	Ubicacioón:	Lima, Perú	Año:	2012
Información									
Equipo:	Freddi Cañizares ortega Ruben Moreno Cárdenas								
Ubicacioón:	Lima, Perú								
Año:	2012								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> Esta tesis de maestría se realizó en la Universidad Politécnica Nacional bajo el nombre de “Agregado alternativo para la fabricación de bloques y adoquines en base a polietileno tereftalato” por Rubén Moreno y Freddy Cañizares. Lo que se hizo en este estudio es la fabricación de bloques de 40x15x20 y 40x15x10 cm con una dosificación convencional y otros con una dosificación aplicando PET al 25, 50 y 75% en la mezcla, y después hacer las comparaciones de los respectivos ensayos (Moreno & Cañizares , 2013). También se fabricaron adoquines con una dosificación convencional de arena, gravilla y cemento, para ser comparados con otros fabricados con la inclusión de PET al 9, 13, 25 y 38% y comparar los resultados de los ensayos practicados (Moreno & Cañizares , 2013). </td> </tr> </tbody> </table>	Descripción	Esta tesis de maestría se realizó en la Universidad Politécnica Nacional bajo el nombre de “Agregado alternativo para la fabricación de bloques y adoquines en base a polietileno tereftalato” por Rubén Moreno y Freddy Cañizares. Lo que se hizo en este estudio es la fabricación de bloques de 40x15x20 y 40x15x10 cm con una dosificación convencional y otros con una dosificación aplicando PET al 25, 50 y 75% en la mezcla, y después hacer las comparaciones de los respectivos ensayos (Moreno & Cañizares , 2013). También se fabricaron adoquines con una dosificación convencional de arena, gravilla y cemento, para ser comparados con otros fabricados con la inclusión de PET al 9, 13, 25 y 38% y comparar los resultados de los ensayos practicados (Moreno & Cañizares , 2013).						
Descripción									
Esta tesis de maestría se realizó en la Universidad Politécnica Nacional bajo el nombre de “Agregado alternativo para la fabricación de bloques y adoquines en base a polietileno tereftalato” por Rubén Moreno y Freddy Cañizares. Lo que se hizo en este estudio es la fabricación de bloques de 40x15x20 y 40x15x10 cm con una dosificación convencional y otros con una dosificación aplicando PET al 25, 50 y 75% en la mezcla, y después hacer las comparaciones de los respectivos ensayos (Moreno & Cañizares , 2013). También se fabricaron adoquines con una dosificación convencional de arena, gravilla y cemento, para ser comparados con otros fabricados con la inclusión de PET al 9, 13, 25 y 38% y comparar los resultados de los ensayos practicados (Moreno & Cañizares , 2013).									
									

Fuente: Moreno & Cañizares , 2013

Elaborado por: el autor

2.1.6.3. El plástico reciclado como elemento constructor de la vivienda.

Ilustración. 20. PET reciclado como elemento constructor de la vivienda

 	
	Información Equipo: Diego Aguirre Ubicación: Cuenca, Ecuador Año: 2013
 	Descripción En la Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo se desarrolló la tesis “El plástico reciclado como elemento constructor de la vivienda” por Diego Aguirre, en el cual se investigaba un hormigón con plástico que pueda ser usado dentro de la construcción de una unidad habitacional. Se destaca de esta investigación la realización del hormigón con tres tipos de plástico, con plástico cortado artesanalmente, y con dos tipos de trituración, la fina sucia y la fina limpia (Aguirre, 2013). Las dosificaciones en esta tesis no fueron comparadas con hormigones de una resistencia impuesta, si no que se investigaba ver cuál era el esfuerzo que estos podían resistir. Otro punto a recalcar es que las dosificaciones se hicieron en peso, por lo que en volumen el plástico al ser liviano se sobredimensionaba (Aguirre, 2013).

Fuente: Aguirre, 2013

Elaborado por: el autor

2.1.7. Materiales constituyentes: Micro-hormigón.

Según Callister (1997) actualmente con la combinación de materiales se ha permitido producir nuevos productos que mantienen proporciones significativas de las propiedades de los materiales que los constituyen. Sin embargo, mediante su combinación estos otorgan al nuevo material propiedades que ninguno de sus componentes podría llegar a tener por sí solo. este tipo de materiales se conoce como composites o materiales compuestos.

Los materiales aglomerantes en la forma de hormigones o morteros, son llamativos como materiales de construcción por sus notables cualidades como la durabilidad, resistencia a la compresión y un costo relativamente bajo. de igual manera, en el estado fresco son fácilmente moldeables según el gusto del diseñador, aun cuando se trata de formas complejas. sin embargo, presenta un gran defecto que radica en sus características de baja resistencia a la flexión, tracción e impactos y al peso propio del material (Villaverde, 2015).

2.1.7.1. Micro-hormigón

Como todo hormigón, es el producto resultante de la mezcla de un aglomerante, agua y como excepción de hormigón convencional, agregado fino. en el proyecto de investigación, *desarrollo y aplicación de micro hormigón de alto desempeño para infraestructura urbana*, está definido como:

Un material cementicio que cumple requisitos especiales de desempeño y uniformidad que no siempre puede ser alcanzados rutinariamente usando sólo materiales convencionales y prácticas normales de mezclado, colocación y curado. se diferencia de los hormigones convencionales por no utilizarse en su composición agregados gruesos, de allí el nombre de micro hormigón (Rodríguez et al. 2012, p2).

En resumen, es un hormigón que busca aumentar la relación resistencia-volumen-mayor resistencia menor volumen, mediante la reducción del diámetro máximo de agregado grueso. Gracias a ello, el micro hormigón permite ejecutar elementos estructurales delgados con muy

buen acabado y elevadas prestaciones, hecho que no Sería posible conseguir con la presencia del árido grueso, sus componentes son básicamente los mismos que los de un hormigón convencional según señala Villaverde (2015) y son: cemento portland, Adictivos, agregados finos que reemplazan el agregado grueso del hormigón convencional, agua y fibras. a continua se realizará una breve descripción.

2.1.7.2. Cemento portland

Material considerado como el alma del hormigón, ya que es el ingrediente clave que permite la unión del resto de componentes. De todos los conglomerantes hidráulicos el cemento portland y sus derivados son los más utilizados en el campo de la construcción debido a que se conforman por mezclas de caliza, arcilla y yeso, qué son minerales muy abundantes en la naturaleza y por lo tanto presenta un precio relativamente bajo en comparación con otros materiales. se obtiene A través de la pulverización de mineral, calcinándolo en hornos hasta formar un clinker, que luego vuelve a pulverizarse. actualmente se lo considera el material industrializado de mayor consumo (Rosales , 2016).

En la elaboración de un micro hormigón la primera elección que se debe hacer es el cemento, ya que esto se considera crucial en términos de resistencia, viscosidad y plasticidad.

2.1.7.3. Aditivos

Son productos que se agregan en pequeña proporción a patas, morteros y hormigones al momento de su fabricación. estos se encargan de mejorar y modificar varias de sus proporciones y no pertenecen particularmente a una familia de materiales si no son definidos como, un material diferente del agua, de los agregados del cemento hidráulico que se emplea como componente del concreto o mortero y que se agrega a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado. esto se clasifican en incorporadores de aire, fluidificantes, superplastificante,

reductores de agua, retardadores, aceleradores de fraguado, impermeabilizantes, entre otros (Rosales , 2016).

en la fabricación de micro-hormigón el aditivo que se debe incorporar es un superplastificante, Ya que éste actúa como reductor de agua lo que favorece a la compacidad del hormigón Y por consiguiente a su resistencia, durabilidad e impermeabilidad. además, funciona como un ablandador de la mezcla, lo que genera mayor docilidad en su comportamiento y mejora su capacidad de adaptación en estructuras complicadas, sin la necesidad de tener que aumentar agua y perder resistencia (Rosales , 2016).

2.1.7.4. Agregados

Estos componentes sólidos son los que se encargan de dar volumen al micro hormigón, llegan de ser el 60% al 75% ver volumen total influyen considerablemente en las propiedades, en las proporciones de la mezcla y en la economía. debido a eso, su selección deberá ser cuidadosa según Villaverde (2015) estos “deben de componerse de partículas con resistencia mecánica adecuada y con resistencia a las condiciones de exposición y no deben contener materiales que puedan causar deterioro del hormigón” (p.60). así como la obtención de una granulometría continua de tamaño.

El hormigón convencional se compone de agregado grueso, siendo una de las diferencias más importantes con un micro hormigón, el cual sólo se compone de agregado fino. los agregados finos usualmente se componen de arena natural o piedra triturada, siendo en su mayoría partículas menores a 5 milímetros, este en sí es el componente que le adjudica el nombre de micro-hormigón y también permite obtener terminaciones más suaves al tacto ya que se reduce la porosidad (Rosales , 2016).

2.1.7.5. Agua

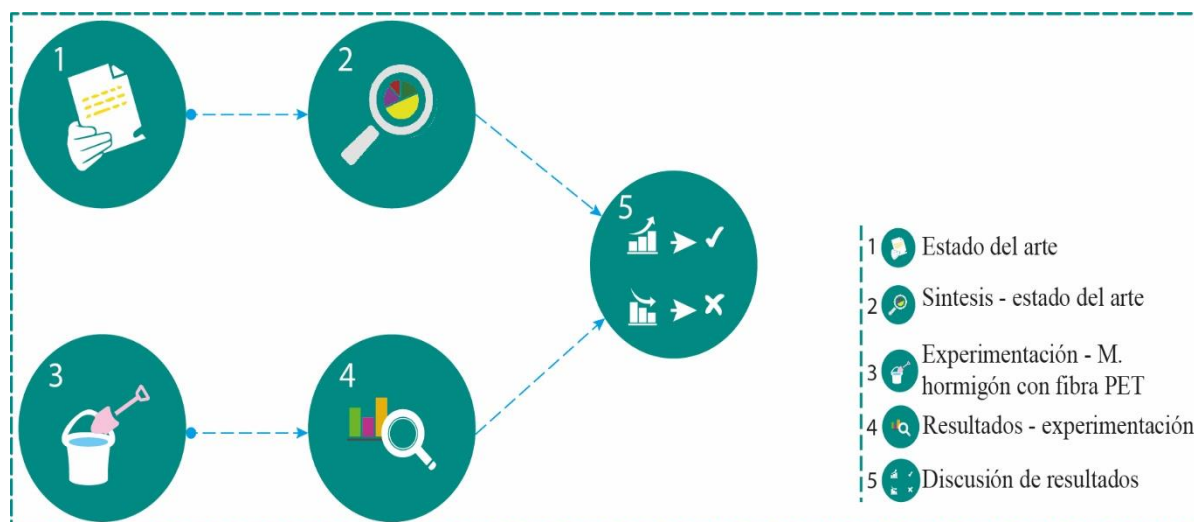
Más relación agua- cemento también juega un papel fundamental en la calidad del hormigón endurecido, ya que cuando se utilizan cantidades innecesarias de agua, está tiende a diluir la pasta del cemento que es aquel material que funciona como pegante del hormigón. por lo tanto, es fácil darse cuenta que cuando menor sea la cantidad de agua, mejor será la calidad del hormigón (Rosales , 2016).

Otro aspecto importante es que el agua es la que condiciona la fluidez de la mezcla, por lo cual se tendrá en cuenta que, dependiendo del tipo del molde que se use, ir a en función la fluidez que se quiera otorgar a la mezcla, lo que permitirá un correcto llenado. por otro lado, respecto a la calidad del agua se recomienda utilizar agua potable (Rosales , 2016).

2.2. ESTADO DEL ARTE

La escasa experiencia previa que existe en el país, sobre el tema del plástico PET como material de refuerzo en la construcción, obliga a citar investigaciones internacionales seleccionadas de los últimos 5 años, que proporcionen datos contundentes sobre las fibras de plástico PET como refuerzo del micro hormigón. A continuación, se resumen los resultados de dichas investigaciones, las cuales se constatarán con los resultados obtenidos en la fase experimental y poder realizar una discusión de resultados.

Ilustración. 21. Relación del estado del arte con la experimentación de M. hormigón con fibra PET



Elaborado por: el autor

En la investigación de pelisser et al. (2013). “*Mechanical properties of Recycled PET fibers in concrete*”, se realizó el comportamiento del concreto reforzado con fibras de PET con porcentajes de adición de 0, 0.05, 0.18, 0.3%, un tamaño de 20 mm de largo y 25-30 μm de diámetro, los resultados obtenidos presentaban poca diferencia rodando valores entre 298, 289, 279, 301 kgf/cm^2 para porcentajes de adición de fibra de 0, 0.05, 0.18, y 0.3 % respectivamente, concluyendo que no tuvo mayor influencia en las propiedades de resistencia a la compresión.

Baldenebro et al. (2014). Mediante la investigación "*Influence of continuous plastic fibers reinforcement arrangement in concrete strengthened*", evaluaron el comportamiento de fibras continuas (4mm x 600mm) y fibras cortas (4mm x 40mm) de botellas de PET recicladas como refuerzo en concreto, todos comparado con concreto común, los cuales mostraron resultados similares de resistencia a la compresión de la probetas cilíndricas (fibras cortas) tanto en concreto con fibras como en concreto común los cuales tuvieron valores entre 221, 213, 219 y 211 kgf/cm² para porcentajes de adición de 0, 0.25, 0.50 y 1.0 % respectivamente.

Irwan et al. (2013) en su investigación "*The mechanical proerties of PET fiber reinforced concrete from recycled bottle wastes*", realiza una comparación entre investigaciones previas donde indica los siguientes resultados:

"... Fraternali (2013) mostro que la adición de fibra PET aumenta la resistencia a la compresión. Ochi (2013) también demostró que la adición de fibra de PET resulta en el aumento de la resistencia a la compresión. Mientras tanto, en los estudios realizados por Kim y Foti (2014), mostraron diferentes resultados en la fuerza compresiva por casi nueve por ciento de la fuerza normal.

Irwan (2013) realizo estudios para determinar la performance que tiene el concreto reforzado con fibras de PET de botellas recicladas, dichas fibras fueron agregadas en porcentajes de adicción de 0.5, 1.0 y 1.5% de fracción en volumen comparados con concreto común. Los resultados que a 28 días de curado las probetas con contenido de fibra de 0.5% se obtuvo resistencia de 245 kgf/cm² el cual demuestra un aumento en comparación con el concreto común de 05 de adición de fibra para el cual mostro una resistencia de 224 kgf/cm², mientras que la resistencia en los especímenes de 1.0% y 1.5% disminuye con valores de 223 kgf/cm² y 213 kgf/cm² respectivamente.

Los resultados de la resistencia a la tracción fueron 20, 33, 35, 37 kgf/cm² para porcentajes de adición de 0, 0.5, 1.0 y 1.5% respectivamente mostrando implicancias favorables ya que en todas las adiciones se aumenta comparado con el concreto común.

R. P. Borg et al. (2016) investigaron el rendimiento del micro hormigón reforzado con fibras de plástico reciclado tipo PET, mediante ensayos de compresión y flexión a tres puntos. Ensayaron nueve mezclas con diferentes longitudes de fibra de 30 y 50 mm, para tres fracciones de volumen diferentes en el hormigón, teniendo como resultado una reducción de entre 0.5 % y 8.5% en resistencia a la compresión con la muestra de control, así mismo manifiestan que las muestras que contienen fibras cortas se comportaron ligeramente mejor en comparación con los que contienen fibras más largas. Por otro lado, los resultados de las pruebas a flexión mostraron que los micro hormigones que contenían fibras alcanzaron una carga más alta que las muestras de control. Concluyendo en que la resistencia residual después de la fisuración dependía de la fracción de volumen de la fibra, ya que con volúmenes de fibras más alto proporcionaron la mejor resistencia residual, evaluando exitosamente la factibilidad de usar fibras de PET reciclado como refuerzo en el micro hormigón.

Finalmente, la investigación de Marthong & Deba (2015), *“Influence of PET fiber geometry on the mechanical properties of concrete: an experimental investigation”* concluye que la adición de 0.5% de fibra PET en el concreto mejoró la resistencia a la compresión de las muestras y varió con la geometría de la fibra. Por otro lado, la inclusión de la fibra PET mejoró las propiedades de agrietamiento de la muestra. Debido al buen anclaje impartido por la fibra de PET a la matriz de hormigón, la fibra con sección transversal variable muestra una mejora significativa sobre las fibras de la hoja de corte largo recta. Esto demuestra que la forma de la fibra juega un papel importante para lograr una buena resistencia a la compresión.

Los resultados de la prueba de resistencia a la flexión muestran que las inclusiones de 0.5% de fibra de PET aumentaron la resistencia a la flexión. Así mismo las curvas de carga frente a

desplazamiento muestran un comportamiento dúctil para el hormigón de fibra PET. Sin embargo, los aumentos en la resistencia a la flexión del hormigón que contiene fibra PET varían de acuerdo a la geometría de la fibra. La fibra de hendidura del extremo aplanado, la fibra de hendidura deformada y la fibra de extremo rizada muestran una mejora significativa sobre las fibras de hendidura recta.

Tabla. 4. Resumen de resultados de las investigaciones

Autores	Adición de fibra PET (%)	Cargas (kgf/cm²)		Dimensión de fibras mm y µm	Característica de la fibra
		compresión	Flexión		
Pelisser et al. (2013)	0	298	38.24	2mm x 30mm x 30µm	Lisa, plana
	0.05	289	43.01		
	0.18	279	43.43		
	1.3	301	43.58		
Ochi (2013)	0	327	38.95	7mm x 40mm x 25µm	Lisa, plana
	0.50	320	37.93		
	1.00	355	42.07		
	1.50	348	48.94		
Irwan (2013)	0	224	30	6mm x 10mm x 25 µm	Lisa, plana
	0.5	245	33		
	1.0	223	35		
	1.5	213	37		
Borg et al. (2016)	0	357	36.40	2mm x 50mm x 28µm	Lisa, plana
	0.5	354	37.83	2mm x 30mm x 38µm	
	1.0	348	44.05		
	1.5	328	41.09	2mm x 30mm x 38µm	
Baldenebro et al. (2014)	0	221	25.39	4mm x 600mm x 28 µm	Lisa, plana
	0.25	213	28.55		
	0.5	219	28.85		
	1.0	211	27.73		
Kim (2014)	0	275	48.94	1.3mm x 50mm x 200 µm	Rizo, retorcidas
	0.5	265	46.09		
	0.75	255	47.62		
	1.00	243	57.14		
Foti (2013)	0	287	37.45	5mm x 100mm x 30 µm	Lisa, plana
	0.26	265	45.23		
Marthong & Deba (2015),	0	268	38.44	-	-
	0.5	278	42.01	10 mm x 50mm x 30 µm	Corte recto
		320	49.66	12mm x 50mm x 30 µm	Cortes extremos
		333	58.33	10mm x 54mm x 30 µm	Cortes deformado
		331	47.72	0.8mm x 60mm x 30 µm	Cortes ondulados

Elaborado por: el autor

CAPITULO III

3. Análisis de paneles prefabricados

Con el fin de establecer una línea base, se ha decidido analizar los paneles prefabricados de distintos materiales que más se utilizan en la construcción ya sea para cerramientos verticales o particiones interiores, tanto en la ciudad de Loja como a nivel nacional. Se analizarán un total de tres paneles, el panel de micro hormigón (Hormypol), fibrocemento y yeso-cartón.

Ilustración. 22. Paneles prefabricados



Elaborado: el autor

El propósito de analizar estos tipos de paneles es conocer sus características en cuanto especificaciones técnicas, características estructurales, dimensiones, factibilidad de puesta de obra, entre otros puntos que también se evidenciarán con el estudio de campo que se realizara, con el fin de establecer una referencia para la elaboración del panel propuesto como agregado de plástico PET reciclable.

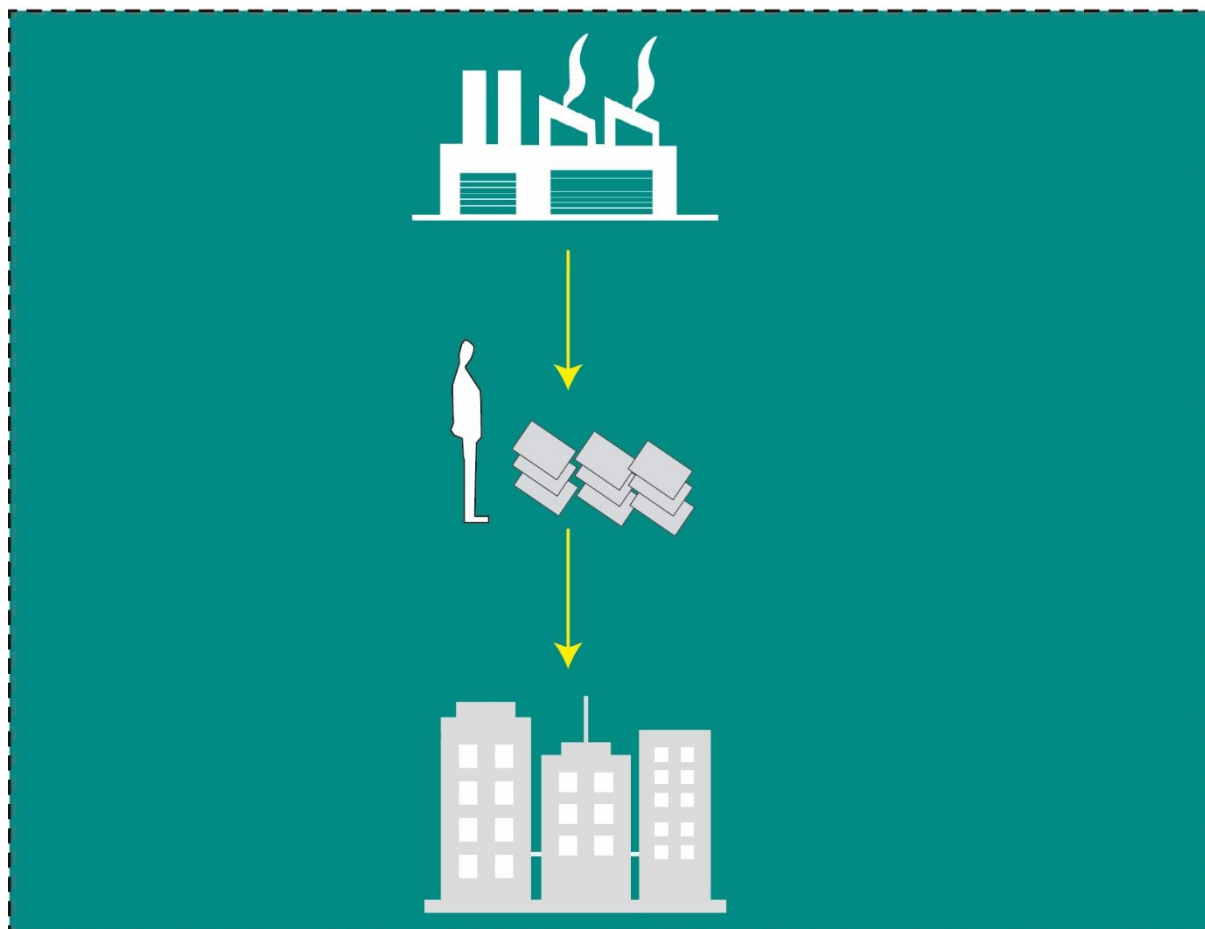
Una vez estudiado los distintos tipos de paneles, se realizará un análisis en cuanto a las propiedades y características de los paneles mediante un cuadro comparativo, por el cual se obtendrán datos que contribuyan a la investigación para la realización del panel prefabricado de micro-hormigón con agregado de fibras de plástico tipo PET.

3.1. Paneles prefabricados en el Ecuador

Según la cámara de la Construcción Ecuatoriana, actualmente en el Ecuador existen varias empresas que se dedican a la fabricación de paneles prefabricados de materiales como de hormigón, madera y yeso cartón, como es el caso de las empresas de Aislapol S.A., Hormypol, hormi2, Masisa. Todas han tenido una larga trayectoria introduciendo productos de nueva tecnología en el ámbito de la construcción prefabricada, usualmente destinados a la construcción de viviendas y edificios. Los elementos prefabricados que estas empresas ofertan cumplen los más altos estándares de calidad al ser elementos industrializados.

Retomando el eje de la presente investigación, el objetivo de la misma es estudiar las diferentes características de los paneles, para obtener pautas para la realización del diseño de un panel de micro-hormigón con fibras de plástico PET como producto final.

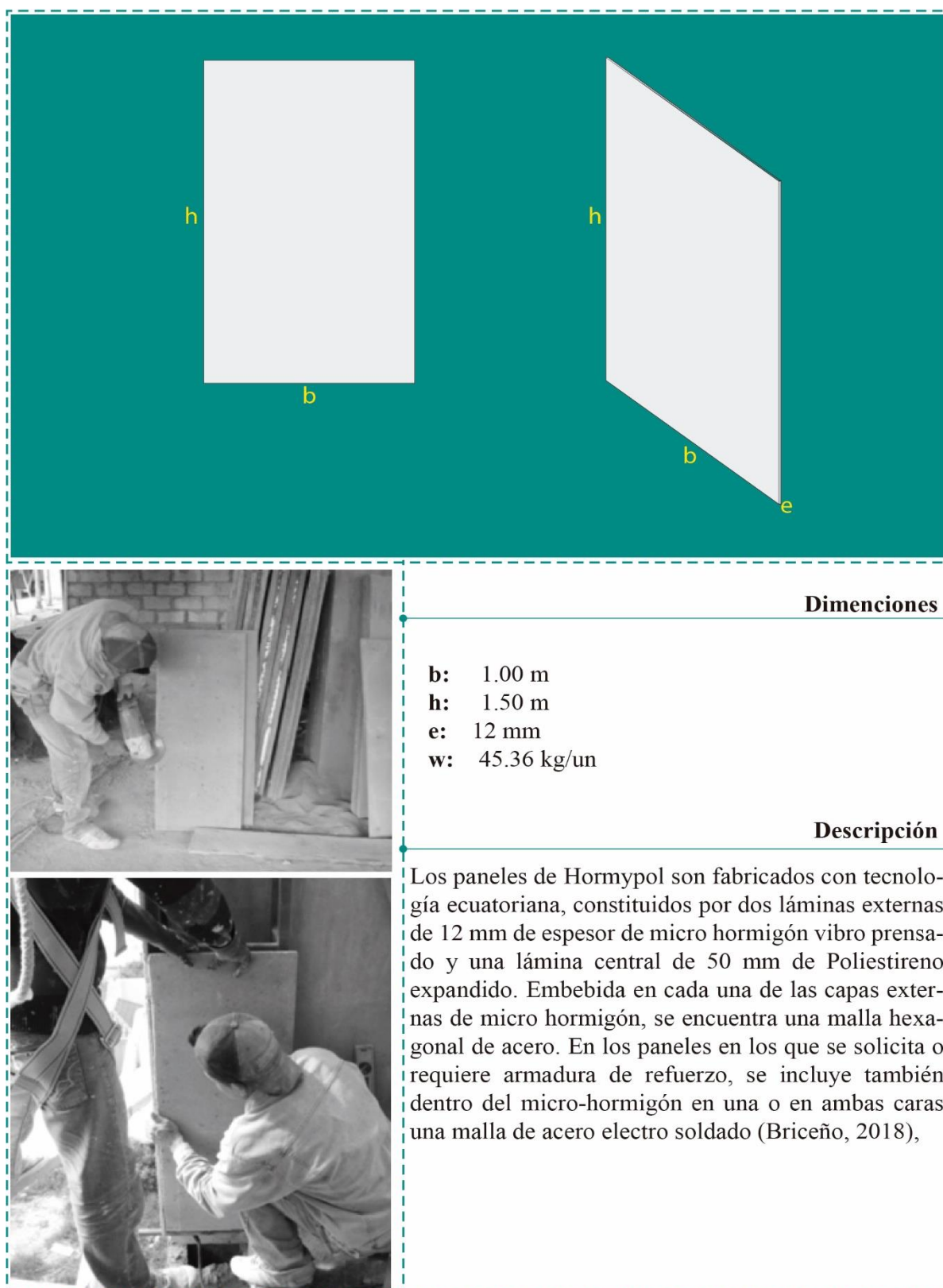
Ilustración. 23. Paneles prefabricados



Elaborado: el autor

3.1.1. Panel prefabricado de micro hormigón.

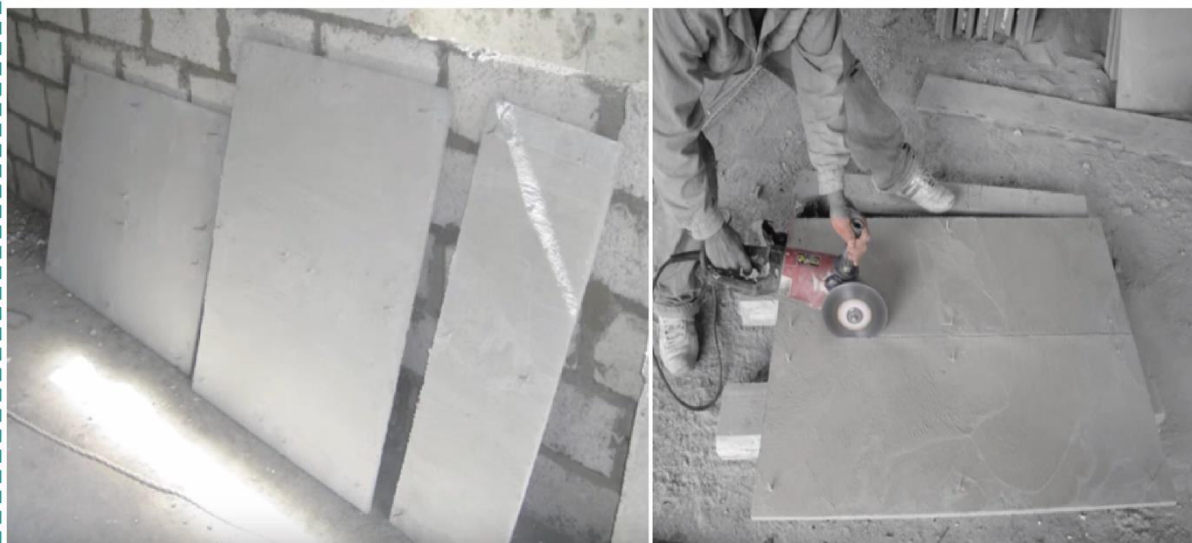
Ilustración. 24. Datos panel de micro hormigón (Hormypol)



Fuente: Briceño, 2018

Elaborado: El autor

Ilustración. 25. Datos técnicos del panel de micro hormigón (Hormypol)



Especificaciones técnicas

Especificaciones	Valores
Resistencia a la compresión	158 – 176 kg/cm ²
Resistencia a la flexión	90 – 95 kg/cm ²
Peso específico del micro hormigón	2.400 kg/cm ³
Peso específico del panel	0.93 kg/dm ³
Densidad del panel	2550

Preliminares para la puesta en obra

Este panel prefabricado requiere para su puesta en obra: Soporte de estructura para el conjunto de obra espacial, Puede acoplarse a cualquier sistema constructivo existente, esto es madera, acero, hormigón, tapia, ladrillo, bloque, adobe, etc. Para su instalación solo requiere soldar sus pestañas de hierro, empernar, clavar, atornillar, siempre que en estos últimos se realice perforaciones para atravesar la lámina (Briceño, 2018).

Cuando la pared que se va a instalar es provisional, no requiere de ningún adhesivo entre sí, ya que el mantiene su sistema de machi-hembrado, utilizado óptimamente en la construcción de cerramientos, naves y campamentos temporales, de manera que cuando ha cumplido la función para la que se utilizó los paneles, estos puedan ser desmontados y transportados o ensamblados en otro lugar tantas veces como se desee (Briceño, 2018).

Fuente: Briceño, 2018

Elaborado: El autor

Ilustración. 26. Proceso de armado del panel de micro hormigón (Hormypol)

01. Trazado con línea o piola en los pisos y/o paredes donde se ubicará el tabique o pared que se pretende construir.



02. Se hidrata las caras de piso pared y paneles que van a entrar en contacto.



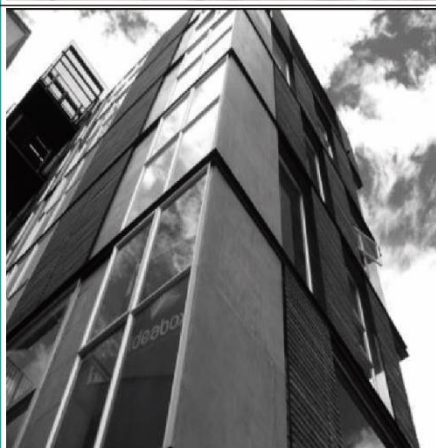
03. Adición del mortero aditivado (adhesivo) utilizado para pegar cerámica o porcelanato. En las caras de entre paneles y un mortero 2:1 arena –cemento para la unión de piso o pared con la cara del panel respectiva



04. Alzada y ensamblada del panel para las filas siguientes. Para obtener un perfecto ensamblado se proporcionará golpes en sus esquinas libres, utilizando un combo y un taco de madera.



05. Una vez instalado se requerirá igualar la superficie, para lograr uniformidad se utilizará una mezcla de marmolina fina y empaste. En construcciones donde no se prevea el uso de columnas, solo se deberá utilizar riostras verticales en las esquinas o varillas en forma de (L) o en forma de (T), que ocuparán el espacio que resulta de cortar un tramo de macho del panel, según se observa en las fotografías siguientes.



Fuente: Briceño, 2018

Elaborado por: El autor

Ilustración. 27. Ventajas del panel de micro hormigón (Hormypol)

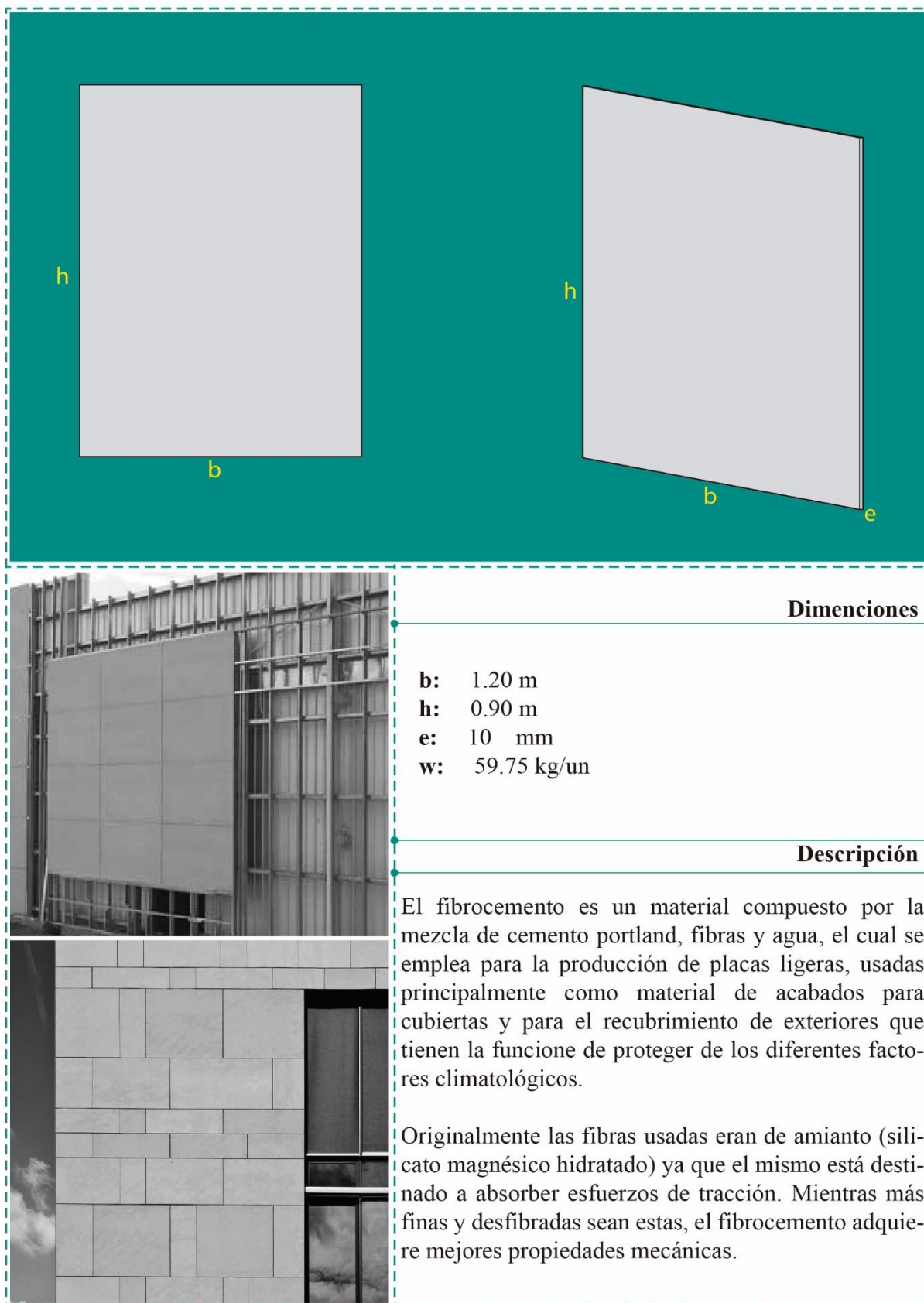
VENTAJAS DEL PANEL	• Menor tiempo en la ejecución de obra • Reducción del costo de construcción • Fácil instalación • Estabilidad al paso del tiempo. • Peso reducido • Impermeabilidad por su alta densidad • Menor huella de carbono • Menor impacto ambiental	
VENTAJAS EN TIEMPO DE ARMADO	• Como referencia de los tiempos podemos mencionar que una vivienda tipo MIDUVI de 38 m² dos personas la construyen en el sistema tradicional en seis semanas “Habitable”, mientras que las mismas dos personas la construyen en dos si utilizan el sistema HORMYPOL. • Al utilizar las láminas de HORMYPOL en fachadas falsas, el tiempo que el albañil ocupa en el revestido de la cara vista, se elimina ya que el mismo tiempo que le tomaría al cerrajero para construir la estructura de soporte para el sistema tradicional, es suficiente o igual al que le tomaría al cerrajero para armar la misma superficie incluyendo el acabado con este sistema.	
VENTAJAS AMBIENTALES	• Menor impacto al ecosistema ya que en la fabricación de nuestros elementos se utiliza áridos finos muy abundantes en el medio. • Reducción de escombros y desperdicios en la construcción. • Disminución del uso de madera o acero en la construcción, • Mínima utilización tanto de áridos como de cemento en su conformación, especialmente por la sustancial reducción de dimensión en sus secciones. • Reducción de costos en su mantenimiento, por su alta estabilidad al paso del tiempo. • Cero contaminaciones al suelo en canalizaciones por la alta impermeabilidad presente en las cajas de revisión. • Reducción en la polución por ruido por su mayor aislamiento acústico.	

Fuente: Briceño, 2018

Elaborado por: el autor

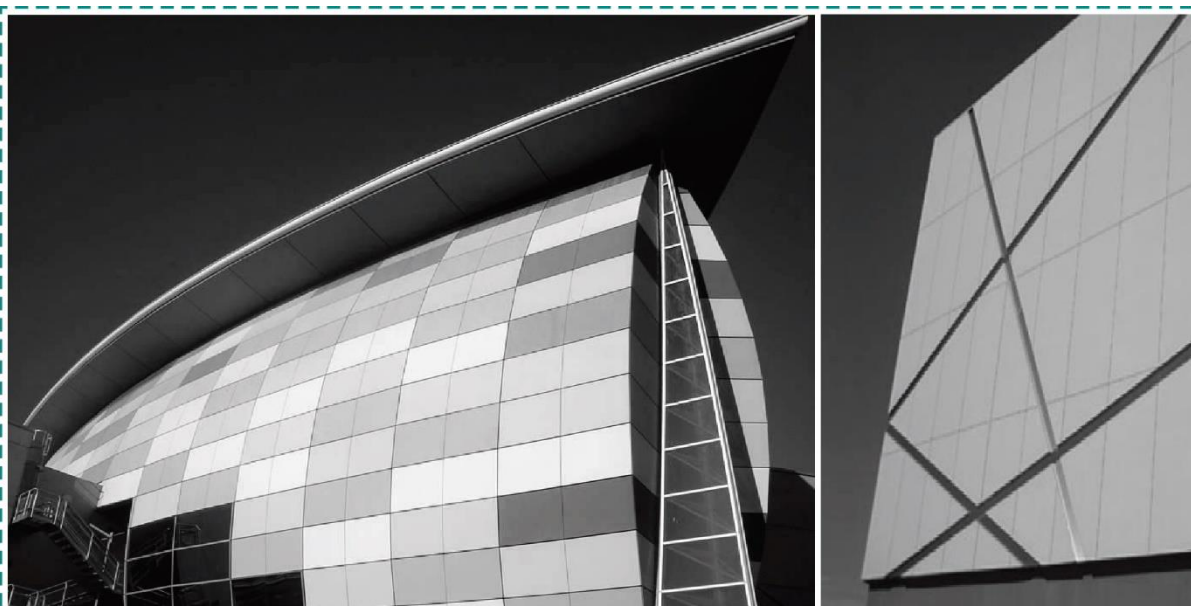
3.1.2. Panel prefabricado de fibrocemento

Ilustración. 28. Datos del panel de fibrocemento.



Fuente: Eternit, 2018

Elaborado por: el autor

Ilustración. 29. Datos técnicos del panel de fibrocemento**Especificaciones técnicas**

Especificaciones	Valores
Resistencia a la compresión	175.2 kg/cm ²
Resistencia a la tracción	175 kg/cm ²
Resistencia a la flexión	172.957 kg/cm ²
Peso específico del micro hormigón	210 kg/m ³
Peso específico del panel	20 kg/m ³
densidad del panel	1433.71

Características del panel de fibrocemento

Este sistema de prefabricados está compuesto por materiales que han pasado por un proceso de elaboración previa, que, al ser combinados con otros materiales dentro de un proceso industrial, permite producir elementos en masa y de fácil accesibilidad, siendo una alternativa de acabado o de división de espacios, ya es un material que no es muy resistente a compresión y pero si a flexión, por otro lado son muy eficientes en lo acústico, térmico. Mantiene sus dimensiones estables ante cambios de temperaturas, así mismo presta la facilidad para realizar cortes, perforaciones y fijación.

Lo paneles de fibrocemento tienen grandes propiedades. Además de no ser nocivos para la salud, como el cemento de siempre, así como de ser mucho más llamativos estéticamente hablando, suponen una alta resistencia al ataque de termitas y un alto mantenimiento en cuanto a putrefacción se refiere. Son muy fáciles de trabajar y tienen un gran nivel de estabilidad y de resistencia al impacto.

Fuente: Eternit , 2018

Elaborado por: el autor

Ilustración. 30. Proceso de armado del panel de fibrocemento

01. Fijar las soleras: colocar en la parte inferior y superior unos palos, separados a unos 50cm entre sí, que nos marquen el inicio y el fin de la instalación.



02. Fijar las esquinas: hay que fijar los pies derechos de todas las esquinas. Si hay ventanas, hay que enmarcarlas con pies derechos y palos horizontales.

Una vez colocados los pies de las ventanas, hay que colocar el resto, que o bien pueden ir a todo el alto o bien en el antepecho de las ventanas. Es muy importante la medida de los palos, es decir, que ancho de los pies derechos alcance para fijar dos paneles.



03. Poner el aislante: a la hora de realizar este paso es muy importante tener en cuenta el aislamiento de la casa. Una opción es grapar un fieltro asfáltico sobre la estructura de palos, de manera que genera así una barrera contra el frío y la humedad. Otras opciones son poner o bien lana de poliéster o planchas de poliestireno.



04. Instalar las tablas: para poder instalar correctamente las tablas y que éstas queden perfectamente enganchadas, hay que colocar en las esquinas unos perfiles de acero galvanizado. Las tablas se fijan con tornillos zinacados autoperforantes y autoavellanantes, dejando unos 2mm de separación entre tablas.



05. Sellar las juntas: una vez terminada la fijación de las tablas, hay que sellar las juntas con silicona de poliuretano.

Una vez ya se hay secado la silicona, podremos darle una mano de tinte o de pintura protectora a los paneles.



Fuente: Eternit, 2018

Elaborado por: el autor

Ilustración. 31. Ventajas del panel de fibrocemento

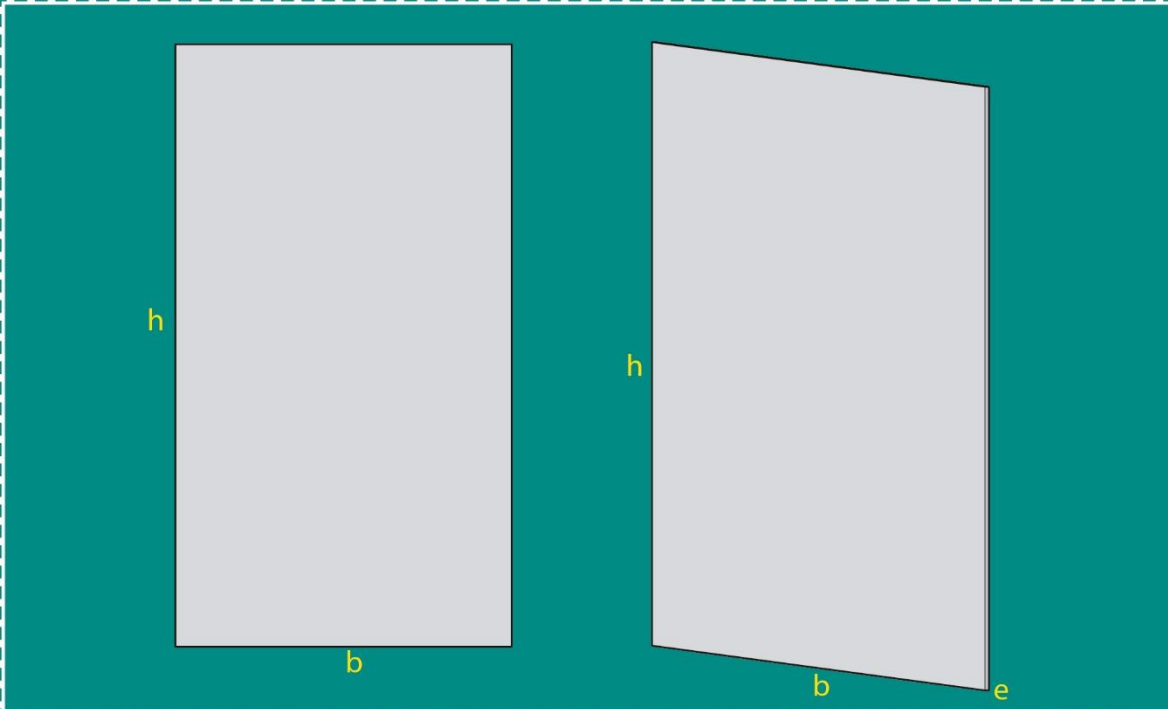
VENTAJAS DEL PANEL	• Rapida instalación • Facilidad de manipulación • Bajo peso • Minimo desperdicios • Resistencia a la intemperie • Inmunidad a hongos	
VENTAJAS EN TIEMPO DE ARMADO	• Son fáciles de instalar y permiten muchos cambios en la decoración aumentando considerablemente la belleza de una edificación. • Reducción en un 22% del tiempo de ejecución de obra y reducción en mano de obra, facilidad de instalación. • Estas placas son consideradas versátiles por sus características y facilidad de manipuleo, se les puede encontrar gran diversidad de usos, en el mercado formal de la construcción.	
VENTAJAS AMBIENTALES	• Reducción en un 25% de consumo en energía eléctrica. • Reducción del 32% en los niveles de ruido. • Permite mantener cada ambiente con su propia temperatura, evitando pérdidas de energía en lugares con aire acondicionado o calefacción gracias a su conductibilidad térmica de 0.38 KCal/mh°C. • Menor dependencia de los procesos de minería tradicional. • Evita desperdicios y reduce costos de retiro de escombros y limpieza de obra. • Reciclaje y reutilización de los desperdicios del panel.	

Fuente: Eternit, 2018

Elaborado por: el autor

3.1.3. Panel prefabricado de yeso cartón.

Ilustración. 32. Datos del panel prefabricado yeso cartón

	
	Dimensiones b: 1.22 m h: 2.44 m e: 12.7 mm w: 28.5 kg/un
	Descripción Es una placa formada por 2 láminas exteriores de cartón que cubren un núcleo laminado de yeso. Las láminas de cartón están compuestas por varias láminas de papel reciclado, estas laminas están impregnadas de resina, salvo la interior en contacto con el yeso que se trata con polímeros del tipo silenos siloxanos. Este último ensimaje, que repele el agua líquida, recubre las fibras de celulosa sin cerrar totalmente el espacio entre fibras. Así, pues, las láminas interiores de papel constituyen a retener parte del agua necesaria de fraguado y facilitan la eliminación del vapor de agua a través de los espacios entre cartón y el yeso”. La función principal de las láminas de cartón, es resistir los esfuerzos de tracción.

Fuente: Sodimac , 2017

Elaborado por: el autor

Ilustración. 33. Datos técnicos del panel yeso cartón**Especificaciones técnicas**

Especificaciones	Valores
Resistencia a la compresión	123.2 kg/cm ²
Resistencia a la flexión	76.53 kg/cm ²
Modulo de elasticidad	250.000 kg/cm ²
Densidad del panel	753.86 kg/dm ³
Coefficiente de dilatacion termica	10-5 m/m C
Coefficiente de conductividad termica	0.215 Kcal/mh C

Preliminares para la puesta en obra

Para cortes rectos se recomienda el uso de cuchillo cartonero, cuidando de cortar solo el cartón, sin cargar la mano sobre el núcleo de yeso. Luego golpear ligeramente por el revés de la placa sujetando la sección a desprender para así quebrar el yeso. Enseguida se procede a cortar el cartón que cubre la cara interna.

Para cortes curvos, cortes interiores o cajas eléctricas utilizar serrucho especial o de punta. Los cortes perfectamente lisos deben pulirse con esmeril o escofina.

Debido a la estabilidad dimensional, las placas se instalan de tope una con otra, por una o ambas caras de la solución. Según la estructura y terminación, se puede utilizar tornillos cabeza de trompeta o clavos para yeso cartón.

Fuente: Sodimac, 2017

Elaborado por: el autor

Ilustración. 34. Proceso de armado del panel de yeso cartón

01. Colocar los perfiles metálicos bases.

Se procede a cortar y colocar los soportes metálicos tipo U de piso y techo.



02. Colocar los parantes de soporte para placas.

Se debe tener en cuenta que los parantes deben ir separados a 0.40 m ya que las láminas son de 1.22 m de ancho.



03. Colocar los paneles asegurándolos con tornillos.

Se coloca la primera capa de paneles de yeso cartón para ello se emplean tornillos con punta y cabeza plana especiales de forma que se obtenga una superficie liza.



04. Colocación de soportes y refuerzos.

Se refuerza con pedazos de perfil metálico cortados a medida en zonas donde pensemos ir colocando algo pesado como por ejemplo una estantería.



05. Instalación de la última pared de lado posterior.

Una vez colocado las láminas en las partes posterior se procede aplicar cinta en las juntas de las láminas así mismo acompañadas de macilla especial, de tal forma que la superficie quede lisa.



Fuente: Sodimac , 2017

Elaborado por: el autor

Ilustración. 35. Ventajas del panel yeso cartón

VENTAJAS DEL PANEL	• Material liviano y económico que se adapta con facilidad a una amplia variedad de acabados decorativos permitiendo la pintura u otra decoración y la instalación de molduras en yeso o de madera. • Se corta con facilidad para una rápida instalación.	
VENTAJAS EN TIEMPO DE ARMADO	• Por las características en la construcción en conjunto con el sistema constructivo Drywall se puede tener un 30 % de ahorro en tiempo de armado. • Puede ser aplicado usando clavos, tornillos y adhesivos de metal, molduras para marcos de metal y uniones para expansiones. • La placa de yeso cartón se corta con facilidad y de esta manera se tiene una rápida instalación del mismo.	
VENTAJAS AMBIENTALES	• Reducción en un 35 % de consumo en energía eléctrica. • Tiene un alto componente acústico permitiendo calidad de vida al interior.. • La lámina de Yeso carton deberá mantenerse seca para minimizar el riesgo de formación de moho. • De igual manera reduce la dependencia de los procesos de minería tradicional. • El núcleo de yeso no cede a la combustión ni transmite temperaturas muy superiores a los 212°F (100°C) hasta calcinarse por completo, un proceso lento.	

Fuente: Sodimac , 2017

Elaborado por: el autor

3.1.4. Cuadro comparativo de los paneles analizados

Tabla. 5. Tabla comparativa de características de los paneles

CUADRO COMPARATIVO DE LOS PANELES PREFABRICADOS.				
REFERENCIAS		FIBROCEMENTO	YESO CARTÓN	MICRO HORMIGÓN (Hormypol)
FUNCIÓN	ESTRUCTURAL			
	REVESTIMIENTO	x	x	x
MATERIAL	PRINCIPAL	Cemento	Semihidrato de yeso	Cemento
	SECUNDARIO	Fibra de vidrio	Cartón	Arena
PRODUCCIÓN	ARTESANAL			
	INDUSTRIAL	x	x	x
MEJORAMIENTO (avances en producción)		Mejoramiento de las características de las fibras.	Mejoramiento del núcleo y de las láminas exteriores.	Mejoramiento de las láminas exteriores.
FORMATOS MAS COMUNES		1.25mx0.9mx1.2cm	1.22mx2.44mx1.5cm	1.00mx0.90mx1.5cm
PUESTA EN OBRA. (CAPACITACIONES)	BÁSICA			
	TÉCNICA	x	x	x
RECUBRIMIENTO	OPCIONAL			x
	REQUIERE		x	
	NO REQUIERE	x		
PROPIEDADES	TÉRMICAS			x
	ACÚSTICAS			x
	IGNIFUGAS	x	x	x
	HIGROSCÓPICAS			
	IMPERMEABILIDAD	x	x	x
RESISTENCIAS	TRACCIÓN	Buena	Media	Buena
	COMPRESIÓN	Media	Mala	Media
	FLEXIÓN	Media baja	Media	Media
ACABADOS	LISO	x	x	x
	RUGOSO			
TRABAJABILIDAD	CORTE	x	x	x
	PERFORACIÓN	x	x	x

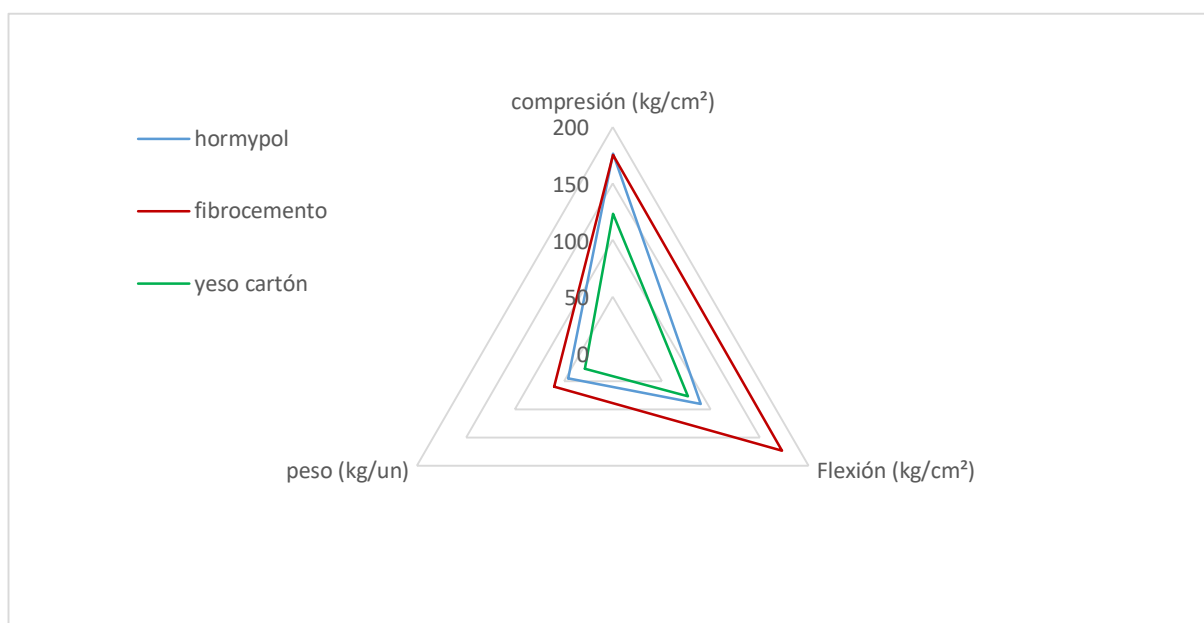
Fuente: Briceño, 2018

Elaborado por: el autor

Tabla. 6. Comparación de especificaciones técnicas de los paneles

panel	compresión (kg/cm ²)	Flexión (kg/cm ²)	peso (kg/un)	densidad
Hormypol	176,8	90	45,36	2520
fibrocemento	175,2	172,957	59,75	1433,71
yeso cartón	123,2	76,53	28,5	753,86

Elaborado: el autor

Grafico. 2. Comparación de resultados

Elaborado: el autor

3.1.5. Conclusiones

- El presente análisis sirvió para conocer con más detalles los paneles prefabricados que se pueden encontrar en el medio local, así como sus características físicas y mecánicas. De modo que se generó una noción de los aspectos más relevantes que se debe tomar en cuenta para el diseño del panel de micro-hormigón con fibras PET.
- Los paneles prefabricados analizados vienen respaldados por procesos estandarizados que cumple controles de calidad, lo cual garantizan un óptimo desempeño del panel ya

que conlleva todas las ventajas de un elemento prefabricación. Por lo tanto, el uso de los mismos no genera errores en viviendas ni procesos de mala calidad.

- Por otra parte, estos sistemas constructivos profesionales están compuestos por materiales que han pasado por un proceso de elaboración, que, al ser combinadas con otros materiales dentro de un proceso industrial, permiten producir elementos en masa y de fácil accesibilidad, siendo su función una alternativa de acabado.
- Las propiedades de los sistemas constructivos analizados están relacionadas según su sección., dando respuestas ante condiciones térmicas, acústicas, higroscópicas e ignífugas. Todas estas propiedades pueden ser modificadas y mejoradas, según el tipo de recubrimiento aplicado.
- Para la puesta en obra, estos paneles presentan versatilidad para adaptarse a cambios durante la ejecución de un proyecto arquitectónico, considerando al corte y perforación como las actividades más relevantes. Dependiendo del formato y sección, esta actividad se puede realizar en los tres paneles analizados, asegurando que la estabilidad del sistema no sea comprometida.

CAPITULO IV

4. Estudio de dosificaciones y mezclas del micro-hormigón con agregado de fibras de plástico reciclado tipo PET

4.1. Datos preliminares para el diseño y ensayos de las mezclas de micro-hormigón con agregado de fibras PET.

Es de vital importancia el estudio de aspectos previos para el diseño de la mezcla del micro-hormigón. Como puntos más relevantes tenemos:

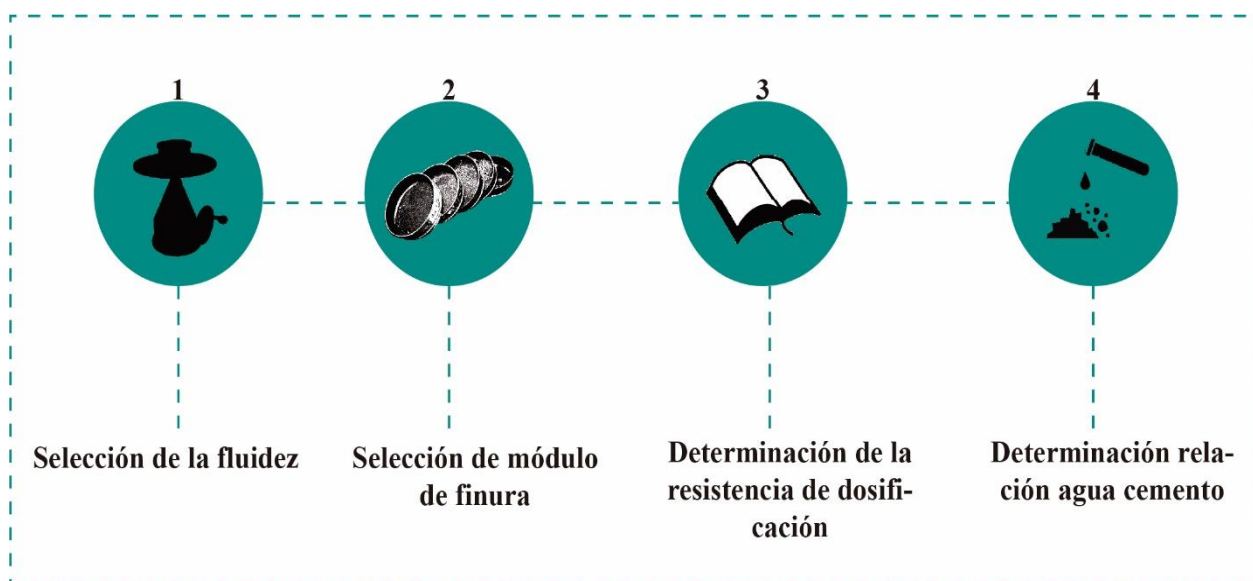
- 1) Breve análisis sobre compuestos cementicios donde se habla de experiencias basadas en la incorporando de fibras PET (Borg et al., 2016).
- 2) Estudio sobre el mortero de cemento, ya que al igual que un micro-hormigón, ambos están compuestos por una matriz cementicia por lo que se fundamenta en un mismo principio de diseño y dosificación. Es necesario, además, realizar un estudio de sus propiedades, la selección de los datos de partida y los respectivos ensayos mecánicos, pues no existen normas para diseñar micro-hormigones por lo cual se debe acoger a los ya existentes con respecto al diseño de mortero (Rosales , 2016).

Vale aclarar que el mortero no es lo mismo que un micro-hormigón. Como se conoce un mortero se compone de cemento y arena, en cambio un micro hormigón se compone de cemento, agregado fino de alta resistencia (grano de mayor tamaño que la arena) y aditivos que se encargan de otorgarle elevada resistencia (Rosales , 2016).

4.2.Datos de partida para dosificación de un micro-hormigón

Previamente de proceder a dosificar un micro-hormigón, deben conocerse y tener en cuenta ciertos datos de la obra a realizar, de acuerdo con lo que explica Rivera (2013) en su documento *Concreto simple*, donde detalla paso a paso el procedimiento a seguir.

Ilustración. 36. Proceso que se debe tener en cuenta en la dosificación



Fuente: Rivera , 2013

Elaborado por: El autor

1) Selección de la fluidez

La selección de la fluidez se determina de acuerdo a la consistencia con la que se quiere trabajar, la cual depende de la función que va a desempeñar el micro-hormigón. En el caso de la presente investigación se conoció que, al momento de adicionar la fibra, esta disminuye la trabajabilidad de la mezcla por lo tanto se optó por trabajar con una consistencia plástica para la elaboración del micro-hormigón, convencional.

Tabla. 7. Fluidéz recomendada para morteros

CONSISTENCIA	FLUIDEZ %	CONDICIÓN DE COLOCACIÓN	EJEMPLO DE TIPOS DE ESTRUCTURA	EJEMPLOS DE SISTEMAS DE COLOCACIÓN
DURA (Seca)	80 – 100	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías. Pantallas de cimentación, piso	Proyección neumática, con vibradores de formaleta
MEDIA (plástica)	100 – 120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos.	Manual con palas y palustres
FLUIDA (húmeda)	120 – 150	Sin vibración	Pañetes, rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección

Fuente: Gutiérrez , 2003

Elaborado por: el autor

2) Selección de módulo de finura

La selección de módulo de finura se determina a través de análisis granulométrico de la arena, el cual tiene como objetivo determinar las cantidades en las que están presentes partículas de ciertos tamaños en el material. La distribución de los tamaños de las partículas se realiza mediante el empleo de mallas de abertura cuadradas, de los tamaños siguientes: 3/8'', números 4,8,16,30,50 y 100 respectivamente. El proceso de análisis consiste en hacer pasar la muestra de arena a través de las mallas y se determina el porcentaje de material que retiene cada malla (Rosales , 2016).

El módulo de finura del agrado fino, es el índice aproximado que nos describe en forma rápida y breve la proporción de finos o de gruesos que se tiene en las partículas que lo constituye, este se calcula sumando los porcentajes acumulados en las mallas siguientes: 4,8,16,30,50 y 100 y se divide el total entre cien. Aquel es un indicador de finura de un agregado, en el resultado mientras mayor sea el módulo de finura significa que más grueso es el agregado (Rosales , 2016). En el anexo Nro.1 se muestran los resultados del ensayo realizados en el laboratorio GEOCONS-LOJA.

Ilustración. 37. Proceso de ensayo granulométrico - ASTM 136-1



Fuente: American Society of Testing Materials, 2014
Elaborado por: el autor

3) Determinación de la resistencia de dosificación

La resistencia se plantea en función del material que se desea conseguir. Al hablar de un micro hormigón se hace referencia a un material de alto desempeño, el cual los requerimientos de durabilidad y resistencia son fundamentales. Ambas propiedades están estrechamente relacionadas con la densidad del material en general, cuanto más compacto es el micro-hormigón más resistente y duradero será. Por lo tanto, para el diseño del mismo se referencia en un mortero de alta resistencia a la compresión, el cual en el libro de Gutiérrez (2003) se conoce como mortero de pega y se define como:

Aquel que debe tener cualidades específicas, diferentes a los morteros usando para otros fines porque está sometido a las condiciones especiales del sistema constructivo, y una resistencia adecuada ya que debe absorber esfuerzos de tensión y compresión (Gutiérrez , 2003).

Este mortero de pega según el reglamento colombiano de construcción sismo resistente (ACLIES, 1997) se clasifica en 4 tipos, en la tabla Nro. 8 se los describe. Para este caso se seleccionó el de mayor resistencia de 22.5 Mpa y haciendo la transformación de unidades resulta 225 kg/cm². Este dato se lo aplica en las tablas del Anexo Nro. 2 donde se determinará el contenido de cemento que esta dado en función de la resistencia a compresión, la fluidez seleccionada y el módulo de finura, los cuales son datos que se emplearan posteriormente en la dosificación para la realización de las mezclas con agregado de fibras PET. Para un cálculo más preciso en la tabla que se utilizara, se optó por utilizar la resistencia inmediata superior a 225, la cual es de 240 kg/cm².

Tabla. 8. Clasificación de los morteros de pega por propiedad

Mortero tipo	Especificación de los morteros por propiedad			Especificación de los morteros por proporción				
	Resistencia mínima a la compresión f_{cp} MPa	Flujo en (%)	Retención mínima de agua	Cemento Pórtland	Cal hidratada	Cemento para mampostería	Arena/material cementante	
							Mín.	Máx.
H	22.5	115-125	75%	1	0.25	No aplica	2.00	2.5
M	17.5	115-125	75%	1	0.25	No aplica	2.25	3.0
				1	No aplica	1	2.25	2.5
S	12.5	110-120	75%	1	0.25 a 0.50	No aplica	2.50	3.5
				0.5	No aplica	1	2.50	3.0
N	7.5	105-115	75%	1	0.50 a 1.25	No aplica	3.00	4.5
				0	No aplica	1	3.00	4.0

Fuente: Zambrano , 2013

Elaborado por: el autor

4) Determinación relación agua cemento

La relación a/c no solo se determina por la resistencia que se quiere obtener, también se deberá tomar en cuenta factores como la durabilidad, retracción, entre otros. Debido a que distinto cemento, agua y agregado generan diferentes resistencias con una misma relación A/C para los materiales que se utilizaran realmente (Rosales , 2016). En el Anexo Nro. 2 se determinará una forma aproximada de calcular la relación A/C, dato que se tomará para la dosificación de las mezclas a realizar.

4.3. Fibras de plástico PET reciclado

Para la elaboración de las fibras de plástico reciclado tipo PET, se reutilizará los envases de gaseosas de 1.35 y 3 litros y de envases de agua de 600 ml, debido a que estas tienen mayor longitud del cuerpo liso de la botella, las mismas que se obtuvieron de la planta de reciclaje de la ciudad de Loja, por el valor de 0.75 centavos de dólar por kilo. Esta planta está destinada a la recolección y clasificación de PET, cartón, bond, PVC, entre otros materiales.

Ilustración. 38. Envases PET de 600 ml, 1.35 y 3 litros respectivamente

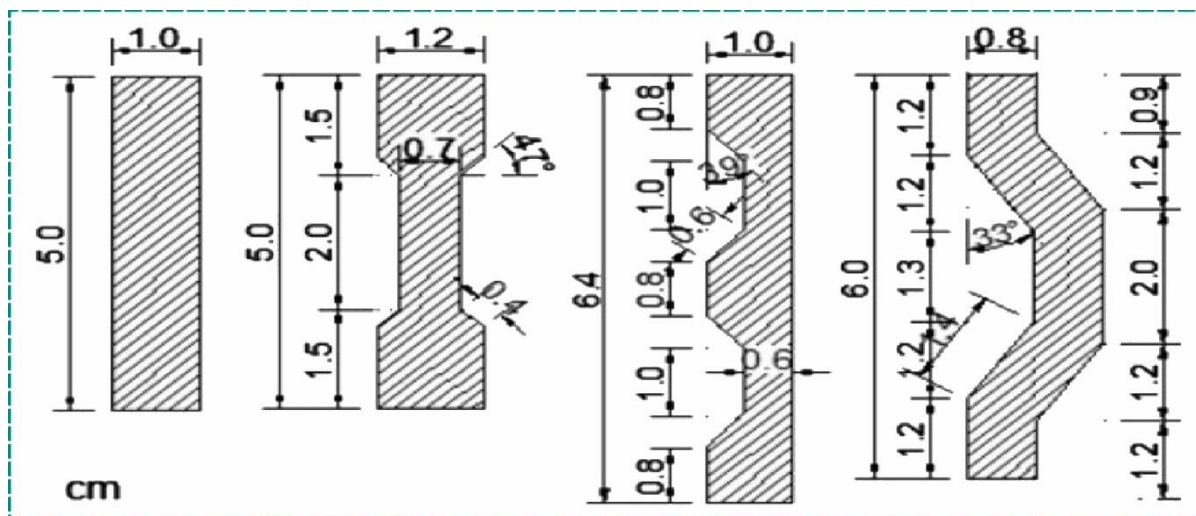


Elaborado: el autor

4.3.1. Determinación de la geometría y dimensiones de la fibra PET

De acuerdo a la revisión bibliográfica con respecto al tema de fibras PET, no existen norma que definan el tamaño y la forma de este tipo de fibras. sin embargo, se toma como referencia la investigación de Marthong & Deba (2015), que estudian cuatro tipos de fibra PET con diferente geometría, donde concluyen que la fibra de lámina con hendidura en los extremos con dimensiones de 65mmx10mmx30µm tiene mejor adherencia en el hormigón y aumenta la resistencia en sus propiedades mecánicas frente a la fibra de lámina de corte recto.

Ilustración. 39. Geometría y dimensiones de la fibra obtenidas en la investigación de Marthong & Deba



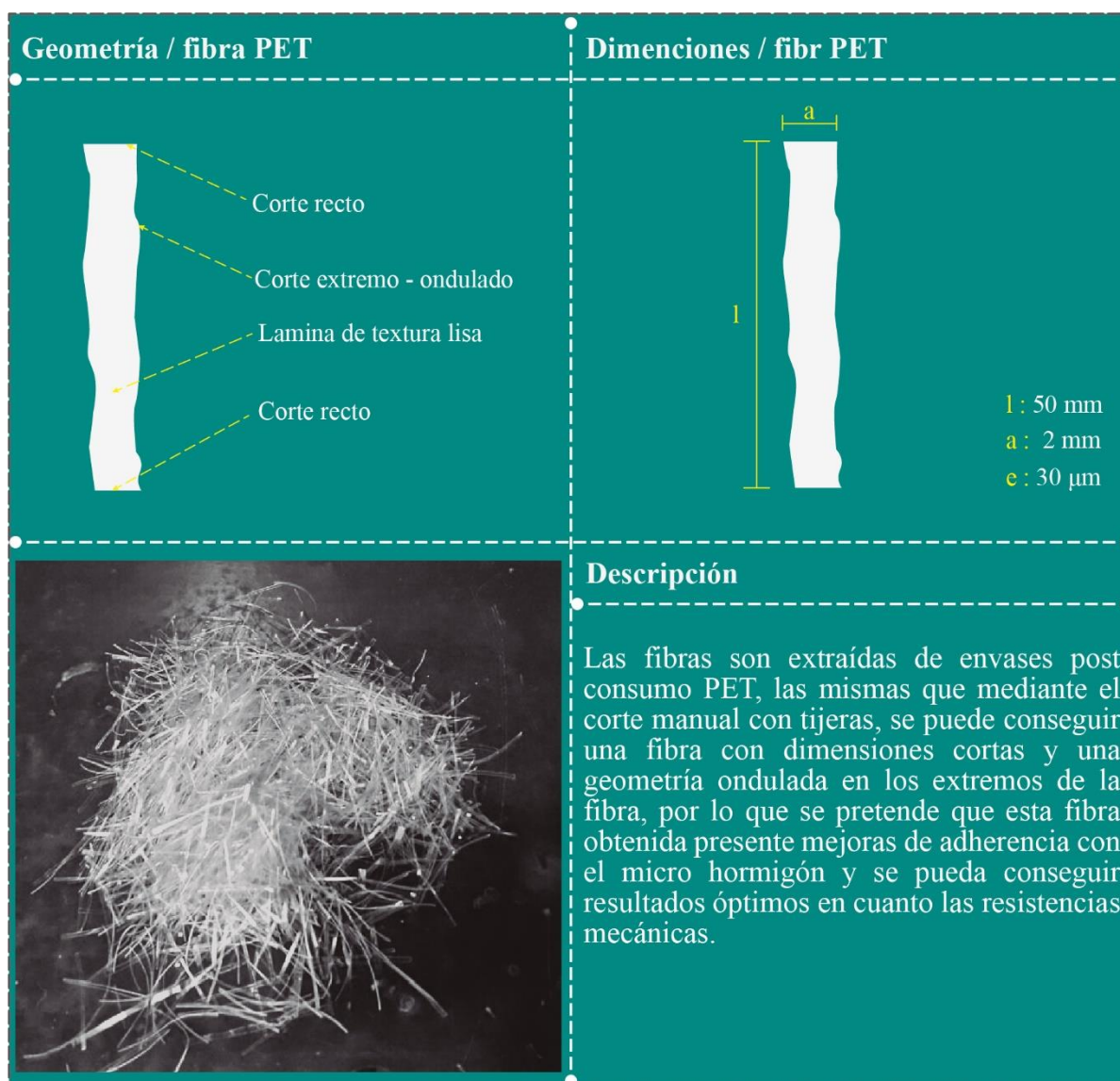
Fuente: Marthong & Deba, 2015

Elaborado por: El autor

Por otro lado, mencionan que la fibra de dimensiones con geometría ondulada afectaría negativamente en la trabajabilidad de las mezclas, por lo que obliga a que el incremento de la fibra sea mínimo, y en consecuencia se obtiene resultados de resistencia mecánicos bajos.

Por esta razón, Marthong & Deba (2015) recomiendan para las siguientes investigaciones trabajar con fibras cortas y con geometría que no sean de corte recto, con la finalidad de obtener una mejor adherencia al hormigón, optima trabajabilidad de las mezclas y una distribución uniforme en toda la matriz del cementicia.

Luego de este breve análisis de la geometría de las fibras PET, se determinó que las fibras a utilizar en la presente investigación serán cortas, no mayores a 50mm, con la finalidad de obtener mezclas trabajables adicionando altos porcentajes de fibra (mayor al 1%). En cuanto a la geometría, se experimentará con fibras de lámina lisa de corte ondulado, ya que se consigue este efecto al ser cortado de manera manual con tijeras dentadas. la razón por lo que no se experimenta con fibras PET de geometrías rugosas, las cuales tienen mejor adherencia al hormigón, es por la carencia de máquinas que nos permitan obtener este tipo de fibras, puesto que al realizarlo manualmente nos tomaría mucho tiempo obtenerla.

Ilustración. 40. Características de la geometría y dimensiones de la fibra PET

Fuente: Marthong & Deba, 2015

Elaborado por: El autor

4.3.2. Proceso de corte de la fibra PET

Para la obtención de este tipo de fibra se realizará de manera manual, ya que en nuestro medio existe una carencia de máquinas que nos faciliten la obtención de la fibra con estas dimensiones y con una textura rugosa. Para esto se utilizó herramientas que nos proporcionen la facilidad de cortar los recipientes, en principio en este caso se utilizó estiletes, posterior se utilizó tijeras dentadas con la finalidad facilitar el corte y de poder obtener una fibra con geometría ondulada en sus extremos, en la siguiente ilustración se detallara el proceso de obtención de fibra de manera manual.

Ilustración. 41. Proceso de obtención de fibra PET



Fuente: Marthong & Deba, 2015

Elaborado: El autor

4.4.Aspectos importantes previos a la realización de ensayos de las mezclas de micro-hormigón con agregado de fibras PET.

- Los ensayos de las mezclas se realizarán en base las normas técnicas NTE INEN, donde se describen los pasos y herramientas a utilizar. Además, señalan que las mezclas se deben hacer en laboratorios calificados, en este caso se realizaron en el laboratorio GEOCONS - (Geotecnia & constructora) del ingeniero Ramiro Jiménez.
- Se toma como referencia la investigación de Marthong & Deba (2015), “Influencia de la geometría de la fibra PET en las propiedades del hormigón”, donde señalan que se debe utilizar fibras con una geometría de hendidura en sus extremos para tener mejor resultados mecánicos, además recomiendan trabajar con mezcla con adición de fibra PET mayor del 1%, del cual debe lograr conseguir una consistencia plástica que proporcione una mezcla optima y trabajable.
- De igual manera, recomiendan en tal caso de aumentar el porcentaje de la fibra PET, añadir aditivos súper plastificantes no mayor al 5 % en relación al peso del cemento aplicado, debido a que, mejorar la trabajabilidad de las mezclas.
- Por otro lado, la investigación de Kim (2013) “Efectos de la geometría de la fibra PET reciclado en el agrietamiento por contracción de compuestos cementicios” recomienda aumentar el volumen de fibras PET en la matriz cementicia, manteniendo una relación de agua/cemento entre 0.5 y 0.55, con el objetivo de controlar el agrietamiento por contracción plástica, tomando en cuenta que la fibra PET reciclada es un polímero hidrofóbico que absorbe muy poca agua.
- Es importante destacar, la aplicación de aditivos como los superplastificantes que además de ayudar a que la mezcla tenga mejor trabajabilidad, también ayuda a aumentar las resistencias del micro hormigón, en otros casos como en la investigación realizada por López & Gonzales (2014), adicionan humo de sílice para mejorar las características

mecánicas de hormigones. sin embargo, manifiestan que la aplicación de este aditivo tiene efectos negativos en la trabajabilidad de las mezclas con la fibra PET, por lo que llegan a adicionar mínimas cantidades, que no tienen efecto alguno en la resistencia. Por lo cual en la presente investigación se descarta la adición del humo de sílice.

- Por otra parte, para el cálculo de las proporciones de los materiales, se tomó como referencia el libro *el concreto y otros materiales para la construcción*, el cual se tomará el proceso para las proporciones de los materiales a utilizar, ya que en este libro explica los pasos a seguir para determinar la dosificación de mortero de cemento para 1m³ de volumen, el cual servirá para la dosificación de la mezcla base.
- Mediante la experimentación de dosificaciones, se determinará las mezclas adecuadas, para posteriormente elaborar los especímenes que serán sometidos a ensayos de resistencia tal cual como la norma NTE INEN lo describe, en este caso se realizarán ensayos a compresión y flexión. Por ultimo las dosificaciones para realizar estos ensayos de mezclas serán para un volumen de 15 especímenes cúbicos de 50mm².

4.4.1. Parámetros establecidos para la identificación de la dosificación ideal.

Según la investigación de López & Gonzales (2014) “*Influencia de la disposición continua de las fibras plásticas PET en el hormigón*” señalan que la fibra PET como refuerzo no influye mayormente en la resistencia a la compresión del compuesto según ensayos realizados, por lo tanto, en la presente investigación los ensayos de resistencia a compresión mantuvieron importancia solo hasta el punto de encontrar la mezcla de micro-hormigón convencional, el cual debió garantizar una resistencia igual o mayor a la escogida, la cual es de 240kg/cm². Caso aparte, los ensayos a flexión serán los que tendrán la última palabra, para lo cual en la realización de las mezclas se deberá comprobar los siguientes parámetros para la identificación de la dosificación ideal en el orden que se muestra a continuación.

- 1) Consistencia de la mezcla: la consistencia deberá ser plástica y presentar un trabajabilidad optima de manera que la mezcla se esparza sin mayor dificultad dentro del molde.
- 2) Adición de fibra: el valor deberá lo más alto posible, es decir mayor del 1% del peso total de la mezcla.
- 3) Resistencia a la flexión y compresión: el micro-hormigón reforzado con fibra de plástico PET deberá presentar mayor resistencia a la flexión y compresión frente a un micro-hormigón convencional.

4.4.2. Ensayos de mezclas de micro-hormigón con fibra PET

Ilustración. 42. Experimentación de mezclas



Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado: El autor

4.4.2.1. Mezcla 1 - mezcla base

• Objetivo

El objetivo es determinar una dosificación base, para posteriormente desarrollar una mezcla de micro-hormigón convencional que sirva de punto de partida para los demás ensayos, que a su vez garantice una óptima resistencia a compresión y flexión para posteriormente añadir la fibra de plástico PET y el aditivo plastificante, y así establecer una idea del porcentaje de adición de los mismos.

• Equipos y herramientas

- Balanza digital
- Recipientes
- Moldes para especímenes
- Probeta de 500 cm³
- Flexómetro o calibrador
- Mezcladora, tazón y paleta
- Meza de flujo
- Apisonador
- Cronometro
- Espátula

• Materiales

- Cemento portland Guapan
- Arena sílice, tamaño del árido 1.4mm
- Agua potable

• Datos de partida

- Consistencia plástica
- Fluidéz: 100 – 115%
- Módulo de finura: 1.35
- Relación A/C: 0.5

➤ Dosificación del micro-hormigón para 1 m³

• Cuantía de cemento

En el anexo Nro. 2, con la resistencia a la compresión de **240kg/cm²**, el módulo de finura de la arena de **1.35** y con fluidéz de **120 – 150 %** se obtiene: cemento = **625 kg** por m³

• Cantidad de agua

En anexo Nro., 3 con la resistencia a la compresión de 28 días se encuentra:

- Relación agua-cemento: A/C = **0.55**
- $a = 0.55 \times 625 = 343.75$ litros
- agua = **343.75** litros por m³ de mortero

• Contenido de arena

Se sabe por ensayos de laboratorio que:

- Densidad del cemento = $3.08 \text{ g/cm}^3 = \mathbf{3080 \text{ kg/cm}^3}$
- Peso específico saturada y superficialmente seca = $2.55 \text{ g/cm}^3 = \mathbf{2550 \text{ kg/m}^3}$
- Peso unitario suelto de la arena = $1.6 \text{ g/cm}^3 = \mathbf{1600 \text{ kg/m}^3}$
- **Volumen del cemento:** V_c ; Volumen = masa/densidad
 $V_c = 625 / 3080 = \mathbf{0.203 \text{ m}^3}$
- **Volumen de agua** = 335.5 litro = **0.335 m³**
- **Volumen de aire incluido** = **0.035 m³**

Luego el volumen de arena (V ar) será:

- $V_{ar} = 1 - V_c - V_{agua} - V_{aire}$
- $V_{ar} = 1 - (0.203 + 0.335 + 0.035)$
- $V_{ar} = \mathbf{0.573 \text{ m}^3}$ de m³ de mortero
-

Masa de la arena = $V_{ar} \times \text{densidad de la arena}$
 - Masa de arena = 0.573×2550
 - Masa de arena = **1461.15 kg** por m³ de mortero

• Datos a tomar en cuenta

- Cuantía de cemento: **625 kg/m³**
- Cantidad de arena: **1461.15 kg/m³**
- Cantidad de agua: **335.5 L/m³**

• Las proporciones para un 1m³ de micro-hormigón serán:

Tabla. 9. Proporciones de materiales para 1 m³ de micro-hormigón

Material	Masa (kg/m ³)	Vol. Absoluto. (m ³)	Proporciones
Cemento	625	0.203	1
Arena	1461.15	0.573	2
Agua	335.5	0.336	0.55

Elaborado: El autor

Tabla. 10. Dosificación para mezcla base

Dosificación de materiales para un volumen de 15 especímenes					
Material	Vol. = 1m ³	Vol. = 0.001875 m ³	Peso especif. (kg/m ³)	Masa (kg)	Masa (Gr)
Cemento	0.203	0.00038	3080,00	1.1704	1170.4
Arena	0.573	0.00107	2550,00	2.7285	2728.5
Agua	0.336	0.00063	1000,00	0,63	630

Elaborado: El autor

Ilustración. 43. Mezcla de micro-hormigón sin fibra PET y sin aditivo SIKA.



Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado: El autor

4.4.2.2. Mezcla Nro. 2.

• Objetivo de ensayo – mezclas

El objetivo del ensayo es realizar una mezcla con agregado del 1% de fibras PET y conocer su comportamiento una vez agrado la fibra y aditivo plastificante, es decir si la mezcla es trabajable o de nula trabajabilidad. Para esto nos basamos en la investigación de Marthong & Deba (2015) donde recomiendan la adición de fibras mayores al 1% del peso total de la mezcla (arena + cemento + agua) y el aditivo supe plastificante se aplicará de acuerdo a especificaciones técnicas de SIKA, el cual señala que se debe aplicar en 2% del peso del cemento, el cual también puede variar dependiendo la utilización del micro-hormigón. Cabe Mencionar que los procesos de realización de las mezclas se describen en el apartado (4.5) ilustración Nro. 50, donde se detalla el proceso de acuerdo a la norma NTE INEN.

• Equipos y herramientas

- Balanza digital
- Recipientes
- Moldes para especímenes
- Probeta de 500 cm³
- Flexómetro o calibrador
- Mezcladora, tazón y paleta
- Meza de flujo
- Apisonador
- Cronometro
- Espátula

• Materiales

- Cemento portland Guapan
- Arena sílice, tamaño del árido 1.4mm
- Agua potable
- Aditivo plastificante PLASTOCRETE 161 HE
- Fibra de pastico reciclado PET

Tabla. 11. Dosificación del micro-hormigón para un volumen de 15 especímenes.

Dosificación de materiales para un volumen de 15 especímenes					
Materiales	Volumen = 1m ³	Volumen = 0.001875 m ³	Peso específico (kg/m ³)	Masa (kg)	Masa (Gr)
Cemento	0.203	0.00038	3080,00	1.1704	1170.4
Arena	0.573	0.00107	2550,00	2.7285	2728.5
Agua	0.336	0.00063	1000,00	0,63	630
Fibra 1%					45.29
Plastificante 2 %					23.41
total					4597.6

Fuente: El autor

• Conclusión

La mezcla de micro-hormigón convencional resulto optima, mostró una excelente trabajabilidad y cumplió con la consistencia plástica, esto gracias a la implementación del aditivo plastificante que hace que la fibra sea manejable en la mezcla, y con respecto a la adición de fibra de plástico PET, la mezcla no presento inconvenientes con la adición del 1%, sin embargo, el porcentaje de la edición de fibra PET sigue siendo bajo, razón por la cual en el siguiente ensayo se planteó realizar una mezcla con el 3% de agregado de fibra PET para poder determinar si es trabajable o de nula trabajabilidad y tener una idea para las adición de fibra en los ensayos posteriores.

Ilustración. 44. Mezcla con agregado del 1 % de fibra de plástico PET en el miro-hormigón



Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado: El autor

4.4.2.3. Mezclas Nro. 3

• Objetivo de ensayo – mezclas

El objetivo del ensayo es realizar y determinar la trabajabilidad de una mezcla añadiendo un 3 % de fibras PET y un 2% de aditivo, esto con la finalidad de determinar un límite de adición de fibra, y constatar con la investigación de López & Gonzales (2014), donde señalan que se puede obtener una mezcla de hormigón trabajable con la adición del 3% de fibra en la relación del peso total de la mezcla, por esta razón se pretende conocer si la mezcla de micro-hormigón con agregado de fibra PET en un 3 % se puede conseguir una mezcla eficaz y trabajable.

• Equipos y herramientas

- Balanza digital
- Recipientes
- Moldes para especímenes
- Probeta de 500 cm³
- Flexómetro o calibrador
- Mezcladora, tazón y paleta
- Meza de flujo
- Apisonador
- Cronometro
- Espátula

• Materiales

- Cemento portland Guapan
- Arena sílice, tamaño del árido 1.4mm
- Agua potable
- Aditivo plastificante PLASTOCRETE 161 HE
- Fibra de pastico reciclado PET

Tabla. 12. Dosificación del micro-hormigón para un volumen de 12 especímenes.

Dosificación de materiales para un volumen de 15 especímenes					
Materiales	Volumen = 1m ³	Volumen = 0.001875 m ³	Peso específico (kg/m ³)	Masa (kg)	Masa (Gr)
Cemento	0.203	0.00038	3080,00	1.1704	1170.4
Arena	0.573	0.00107	2550,00	2.7285	2728.5
Agua	0.336	0.00063	1000,00	0,63	630
Fibra 3%					135.867
Plastificante 2 %					23.41
total					4688.177

Elaborado por: El autor

• Conclusión

Realizada la mezcla de micro-hormigón convencional con agregado de un 3 % de fibra PET, se observó y se determinó mediante la mesa de flujo una consistencia seca, por lo cual se obtiene un resultado de una mezcla de nula trabajabilidad, esto debido a que el total de la fibra agregada es demasiado para lo que la mezcla podía soportar, esto puede ser causado también por las dimensiones de la fibra ya que pueden ser muy grandes, incluso habiendo incorporado un 2% del aditivo plastificante no se obtiene una consistencia adecuada. Razón que se determinó que la edición planteada de fibra PET resulto sumamente excesiva y que para el siguiente ensayo se reformulara la adición de la misma. Este ensayo de mezcla no fue finalizado debido a que la mezcla fallo desde un inicio por lo tanto no se pudo concluir el resto de procedimientos.

Ilustración. 45. Mezcla con agregado del 3% de fibra de plástico PET en el micro-hormigón



Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado: El autor

4.4.2.4. Mezcla Nro. 4.

- **Objetivo de ensayo – mezcla**

El objetivo del ensayo es conocer la cantidad de fibra que se pueda incorporar a la mezcla manteniendo una consistencia plástica y utilizando el mismo valor de adición de aditivo de las mezclas anteriores que es el de 2%, con la finalidad de encontrar un valor aproximado al 3 % de agrado de fibra PET, lo cual se realizara de manera intuitiva manteniendo una consistencia plástica.

- **Equipos y herramientas**

- Balanza digital
- Recipientes
- Moldes para especímenes
- Probeta de 500 cm³
- Flexómetro o calibrador
- Mezcladora, tazón y paleta
- Meza de flujo
- Apisonador
- Cronometro
- Espátula

- **Materiales**

- Cemento portland Guapan
- Arena sílice, tamaño del árido 1.4mm
- Agua potable
- Aditivo plastificante PLASTOCRETE 161 HE
- Fibra de pastico reciclado PET

Tabla. 13. Dosificación del micro-hormigón para un volumen de 12 especímenes.

Dosificación de materiales para un volumen de 15 especímenes					
Materiales	Volumen = 1m ³	Volumen = 0.001875 m ³	Peso específico (kg/m ³)	Masa (kg)	Masa (Gr)
Cemento	0.203	0.00038	3080,00	1.1704	1170.4
Arena	0.573	0.00107	2550,00	2.7285	2728.5
Agua	0.336	0.00063	1000,00	0,63	630
Fibra 2.21%					99.88
Plastificante 2 %					23.41
total					4597.6

Elaborado por: el autor

- **Conclusión**

El ensayo de esta mezcla consistió en adicionar simultáneamente la fibra de plástico PET, con la finalidad de conocer el máximo porcentaje de adición de este material, pero teniendo en cuenta y cuidado siempre una consistencia plástica. El ensayo finalizo en el momento en que se observó que el aditivo conjuntamente con el agua dejó de trabajar, y la mezcla comenzó a perder trabajabilidad. En ese momento se dio por finalizado el proceso de mezclado para posteriormente comprobar la consistencia mediante la meza de flujo el cual se describe su procedimiento en la ilustración Nro. 51. Por lo cual cumplió con lo especificado obteniendo como resultado una consistencia plástica. Por lo que se determina una incorporación de fibra PET del 2.21% equivalente a 99.88 gr. y con el porcentaje de 2% de aditivo plastificante.

Ilustración. 46. Mezcla con agregado del 2.21 % de fibra de plástico PET en el micro-hormigón



Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado: El autor

4.5. Ensayos mecánicos del mortero

El diseño del material constituyente de las placas de revestimiento del panel debe estar fundamentado en base a los diferentes esfuerzos que el mismo deberá soportar, mediante pruebas mecánicas se podrá saber la capacidad de resistencia frente a dichos esfuerzos (Rosales , 2016).

4.6. Ensayo de resistencia a la compresión de morteros.

La resistencia a compresión nos proporciona una idea de la cohesión interna del mortero, indicando la carga máxima, por unidad de superficie, que es capaz de soportar prismas de mortero de cemento cuando es sometido a una compresión simple. Esta prueba consiste en generar cubos de 50mm de arista según la NORMA NTE INEN 488. Una vez moldeado se las deja fraguar 24 horas para luego ser desencofrados e instantánea mente ser curado. El número de especímenes viene dado según el número de ensayos. La norma dice que hay que ensayar a los 7 días, posteriormente a los 14 y a los 28 días de edad, considerando 3 especímenes por cada ensayo.

4.6.1. Procedimiento para la elaboración de ensayos a compresión de morteros.

Los ensayos a compresión de morteros se realizarán según los preminentes establecidos por la norma técnica ecuatoriana (Normalizacion.gob.ec, 2016). Fueron descrito textualmente tal como indica cada una de las normas. A continuación, se describe el procedimiento efectuado para cada ensayo a compresión.

Ilustración. 47. Proceso para elaboración de ensayos a compresión



Fuente: Rivera , 2013

Elaborado: el autor

1) Pesaje de los materiales

los materiales se los pesará en balanzas eléctricas según la norma para tener más precisión en los resultados, posteriormente en la ilustración Nro. 52 se detallará el proceso del pesaje de materiales.

2) Preparación de los moldes para especímenes

Las preparaciones de los moldes para los especímenes se realizarán de acuerdo a la NORMA NTE INEN 488. Cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50mm de arista, la cual se describe en la ilustración Nro. 53.

3) Mezclado de la pasta del mortero.

El mezclado de la pasta de mortero se realizará de acuerdo a la norma NTE INEN 155. Cemento hidráulico. Mezclado mecánicamente de pastas y morteros de consistencia plástica, la cual se describe a continuación en la ilustración Nro. 54.

4) Determinación de flujo

la determinación de flujo, se realizó de acuerdo a la NORMA NTE INEN 2 502:2009 (Cemento hidráulico. Determinación del flujo en morteros), a continuación, se describirá en la ilustración Nro. 55.

5) Moldeo de especímenes

El moldeo de los especímenes de 50mm de, se hizo de acuerdo a la norma NTE INEN 488. Cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50mm de arista, la cual se describirá a continuación en la ilustración Nro. 56.

6) Curado de los especímenes.

El curado de los especímenes se hizo de acuerdo a la NORMA NTE INEN 1 576. Hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo. Posteriormente se describe en la ilustración Nro. 57.

7) Determinación de la resistencia a la compresión.

La determinación de la resistencia a la compresión se realizó de acuerdo a la NORMA NTE 488. Cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50mm de arista. La cual se describe en la ilustración Nro. 58.

Ilustración. 48. pesaje de materiales, componentes de micro hormigón



Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado por: El autor

Ilustración. 49. Preparación de los moldes de acuerdo a la norma NTE INEN 488

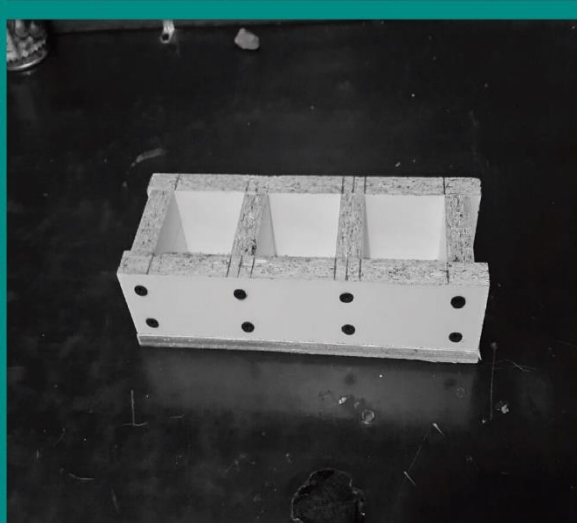
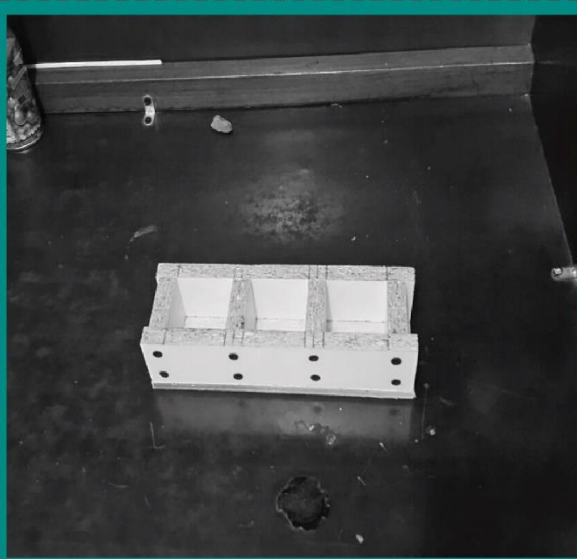
1) Cubrir las caras interiores del molde y placas de base no absorbentes con una capa delgada de un agente desencofrante. Aplicar aceites o grasas utilizando un paño impregnado u otro medio adecuado.

2) Frotar las caras del molde y la placa de base con un paño si es necesario para quitar cualquier exceso del agente desencofrante y para obtener un recubrimiento fino, uniforme, en la superficie interior.

3) Cuando se use un lubricante en aerosol, rociar directamente sobre la superficie del molde y la placa de base desde una distancia de 150mm a 200mm para lograr una cobertura completa. Después de rociar, frotar las superficies con un paño si es necesario, para quitar cualquier exceso lubricante de aerosol, el recubrimiento residual debe ser solo el suficiente para permitir que quede una clara huella dactilar después de presionar ligeramente con un dedo, sellar las superficies donde las mitades del molde se unen, aplicado una capa de grasa ligera tal como un petrolatum. La cantidad debe ser la suficiente para ser expulsada ligeramente cuando las dos mitades se ajusten entre sí. Retirar el exceso de grasa con un paño.

4) Después de colocar el molde sobre su placa de base, quite cuidadosamente con un paño seco cualquier exceso de aceite o grasa del molde y la placa base a las que se debe aplicar un sellante impermeable.

5) Como sellante, utilizar parafina, cera micro cristalina, o una mezcla de tres partes de parafina para cada cinco partes de resina, en masa.



Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado por: El autor

Ilustración. 50. Mezclado de la pasta de micro-hormigón

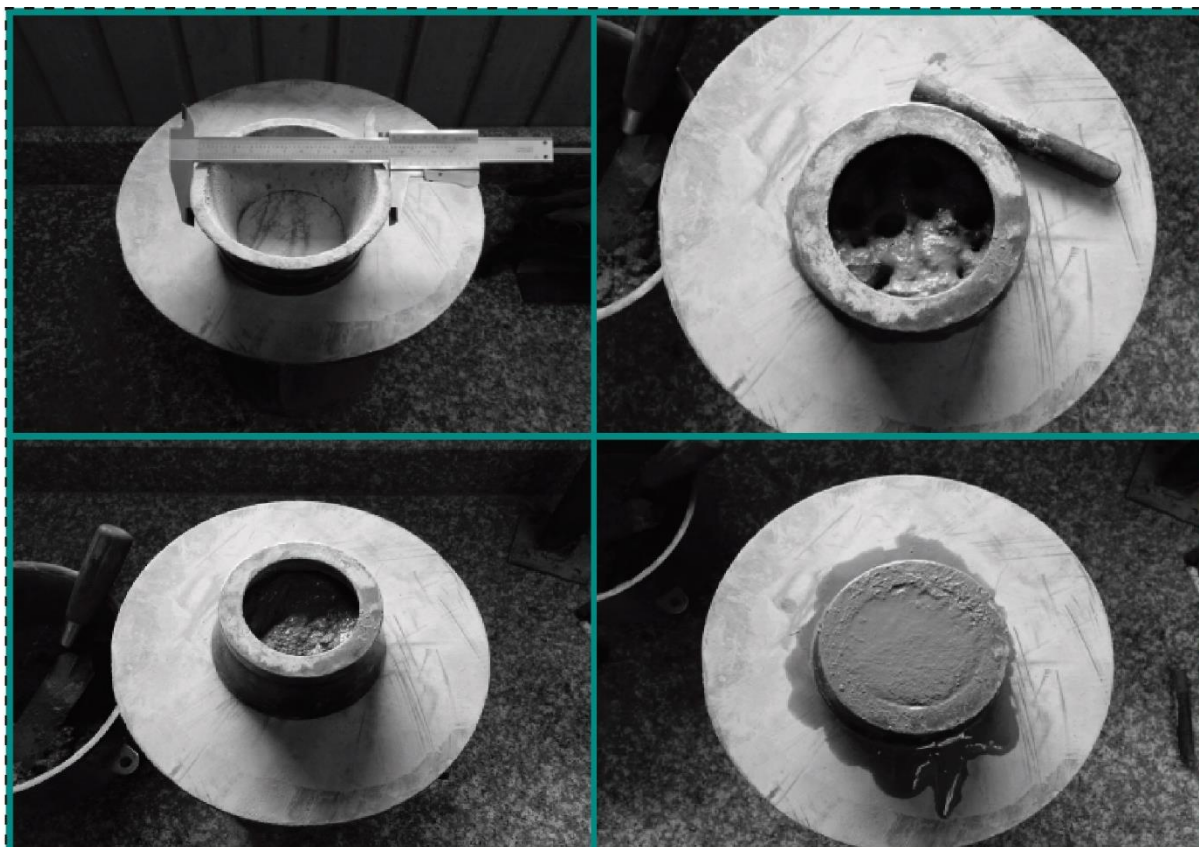


1) Colocar la paleta y el tazón secos en la mezcladora, en posición de mezclado. 2) Colocar toda el agua de mezclado en el tazón. 3) Añadir el cemento al agua; luego arrancar la mezcladora y mezclar a velocidad baja ($140 \text{ rpm} \pm 5 \text{ rpm}$) por 30 segundos. 4) Añadir la cantidad total de arena lentamente durante un periodo de 30 segundos, mientras se continúa mezclado a velocidad baja. 5) Detener la mezcladora, cambiar a velocidad media ($285 \text{ rpm} \pm 10 \text{ rpm}$) y mezclar por 30 segundos. 6) Detener la mezcladora y dejar el mortero descansar por 90 segundos. Durante los primeros 15 segundos de este intervalo, empujar rápidamente hacia abajo, dentro de la mezcla todo el mortero que pueda haberse adherido a los lados del tazón; luego por el resto de este intervalo cubrir el tazón con la tapa. 7) Terminar el mezclado por 60 segundos a velocidad media ($285 \text{ rpm} \pm 10 \text{ rpm}$). 8) En el caso que requiera un intervalo de remezclado, todo el mortero adherido a los lados del tazón, debe de ser rápidamente empujado hacia abajo dentro de la mezcla con el raspador, previo al remezclado. 9) La adición de la fibra y del aditivo se describen posteriormente en el resumen de cada ensayo. Debido a que no existe un método normalizado dentro de la normativa ecuatoriana para la adición de ambos materiales, se lo realiza de manera intuitiva según el transcurso de la experimentación y desarrollo de cada ensayo.

Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado por: El auto

Ilustración. 51. Determinación del flujo



- 1) Limpiar y secar cuidadosamente la mesa de flujo y colocar el molde de flujo en el centro.
- 2) Colocar en el molde, una capa de mortero de aproximadamente 25mm de espesor y compactar 20 veces con el compactador. La presión de compactación debe ser la suficiente para asegurar un llenado uniforme del molde.
- 3) Llenar el molde con mortero y compactar como se especificó para la primera capa. Cortar el mortero hasta una superficie plana, nivelada con el borde del molde, mediante pasadas del enrasador.
- 4) Limpiar y secar la superficie de la mesa, remover con mucho cuidado cualquier porción de agua que este alrededor del borde del molde de flujo.
- 5) Un minuto después de haber terminado la operación de llenado, levantar el molde, inmediatamente dejar caer la mesa 25 veces en 15 segundos, a menos que se especifique lo contrario.
- 6) Si utiliza el calibrador especificado en la NORMA NTE INEN 2 500, medir el diámetro del mortero a lo largo de las cuatro líneas trazadas en la superficie de la mesa, registrar cada diámetro como el numero divisiones del calibrador, estimando a un décimo de la división. Si se utiliza algún otro calibrador, medir el diámetro del mortero a lo largo de las cuatro líneas trazadas en la superficie de la mesa, registrar cada diámetro con una aproximación de un milímetro.
- 7) Obteniendo los datos se procede al cálculo, el cual según la normativa dice que el flujo es el resultado del promedio del incremento del diámetro en la base de la masa del mortero, expresando como un porcentaje del diámetro original de la base.
- 8) Inmediatamente después de completar el ensayo de fluidez, regresar el mortero de la mesa de fluidez al tazón de mezclado, rápidamente raspar los lados del tazón y colocar dentro de la mezcla, el mortero que pueda haberse adherido en la pared del tazón y mezclar la amasada entera por 15 segundos a velocidad media. Al completar el mezclado, la paleta de la mezcladora debe ser sacudida para remover el exceso del mortero dentro del tazón de mezclado.

Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado por: El autor

Ilustración. 52. Proceso de moldeo de los especímenes según la norma NTE INEN 488



- 1) El llenado de los moldes debe iniciarse dentro de un intervalo de tiempo no mayor de 2 minutos y 30 segundos después de completar el primer mezclado de la amasada del mortero. Los moldes deben llenarse en dos capas.
- 2) Los moldes deben llenarse en dos capas. Colocar una capa de mortero de alrededor de 25mm de espesor (aproximadamente la mitad de la profundidad del molde) en todos los compartimentos cúbicos y apisonar el mortero en cada compartimento cúbicos 32 veces en alrededor de 10 segundos, en rondas, en cada ronda se debe compactar con 8 golpes, en dirección perpendicular a la anterior.
- 3) La presión de compactación debe ser solo la superficie para asegurar un llenado uniforme de los moldes y se deben completar 4 rondas de apisonado del mortero (32 golpes) en un cubo antes de pasar al siguiente.
- 4) Una vez terminada la compactación de la primera capa en todos los compartimentos cúbicos, llenar los compartimientos con el mortero restante y compactar como se ha especificado para la primera capa.
- 5) Durante la compactación de la segunda capa, mediante el compactador y los dedos con las manos enguantadas, colocar nuevamente al interior del mortero que haya rebosado sobre el borde superior de los moldes después de cada ronda de compactación, hasta completar cada una de las rondas y antes de empezar la siguiente ronda de apisonado.
- 6) Al final la compactación retirar con una espátula el mortero que ha rebosado sobre el borde de los moldes y alisar los cubos, luego de 24 horas se procede a desmoldar los especímenes.
- 7) Desmolde de muestras ara luego ser puestas a curar los días dados por la norma.

Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado: El autor

Ilustración. 53. Curado de especímenes de acuerdo a la norma NTE INEN 1 576



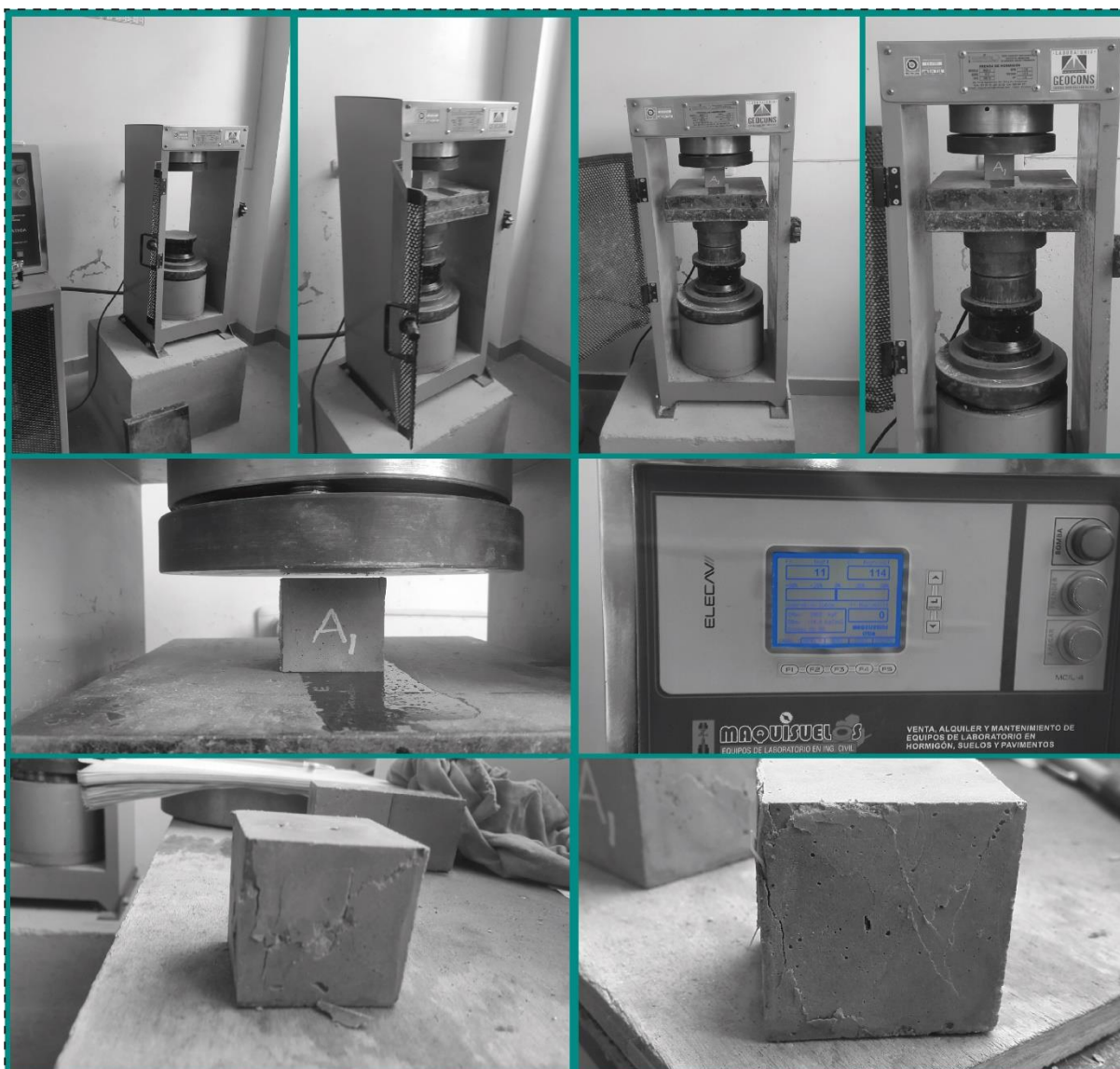
1) Curado inicial: inmediatamente después del moldeo y terminado, el espécimen debe ser almacenado por un periodo de hasta 48 horas a una temperatura entre 16 y 27 grados, en un ambiente que prevenga la pérdida de humedad de los especímenes. Para mezclas de hormigón con una resistencia especificada de 40 MPA a mayor, la temperatura de curado inicial debe estar entre 20 y 26 grados. Se permite utilizar varios procedimientos capaces de mantener las condiciones de humedad y temperatura especificadas durante el periodo de curado inicial, se debe utilizar un procedimiento apropiado o una combinación de procedimientos. Proteger todos los especímenes de los rayos directos del sol y de cualquier radiación calórica, si se utiliza. La temperatura de almacenamiento debe de ser controlada utilizando dispositivos de calefacción y enfriamiento, según sea necesario. Registrar la temperatura utilizando un termómetro de máximas y mínimas. Si se utilizan moldes de cartón, proteger las superficies exteriores de los moldes de su contacto con paños húmedos o cualquier fuente de agua.

2) Curado final: una vez concluido el curado inicial y dentro de 30 minutos después de remover los especímenes de los moldes, curarlos a una temperatura de 23 grados $\pm$ 2 grados, manteniendo todo el tiempo sus superficies con agua libre, utilizando tanques de almacenamiento o cámaras de curado, que cumplan con los requisitos de la NTE INEN 2 528.

Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado: El autor

Ilustración. 54. Determinación de resistencia a compresión norma NTE INEN 488



1) Ensayar las muestras inmediatamente después de retirar las del gabinete húmedo, en el caso de las muestras de 24 horas de edad, o del agua de almacenamiento, en el caso de todas las otras muestras. Todas las muestras de ensayos correspondientes o determinada edad de ensayo deben ensayarse dentro de las tolerancias permisibles de tiempo.

2) Si se retira del gabinete húmedo más de una muestra a la vez para los ensayos de 24 horas, deben mantenerse cubiertas con un paño húmedo hasta el momento del ensayo. Si se retira el agua del tanque de almacenamiento más de una muestra a la vez para ensayarse, deben de mantenerse en agua a una temperatura de 23 grados $\pm$ 2 grados y a una profundidad suficiente para sumergir completamente todas las muestras, hasta el momento del ensayo.

3) Sacar cada muestra hasta una condición de superficie seca y eliminar los granos sueltos de arena u otras incrustaciones, de las caras que estarán en contacto con los bloques de apoyo de la máquina de ensayo. Controlar las caras aplicando una regla, si hay una curvatura apreciable, se debe esmerilar la cara o caras, hasta lograr superficies planas o se descarta la muestra. Debe hacerse un control periódico del área de la sección transversal de las muestras.

4) Colocar cuidadosamente la muestra en la máquina de ensayo, bajo el centro del cabezal de apoyo superior, de manera que la carga se aplique a dos caras del cubo previamente medidas que y que estaban en contacto con las superficies. Planas del molde. Antes del ensayo de cada cubo debe asegurarse que el cabezal apoyado en la esfera este libre para bascular. No utilizar materiales de amortiguamiento o cojín, llevar el cabezal asentado en una esfera hasta que haga contacto uniformemente con la superficie del espécimen.

Aplicar la velocidad de carga con un incremento uniforme de velocidad entre los cabezales superiores e inferiores hasta alcanzar una carga sobre el espécimen entre el rango de 900 a 1.800 n/s, esta velocidad de aplicación de carga debe ser alcanzadas durante la primera mitad de la carga en la última mitad de la carga, especialmente mientras el cubo esta rápidamente fluyendo antes de la falla. Debe registrarse la carga máxima indicada por la máquina de ensayo.

Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado: El autor

4.6.2. Ensayo de resistencia a la flexión de morteros.

Este método se basa en la aplicación de una carga progresiva de flexión a un prisma de cemento con el objetivo de determinar su resistencia máxima admisible. Esta prueba consiste en elaborar primas de 40x40x160mm según la NORMA NTE INEN 198. Al igual que el ensayo a compresión se debe realizar el mismo proceso de mezclado, moldeo, desencofrado y curado, para posteriormente realizar el ensayo a flexión. También se realizaron el mismo número de especímenes para ser ensayados a las diferentes edades descritas por la norma.

4.6.2.1. Procedimiento para la elaboración de ensayos a flexión de morteros.

Los ensayos a flexión de morteros se realizaron según los procedimientos establecidos por la normativa técnica ecuatoriana (Normalización.gob.ec, 2016). Fueron descritos textualmente tal como indica cada uno de ellas. Se describirá a continuación el procedimiento efectuado para cada ensayo a flexión.

Ilustración. 55. Proceso para la elaboración de ensayos a flexión



Fuente: Rivera, 2013

Elaborado: el autor

1) Pesaje de los materiales

Para una mejor precisión en el peso de los materiales se utilizará balanza eléctrica según la norma para tener más precisión en los resultados, posteriormente en la ilustración Nro. 60 se detallará el proceso del pesaje de materiales.

2) Preparación de los moldes para especificaciones

La preparación de los moldes para los especímenes se hizo de acuerdo a la NORMA NTE INEN 198. Cementos. Determinación de la resistencia a la flexión y a la compresión de morteros. Por lo cual se describe a continuación en la ilustración Nro. 61.

3) Mezclado de la pasta de mortero

El mezclado de la pasta de mortero se hizo de acuerdo a la NORMA NTE 155. Cemento hidráulico. Mezclado mecánico de pastas y morteros de consistencia plástica, donde se describe en la ilustración Nro. 62.

4) Moldeo de los especímenes

El moldeo de los especímenes de dimensiones de 40x40x160 mm, se realizó de acuerdo a la NORMA NTE INEN 488. Cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista, a continuación, en la ilustración Nro. 63 se describe.

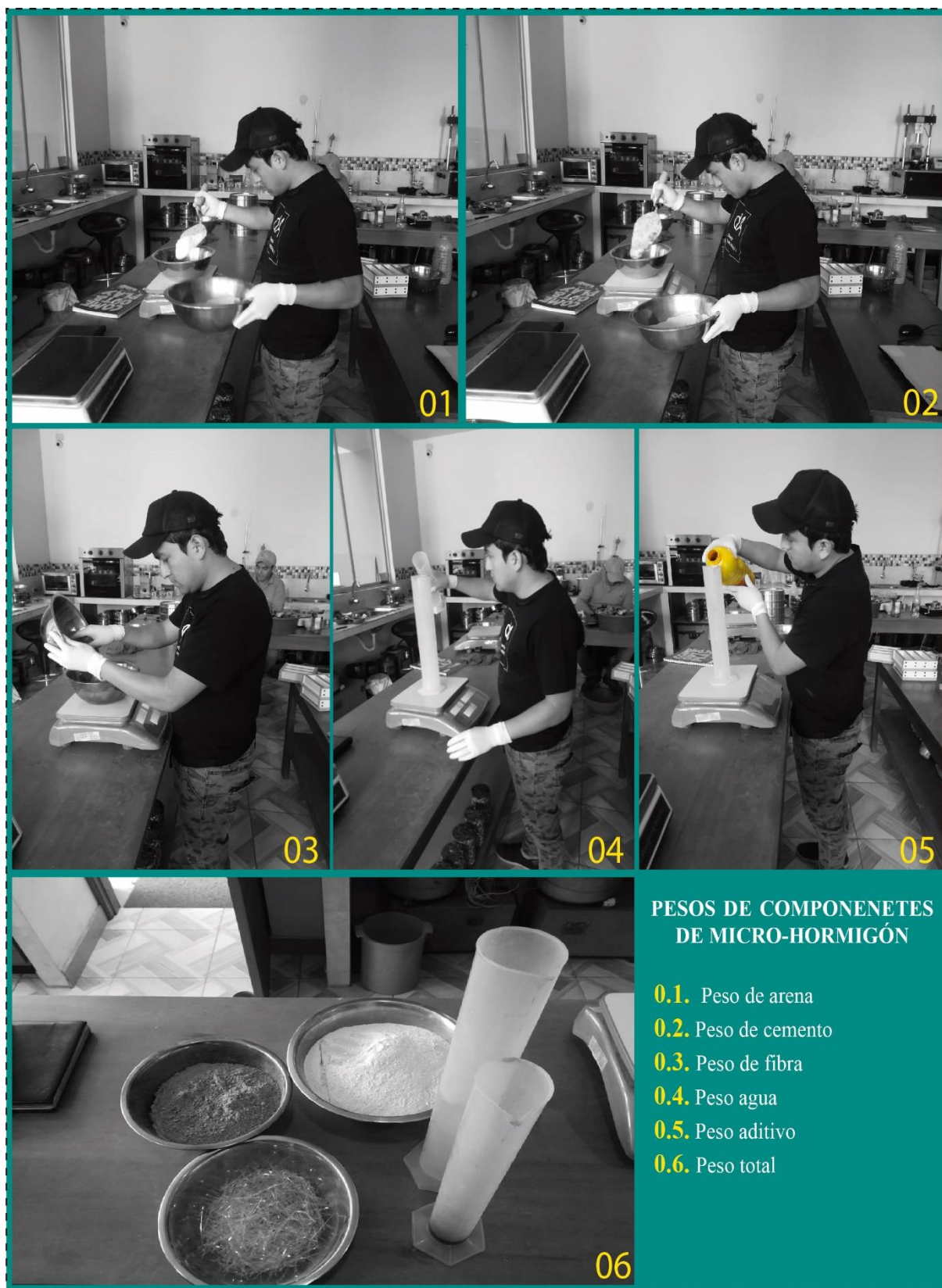
5) Curado de los especímenes.

El curado de los especímenes se hizo de acuerdo a la NORMA NTE INEN 1 576 hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado de obra de especímenes para ensayo, a continuación, se describe en la ilustración Nro. 64.

6) Determinación de la resistencia a la flexión.

La determinación de la resistencia a la flexión se hizo de acuerdo a la NORMA NTE INEN 198. Cementos. Determinación de la resistencia a la flexión y a la compresión de morteros, en la ilustración Nro. 65 se describe.

Ilustración. 56. pesaje de los materiales, componentes de micro-hormigón



Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado por: El autor

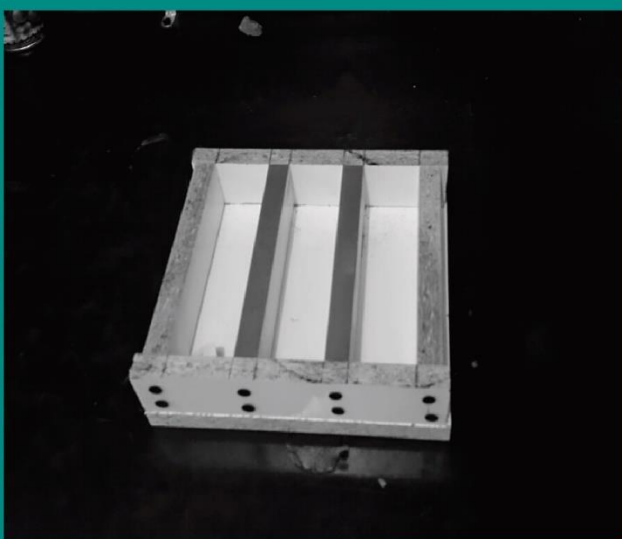
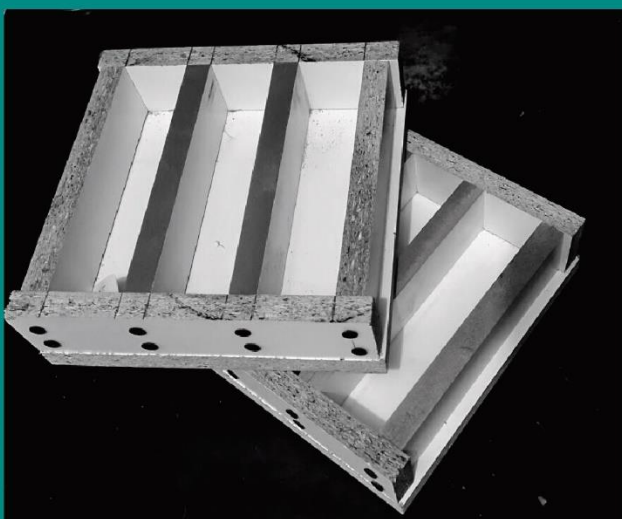
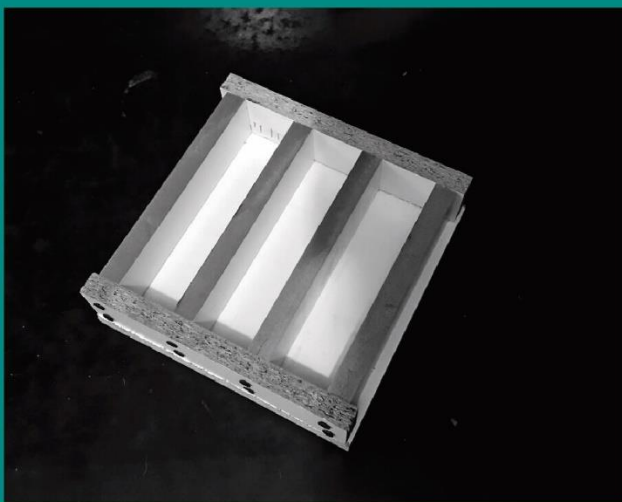
Ilustración. 57. Preparación de los moldes de acuerdo a la norma NTE INEN 198

1) Cubrir ligeramente tanto las superficies de contacto como las caras interiores del molde, con una capa de aceite mineral.

2) Ensamblar del molde y eliminar el exceso de aceite o grasa de las caras interiores y de las superficies superiores e inferiores de cada molde.

3) Colocar los moldes sobre placas planas y no absorbentes que se han cubierto con una capa delgada de aceite mineral vaselina o grasa liviana.

4) Aplicar a las líneas de contacto exteriores de los moldes y a las placas de base, una mezcla de 3 partes de parafina a 5 partes de resina vegetal, en masa, calentando hasta una temperatura entre 110 y 120 grados, para obtener juntas herméticas entre los moldes y las placas base.



Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado por: El autor

Ilustración. 58. Mezclado de la pasta de mortero según norma NTE INEN 155



1) Colocar la paleta y el tazón secos en la mezcladora, en posición de mezclado. 2) Colocar toda el agua de mezclado en el tazón. 3) Añadir el cemento al agua; luego arrancar la mezcladora y mezclar a velocidad baja ($140 \text{ rpm} \pm 5 \text{ rpm}$) por 30 segundos. 4) Añadir la cantidad total de arena lentamente durante un periodo de 30 segundos, mientras se continúa mezclado a velocidad baja. 5) Detener la mezcladora, cambiar a velocidad media ($285 \text{ rpm} \pm 10 \text{ rpm}$) y mezclar por 30 segundos. 6) Detener la mezcladora y dejar el mortero descansar por 90 segundos. Durante los primeros 15 segundos de este intervalo, empujar rápidamente hacia abajo, dentro de la mezcla todo el mortero que pueda haberse adherido a los lados del tazón; luego por el resto de este intervalo cubrir el tazón con la tapa. 7) Terminar el mezclado por 60 segundos a velocidad media ($285 \text{ rpm} \pm 10 \text{ rpm}$). 8) En el caso que requiera un intervalo de remezclado, todo el mortero adherido a los lados del tazón, debe de ser rápidamente empujado hacia abajo dentro de la mezcla con el raspador, previo al remezclado. 9) La adición de la fibra y del aditivo se describen posteriormente en el resumen de cada ensayo. Debido a que no existe un método normalizado dentro de la normativa ecuatoriana para la adición de ambos materiales, se lo realiza de manera intuitiva según el transcurso de la experimentación y desarrollo de cada ensayo.

Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado por: El autor

Ilustración. 59. Moldeo de especímenes según la norma NTE INEN 488



- 1) El llenado de los moldes debe iniciarse dentro de un intervalo de tiempo no mayor de 2 minutos y 30 segundos después de completar el primer mezclado de la amasada del mortero. Los moldes deben llenarse en dos capas.
- 2) Los moldes deben llenarse en dos capas. Colocar una capa de mortero de alrededor de 25mm de espesor (aproximadamente la mitad de la profundidad del molde) en todos los compartimentos cúbicos y apisonar el mortero en cada compartimento cúbicos 32 veces en alrededor de 10 segundos, en rondas, en cada ronda se debe compactar con 8 golpes, en dirección perpendicular a la anterior.
- 3) La presión de compactación debe ser solo la superficie para asegurar un llenado uniforme de los moldes y se deben completar 4 rondas de apisonado del mortero (32 golpes) en un cubo antes de pasar al siguiente.
- 4) Una vez terminada la compactación de la primera capa en todos los compartimientos cúbicos, llenar los compartimientos con el mortero restante y compactar como se ha especificado para la primera capa.
- 5) Durante la compactación de la segunda capa, mediante el compactador y los dedos con las manos enguantadas, colocar nuevamente al interior del mortero que haya rebotado sobre el borde superior de los moldes después de cada ronda de compactación, hasta completar cada una de las rondas y antes de empezar la siguiente ronda de apisonado.
- 6) Al final la compactación retirar con una espátula el mortero que ha rebotado sobre el borde de los moldes y alisar los cubos 1, luego de 24 horas se procede a desmoldar los especímenes.
- 7) Desmolde de muestras para luego ser puestas a curar los días dados por la norma.

Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado: El autor

Ilustración. 60. Proceso de curado de especímenes según la norma NTE INEN 1 576



1) Curado inicial: inmediatamente después del moldeo y terminado, el espécimen debe ser almacenado por un periodo de hasta 48 horas a una temperatura entre 16 y 27 grados, en un ambiente que prevenga la pérdida de humedad de los especímenes. Para mezclas de hormigón con una resistencia especificada de 40 MPA a mayor, la temperatura de curado inicial debe estar entre 20 y 26 grados. Se permite utilizar varios procedimientos capaces de mantener las condiciones de humedad y temperatura especificadas durante el periodo de curado inicial, se debe utilizar un procedimiento apropiado o una combinación de procedimientos. Proteger todos los especímenes de los rayos directos del sol y de cualquier radiación calórica, si se utiliza. La temperatura de almacenamiento debe de ser controlada utilizando dispositivos de calefacción y enfriamiento, según sea necesario. Registrar la temperatura utilizando un termómetro de máximas y mínimas. Si se utilizan moldes de cartón, proteger las superficies exteriores de los moldes de su contacto con paños húmedos o cualquier fuente de agua.

2) Curado final: una vez concluido el curado inicial y dentro de 30 minutos después de remover los especímenes de los moldes, curarlos a una temperatura de $23 \text{ grados} \pm 2 \text{ grados}$, manteniendo todo el tiempo sus superficies con agua libre, utilizando tanques de almacenamiento o cámaras de curado, que cumplan con los requisitos de la NTE INEN 2 528.

Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado: El autor

Ilustración. 61. Determinación de resistencia a flexión según la norma NTE INEN 198



- 1) Ensayar prismas inmediatamente después de sacarlos de la cámara de curado húmedo en el caso de los especímenes de 24 horas o el agua del tanque de almacenamiento en todos los otros prismas.
- 2) Si se saca de la cámara de curado húmedo más de un prisma, a la vez, para los ensayos a las 24 horas, deben mantenerse cubiertos con plástico impermeable hasta el momento del ensayo.
- 3) Si se saca del agua del tanque de almacenamiento más de un prisma, a la vez para ensayarlos, deben mantenerse de agua a una temperatura de 23 ± 2 grados a una profundidad suficiente para que cubra completamente los prismas hasta el momento del ensayo.
- 4) Todos los prismas correspondientes a determinada edad de ensayo deben ensayarse dentro de la tolerancia permisible de tiempo según la norma.
- 5) Secar la superficie de cada prisma con un paño ligeramente húmedo u eliminar los granos sueltos de arena u otras incrustaciones de aquellas caras que estarán en contacto con los puntos de soporte y aplicación de la carga.
- 6) Revisar las caras pasando una regla: si hay una curvatura apreciable se lijan las caras hasta obtener superficies planas o se desecha el prisma.
- 7) Colocar el prisma en el apartado de ensayo de resistencia a la flexión con una cara lateral del moldeo sobre los cilindros de apoyo y con su eje longitudinal perpendicular a estos apoyos.
- 8) Aplicar la carga verticalmente, colocando el cilindro de carga sobre la cara lateral opuesta del prisma, en un punto equidistante a los puntos de apoyo y aumentando progresivamente a una velocidad de 50 ± 10 n/s hasta la rotura.
- 9) Registrar la carga de rotura (pf) y conservar húmedos los trozos resultantes del ensayo de flexión hasta el momento de ensayarlos a compresión después de máximo 10 minutos para los prismas ensayados a horas de 20 minutos para las otras edades.

Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado: El auto

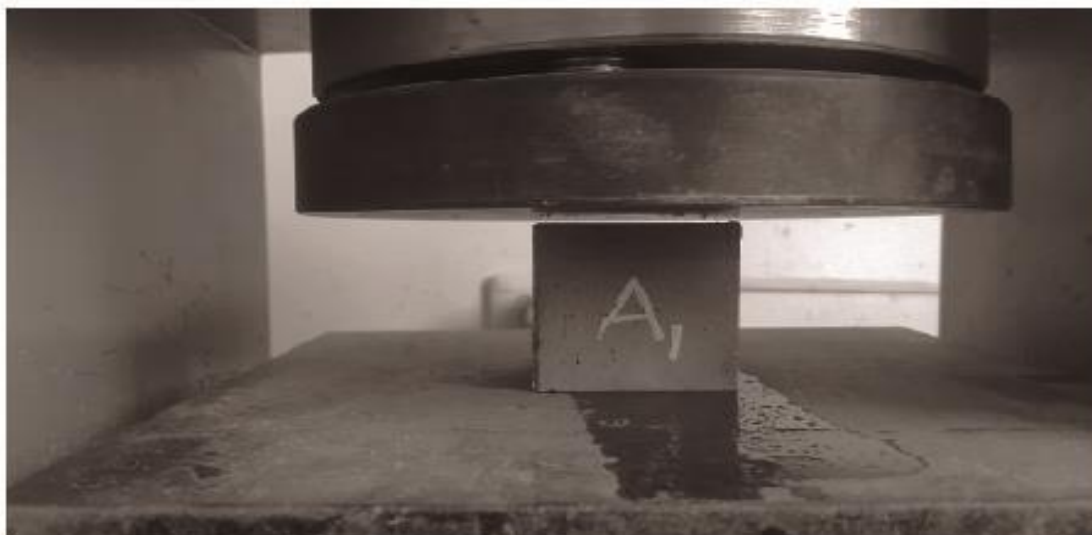
4.7.Aspectos importantes previos a la realización de ensayos de resistencia a compresión y flexión.

- El proceso de realización de los ensayos mecánicos se describe de acuerdo a la norma NTE INEN 488. De la misma manera estos ensayos fueron realizados en el laboratorio GEOCONS - (Geotecnia & constructora) ubicado al norte de la ciudad de Loja.
- Los especímenes se realizarán en base a las mezclas optimas encontradas en los ensayos anteriores, dichas dosificaciones establecidas servirán para realizar los especímenes a compresión y flexión.
- Dentro de cada ensayo realizado se elaborarán 3 especímenes de micro hormigón convencional a los cuales se los denominarán con la letra X y 9 de micro – hormigón con fibra PET, a los cuales se los denominara con las letras A-B-C, el proceso consistió en elaborar un compuesto con un volumen proporcional a 15 especímenes. Antes de añadir la fibra se moldearon los 3 especímenes y posteriormente, se añadió la fibra de plástico PET al compuesto y se moldearon 9 especímenes restantes.
- Por último, en cada periodo de edad, es decir a los 7, 14, 28 días, se ensayarán 3 especímenes de mezcla reforzado con fibra y 1 espécimen elaborado de mezcla sin fibra, mediante esto se conocerá las variaciones de resistencia entre una mezcla convencional y una reforzada con fibras de plástico PET.

4.7.1. Ensayos de resistencia a compresión y flexión

Ilustración. 62. Ensayos a compresión y flexión

-) COMPRESIÓN



-) FLEXIÓN



Fuente: Norma técnica ecuatoriana, NTE INEN

Elaborado: El autor

4.7.1.1. Ensayo Nro. 1 (compresión – 1% PET)

- Objetivo del ensayo**

El objetivo es someter a ensayos de resistencia a compresión a los especímenes de 50mm de arista, los cuales se ensayarán a los 7, 14 y 28 días, con la finalidad de determinar si la mezcla con agrado del 1% de fibra PET, con la cual fueron elaborados estos especímenes, cumple con las resistencias de 240 kg/cm² a los 28 días.

- Equipos y herramientas**

- Balanza digital
- Flexómetro o calibrador
- Prensa hidráulica para ensayos a compresión

- Materiales**

- Especímenes cúbicos de 50mm de arista

- Dosificación de mezcla con fibra PET para un volumen de 15 especímenes**

Dosificación de materiales para un volumen de 15 especímenes					
Materiales	Volumen = 1m ³	Volumen = 0.001875 m ³	Peso específico (kg/m ³)	Masa (kg)	Masa (Gr)
Cemento	0.203	0.00038	3080,00	1.1704	1170.4
Arena	0.573	0.00107	2550,00	2.7285	2728.5
Agua	0.336	0.00063	1000,00	0,63	630
Fibra 1%					45.29
Plastificante 2 %					23.41
total					4597.6

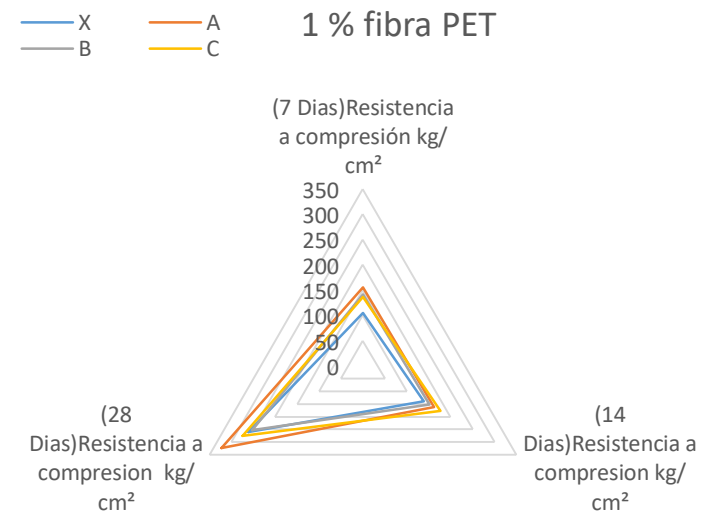
- Resultados de ensayos a compresión con el 1% de fibra PET**

Resultados de los ensayo de resistencias mecánicas (1% de fibra PET)								
Ensayo a compresión (7 días – 1 % Fibra PET)								
Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Especimen	Dosificación				Relación a/c	Resistencia Kg/cm ²
			Cemento	Arena	Fibra %	Aditivo %		
Junio - 02 -2018	Junio – 09 - 2018	x	1	2	0	2.5	0.55	105
Junio - 02 -2018	Junio – 09 - 2018	a	1	2	1	2.5	0.55	155
Junio - 02 -2018	Junio – 09 - 2018	b	1	2	1	2.5	0.55	141
Junio - 02 -2018	Junio – 09 - 2018	c	1	2	1	2.5	0.55	137
Ensayo a compresión (14 días – 1 % Fibra PET)								
Junio - 02 -2018	junio –16 -2018	x	1	2	0	2.5	0.55	139
Junio - 02 -2018	junio –16 -2018	a	1	2	1	2.5	0.55	162
Junio - 02 -2018	junio –16 -2018	b	1	2	1	2.5	0.55	152
Junio - 02 -2018	junio –16 -2018	c	1	2	1	2.5	0.55	177
Ensayo a compresión (28 días – 1 % Fibra PET)								
Junio - 02 -2018	junio –30 -2018	x	1	2	0	2.5	0.55	261
Junio - 02 -2018	junio –30 -2018	a	1	2	1	2.5	0.55	323
Junio - 02 -2018	junio –30 -2018	b	1	2	1	2.5	0.55	252
Junio - 02 -2018	junio –30 -2018	c	1	2	1	2.5	0.55	275

- **Conclusión del ensayo**

En este ensayo de resistencia de especímenes a compresión con agredo del 1% de fibra PET, se pudo comprobar que a los 28 días de edad los especímenes reforzados con fibra de plástico PET (28A – 28C) presentaron un aumento de resistencia a la compresión frente al espécimen de micro-hormigón convencional (28X), excepto el espécimen (28B) como se puede observar en la gráfica está por debajo del valor de 240 kg/cm² que es el valor que debe cumplir, según Rivera (2016) una de razones más comunes por el cual no llega a la resistencia que se sugiere, es por la proceso de mezclado, ya que no se distribuyó de una manera uniforme los componentes del micro-hormigón.

Muestras	(7 Días) compresión kg/ cm ²	(14 Días) compresión kg/ cm ²	(28 Días) compresión kg/ cm ²
X	105	139	261
A	155	162	323
B	141	152	252
C	137	177	275



4.7.1.2. Ensayo Nro. 2 (compresión – 2.21%)

- **Objetivo del ensayo**

El objetivo es realizar de acuerdo a la norma, los ensayos de resistencia a de los especímenes de 50mm de arista, de la misma manera se ensayarán a los 7, 14 y 28 días, con la finalidad de determinar si la mezcla con agrado del 2.21 % de fibra PET, con la cual fueron elaborados estos especímenes, cumple con las resistencias de 240 kg/cm² a los 28 días.

- **Equipos y herramientas**

- Balanza digital
- Flexómetro o calibrador
- Prensa hidráulica para ensayos a compresión

- **Materiales**

- Especímenes cúbicos de 50mm de arista

- **Dosificación de mezcla con fibra PET para un volumen de 15 especímenes**

Dosificación de materiales para un volumen de 15 especímenes					
Materiales	Volumen = 1m ³	Volumen = 0.001875 m ³	Peso específico (kg/m ³)	Masa (kg)	Masa (Gr)
Cemento	0.203	0.00038	3080,00	1.1704	1170.4
Arena	0.573	0.00107	2550,00	2.7285	2728.5
Agua	0.336	0.00063	1000,00	0,63	630
Fibra 2.21%					99.88
Plastificante 2 %					23.41
total					4597.6

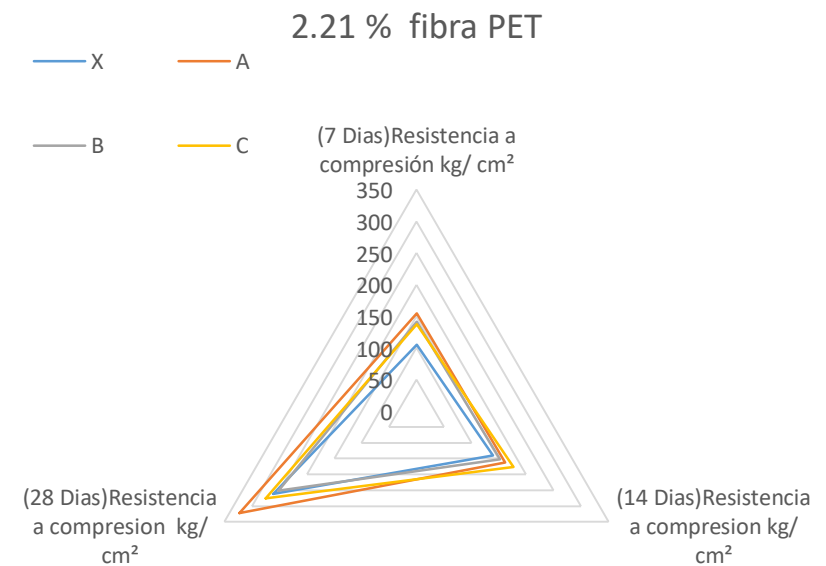
- **Resultados de ensayos a compresión con el 2.21% de fibra PET**

Resultados de los ensayo de resistencias mecánicas (2.21% de fibra PET)								
Ensayo a compresión (7 días – 2.21 % Fibra PET)								
Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Especímen	Dosificación				Relación a/c	Resistencia Kg/cm ²
			Cemento	Arena	Fibra%	Aditivo%		
Junio - 07 - 2018	Junio - 14 - 2018	x	1	2	0	2	0.55	105
Junio - 07 - 2018	Junio - 14 - 2018	a	1	2	2.21	2	0.55	132
Junio - 07 - 2018	Junio - 14 - 2018	b	1	2	2.21	2	0.55	114
Junio - 07 - 2018	Junio - 14 - 2018	c	1	2	2.21	2	0.55	114
Ensayo a compresión (14 días – 2.21 % Fibra PET)								
Junio - 07 - 2018	Junio - 20 - 2018	x	1	2	0	2	0.55	109
Junio - 07 - 2018	Junio - 20 - 2018	a	1	2	2.21	2	0.55	162
Junio - 07 - 2018	Junio - 20 - 2018	b	1	2	2.21	2	0.55	126
Junio - 07 - 2018	Junio - 20 - 2018	c	1	2	2.21	2	0.55	151
Ensayo a compresión (28 días – 2.21 % Fibra PET)								
Junio - 07 - 2018	Julio - 04 - 2018	x	1	2	0	2	0.55	242
Junio - 07 - 2018	Julio - 04 - 2018	a	1	2	2.21	2	0.55	262
Junio - 07 - 2018	Julio - 04 - 2018	b	1	2	2.21	2	0.55	172
Junio - 07 - 2018	Julio - 04 - 2018	c	1	2	2.21	2	0.55	276

- **conclusiones del ensayo**

En este ensayo se puede determinar el aumento de resistencia de los especímenes a los 28 días (28A - 28B – 28C) con agregado de fibra PET en un 2.21%, frente al espécimen de control (28X) el cual, si cumple con la resistencia adecuada, dando como resultado una resistencia de 257 kg/cm², en efecto los especímenes con agrado de fibra PET es evidente que están sobre la resistencia que se quiere adquirir, esto debido a la correcta dosificación de los componentes del micro-hormigón y la correcta mezcla en base a las normativas.

Muestras	(7 Días) compresión kg/ cm ²	(14 Días) compresión kg/ cm ²	(28 Días) compresión kg/ cm ²
X	105	109	243
A	132	162	262
B	114	126	172
C	114	151	276



4.7.1.3. Ensayo Nro. 3 -----(flexión –

2.21% PET)

• Objetivo del ensayo

El objetivo es realizar los ensayos a flexión de los especímenes de 40mm*40mm*160mm de acuerdo a la norma, igualmente se someterán a ensayo de acuerdo a la norma, la cual menciona que se deben ensayar a los 7, 14 y 28 días, con la finalidad de determinar si la mezcla con agrado del 2.21 % de fibra PET, con la cual fueron elaborados estos especímenes cumple con las resistencias a flexión, frente a los especímenes de control (X).

• Equipos y herramientas

- Balanza digital
- Flexómetro o calibrador
- Prensa hidráulica para ensayos a compresión

• Materiales

- Especímenes de 40mm x 40mm x 160mm de arista.

• Dosificación de mezcla con fibra PET para un volumen de 15 especímenes

Dosificación de materiales para un volumen de 12 especímenes					
Materiales	Volumen = 1m ³	Volumen = 0.00384 m ³	Peso específico (kg/m ³)	Masa (kg)	Masa (Gr)
Cemento	0.203	0.00078	3080,00	1.4476	1447.6
Arena	0.573	0.00132	2550,00	3.366	3366
Agua	0.336	0.00077	1000,00	0,77	770
Fibra 2.21%					55.84
Plastificante 2 %					28.95
total					5971.392

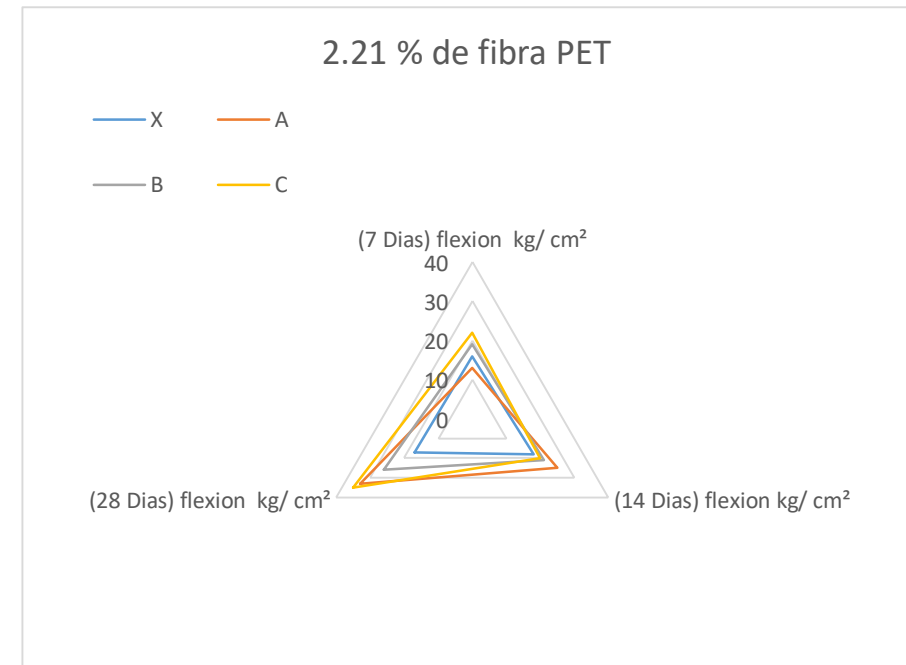
• Resultados de ensayos a flexión con el 1% de fibra PET

Resultados de los ensayo de resistencias mecánicas (2.21% de fibra PET)								
Ensayo a flexión (7 días – 2.21 % Fibra PET)								
Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Especímen	Dosificación				Relación a/c	Resistencia Kg/cm2
			Cemento	Arena	Fibra%	Aditivo%		
Junio - 12 - 2018	Junio - 19 - 2018	x	1	2	0	2	0.55	8.14
Junio - 12 - 2018	Junio - 19 - 2018	a	1	2	2.21	2	0.55	10.87
Junio - 12 - 2018	Junio - 19 - 2018	b	1	2	2.21	2	0.55	12.52
Junio - 12 - 2018	Junio - 19 - 2018	c	1	2	2.21	2	0.55	9.22
Ensayo a flexión (14 días – 2.21 % Fibra PET)								
Junio - 12 - 2018	Junio - 19 - 2018	x	1	2	0	2	0.55	6.25
Junio - 12 - 2018	Junio - 19 - 2018	a	1	2	2.21	2	0.55	17.83
Junio - 12 - 2018	Junio - 19 - 2018	b	1	2	2.21	2	0.55	16.45
Junio - 12 - 2018	Junio - 19 - 2018	c	1	2	2.21	2	0.55	16.05
Ensayo a flexión (28 días – 2.21 % Fibra PET)								
Junio - 12 - 2018	Julio - 10 - 2018	x	1	2	0	2	0.55	6.25
Junio - 12 - 2018	Julio - 10 - 2018	a	1	2	2.21	2	0.55	30.40
Junio - 12 - 2018	Julio - 10 - 2018	b	1	2	2.21	2	0.55	24.13
Junio - 12 - 2018	Julio - 10 - 2018	c	1	2	2.21	2	0.55	26.74

- **Conclusiones del ensayo**

En este ensayo se determina, que los especímenes de micro-hormigón convencional, están por debajo del valor a la resistencia a los 28 días, teniendo un valor muy débil en cuanto a la flexión, sin embargo, los especímenes con agregado de fibra 2.21% de plástico PET, se obtienen resultados favorables en comparación con los especímenes de control X, de modo que se calificó a la dosificación utilizada en este ensayo como la ideal, debido a que cumplió con todo los parámetros establecidos anteriormente, con lo cual se da paso a la fabricación del panel propuesto.

Muestras	(7 Dias) flexion kg/ cm ²	(14 Dias) flexion kg/ cm ²	(28 Dias) flexion kg/ cm ²
X	16	18	17
A	13	25	33
B	19	21	26
C	22	20	35



4.7.2. Discusión de resultados

En el presente apartado se realizará el análisis y discusión de resultados tanto de las mezclas obtenidas como de los ensayos mecánicos realizados (flexión y compresión) a los especímenes de acuerdo a la norma NTE INEN, por tanto, se constatará los resultados obtenidos con la parte bibliográfica (estado del arte) y con normativas de las cuales nos basamos para realizar la experimentación.

4.7.2.1. Mezclas

- Como primer punto, se obtiene el resultado de una dosificación que sirve para realizar la mezcla base, esta mezcla dio como resultado la proporción 1;2;0.55, es decir 1 de cemento y 2 de arena, con una relación de agua/cemento (a/c) de 0.55, sin embargo, Borg et al. (2016) señala que la relación a/c en una matriz cementicia donde se va aplicar fibra PET, puede variar de 0.35 a 0.55, dependiendo de los aditivos aplicados a la mezcla y la dimensión de la fibra.
- Por tanto, la razón por la cual se determinó una relación a/c de 0.55 es por las dimensiones de las fibras PET adicionadas a la mezcla, ya que se debe tener como resultado una mezcla de consistencia plástica y trabajable, dado que, en el estudio realizado por Kim (2014) manifiesta que se obtienen mejor trabajabilidad de las mezclas con una fluidez de 100 a 120%, por ende, nos daría como resultado una consistencia plástica, la cual proporciona buenas características, tanto mecánicas como físicas del micro-hormigón.
- Una vez obtenido el resultado de la mezcla base, se obtiene el segundo resultado de mezcla que es la experimentación con porcentaje de adición de 3% de fibra PET, por lo que se obtuvo una mezcla de nula trabajabilidad, dando como resultado una mezcla de consistencia seca, por lo que se dedujo que la adición de fibra PET es excesiva y, por lo

tanto, se comprobó que con este tipo y dimensiones de fibra PET no se obtiene una mezcla trabajable.

- No obstante, este resultado es contrario a las afirmaciones que señalan Baldenebro et al. (2014), donde mencionan que se puede obtener mezclas trabajables, adicionando hasta 4% de fibras PET cortas con longitudes no mayor a los 50mm, sin embargo, las resistencias mecánicas serían bajas y además se tendrían complicaciones en el momento de ser moldeado. De esta manera se obtuvo una idea clara para poder adicionar fibra a las posteriores experimentaciones de las mezclas.
- Finalmente se logró conseguir una mezcla con resultados de adición de fibra PET en un máximo de 2.21%, la cual cumple con una consistencia plástica, dando un resultado de fluidez de la mezcla de 112%, la cual se determina mediante la mesa de flujo descrita por la norma NTE INEN 2 502:2009.
- Por otra parte, este valor de fluidez se encuentra dentro de las recomendaciones para fluidez de micro-hormigón dada en el libro de Gerardo Rivera (2013) *concreto simple*. de la misma manera, la geometría de la fibra toma gran importancia ya que no tiene efectos negativos en la trabajabilidad de la mezcla, como lo manifiesta Kim (2013) donde señalan que la fibra con una geometría de hendidura en los extremos, afectaría negativamente en la trabajabilidad de la mezcla, sin embargo, se obtienen grandes ventajas en cuanto a las resistencias mecánicas.

4.7.2.2. Ensayos mecánicos (compresión)

La discusión de resultados en cuanto a los 24 especímenes sometidos a resistencia a compresión, se realizará entre el grupo de especímenes de control (son los elaborados de micro-hormigón sin agregado de fibra PET, representados con la letra X), con los especímenes variables (contienen fibra PET, representados con las letras A, B, C), así mismo los resultados se constarán con la parte bibliográfica descrita en el estado del arte.

Por otra parte, cabe mencionar que los especímenes variables ensayados son elaborados con dos porcentajes de fibra PET, con el 1% y el 2.21%, esto se determinó en base al estudio que se realizó de las mezclas, en donde se obtuvo el resultado de estos dos porcentajes de fibra PET como los más óptimos para realizar los especímenes.

Por último, es necesario aclarar que se realizará la discusión de los resultados obtenidos a los 28 días de cada grupo, ya que según Rivera (2013), es donde el hormigón o micro-hormigón llega a obtener su resistencia optima con el cual fue diseñado.

- El primer ensayo se realizó con especímenes elaborados con el 1 % de fibras PET, en base los ensayos anteriores, se observa que el espécimen de control (X) cumple con la resistencia de 240 kg/cm² con el cual fue diseñada, en este caso sobrepasa este valor dando como resultado 261 kg/cm², así mismo los especímenes A, B y C con agregado de fibra PET tienen un elevado valor de resistencia con respecto al espécimen X, teniendo un aumento de resistencia en un 13%, 5.6 % y 7.8% respectivamente.
- Por otro lado, se puede constatar que la adición de 1% fibra PET con relación de a/c/ de 0.55 se puede obtener resultados óptimos de resistencia a compresión, ya que de igual manera se logra obtener resultados superiores a los obtenidos por Baldenebro et al, (2014), el cual logra una resistencia de 211 kg/cm² con adición de 1% de fibra.

- Por lo tanto, se puede decir que las dimensiones y la geometría de la fibra PET tiene efectos positivos en las resistencias a compresión, por lo que se puede constatar con Marthog & Deba (2015), donde señala que las fibras PET, tienen como finalidad incrementar la adherencia y resistencia al micro-hormigón, de esta manera la fibra PET se consideraría optima en la aplicación de matrices cementicias.
- Por ultimo obtenemos resultados de los especímenes elaborados con el 2.21 % de fibra PET frente a los especímenes de micro-hormigón sin fibra, por lo cual los resultados se mostraron en el apartado anterior, donde se puede observar, el claro incremento de resistencia en todos los especímenes, incluyendo el espécimen de control (X), los cuales sobrepasan el valor de 240 kg/cm², que es la resistencia con la que fueron diseñados.
- Como se puede observar el espécimen C es el que mayor resistencia proporciona con un incremento del 22.9 %, seguido del espécimen A con un 17.9 % con respecto al espécimen de control (X), el cual tienen un resultado de 243 kg/cm².
- Sin embargo, esto no es el caso del espécimen B, el cual está por debajo de la resistencia requerida que es de 240 kg/cm², dando como resultado un valor de 172 kg/cm², puesto que no cumple con lo descrito en la norma NTE INEN 120, donde señala que, la resistencia de un espécimen ensayado a los 28 días no debe ser menor a la resistencia con el cual es diseñado en principio, que en este caso debería ser igual o mayor a 240 kg/cm².
- De esta manera los resultados obtenidos se los pueden constatar con la norma NTE INEN 120, la cual señala que los especímenes ensayados a los 28 días, tienen que proporcionar igual o mayor la resistencia con la cuales fueron diseñados, en este caso deber ser igual o superior a 240 kg/cm², lo cual es palpable en los resultados obtenidos, y por ende se puede afirmar que cumplen con estas especificaciones dadas por la norma.

- Por otro lado, se determina que la adición de fibra PET de 2.21%, es favorable ya que se logra incrementar mayor cantidad de fibra, obteniendo resultados superiores a los 240 kg/cm², así como en la investigación de Ochi (2013) donde de igual manera, obtiene un resultado de resistencia a compresión alto de 348 kg/cm² pero sin embargo solo logra incrementar 1.5% de fibra PET
- Con respecto a las fracturas de los especímenes elaborados con el 2.21% de adición fibra PET, y los especímenes de control (X) se presentaron fallas por explosión y ensanchamiento, el espécimen de control (X) en este caso se destruyó en su totalidad como se puede ver en el anexo Nro. 5 pero sin embargo este cumple con las resistencias adquiridas, debido a que según Gerardo Rivera (2013), en su libro concreto simple, señala que un micro-hormigón alcanza sus características de resistencia, gracias a la correcta elección del agregado fino y su adecuada dosificación de sus componentes.
- Por último, los especímenes reforzados con fibra PET, se observa que en los tres especímenes (A, B, C) presentan falla por ensanchamiento, pero en este caso no se desprende el micro-hormigón como en el caso del espécimen de control (X), por lo que las fibras PET logran tener una adherencia positiva en el micro hormigón, ya que según Irwan (2013) señala que la función principal de la fibra es afrontar a las características de adherencia y resistencia, proporcionando resultados positivos, los cuales dependen en gran medida de la geometría y dimensiones de la fibra.
- Para finalizar, cabe mencionar que las resistencias van aumentando gradualmente con el tiempo, el espécimen de control (X) a los 7 días se obtiene un resultado de 105 kg/cm², a los 14 días se tiene 109 kg/cm² y por último se obtiene un valor 243 kg/cm² a los 28 días, y así se obtienen estos valores con los demás especímenes cumpliendo con la norma NTE INEN.

4.7.2.3. Ensayos mecánicos (flexión)

De la misma manera se realiza esta discusión entre los grupos de control (especímenes elaborados de micro-hormigón sin agregado de fibra PET, representados con la letra X) y de variables (especímenes que contienen fibra PET, representados con las letras A, B, C), los cuales se constataran con las normas NTE INEN 198.

Así mismo en base al resultado de las mezclas con adición de la fibra PET anteriormente obtenidos, se determinó que con el 1% y 2.21% se obtienen mezclas trabajables y eficaces que están dentro de las especificaciones de las normativas, es por eso que se realizarán especímenes con estos dos tipos de mezcla, para poder determinar sus características en cuanto a la resistencia a flexión a los 7, 14, y 28 días, donde en este caso solo se realizar la discusión de resultados a los 28 días.

- Como primeros resultados a flexión se obtienen los descritos en el apartado anterior. Donde es claro identificar el aumento de resistencia a flexión por parte de los especímenes con fibra de plástico PET al 1%, de los cuales el que predomina es el espécimen C con 17.91 kg/cm² seguido del espécimen B con 12.25 kg/cm² y por último el espécimen A con un valor de 11.24 kg/cm², frente al espécimen sin reforzamiento de fibra PET el cual tiene un valor de 8.64 kg/cm².
- Por tanto, se determina un incremento de resistencia de un porcentaje 12% a 17%, en relación al espécimen de control (X) que es de 6.2 kg/cm². Por lo cual se puede constatar con lo que menciona Pelisser et al. (2013), de que las fibras presentan aumentos de resistencia a flexión en relación a especímenes sin fibra, así mismo, señalan que entre más adición de fibra mayor resistencia a flexión se obtendrá.

- Por otro lado, los resultados obtenidos en este ensayo, no cumplen con la norma NTE INEN 198, la cual menciona que los especímenes prismáticos ensayados a flexión deben estar sobre o igual al valor de 5.0 Mpa, que equivale a 50.9 kg/cm².
- Por ultimo las fallas de los especímenes prismáticas se presentan en el punto medio donde se aplica la carga. Los especímenes de control (X) sin fibra PET al ser sometidos a la carga se rompen fácilmente dividiéndose en dos partes como se observa en el anexo Nro.6, sin embargo, los especímenes reforzados con fibra PET, al ser sometidos a una fuerza a flexión, se deforma en su parte medio inferior pero no se llega a romper en su totalidad, ya que la fibra PET trabaja como resistencia a este esfuerzo.
- Los resultados obtenidos en este ensayo con especímenes elaborados de micro-hormigón con una adición de 2.21 % fibra de plástico tipo PET, se detallan en el apartado. Donde es evidente el alto aumento de resistencia que los especímenes reforzados con fibra PET presentan, frente al espécimen de control (X) el cual presenta un valor de resistencia de 6.25 kg/cm², estando por debajo de los demás especímenes con fibra PET, de los cuales el que predomina en este caso es el espécimen A con un valor de 30.40 kg/cm² seguido del C con 26.74 kg/cm² y el espécimen B con un valor de 24.13 kg/cm².
- De esta manera existe un incremento de 18% a 23% de resistencia a flexión con respecto al espécimen de control, por lo que, de igual manera se puede constatar con lo que señala Pelisser et al. (2013), que las fibras al ser aplicadas al micro-hormigón presentan un incremento mayor de resistencia a flexión a medida que se aumenta el volumen de fibra PET, frente a un micro-hormigón convencional.
- Por el contrario, esta realidad no es igual en el estudio de Baldenebro (2014) el cual señala una reducción de resistencia a flexión, adicionando mayor cantidad de fibra, por lo que recomienda agregar fibras máximo hasta 1% en base al peso total de la mezcla.

- Finalmente, los resultados de los especímenes reforzados con fibras PET cumplen con la norma NTE INEN 198, ya que están sobre el resultado que la norma lo requiere el cual es de 50.9 kg/cm². La misma que señala que deben cumplir con esta norma para obtener resistencias optimas tanto físicas como mecánicas, sin embargo, el especimen de control (X) no cumple con estas especificaciones, de esta manera proporciona una resistencia no recomendable.

CAPITULO V

5. Diseño, elaboración y experimentación del panel de micro-hormigón con fibras de plástico PET.

Tras las experimentaciones de diferentes tipos de mezclas con agregado de fibra PET, así como resultados obtenidos en pruebas de laboratorio, el objetivo de esta etapa consiste en elaborar un panel que cuente con un mayor control de dichos procesos, con el fin de optimizar el desarrollo del mismo.

5.1.Diseño del panel

Se considera dos aspectos fundamentales en el diseño del elemento. Primero, el peso de la placa y segundo las dimensiones que deben estar relacionadas con el peso, ya que como un material prefabricado se busca que sea un elemento liviano, por lo tanto, para que tenga esta característica debe tener en cuenta la capacidad de ser manipulado por uno o máximo por dos operarios, es decir, al momento del montaje no se requiera de muchos implementos para trasladarlo del lugar de almacenamiento a su destino final de la obra.

5.1.1. Modulación del panel

Para determinar las medidas del panel, se debe tener en cuenta que función va a cumplir el elemento prefabricado, por lo cual se debe de considerar lo siguiente.

- Que sea múltiplo de 30cm por cada lado (modulo flexible según norma INEN para la concepción de espacios funcionales)
- Optimización de materiales.
- Manejabilidad tanto desde el punto de vista de peso y montaje

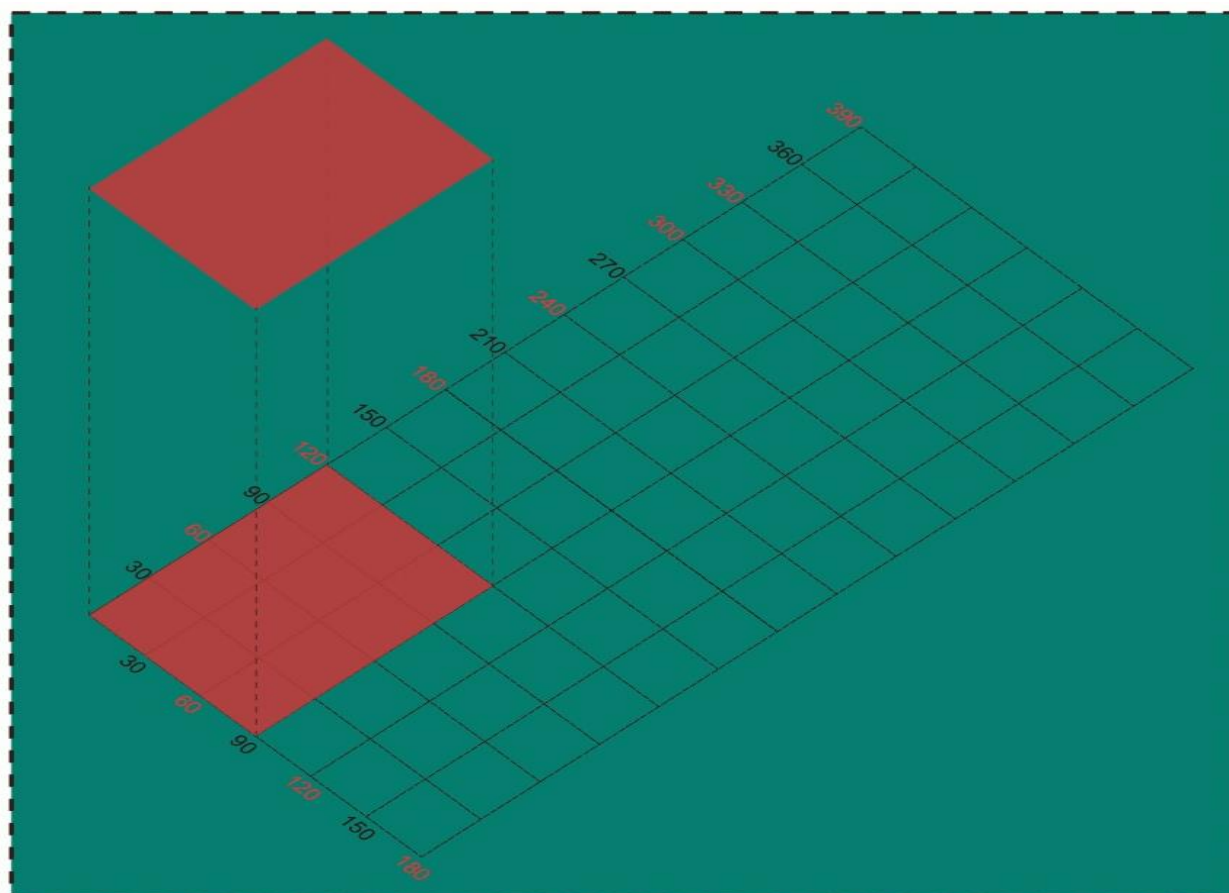
Realizado este enfoque y en base a las dimensiones de los planes analizados en el capítulo 3, se determinó la unidad de medida modular para ser empleada en esta investigación, la cual es de 0.90 cm, que corresponde al ancho del panel, así mismo esta medida da la posibilidad de

ser utilizada en submódulos o múltiplos de 30cm, 60cm, 45cm, según los requerimientos de cada proyecto arquitectónico.

En cuanto a lo alto del panel se tomó en cuenta la medida usual que suele ser utilizada en la distancia libre de piso a techo de una vivienda, es decir 2.40 m de altura, por lo cual se creyó más conveniente adoptar la medida para el panel propuesto de 1.20m de altura, con la finalidad de optimizar al máximo este panel entero, sin descartar obviamente la posibilidad de utilizarse en recortes.

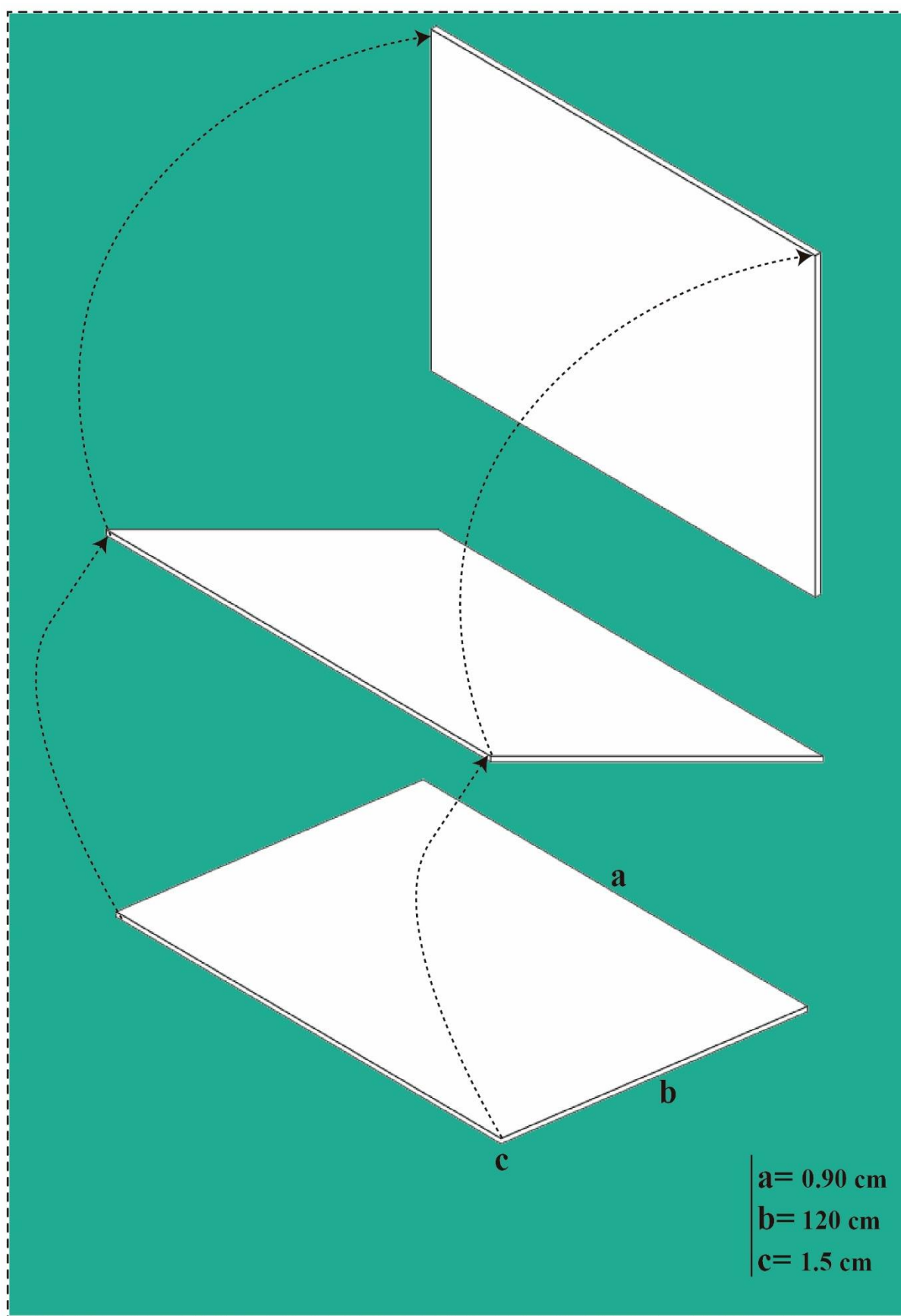
Finalmente, el espesor del panel será de 1.5 cm debido a que, se proyecta a que sea un elemento fácil de manejar y transportar, así como en la reducción de material en la tabiquería de la vivienda, con la finalidad de reducir costos en mampostería.

Ilustración. 63. Matriz para modulación en múltiplos de 30cm



Fuente: Dominguez, 2016

Elaborado por: el autor.

Ilustración. 64. dimensiones del panel propuesto

Elaborado: el autor

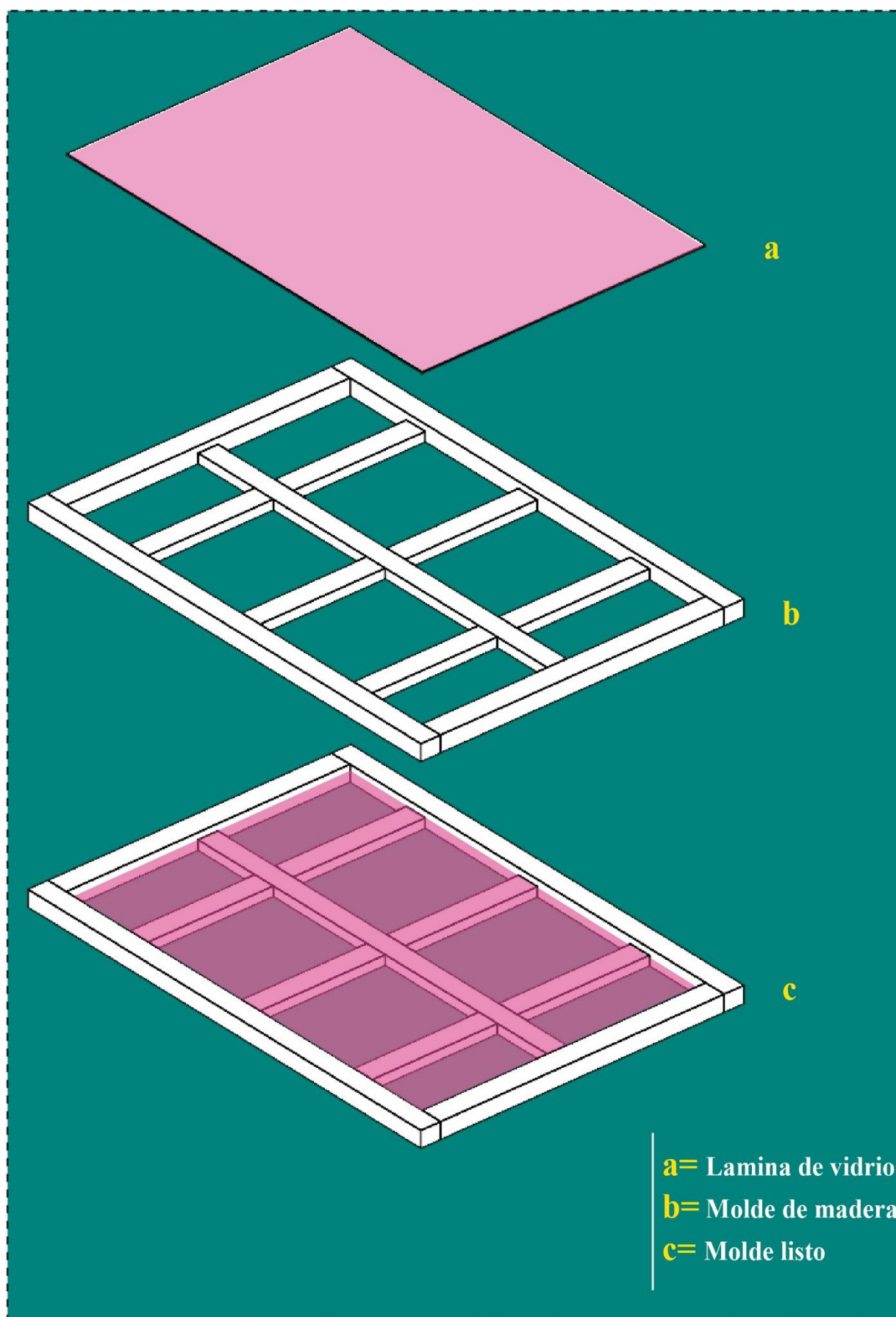
5.1.2. Molde del panel.

Se diseñó un molde que debía otorgar forma al panel propuesto, el molde que se diseñará será pensado para tener un fácil desmoldamiento, el diseño consiste en realizar primero un marco de madera de forma rectangular, este se lo realizará con tiras de madera, el cual tendrá dimensiones de 1.20m x 0.90cm desde el interior, reforzada en su interior a cada tercio del lado de 1.20 y al medio del lado de 0.90m, con listones de madera.

La función de estos listones de refuerzos también será de servir de apoyo a una base, la cual consistió en un vidrio de 1.20m x 0.90cm, sobre el cual se fundirá la mezcla de micro-hormigón con fibras PET, con el objetivo que el vidrio sirva para obtener una textura lisa y regular. Para el espesor de 1.5 cm del panel, se sumó el total de las alturas de la estructura de madera más la base de vidrio, y se procuró que las caras abatibles perpendiculares a la base principal superen 1.5 cm la altura del conjunto mencionado, de esta manera se obtendrá el espesor requerido.

De esta manera se prepara el molde, como paso preliminar a la fundición del panel, se ubica la lámina de vidrio, la cual es asegura y se sella en las juntas producidas entre ambos elementos del molde, con silicón ABRO 1200, el cual también evitara la formación de fugas de agua constituyente de la mezcla.

Ilustración. 65. Armado de molde



Elaborado: el autor

Ilustración. 66. Preparación del molde

Elaborado: el autor

5.2. Elaboración del panel de micro-hormigón con fibras de plástico reciclado tipo PET

La fabricación del panel de micro-hormigón se realizará con la dosificación de adición de fibra PET de un 2.21% y el 2% de aditivo SIKA, la cual se determinó en el apartado anterior como la más óptima para la fabricación de este panel, ya que presento mejores características mecánicas. Por otra parte, se debe señalar que se aumentó un 10% más a las cantidades totales obtenidas debido a que en ensayos previos se constató que por más que se dosifique para un volumen específico, siempre existe un margen de variación que pueda causar que la mezcla no abastezca el volumen requerido.

En la tabla Nro. 23 se observará las proporciones de materiales para la elaboración del panel de micro-hormigón con fibra PET. Se fabricarán un total de 2 paneles de micro-hormigón con agrado de fibras de plástico tipo PET con la finalidad de realizar diferentes ensayos dados por las normas NTE INEN.

El proceso de mezclado de los paneles se realizará en base, a la misma de los especímenes, ya que no existe norma local para realizar este tipo de mezcla, ni más aun para la elaboración del panel, sin embargo, también se tomó en cuenta las normas internaciones como la norma chilena y la colombiana

Los materiales para la realización de las mezclas son:

- Cemento portland Guapan
- Arena sílice, tamaño máximo del árido 1.35 mm
- Agua potable
- Fibra de plástico PET
- Aditivo súper plastificante SIKAMENT – N 100

5.2.1. Dosificación del Panel de 120cm x 90cm x 1.5cm

Como se señaló anteriormente, en base a los resultados obtenidos en el apartado anterior, la mezcla que presento mejores características tanto físicas como mecánicas es con la adición de fibra de 2.21 %, por cual la dosificación del panel estará en base a la dosificación de la mezcla obtenida.

Por otro lado, cabe mencionar que se realizaría la dosificación para 1 panel, ya que se elaboran en diferentes días los dos paneles propuestos de esta manera se obtiene:

Tabla. 14. dosificación con adición de la fibra al 2.21 %

Dosificación de materiales para un volumen de 15 especímenes					
Materiales	Volumen = 1m ³	Volumen = 0.001875 m ³	Peso específico (kg/m ³)	Masa (kg)	Masa (Gr)
Cemento	0.203	0.00038	3080,00	1.1704	1170.4
Arena	0.573	0.00107	2550,00	2.7285	2728.5
Agua	0.336	0.00063	1000,00	0,63	630
Fibra 2.21%					99.88
Plastificante 2 %					23.41
total					4597.6

Elaborado: el autor

Tabla. 15. Dosificación para panel de 120cmx90cmx1.5cm

Dosificación para panel de micro hormigón					
Materiales	Volumen = 1m ³	Volumen = 0.0015 m ³	Peso específico (kg/m ³)	Masa (kg)	Masa (Gr)
Cemento	0.198	0.00030	3080,00	0,915	1152.2
Arena	0.432	0.00065	2550,00	1,652	3215.8
Agua	0.336	0.00050	1000,00	0,504	807.6
Fibra 2.21 %					67.45
Plastificante 2%					46.8
total					6324.23

Elaborado: el autor

5.2.2. Herramientas para la elaboración del panel

Ilustración. 67. Herramientas a utilizar

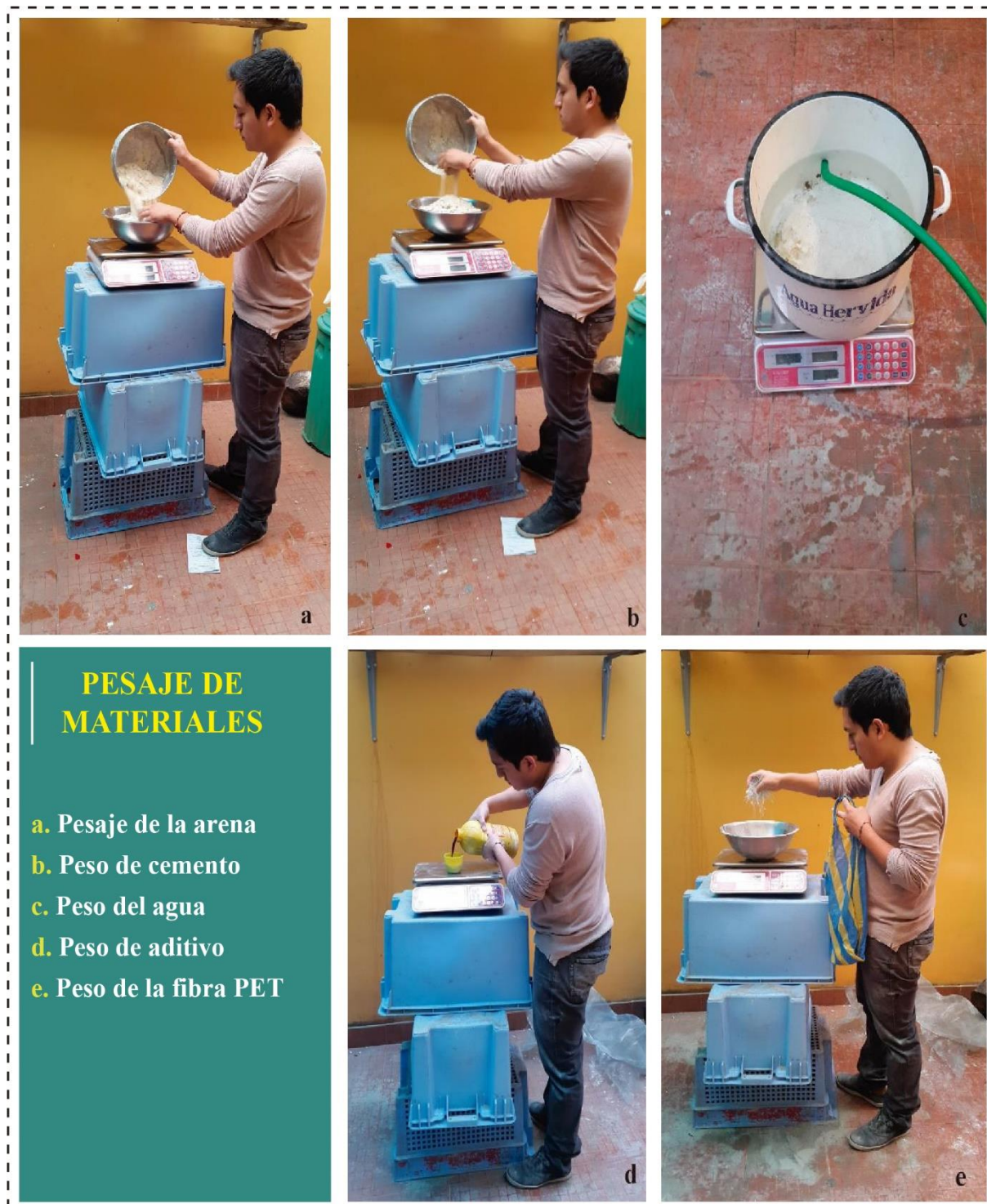


Elaborado: el auto

5.2.3. Proceso de fabricación del panel

5.2.3.1. Pesaje de materiales

Ilustración. 68. Pesaje de materiales



Elaborado: el autor

5.2.3.2. Mezclado de micro-hormigón con fibra PET

Ilustración. 69. Mezclado de componentes de micro hormigón



Elaborado: el autor

5.2.3.3. Moldeado del panel

Ilustración. 70. Moldeado del panel



Elaborado: el autor

5.2.3.4. Desmolde y curado del panel

Ilustración. 71. Desmolde de panel



Elaborado: el autor

5.2.3.5.Acabado del panel

Ilustración. 72. acabados de panel



Elaborado: el autor

Ilustración. 73. Acabado textura de panel



Elaborado: el autor

5.3. Experimentación del panel (ensayos)

En esta etapa se sometió al panel a distintas pruebas, las cuales se clasifican en:

- Pruebas de campo: corte, perforación e impacto
- Pruebas de laboratorio: compresión, flexión

5.3.1. Pruebas de campo.

Con el objetivo de poner a prueba el panel ante las posibles acciones que se presentan al momento de su instalación en obra, se realizaron las siguientes:

5.3.1.1. Prueba de corte – norma NTE INEN 2100

Para realizar esta prueba se utilizó una herramienta eléctrica, con el objetivo de comparar la relación del panel ante dichas herramientas, facilidad de corte y a los daños provocados. En la ilustración Nro.78 Se pueden observar el proceso realizado.

5.3.1.2. Prueba de perforación – norma ASTM D 5748

En esta prueba se empleó un taladro y brocas para cemento de 3/16” y 5/16”, con la finalidad de comprobar la versatilidad del panel, al momento de realizar las perforaciones, las cuales son requeridos para anclar el mismo, así como para el paso de instalaciones. La ilustración Nro. 79 Se describe el proceso.

5.3.1.3. Prueba de resistencia al impacto – norma INEN 1227

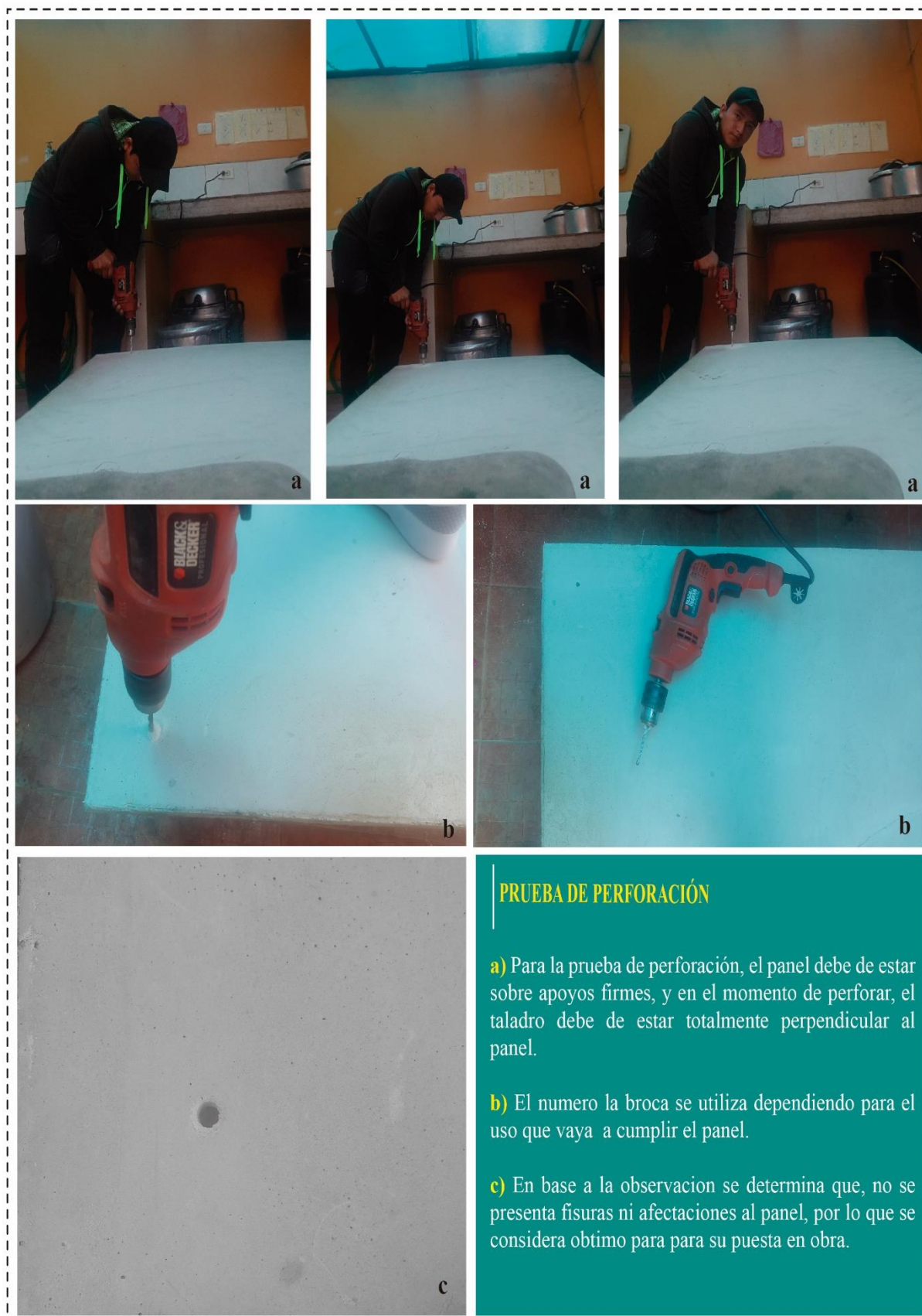
Este ensayo se lo realizó dejando caer el panel desde una altura de 1.5 metros de forma horizontal, con la finalidad de poder observar los diferentes efectos que se producen en contacto con la superficie. En la ilustración Nro. 80 se describen el ensayo realizado

Ilustración. 74. Prueba de corte - NTE INEN 2100



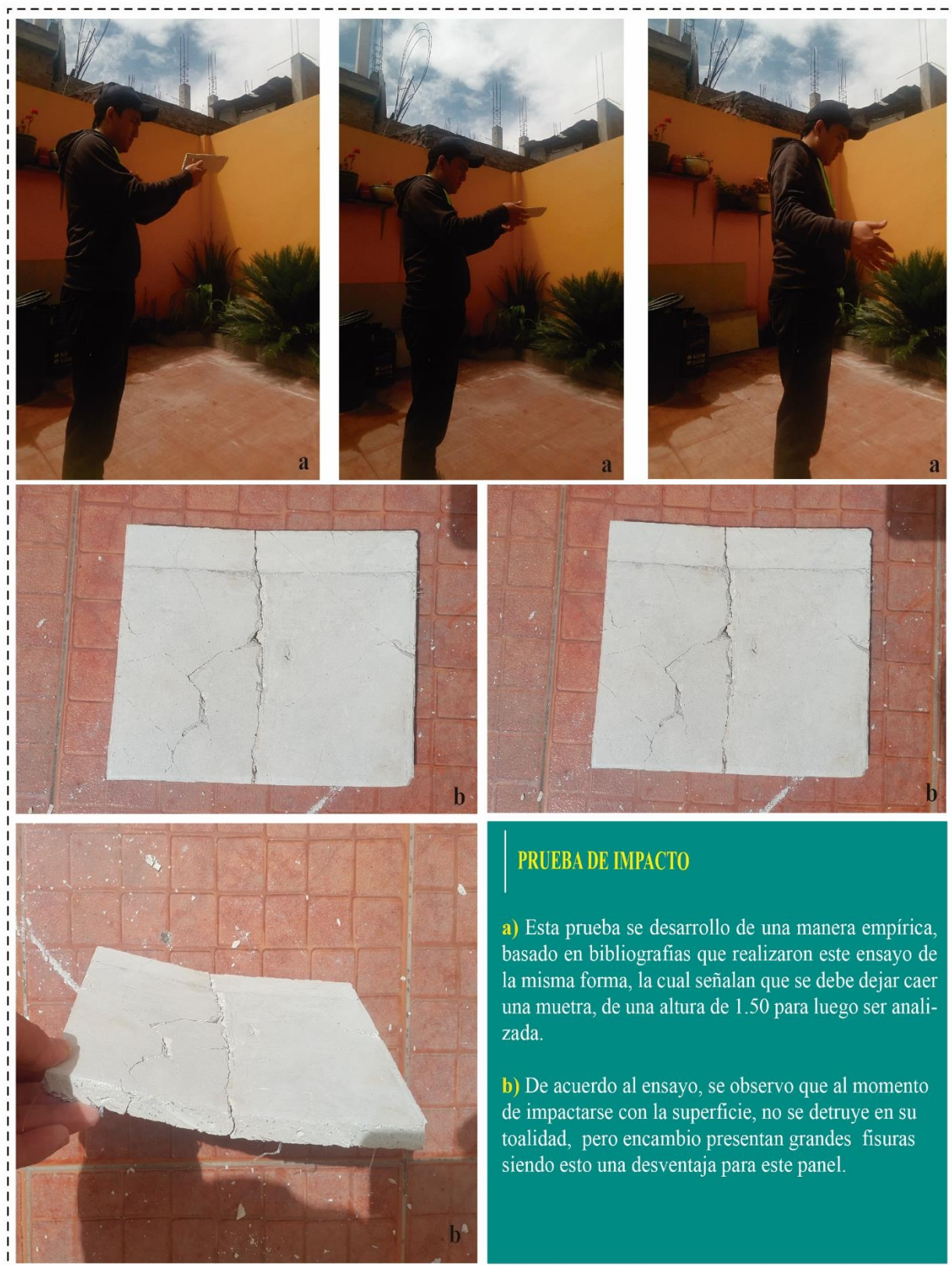
Elaborado: el autor

Ilustración. 75. Prueba de perforación - ASTM D 5748



Elaborado: el autor

Ilustración. 76. Prueba de impacto - INEN 1227



Elaborado: el autor

5.3.2. Pruebas de laboratorio

En este punto se busca conocer si la resistencia obtenida a través de los ensayos de compresión y flexión, es la óptima en función del uso que se le va dar. Los ensayos que se realizaran son basados en la norma chilena NCh, la cual señala las dimensiones de las muestras y el proceso de realización de los diferentes ensayos.

5.3.2.1. Resistencia a compresión

El siguiente ensayo se realizó en base a las normas NCh 146/2 of.2000, la cual menciona que se bene realizar estas pruebas, en un total de 3 muestras de 20cm x 20cm, las que se ubicar en la prensa de forma vertical. En la ilustración Nro. 68 Se describe más detalladamente este proceso.

5.3.2.2. Resistencia a flexión

De igual manera este ensayo se basa en la norma chilena NCh 146/2 of.2000, el cual se le da mayor énfasis, ya que el elemento propuesto al ser un panel debe de enfrentar grandes esfuerzos de flexión. La ilustración Nro. 69 describe el proceso de realización del ensayo.

Ilustración. 77. Pruebas de compresión de panel Micro H-PET (propuesto)



Elaborado: el autor

Ilustración. 78. pruebas de flexión de panel propuesto



Elaborado: el autor

5.3.2.3. Ensayos

- **Ensayo Nro. 1 – compresión**
- **Objetivo del ensayo**

El objetivo del ensayo es realizar las pruebas a compresión de acuerdo a las normas, con la finalidad de obtener resultados eficaces y poder determinar su trabajabilidad a este esfuerzo.

- **Herramientas**

- Balanza digital
- Flexómetro o calibrador
- Prensa hidráulica

- **Materiales**

- Muestras de 20cm x 20cm x 1.5cm

- **Dosificación del panel de 120cm x 90cm x 1.5cm**

Dosificación de materiales					
Materiales	Volumen = 1m ³	Volumen = 0.0162 m ³	Peso específico (kg/m ³)	Masa (kg)	Masa (Gr)
Cemento	0.203	0.00328	3080,00	10.28888	10128.888
Arena	0.573	0.00928	2550,00	23.67063	23670.63
Agua	0.336	0.00544	1000,00	5.4432	5443.2
Fibra 2.21 %				0.86726	867.26
Plastificante 2 %				0.20258	202.58
total				40.312558	40312.558

- **Resultados de muestras del panel a compresión**

Resultados de los ensayo de resistencias mecánicas (2.21% de fibra PET)								
Ensayo a compresión (28 días – 2.21 % Fibra PET)								
Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Espécimen	Dosificación				Relación a/c	Resistencia Kg/cm2
			Cemento	Arena	Fibra %	Aditivo %		
Julio – 19 -2018	Agosto – 15- 2018	a	1	2	2.21	2	0.55	132.563
Julio – 19 -2018	Agosto – 15- 2018	b	1	2	2.21	2	0.55	81.57
Julio – 19 -2018	Agosto – 15- 2018	c	1	2	2.21	2	0.55	78.173

- **Ensayo Nro. 2 – Flexión**

- **Objetivo del ensayo**

El objetivo del ensayo es realizar las pruebas a flexión de acuerdo a la norma, con la finalidad de obtener resultados eficaces y poder determinar su resistencia a este esfuerzo.

- **Herramientas**

- Balanza digital
- Flexómetro o calibrador
- Prensa hidráulica

- **Materiales**

- Muestras de 20cm x 20cm x 1.5cm

- **Dosificación del panel de 120cm x 90cm x 1.5cm**

Dosificación de materiales					
Materiales	Volumen = 1m ³	Volumen = 0.0162 m ³	Peso específico (kg/m ³)	Masa (kg)	Masa (Gr)
Cemento	0.203	0.00328	3080,00	10.28888	10128.888
Arena	0.573	0.00928	2550,00	23.67063	23670.63
Agua	0.336	0.00544	1000,00	5.4432	5443.2
Fibra 2.21%				0.86726	867.26
Plastificante 2 %				0.20258	202.58
total				40.312558	40312.558

- **Resultados de muestras del panel a flexión de 20cm x 20cm x 1.5cm**

Resultados de los ensayo de resistencias mecánicas (2.21% de fibra PET)								
Ensayo a flexión (28 días – 2.21 % Fibra PET)								
Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Espécimen	Dosificación				Relación a/c	Resistencia Kg/cm ²
			Cemento	Arena	Fibra %	Aditivo %		
Julio – 19 -2018	Agosto – 15- 2018	a	1	2	2.21	2	0.55	22.44
Julio – 19 -2018	Agosto – 15- 2018	b	1	2	2.21	2	0.55	24.56
Julio – 19 -2018	Agosto – 15- 2018	c	1	2	2.21	2	0.55	25.04

5.3.2.4. Discusión de resultados del panel

Como punto de partida para realizar la discusión del panel propuesto, se debe considerar que no existe normativa ecuatoriana específica para este tipo de paneles, por lo tanto, los resultados obtenidos, se constataran con la norma técnica chilena NCh 186/1, ya que esta norma es la que se aproxima a lo que se quiere lograr en esta investigación, la misma que señala los requerimientos que deben cumplir los paneles.

- De acuerdo a la norma NCh 186/1 los paneles se clasifican en dos clases, la clase A y clase B, donde de acuerdo a su espesor nominal (e) deben presentar ciertos requisitos, el panel propuesto se encuentra en la clase A, ya que su espesor nominal es de 15 mm y tendrá que cumplir los requisitos dados por la norma.
- En base a los resultados obtenidos del panel en cuanto a compresión, la normativa sugiere que el panel soporte una resistencia igual o mayor por la que fue diseñado, en este caso el panel propuesto no cumple con la resistencia ya que se obtiene un valor de 132.563 kg/cm² por lo que debería de llegar a 240 kg/cm² teniendo una diferencia del 44.76%.

En efecto, la resistencia es muy baja, sin embargo, la normativa no da mayor énfasis a esta característica mecánica (compresión), por lo que este tipo de paneles se enfrenta más a esfuerzos a flexión.

- Con lo que respecta al comportamiento a flexión del panel propuesto, donde se obtiene el valor de 25.04 kg/cm² no cumple con los requisitos de resistencia que sugiere la norma NCh 186/1 la cual señala una resistencia para este tipo de paneles de 80 kg/cm², sometida a una fuerza en sentido perpendicular a la dirección de las fibras.

por otro lado, se hace énfasis en la mezcla, ya que a través del ensayo a flexión del panel se puede determinar y constatar la correcta dosificación de la mezcla que se realizó con el agregado de fibra PET, en donde se observa una adecuada trabajabilidad de la

fibra sometida a este tipo de esfuerzo, ya que según Ochi (2013), las fibras como agregado deben de presentar como principal característica resistencia a los esfuerzos de flexión.

- En cuanto al peso se logra obtener un panel de 29 kg, lo cual está basado tanto en su dosificación como en las dimensiones del panel, con la finalidad de que sea manipulado por dos personas máximo en la utilización en obra, por lo cual estaría dentro de los pesos óptimos requeridos. la norma señala que el panel debe ser manipulado hasta máximo dos personas y para esto se debe obtener un peso del panel no mayor a los 100 kg.

CAPITULO VII

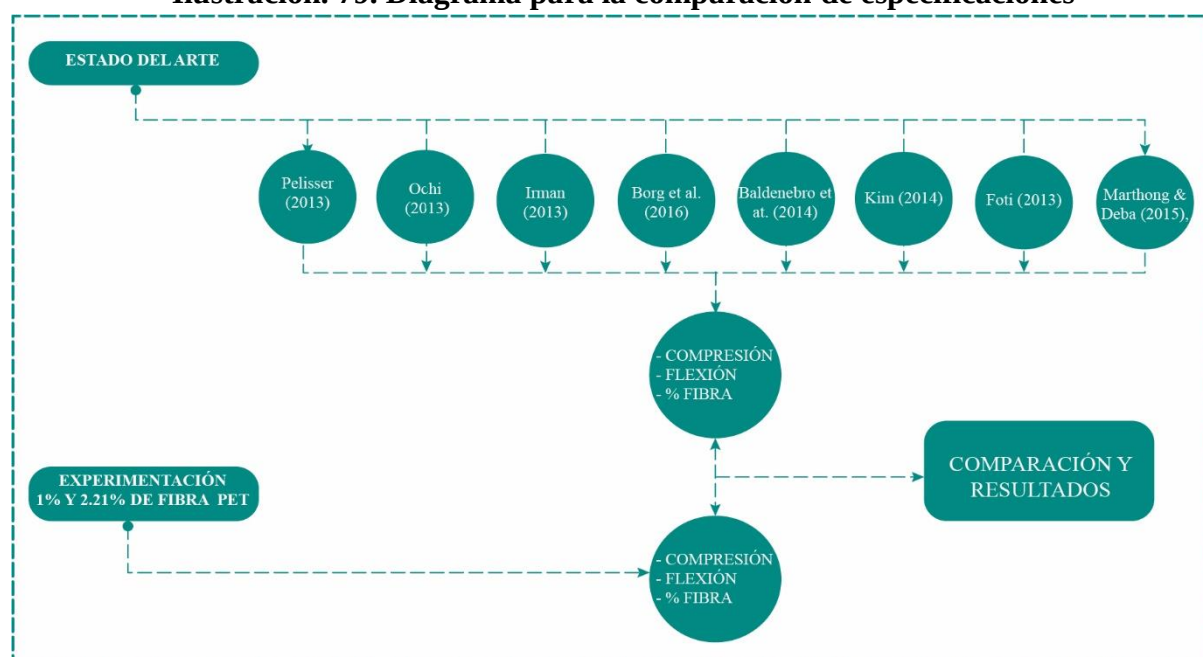
6. Análisis comparativo de las mezclas obtenidas y de del panel propuesto.

En el presente apartado primeramente se realizará la comparación en cuanto a las resistencias de flexión, compresión de las mezclas con adición de fibra al 1% y al 2.21%, con los resultados de las investigaciones descritas en el estado del arte. Posteriormente se realizará las comparaciones del panel propuesto sobre las resistencias de compresión, flexión y el peso, con los paneles analizados en el capítulo IV, con la finalidad de mostrar la ventajas y desventajas del panel Micro H- PET (propuesto), frente los otros paneles anteriormente mencionados.

6.1. Comparación de resultado de las mezclas con adición de fibras en porcentajes de 1% y 2.1 %.

Las comparaciones se realizarán en base a las investigaciones referentes al tema sobre fibras de plástico PET, aplicado en el hormigón descritas en el estado del arte, donde se tomarán los resultados de resistencias a compresión y flexión, con mayor adición de fibra, para ser comparados con las resistencias más altas obtenidas en la presente investigación.

Ilustración. 79. Diagrama para la comparación de especificaciones

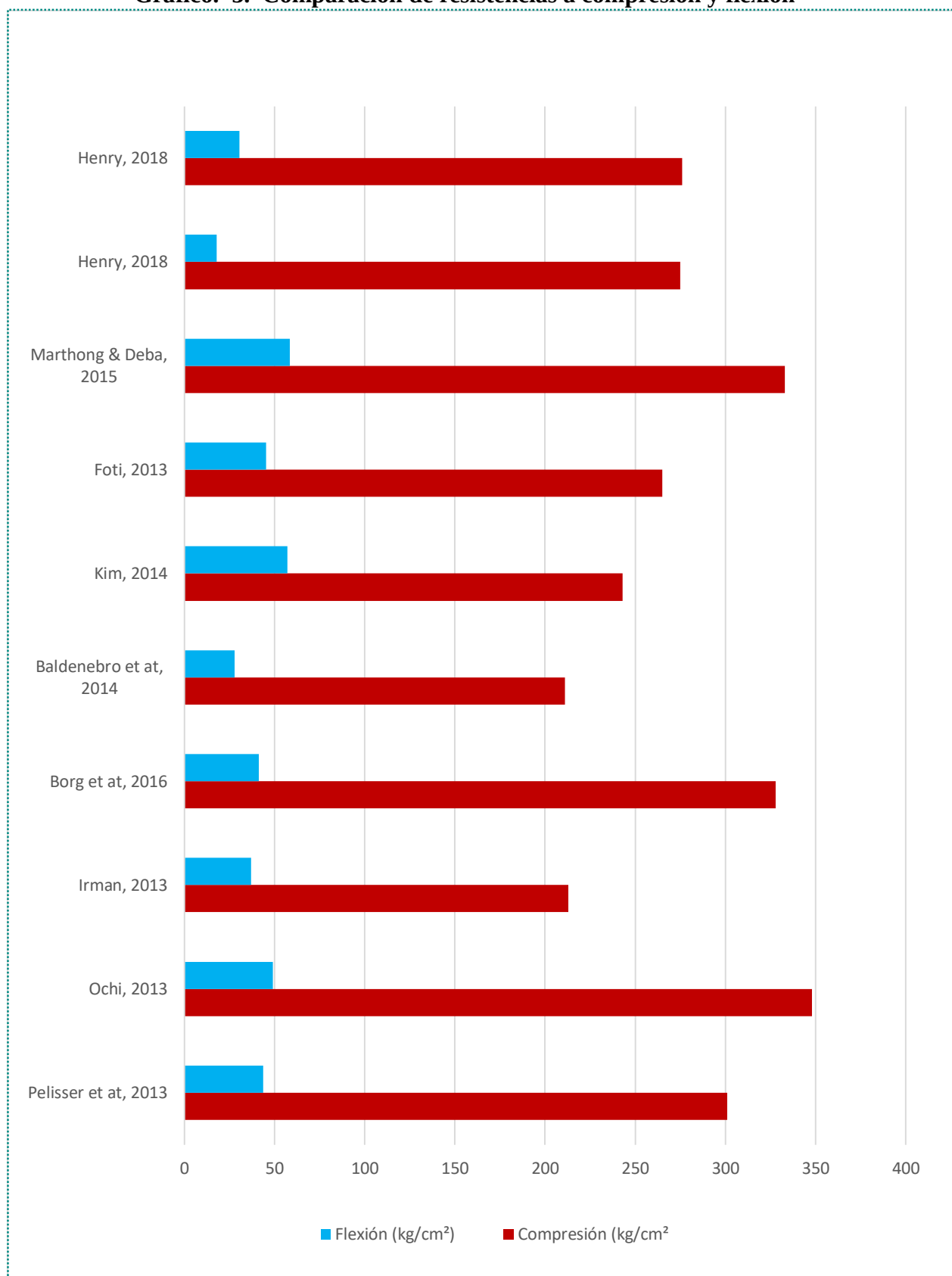


Elaborado por: el auto

Tabla. 16. Comparación de resultados a compresión y flexión

INVESTIGACIÓN	COMPRESIÓN (kg/cm ²)	FLEXIÓN (kg/cm ²)	FIBRA PET (%)	GEOMETRÍA
Pelisser et at, 2013	301	43,58	1,3	lisa, plana
Ochi, 2013	348	48,94	1,5	lisa, plana
Irman, 2013	213	37	1,5	lisa, corte ondulado
Borg et at, 2016	328	41,09	1,5	lisa, plana
Baldenebro et at, 2014	211	27,73	1	lisa, plana
Kim, 2014	243	57,14	1	Rizo, retorcidas
Foti, 2013	265	45,23	0,26	Lisa , plana
Marthong & Deba, 2015	333	58,33	0,5	cortes deformados
Henry, 2018	276	17,91	1	Lisa, corte ondulado
Henry, 2018	275	30,4	2,21	Lisa, corte ondulado

Elaborado por: el autor

Grafico. 3. Comparación de resistencias a compresión y flexión

Elaborado por: el autor

6.1.1. Discusión de resultados

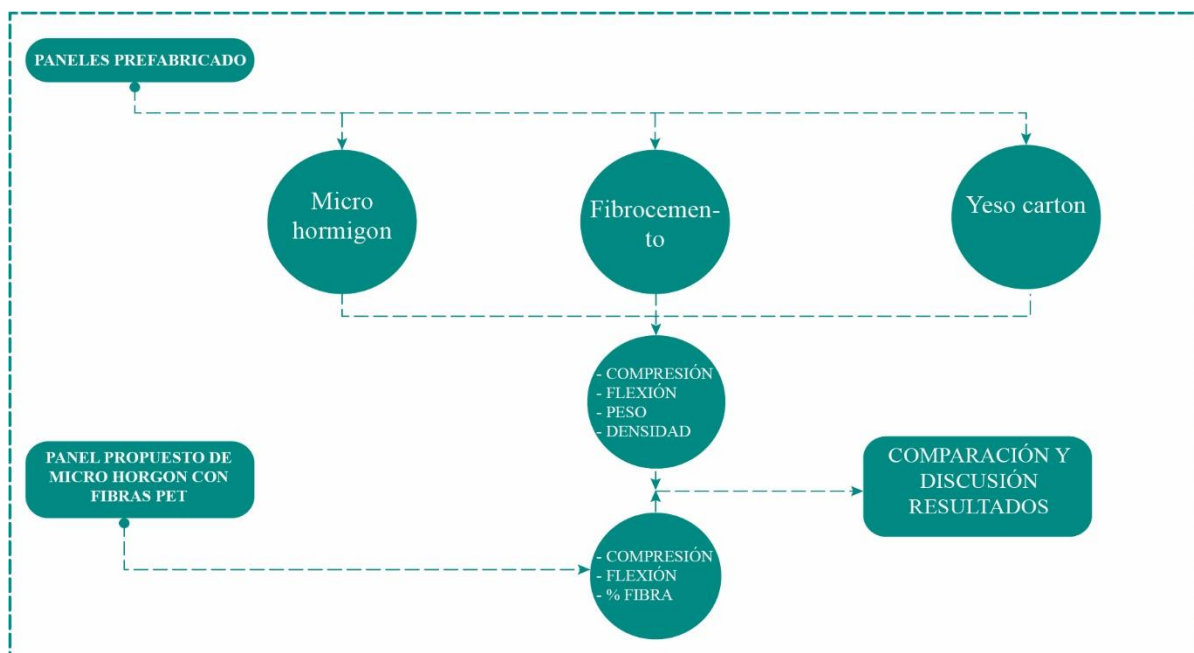
- En las tablas de comparación, se observa los resultados con una adición de 1% de fibra PET, donde se tiene como resistencia a la compresión un valor de 276 kg/cm², siendo mayor a los resultados obtenidos en los estudios de Kim (2014) y de Baldenebro et al. (2014), puesto que de igual manera adicionan el 1% de fibra, por lo que tienen una diferencia del 11% y 23% respectivamente. Por otro lado, se tiene un valor similar al de adición de 2.21%, teniendo una variación mínima de 0.36%, por lo cual se determina que entre mayor porcentaje de adición de fibra no afecta en la resistencia a compresión.
- Por el contrario, en la resistencia a flexión se obtiene valores negativos en comparación del valor obtenidos por Kim (2014) y de Baldenebro (2014), dado que tienen un aumento de 68.65% y 35.41% respectivamente, lo cual se considera una gran desventaja, ya que en la investigación realizada por Foti (2013) con una adición de fibra muy baja de 0.26%, consigue valores superiores a los obtenidos con adición de 1%, teniendo una diferencia del 60%. Por lo que se considera que la geometría y dimensiones de la fibra tienen gran influencia en estos resultados.
- En cuanto al resultado a compresión obtenido, con adición de fibra PET de 2.21%, es de 275kg/cm², el cual está por debajo de los valores obtenidos por Ochi (2013) donde consigue valores superiores con una adición de fibra de 1.5%, teniendo como diferencia un 20.97% de variación en sus resistencias. de igual manera, Borg et al, (2016) presentan un valor superior el cual es de 328 kg/cm² con una adición inferior de 1.5% de fibra, sin embargo, el valor obtenido de 275 kg/cm² se considera optimo ya que es superior al valor de resistencia por el cual fue diseñado, y además tiene gran ventaja por lo que se logra incrementar mayor cantidad de fibras plástica.
- De la misma forma, en cuanto a la resistencia a flexión, se logra obtener un valor de 30.4 kg/cm² siendo inferior a la resistencia que obtienen Marthong & Deba (2015)

donde la diferencia es de 47.88% con adición de fibra de 0.5%, por lo que se determina que entre mayor cantidad de fibra se reduce la resistencia a flexión, pero, sin embargo, se logra incrementar un porcentaje de fibra mucha más alto con una cantidad 77.37% con referencia al 0.5%, por lo cual se lograría tener grandes ventajas en cuanto a la reutilización de plástico PET.

6.2. Comparación del panel propuesto con los paneles de micro hormigón (Hormypol), yeso cartón y fibro cemento.

Las comparaciones se realizan con la finalidad de mostrar las ventajas y desventajas del panel propuesto con los otros paneles anteriormente mencionados, posteriormente se realizará la discusión de resultados en base a las especificaciones de cada panel y en normativas relacionadas con el tema.

Ilustración. 80. Diagrama para la comparación de los paneles



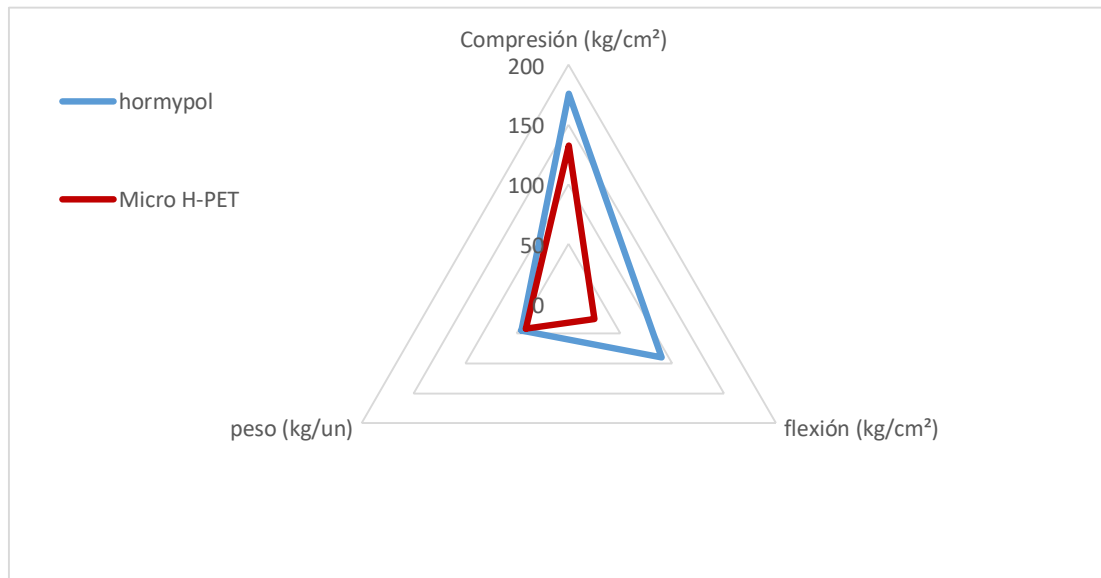
Elaborado por: el autor

6.2.1. Comparación del panel Micro hormigón y el panel Micro H-PET

(propuesta)

Para la comparación con el Hormypol se basa en las especificaciones técnicas proporcionadas por la oficina de Hormypol, la cual es la empresa que elaboran estos paneles. En cuanto al panel propuesto se obtiene resultados revisados y proporcionados por el laboratorio *Geocons- geotecnia, consultoría y construcción*. En la siguiente tabla y grafica se puede observar la comparación de ambos paneles.

Paneles	Compresión (kg/cm ²)	flexión (kg/cm ²)	peso (kg/un)	densidad (kg/m ³)
Micro hormigón	176	90	45,36	2520
Micro H-PET	132,56	25,04	41,3125	2532,12



6.2.1.1. Conclusión

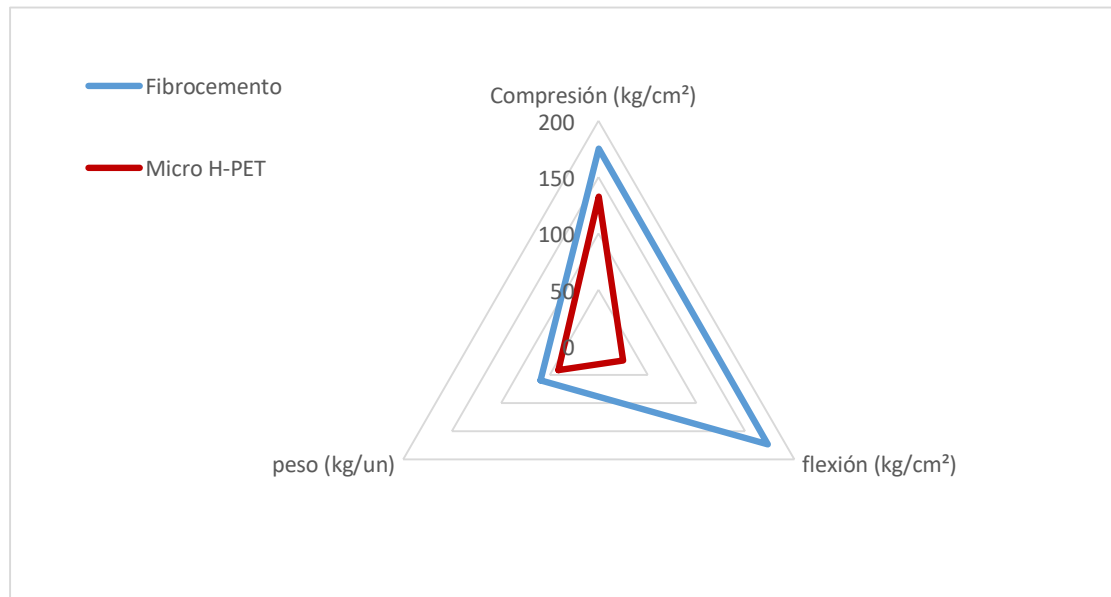
Es evidente la superioridad de resistencias tanto en flexión como en compresión en el panel de micro hormigón frente al panel propuesto, sin embargo, la razón por la que el panel micro hormigón tiene altas resistencias, es por los materiales que lo constituyen, entre ellos es el agrado fino con un alto módulo de finura que caracteriza a este panel. Por otro lado, el panel propuesto presenta una resistencia no tan baja en cuanto a la resistencia a del micro hormigón (Hormypol) ya que tiene una variación del 24%. Sin embargo, en cuanto a flexión es muy alta con una diferencia de 72%.

6.2.2. Comparación del panel fibrocemento y el panel Micro H-PET

(propuesta)

La comparación del panel propuesto con el de fibrocemento se realizarán en base a los datos obtenidos del manual *Eterbord-placas de fibrocemento*, el cual es proporcionado por empresa ecuatoriana *Eternit – creando soluciones* que distribuye este panel y proporciona fichas técnicas fundamentadas en normativas internaciones, en cuanto al panel propuesto se base a los datos obtenidos explicados anteriormente.

paneles	Compresión (kg/cm ²)	flexión (kg/cm ²)	peso (kg/un)	densidad (kg/m ³)
Fibrocemento	175,2	172,957	59,75	1433,71
Micro H-PET	132,56	25,04	41,3125	2532,12



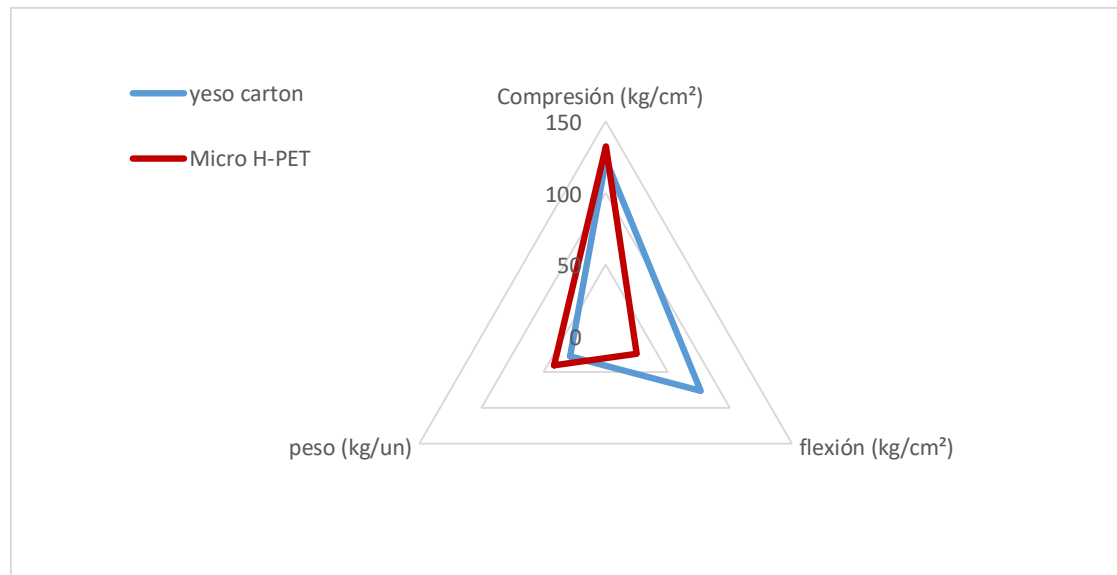
6.2.2.1. Conclusión

En base a los datos obtenidos se puede concluir que el panel propuesto presenta menor resistencia en lo que respecta a compresión y flexión, sin embargo, en cuanto al peso es menor, por lo que sería una buena ventaja ya que sería de fácil manipulación en cuanto a su puesta en obra.

6.2.3. Comparación del panel yeso cartón y el panel Micro H-PET (propuesta)

Las especificaciones técnicas para el panel yeso cartón se tomaron del catálogo de construcción proporcionado por la empresa *SICON-sistemas construlivianos*, empresa que distribuye todo tipo de mariales elaborados de yeso en todo el Ecuador, entre ellos el panel de yeso cartón, el cual será comparado con las especificaciones técnicas del panel propuesto.

panel	Compresión (kg/cm ²)	flexión (kg/cm ²)	peso (kg/un)	densidad (kg/m ³)
Yeso carton	123,2	76,53	28,5	753,86
Micro H-PET	132,56	25,04	41,3125	2532,12



6.2.3.1. Conclusión

Para finalizar, se determina que el panel propuesto presenta altas resistencias, en cuanto a compresión, siendo superior al del yeso cartón, por lo cual presentaría grandes ventajas en su aplicación como pared divisora de espacios. por lo contrario, en cuanto al peso, el yeso cartón es mucho más liviano que el panel propuesto pero que de igual manera es eficaz.

6.3. Tabla comparativa de los paneles

CUADRO COMPARATIVO DE LOS PANELES PREFABRICADOS.					
REFERENCIAS		FIBROCEMENTO	YESO CARTÓN	Micro hormigón (Hormypol)	Micro H-PET (propuesta)
FUNCIÓN	ESTRUCTURAL			x	
	REVESTIMIENTO	x	x	x	x
MATERIAL	PRINCIPAL	Cemento	Semihidrato de yeso	Cemento	Cemento
	SECUNDARIO	Asbesto	Cartón	Poliestireno	Fibra PET
PRODUCCIÓN	ARTESANAL				x
	INDUSTRIAL	x	x	x	x
RECUBRIMIENTO	OPCIONAL			x	x
	REQUIERE		x		
	NO REQUIERE	x			
ACABADOS	LISO	x	x	x	x
	RUGOSO				
TRABAJABILIDAD	CORTE	x	x	x	x
	PERFORACIÓN	x	x	x	x
RESISTENCIAS	PESO Kg/un	59.75	28.5	45.36	41..31
	COMPRESIÓN kg/cm ²	175.2	123.2	176	132.56
	FLEXIÓN kg/cm ²	172.957	76.53	90	25.04
DIMENSIONES MAS COMUNES		1.25m x 0.9 m x 1.2cm	1.22m x 2.44 m x 1.5cm	1.00m x 1.30m x 1.2cm	1.20 x 0.90 m x 1.5cm

6.4. Discusión de resultados

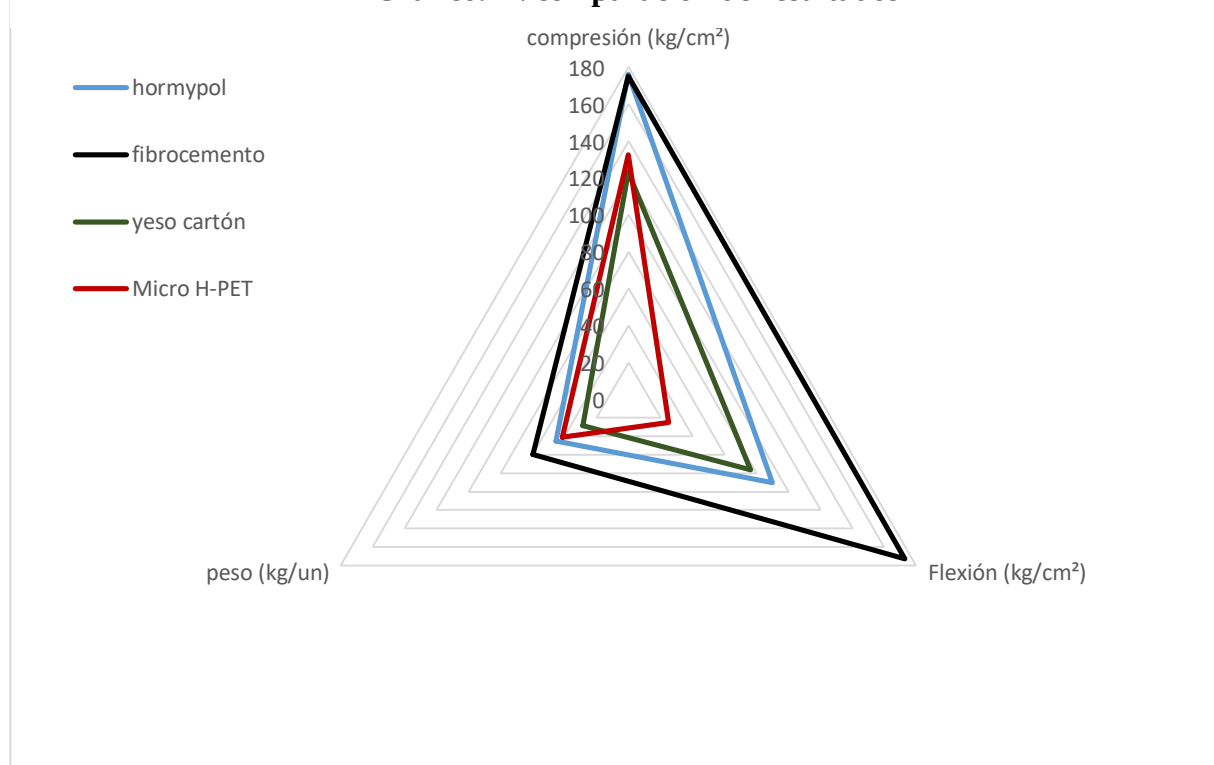
En el presente apartado se realiza el análisis de resultados de las especificaciones técnicas (peso, compresión, flexión), de los paneles Hormypol, yeso cartón y el fibrocemento frente al panel propuesto de micro-hormigón con agregado de fibras PET, el cual se desarrollará en base a la siguiente tabla:

Tabla. 17. Resultados de los paneles

panel	compresión (kg/cm ²)	Flexión (kg/cm ²)	peso (kg/un)	densidad
Micro hormigón (Hormypol)	176	90	45,36	2520
fibrocemento	175,2	172,957	59,75	1433,71
yeso cartón	123,2	76,53	28,5	753,86
Micro H-PET (propuesta)	132,56	25,04	41,3125	2532,12

Elaborado: el autor

Grafico. 4. comparación de resultados



Elaborado: el autor

- Primeramente, se presenta los resultados obtenidos del panel propuesto tanto a compresión y flexión, los mismo que no llegan a cumplir el objetivo por el cual fue diseñado el micro-hormigón reforzado con la fibra PET, ya que se esperaba llegar a una resistencia a compresión de 240 kg/cm² y a flexión 160 kg/cm² valores dados por la norma NCh.

Sin embargo, los resultados a compresión se consideran óptimos ya que estaría dentro del rango a compresión dado por la norma para paneles no estructurales. Por otra parte, a flexión se obtiene una variación muy alta de 84.37%, por lo cual este panel sería muy frágil a cualquier esfuerzo.

- De la misma manera los resultados de los paneles se presentan en la tabla Nro. 17. Donde se observa un buen comportamiento a compresión del panel de micro hormigón (Hormypol) el cual es el que predomina de todos los paneles, seguido del panel de fibrocemento, con una diferencia de resistencia mínima de 0,45 %. en cuanto al panel propuesto estaría con una resistencia inferior con un 24.68 %. Esto puede ser por los elementos que componen la placa del Hormypol, entre ellos el módulo de finura alto del agregado fino, la cual le ayuda a obtener elevadas resistencias mecánicas.

Por otra parte, el panel propuesto obtiene ventajas en lo que respecta a compresión, ya que la resistencia es superior a la del yeso cartón, cabe recalcar que los paneles de fibrocemento y de yeso cartón, incluyendo el panel propuesto no aplican aditivos que alteren y mejoren sus resistencias.

- Por lo contrario, el panel propuesto presenta un bajo comportamiento en cuanto a la resistencia a flexión, estando por debajo de la resistencia de los tres paneles analizados, los cuales tienen altas resistencias, la razón de esto es que los paneles analizados son fabricaos de una manera industrial por lo que sus componentes que conforman las mezclas tienen un control estricto.

Por otro lado, se obtiene una resistencia a flexión muy baja con respecto al del yeso cartón, siendo su resistencia de igual manera mucho menor a la de los otros dos paneles, por la razón de que los componentes que constituyen este panel son frágiles y según sus especificaciones no presentan características óptimas frente a resistencias mayores.

- Para finalizar se obtiene los resultados del peso de paneles, que de igual manera son descritos en la tabla nro.17. Donde se observa que el panel de micro-hormigón con fibra PET presenta un peso menor a los demás paneles, excepto al del yeso cartón quien resulta tener menor peso de todos los paneles analizados, sin embargo, existe una mínima diferencia entre los pesos de fibrocemento y de yeso cartón frente al panel propuesto, ello por los componentes de refuerzo (fibras) que los constituyen son considerados de bajo peso.

No obstante, el panel propuesto presenta una diferencia de peso del 8.92 % frente al panel de micro hormigón (Hormypol) la razón según sus especificaciones técnicas de incremento del peso es por el alto contenido de agregado fino que este panel contiene, la misma que le ayuda obtener ventajas en sus resistencias mecánicas, pero de lo contrario aumenta su peso, siendo esto una desventaja en cuanto traslado y su puesta en obra.

7. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación, se obtiene las siguientes conclusiones, que se reflejan en este apartado.

- El plástico de tipo PET, se considera un material inerte, es decir que no presenta cambios químicos tales como liberar energía, absorber o almacenar agua, por lo tanto, no se considera como un material ofensivo para el micro-hormigón, por lo cual ha demostrado ser apto para la realización de mezclas.
- La fibra de plástico PET reciclado, se considera óptima para la aplicación en micro hormigón como refuerzo, dado que presentan resultados de resistencia mecánicas positivos.
- Esta reciente tecnología de hormigón o micro-hormigón con refuerzo de fibras de plástico reciclado tipo PET es una alternativa factible a utilizarla en la creación de elementos arquitectónicos interiores o de revestimiento, considerando que son elementos que no soportan cargas importantes.
- La dosificación obtenida para la mezcla base de micro-hormigón, cumple con las especificaciones de consistencia y fluidez, por lo cual se determina la correcta elección del agregado fino y la relación agua/cemento.
- La adición de fibras de plástico reciclado PET, influye en las propiedades del micro-hormigón en estado fresco, ya que en esta investigación se experimentó con la adición del 1%, 2.21% y 3%, por lo cual se determina que entre más adición de fibra PET reduce la trabajabilidad de la mezcla, sin embargo, esta es tolerable hasta en un cierto porcentaje.
- Las dimensiones de las fibras plásticas PET, el largo, ancho y además la geometría influye directamente en el comportamiento de la mezcla, por tanto, entre más fina y rugosa sea la fibra habrá mayor adherencia.

- Se determina que el porcentaje más óptimo de adición de fibra PET con las dimensiones de 50 mmx2mmx30um, en micro-hormigones es de 2.21% en relación al peso total de la mezcla, presentando características óptimas de trabajabilidad y consistencia.
- De los resultados mecánicos de especímenes elaborados se puede concluir que existe un aumento de resistencia tanto a compresión como a flexión de los especímenes reforzado con fibras PET, frente a los especímenes de micro-hormigón convencional sin fibra.
- Los especímenes de micro-hormigón con adición de fibra PET en un 2.21%, presentan mayor resistencia que los especímenes con adición de fibra en un 1 %, por lo tanto, se determina que entre mayor adición de fibra PET en un micro-hormigón, se obtiene mejores características mecánicas.
- Con respecto al micro-hormigón reforzado con fibras de plástico reciclado tipo PET, los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que es factible que las fibras obtenidas directamente de envases de plástico pos consumo sin ningún tratamiento, puedan utilizarse con el objetivo de fabricar micro-hormigones con mejores propiedades mecánicas.
- Se propone obtener un panel de dimensiones de 120cmx90cmx1.5cm, cuyas medidas están directamente relacionadas con el peso de la mezcla de micro-hormigón con agregado de fibra PET de un 2.21%, de esta manera se obtiene un panel de 29 kg de peso, por lo tanto, se considera el peso y las medidas óptimas para la manejabilidad en puesta en obra.
- Los elementos utilizados para el molde del panel cumplen con el objetivo de obtener una textura lisa y bordes rectos, por lo cual se obtiene un panel de carácter estético que se lo podría utilizar de manera natural, es decir sin revestirlo o pintarlo.
- El moldeo del panel de 1.5 cm de espesor resulta ser muy dificultoso con este tipo de mezcla, esto por las dimensiones de las fibras, por lo que toma mucho tiempo en pulir

su superficie para obtener un resultado de textura lisa, por lo cual presenta una gran desventaja ya que al ser elementos prefabricados deben de presentar una rápida y eficaz elaboración.

- En base a los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, se puede determinar que la sección de 1.5 cm del panel, no presenta las óptimas resistencias a esfuerzos a flexión y compresión como lo determina la norma, por lo que se determina que es un panel no portante, pero sin embargo este se lo podría utilizar como elemento de divisiones interiores o de revestimiento ya que no se somete a grandes esfuerzos.
- Por otro lado, en base a los resultados de las pruebas de campo, se puede determinar que la sección de 1.5 cm del panel, presenta facilidad de corte y perforación, por lo que no se observa en la hora de realizar estas pruebas figuración ni desgaste en sus aristas.
- En lo que respecta a la trabajabilidad de las fibras PET, el panel tiene altas característica frente a la retracción ya que no se observan fisuras ni grietas que afecten el panel, por lo que se determina que la fibra PET puede ser una alternativa como agrado de refuerzo para la realización de micro- hormigón y la creación de otros elementos.
- En cuanto al análisis del panel propuesto con los paneles Hormypol, fibrocemento y yeso cartón, se determina que el panel propuesto presenta eficaces características mecánicas y físicas frente a los paneles analizados, por lo que este panel puede ser una alternativa para la implementación en la construcción de particiones interiores y revestimiento de fachadas.
- Al concluir con el trabajo de tesis se han cumplido a cabalidad todos los objetivos propuestos, obteniendo un conocimiento muy amplio en cuanto a la reutilización de este tipo de plástico como agregado al micro-hormigón para la creación de este elemento constructivo.

8. RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones están destinadas a investigadores quienes tengan el interés de seguir investigando y aportando en este tema del PET como agregado de fibra en micro hormigones, para la elaboración de un panel prefabricado.

- Las botellas empleadas para la fabricación de las fibras PET deben encontrarse en buen estado, es decir que no se encuentren dobladas ni deterioradas.
- Los envases deben ser limpiados previamente a la elaboración de las fibras ya que cualquier material orgánico o impurezas contenidas podrían afectar las propiedades del hormigón.
- Realizar investigaciones complementarias sobre la utilización de fibras PET en el micro-hormigón, donde se cambie las dimensiones o formas de las fibras para así obtener una idea más amplia en su trabajabilidad.
- Buscar materiales alternativos para la obtención de nuevas fibras, es decir de otro tipo de plástico, que modifiquen favorablemente las propiedades físico-mecánicas del hormigón o micro-hormigón.
- Para superar las limitaciones de este estudio se recomienda que la población aporte con la obtención de los envases reciclados PET, mediante técnicas y procesos para reciclar el material, creando lugares destinados para el acopio del mismo.
- Se recomienda la industrialización de este tipo de fibras, para así conseguir una geometría y dimensiones precisas, con la finalidad de mejorar la adherencia y las propiedades mecánicas del micro hormigón, así mismo se podrá abaratar costos de mano de obra y reducir el tiempo que se requiere para su elaboración.
- Realizar las pruebas de laboratorio apegados a las normas técnicas y procesos vigentes para las mezclas utilizadas, de tal manera que se tengan criterios más óptimos y resultados más eficientes.

- Se recomienda a quienes tengan interés de seguir investigando este tema, elaborar las pruebas de mezclas y especímenes en laboratorios certificados (GEOCONS. Loja) con el objetivo de obtener resultados eficaces y fundamentados.
- Llevar un correcto cronograma de la realización de los ensayos de especímenes, con la finalidad proporcionar resultados óptimos y fundamentados en la norma.
- Se recomienda realizar las pruebas mecánicas del panel en dimensiones reales, para obtener mejores resultados de su comportamiento frente a los esfuerzos sometidos de acuerdo a la norma.
- Realizar ensayos de campo y de laboratorios del panel en base a otras normas con la finalidad de tener una amplia idea de aplicación en su puesta en obra.
- Realizar análisis de costo, tiempo y producción para poder determinar su desempeño en el campo de la construcción frente a otros sistemas constructivos.
- La necesidad de superar la dependencia tecnológica hace necesario continuar investigando materiales alternativos, por lo que se recomienda para futuras investigaciones, experimentar con la creación de otros elementos para construcción en donde se puedan emplear fibras de plástico PET que son de fácil obtención en los verteros de las ciudades.

9. BIBLIOGRAFÍA

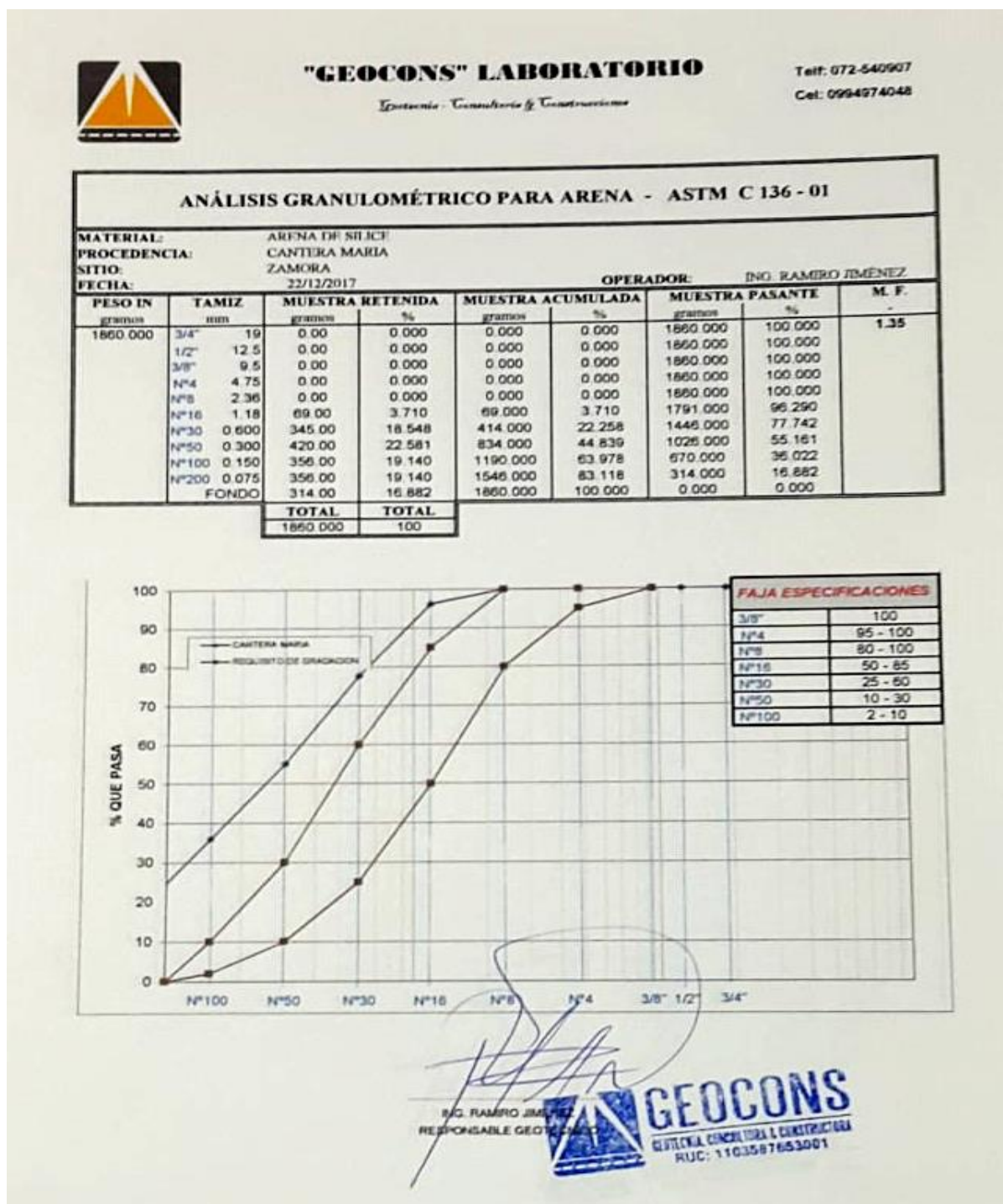
- Marthonga, C., & Deba , S. (2015). Influence of PET fiber geometry on the mechanical. *Engineering and Technology International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 9(7), 879-883.
- 136-01, A. C. (28 de 05 de 2018). *ASTM International* . Obtenido de ASTM International : <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C136C136M-05-SP.htm>
- Aguirre, D. (2013). El plástico reciclado como elemento constructor de la vivienda. (*tesis de pregrado*). Universidad de cuenca, Cuenca.
- Angumba, P. (2016). Ladrillos elaborados con plastico reciclado (PET), para mampostería no portante. (*Tesis de maestria*). Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Baldenebro, L., Castorena, G., Velazquez, D., Ledezma, S., Gómez, E., Martinez, S., & Herrera, R. (2014). Influence of continuous plastic fibers reinforcement arrangement in concrete strengthened. *IOSR Journal of Engineering*, 04, 15-23.
- Briceño, A. (20 de Mayo de 2018). *Hormypol*. Obtenido de Hormypol: <http://www.hormypol.com/catalogo-construccion-viviendas-infraestructura-hormigon-oficinas-fachadas-flotantes-muros-quito-ecuador.php?tablajb=productos&p=2&t=Laminas-de-micro-hormig%F3n&>
- Celi, M. d. (2013). Analisis del sistema constructivo con botellas recicladas PET, y su aplicacion en el diseno de un centro de exposición y capacitación para la planta de reciclaje de la ciudad de Loja. (*Tesis de titulación*). Universidad tecnica particular de Loja, Loja.
- Chacón , E., & Lema , G. (2012). Estudio comparativo de elementos fabricados de hormigón con material reciclado PET y de hormigon convencional. (*tesis de pregrado*). Escuela politecnica nacional, Quito.

- Fehling, E., & Bunje, K. (2004). Desing relevant properties of hardened ultra-high performance concrete. *Structural materials and engineering series*, 3(3), 327-337.
- Fernando , P., Philippe , G., Oscar , K., & Humberto , R. (2013). Mechanical Properties of Recycled PET Fibers in Concrete. *Materials Research*, 679-686.
- Foti, D. (2013). Use of recycled waste pet bottles fibers for the reinforcement of concrete. *Composite Structures*, 96, 396–404.
- Gaggino, R. (2008). Ladrillos y placas prefabricados con plástico reciclado aptos para la autoconstrucción. *INVI*, 23(063), 137-163.
- Garín , L., Santilli, A., & Pejoja , E. (2012). Influencia del curado a la resistencia a compresion del hormigó: estudio experimental. *Memoria de trabajo de difusión científica y técnica*, 1(10), 109-114.
- Gutiérrez , L. (2003). *El concreto y otros materiales para la contrucción*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia .
- Hincapie, J., & Zambrano, C. (2014). Comportamiento a flexión de compuestos cementicios de ultra alto desempeño reforzados con fibras de vidrio alcalino-resistentes. (*tesis de pregrado*). Pontificia Universidad Javeriana, Bogota.
- J.m, I., R.M, A., N., O., H.B. , K., M.M.K., A., & S.K., F. (2013). The Mechanical Properties of PET Fiber Reinforced Concrete From. *Advanced Materials Research*, 795, 347-351.
- Jang-Ho , K., Chan-Gi , P., Sang-Woo, L., & Jong-Pil , W. (2014). Effects of the geometry of recycled PET fiber reinforcement. *sciencedirect*, 39, 442–450.
- Jiménez, M. (2016). Desarrollo de material constructivo con materia proveniente de plásticos recilcado aplicado a la construcción en la ciudad de Loja. (*tesis de grado*). Universidad internacional del Ecuador, Loja.

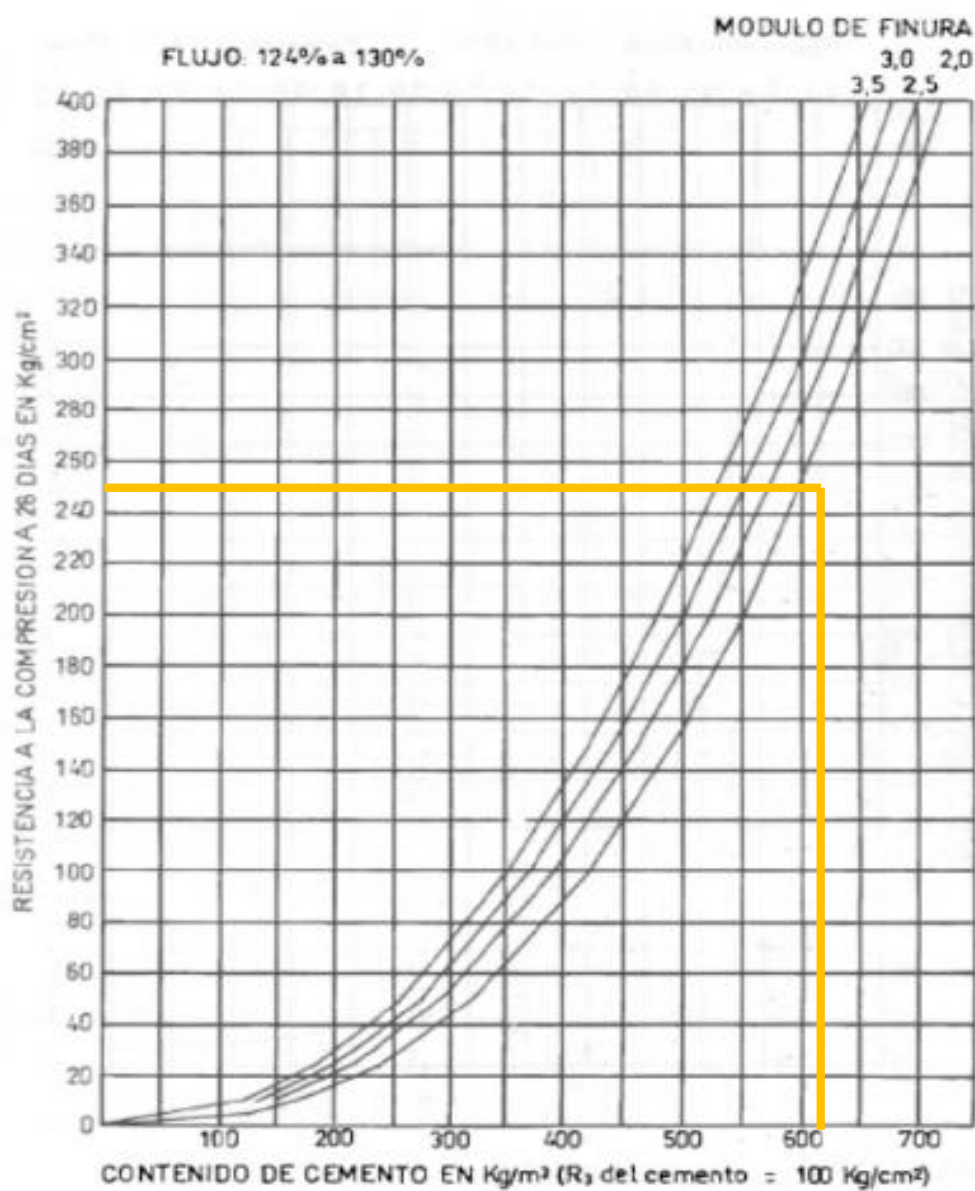
- Moreno , R., & Cañizares , F. (2013). Agregado alternativo para la fabricación de bloques y adoquines en base a polietileno tereftalato. (*Tesis de maestria*). Escuela politecnica nacional, Quito.
- Pacheco, J. (2015). Paneles prefabricados con el uso de pet, aplicado en Diseño de una vivienda progresiva. (*Tesis de titulación*). Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Rivera , G. (2013). *Concreto simple*. Popoyán: Universidad del Cauca .
- Rosales , J. (2016). Diseno de un panel de hormigón prefabricado arquitectonico para cerramientos verticales y particiones interiores. (*tesis de pregrado*). Universidad estatal de Cuenca, Cuenca.
- Ruben , B., Owen, B., & Liberato, F. (2016). Early Age Performance and Mechanical Characteristics of Recycled. *Construction and Building Materials*, 108, 29–47.
- Ruiz, D., López, C., Cortes , E., & Froese, A. (2012). Nuevas alternativas en la construcción: botellas PET con relleno de tierra. *Apuntes*, 25(2), 292-303.
- T, O., S, O., & K, F. (2013). Development of recycled PET fiber and its application as. *Cement & Concrete Composites*, 29(3), 448–455.
- Villaverde, L. (2015). Aplicacion de micro-hormigon de alto desempeño en mobiliario urbano. (*Tesis de grado*). Universidad de la republica de Uruguay, Montivideo.
- Wang , C., Yang, C., Liu, F., Wan , C., & Pu, X. (2012). Preparation of ultra-high performance concrete with common technology and materials. *Cement and concrete composites*, 34(4), 538-544.
- Zambrano , K. (24 de Junio de 2013). *360 grados en concreto* . Obtenido de <http://blog.360gradosenconcreto.com/morteros-para-mamposteria-2/>
- Zavala , G. (2015). Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado. *ITCA*, 6-47.

10. ANEXOS

Anexo. 1. Resultado análisis granulométrico

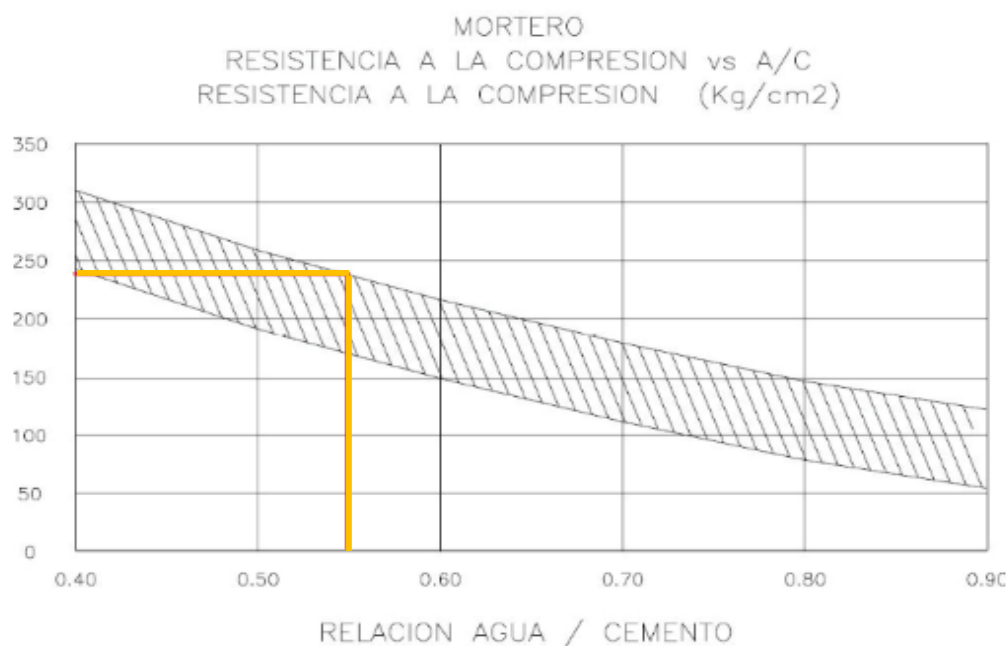


Anexo. 2. Determinación del contenido de cemento



La cantidad de cemento se determinó con los datos seleccionados previamente en donde se trazó una línea según la resistencia selecciona y se asumió una línea con el módulo de finura obtenido. En la intersección de ambas se trazó una línea perpendicular hacia abajo para así conocer la cantidad de cemento.

Anexo. 3. Determinación de la relación agua - cemento



La relación agua – cemento se determinó de acuerdo a los datos seleccionados previamente en donde se trazó una línea según la resistencia selecciona y en la intersección con la curva del grafico se trazó una línea perpendicular hacia abajo para obtener el valor buscado.

Anexo. 4. fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructura y condiciones de colocación

CONSISTENCIA	FLUIDEZ %	CONDICIÓN DE COLOCACIÓN	EJEMPLO DE TIPOS DE ESTRUCTURA	EJEMPLO DE SISTEMA DE COLOCACIÓN
Dura (seca)	80 – 100	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos	Proyección neumática, con vibradores de formaleta
Media (plástica)	100 – 120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos	Manual con palas y palustres
Fluida (húmeda)	120 – 150	Sin vibración	Pañetes, rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección

Anexo. 5. Falla de especímenes – compresión

FALLA POR EXPLOSIÓN - ESPÉCIMEN SIN FIBRA PET



ENSANCHAMIENTO - ESPÉCIMEN CON FIBRA PET



Anexo. 6. Falla de especímenes - flexión**FALLA ESPÉCIMEN SIN FIBRA PET****FALLA DE ESPÉCIMEN CON FIBRA PET**

Anexo. 7. certificados emitidos por el laboratorio "GEOCONS"



"GEOCONS" LABORATORIO

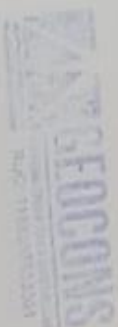
Escencia: Transparencia y Confianza

Tel: 072-540907
Cel: 0994974048

PROYECTO DE TESIS:	PANEL PREFABRICADO DE MICRO HORMIGÓN CON AGREGADO DE FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO TIPO PET.		
ESTUDIANTE:	HENRY HERNAN AVILA AGUILAR		
LABORATORIO:	ING. RAMIRO MUÑOZ		
UBICACIÓN:	CANTÓN LAGUNA PROV. DEL AGUA		
	FECHA:	Julio-21-2016	

Ensayo I (compresión):

Ensayo a compresión de especímenes de 50mm de lado (con el 1 % de fibra PET) - NTE ENEN 486										
Ensayo a compresión 7 días con 1 % PET (f'c = 240 kg/cm²)										
Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Expectación	Densificación				Relación A/C	Peso húmedo (gr)	Peso seco (gr)	Resistencia kg/cm²
			cemento	arena	Fibra %	Aditivo %				
Junio-02-2018	Junio-09-2018	X	1	2	0	2.5	0.55	233.89	230	105.0
Junio-02-2018	Junio-09-2018	A	1	2	1	2.5	0.55	215	210	155.0
Junio-02-2018	Junio-09-2018	B	1	2	1	2.5	0.55	231.2	225.3	141.0
Junio-02-2018	Junio-09-2018	C	1	2	1	2.5	0.55	229.1	228	137.0
Ensayo a compresión 14 días con 1 % PET (f'c = 240 kg/cm²)										
Junio-02-2018	Junio-16-2018	X	1	2	0	2.5	0.55	231.5	230.01	139.0
Junio-02-2018	Junio-16-2018	A	1	2	1	2.5	0.55	220	218.85	162.0
Junio-02-2018	Junio-16-2018	B	1	2	1	2.5	0.55	241.23	240.32	152.0
Junio-02-2018	Junio-16-2018	C	1	2	1	2.5	0.55	225.2	223.5	177.0
Ensayo a compresión 28 días con 1 % PET (f'c = 240 kg/cm²)										
Junio-02-2018	Junio-30-2018	X	1	2	0	2.5	0.55	242.5	241.5	261.0
Junio-02-2018	Junio-30-2018	A	1	2	1	2.5	0.55	265.6	263.2	323.0
Junio-02-2018	Junio-30-2018	B	1	2	1	2.5	0.55	212	210.6	352.0
Junio-02-2018	Junio-30-2018	C	1	2	1	2.5	0.55	225.9	223.3	275.0





"GEOCONS" LABORATORIO

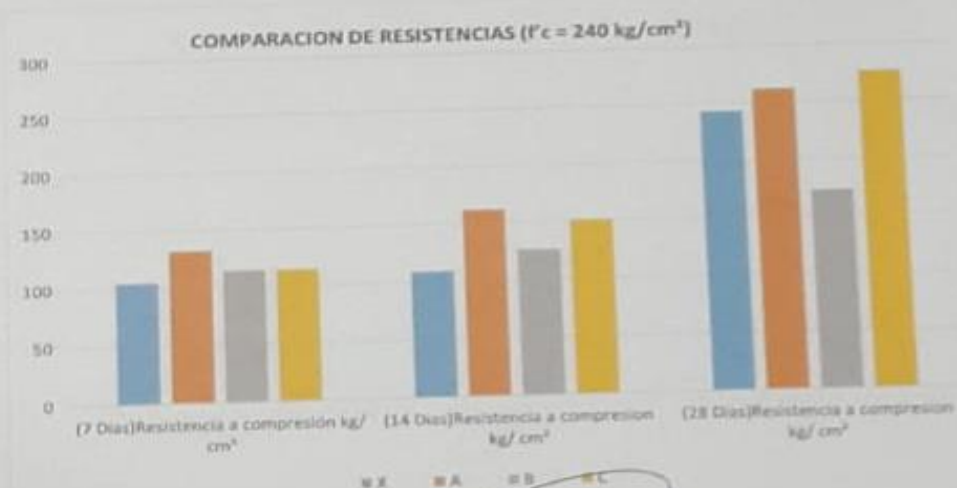
Geotecnia - Consultoría & Construcción

Tel: 072-540907

Cel: 0994974048

PROYECTO DE TESIS:	PANEL PREFABRICADO DE MICRO BORMIGÓN CON AGREGADO DE FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO TIPO PET.		
ESTUDIANTE:	HENRY HERNAN AVILA AGUILAR		
LABORATORIO:	ING. RAMIRO JIMENEZ		
UBICACIÓN:	CANTÓN LORA, PROV. DE LORA	FECHA:	Julio-21-2018

COMPARACION DE RESISTENCIAS ($f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$)			
Muestras	(7 Dias) compresión kg/cm^2	(14 Dias) compresión kg/cm^2	(28 Dias) compresión kg/cm^2
X (sin fibra PET)	105.0	139.0	261.0
A	155.0	162.0	323.0
B	141.0	152.0	252.0
C	137.0	177.0	275.0



ING. RAMIRO JIMENEZ
LABORATORIO "GEOCONS"

GEOCONS
Geotecnia - Consultoría & Construcción
C.A. - RUC: 1800045222



"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultoría y Construcciones

Telf: 072-540907

Cal: 0994974048

PROYECTO DE TESIS:	PANEL PREFABRICADO DE MICRO HORMIGÓN CON AGREGADO DE FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO TIPO PET.		
ESTUDIANTE	HENRY HERNAN AVILA AGUILAR		
LABORATORIO	ING. RAMIRO JIMENEZ		
UBICACIÓN	CANTÓN LOJA, PROV. DE LOJA	FECHA	Julio-21-2018

Ensayo 2 (Compresión):

Ensayo a compresión de especímenes de 50mm de lado (con el 2.21 % de fibra PET) - NTE INEN 488										
Ensayo a compresión 7 días con 2.21 % PET ($f_c = 240 \text{ kg/cm}^2$)										
Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Especimen	Dosificación				Relación A/C	Peso húmedo (gr)	Peso seco (gr)	Resistencia kg/cm^2
			cemento	arena	Fibra%	Aditivo%				
Junio-07-2018	Junio-14-2018	X	1	2	0	2.5	0.55	210.5	208.9	105.0
Junio-07-2018	Junio-14-2018	A	1	2	2.21	2.5	0.55	236.2	234.6	132.0
Junio-07-2018	Junio-14-2018	B	1	2	2.21	2.5	0.55	223.5	221.2	114.0
Junio-07-2018	Junio-14-2018	C	1	2	2.21	2.5	0.55	254.3	250.6	114.0
Ensayo a compresión 14 días con 2.21 % PET ($f_c = 240 \text{ kg/cm}^2$)										
Junio-07-2018	Junio-20-2018	X	1	2	0	2.5	0.55	223.5	222.5	109.0
Junio-07-2018	Junio-20-2018	A	1	2	2.21	2.5	0.55	232	231.2	162.0
Junio-07-2018	Junio-20-2018	B	1	2	2.21	2.5	0.55	236.9	234.5	126.0
Junio-07-2018	Junio-20-2018	C	1	2	2.21	2.5	0.55	223.88	222.3	151.0
Ensayo a compresión 28 días con 2.21 % PET ($f_c = 240 \text{ kg/cm}^2$)										
Junio-07-2018	Julio-04-2018	X	1	2	0	2.5	0.55	236	234.5	242.0
Junio-07-2018	Julio-04-2018	A	1	2	2.21	2.5	0.55	213.5	211.3	262.0
Junio-07-2018	Julio-04-2018	B	1	2	2.21	2.5	0.55	219.8	218.9	172.0
Junio-07-2018	Julio-04-2018	C	1	2	2.21	2.5	0.55	222.3	221.1	276.0

GEOCONS
Geotecnia - Consultoría y Construcciones
C.A. CARRANZA 2021



"GEOCONS" LABORATORIO

Ingeniería - Consultoría & Construcción

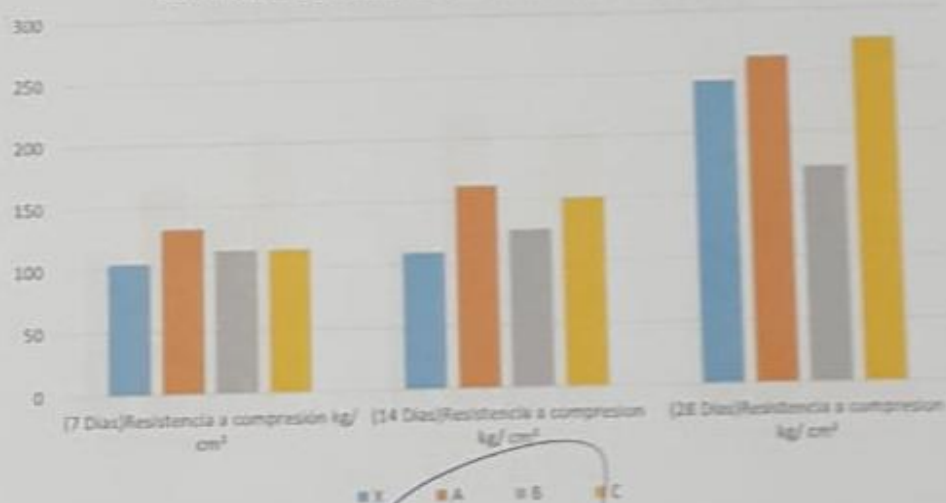
Tel: 072-540907

Cel: 0994874648

PROYECTO DE TESIS:	PANEL PREFABRICADO DE MICRO HORMIGÓN CON AGREGADO DE FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO TIPO PET.		
ESTUDIANTE:	HENRY HERNAN CIVIL AGUILAR		
LABORATORIO:	ING. RAMIRO JIMENEZ		
UBICACIÓN:	CANTÓN LOJA, PROV. DEL CESA	FECHA:	Julio-27-2018

COMPARACION DE RESISTENCIAS ($f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$)			
Mostras	(7 Dias) compresión kg/cm^2	(14 Dias) compresión kg/cm^2	(28 Dias) compresión kg/cm^2
X (sin fibra PET)	105	109	243
A	132	162	262
B	114	126	172
C	114	151	276

COMPARACION DE RESISTENCIAS ($f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$)



ING. RAMIRO JIMENEZ
LABORATORIO "GEOCONS"

GEOCONS
Ingeniería - Consultoría & Construcción
RUC: 1904774201



"GEOCONS" LABORATORIO

Ingeniería - Consultoría & Construcciones

Tel: 072-540907

Cel: 0994974048

PROYECTO DE TESIS:	PANEL PREFABRICADO DE MICRO HORMIGÓN CON AGREGADO DE FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO TIPO PET.		
ESTUDIANTE:	HENRY HERNAN AVILA AGUILAR		
LABORATORIO:	ING. RAMIRO JIMENEZ		
UBICACIÓN:	CANTÓN LOJA, PROV. DE LOJA	FECHA:	Julio-21-2018

Ensayo 1 (flexión):

Ensayo a flexión de especímenes de 40mm x 40mm x 160mm (con el 1 % de fibra PET) - NTE INEN 188										
Ensayo a flexión 7 días con 1 % PET										
Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Especimen	Dosificación				Relación A/C	Peso húmedo (gr)	Peso seco (gr)	Resistencia kg/cm²
			cemento	arena	Fibra%	Aditivo%				
Junio-07-2018	Junio-14-2018	X	1	2	0	2.5	0.55	480.5	478.8	8.13
Junio-07-2018	Junio-14-2018	A	1	2	1	2.5	0.55	462.2	460.3	11.35
Junio-07-2018	Junio-14-2018	B	1	2	1	2.5	0.55	470.3	468.6	9.91
Junio-07-2018	Junio-14-2018	C	1	2	1	2.5	0.55	476.8	476.9	14.33
Ensayo a flexión 14 días con 1 % PET										
Junio-07-2018	Junio-20-2018	X	1	2	0	2.5	0.55	475.6	473.3	8.35
Junio-07-2018	Junio-20-2018	A	1	2	1	2.5	0.55	436.2	435.9	15.18
Junio-07-2018	Junio-20-2018	B	1	2	1	2.5	0.55	456.8	454.6	9.49
Junio-07-2018	Junio-20-2018	C	1	2	1	2.5	0.55	469.6	467.8	14.54
Ensayo a flexión 28 días con 1 % PET										
Junio-07-2018	Julio-04-2018	X	1	2	0	2.5	0.55	473.6	471.3	8.64
Junio-07-2018	Julio-04-2018	A	1	2	1	2.5	0.55	478.6	476.8	11.24
Junio-07-2018	Julio-04-2018	B	1	2	1	2.5	0.55	466.2	465.1	12.25
Junio-07-2018	Julio-04-2018	C	1	2	1	2.5	0.55	479.8	476.4	17.91



"GEOCONS" LABORATORIO

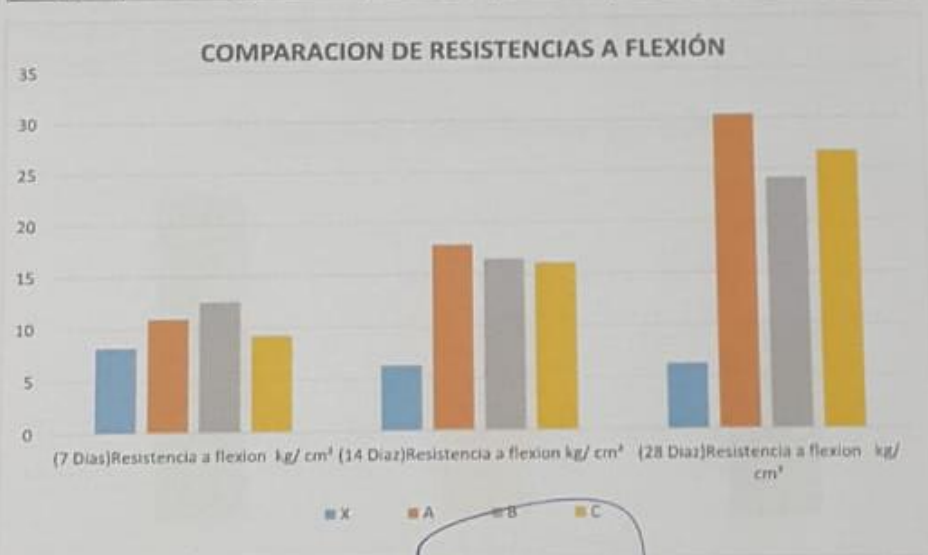
Geotecnia - Consultoría & Construcción

Tel: 072-540907

Cel: 0994974048

PROYECTO DE TESIS.	PANEL PREFABRICADO DE MICRO HORMIGÓN CON AGREGADO DE FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO TIPO PET.		
ESTUDIANTE.	HENRY HERNAN AVILA AGUILAR		
LABORATORIO	ING. RAMIRO JIMÉNEZ		
UBICACIÓN	CANTÓN LOJA, PROV. DE LOJA	FECHA	Julio-21-2018

COMPARACION DE RESISTENCIAS			
Muestras	(7 Días) flexión kg/ cm ²	(14 Días) flexión kg/ cm ²	(28 Días) flexión kg/ cm ²
X	8,14	6,25	6,25
A	10,87	17,83	30,4
B	12,52	16,45	24,13
C	9,22	16,05	26,74



ING. RAMIRO JIMÉNEZ
LABORATORIO "GEOCONS"

GEOCONS
CALLE 14 N° 1400000000
RUC 1103587653091



"GEOCONS" LABORATORIO"

Geotecnia - Consultoría y Construcciones

Tel: 072-540907

Cel: 0994974048

PROYECTO DE TESIS.	PANEL PREFABRICADO DE MICRO HORMIGÓN CON AGREGADO DE FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO TIPO PET.		
ESTUDIANTE	HENRY HERNAN AVILA AGUILAR		
LABORATORIO	ING. RAMIRO JIMENEZ		
UBICACIÓN	CANTÓN LOJA, PROV. DE LOJA	FECHA	Julio-21-2018

Ensayo 2 (flexión):

Ensayo a flexión de especímenes de 40mm x 40mm 160mm (con el 2.21 % de fibra PET) - NTE INEN 198

Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Especimen	Dosificación				Relación A/C	Peso húmedo (gr)	Peso seco (gr)	Resistencia kg/cm²
			cemento	arena	Fibra%	Aditivo%				
Junio-12-2018	Junio-19-2018	X	1	2	0	2.5	0.55	475.2	473.3	8.14
Junio-12-2018	Junio-19-2018	A	1	2	2.21	2.5	0.55	463.9	461.8	10.87
Junio-12-2018	Junio-19-2018	B	1	2	2.21	2.5	0.55	485.6	484.9	12.52
Junio-12-2018	Junio-19-2018	C	1	2	2.21	2.5	0.55	487.9	486.4	9.22
Ensayo a flexión 14 días con 2.21 % PET										
Junio-12-2018	Junio-26-2018	X	1	2	0	2.5	0.55	463.3	462.8	6.25
Junio-12-2018	Junio-26-2018	A	1	2	2.21	2.5	0.55	456.7	454.9	17.83
Junio-12-2018	Junio-26-2018	B	1	2	2.21	2.5	0.55	449.2	447.3	16.45
Junio-12-2018	Junio-26-2018	C	1	2	2.21	2.5	0.55	479.5	478.6	16.05
Ensayo a flexión 28 días con 2.21 % PET										
Junio-12-2018	Julio-10-2018	X	1	2	0	2.5	0.55	475.3	474.8	6.25
Junio-12-2018	Julio-10-2018	A	1	2	2.21	2.5	0.55	435.2	436.3	30.40
Junio-12-2018	Julio-10-2018	B	1	2	2.21	2.5	0.55	478.6	477.9	24.13
Junio-12-2018	Julio-10-2018	C	1	2	2.21	2.5	0.55	484.3	482.8	26.74



"GEOCONS" LABORATORIO"

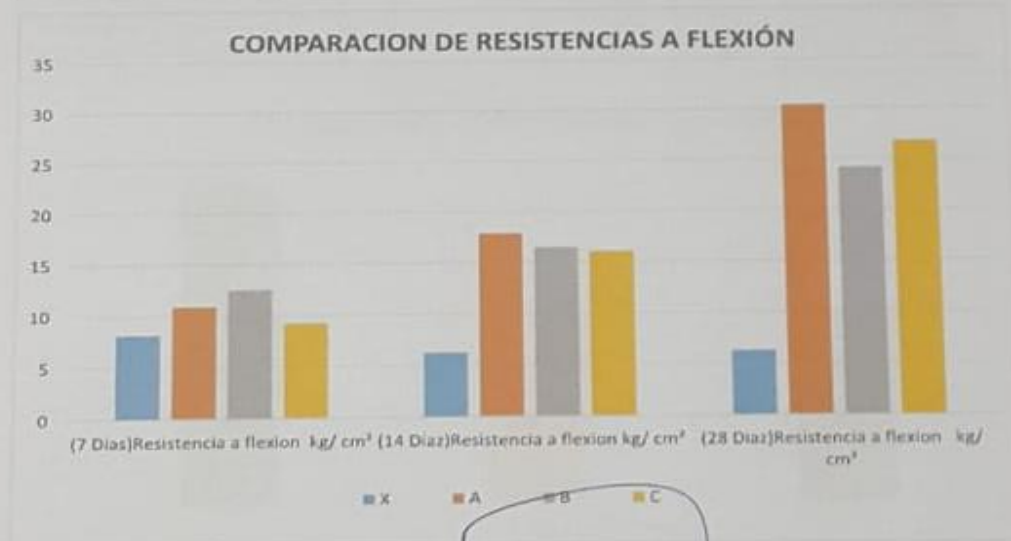
Ingeniería - Consultoría & Construcción

Tel: 072-540907

Cel: 0994974048

PROYECTO DE TESIS.	PANEL PREFABRICADO DE MICRO HORMIGÓN CON AGREGADO DE FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO TIPO PET.		
ESTUDIANTE	HENRY HERNAN AVILA AGUILAR		
LABORATORIO	ING. RAMIRO JIMENEZ		
UBICACIÓN	CANTÓN LOJA, PROV. DE LOJA	FECHA	Julio-21-2018

COMPARACION DE RESISTENCIAS			
Muestras	(7 Días) flexión kg/cm ²	(14 Días) flexión kg/cm ²	(28 Días) flexión kg/cm ²
X	8,14	6,25	6,25
A	10,87	17,83	30,4
B	12,52	16,45	24,13
C	9,22	16,05	26,74



ING. RAMIRO JIMENEZ
LABORATORIO "GEOCONS"





"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultoría & Construcciones

Tel: 072-540907

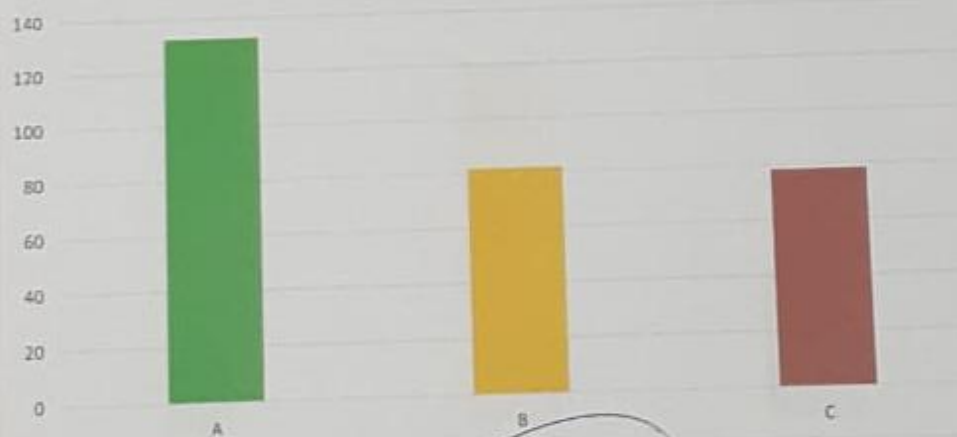
Cel: 0994974048

PROYECTO DE TESIS:	PANEL PREFABRICADO DE MICRO HORMIGÓN CON AGREGADO DE FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO TIPO PET.		
ESTUDIANTE	HENRY HERNAN AVILA AGUILAR		
LABORATORIO	ING. RAMIRO JIMENEZ		
UBICACIÓN	CANTÓN LOJA, PROV. DE LOJA	FECHA	Julio-21-2018

Ensayo 1 (compresión):

Ensayo a compresión de muestras de panel de 20cm x 20cm x 1.5cm (con el 2.21 % de fibra PET) NCH 146/2 of. 2000								
Ensayo a compresión 28 días con 2.21 % PET								
Fecha de elaboración	Fecha de rotura	muestra	Dosificación				Relación A/C	Resistencia kg/cm ²
			cimento	arena	Fibra%	Aditivo%		
Junio-19-2018	Julio-16-2018	A	1	2	2.21	2.5	0.55	132.563
Junio-19-2018	Julio-16-2018	B	1	2	2.21	2.5	0.55	81.57
Junio-19-2018	Julio-16-2018	C	1	2	2.21	2.5	0.55	78.173

(28 Días) PANEL - COMPRESION (kg/ cm²)



ING. RAMIRO JIMENEZ
LABORATORIO "GEOCONS"

GEOCONS
LABORATORIO "GEOCONS"
C.R. 1193487653201



"GEOCONS" LABORATORIO

Ingeniería - Consultoría & Construcciones

Telf: 072-540907

Cel: 0994974048

PROYECTO DE TESIS:	PANEL PREFABRICADO DE MICRO HORMIGÓN CON AGREGADO DE FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO TIPO PET.		
ESTUDIANTE:	HENRY HERNAN AVILA AGUILAR		
LABORATORIO:	ING. RAMIRO JIMENEZ		
UBICACIÓN:	CANTÓN LOJA, PROV. DE LOJA	FECHA:	Julio-21-2018

Resultados ensayo 1 (flexión):

Ensayo a flexión de muestras de panel de 30cm x 30cm x 1.5cm (con el 2.21 % de fibra PET) NCH 146/3 of. 2009								
Ensayo a flexión 28 días con 2.21 % PET								
Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Muestra	Distribución				Relación A/C	Resistencia kg/cm ²
			cemento	arena	Fibra%	Aditivo%		
Junio-19-2018	Julio-16-2018	A	1	2	2.21	2.5	0.55	106.90
Junio-19-2018	Julio-16-2018	B	1	2	2.21	2.5	0.55	108.40
Junio-19-2018	Julio-16-2018	C	1	2	2.21	2.5	0.55	106.443

(28 Días)PANEL - FLEXIÓN (kg/ cm²)



ING. RAMIRO JIMENEZ
LABORATORIO "GEOCONS"

