



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**Análisis Del Comportamiento Del Hormigón Mediante La
Adición De Tereftalato De Polietileno Reciclado**

AUTOR:

Bolaños González Doménica Gianella

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
Ingeniera Civil**

TUTOR:

De La Pared Condo Daniel Boanerges

Guayaquil, Ecuador

09 de marzo del 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Bolaños González Doménica Gianella**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniera Civil**.

TUTOR

f. _____

Ing. De la Pared Condo Daniel Boanerges

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany MSc.

Guayaquil, a los 09 del mes de marzo del año 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Bolaños González Doménica Gianella**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Análisis del comportamiento del hormigón mediante la adición de tereftalato de polietileno reciclado**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 09 del mes de marzo del año 2022

f. _____

Bolaños González Doménica Gianella



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Bolaños González Doménica Gianella**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Análisis del comportamiento del hormigón mediante la adición de tereftalato de polietileno reciclado**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 09 del mes de marzo del año 2022

f. _____

Bolaños González Doménica Gianella






REPORTE URKUND



Document Information

Analyzed document	DOMENICA BOLANOS G. - ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL HORMIGON MEDIANTE LA ADICION DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO.pdf (D128615350)
Submitted	2022-02-23T00:09:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	clara.glas@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	clara.glas.ucsg@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / INFORME FINAL - GARZÓN FAJARDO.docx Document INFORME FINAL - GARZÓN FAJARDO.docx (D113134494) Submitted by: tanya.donoso@cu.ucsg.edu.ec Receiver: tanya.donoso.ucsg@analysis.orkund.com		5
W	URL: https://plataformazeo.com/es/cuanto-co2-emite-el-plastico/#:~:text=El Fetched: 2022-02-23T00:52:00.0000000		1
W	URL: https://www.studocu.com/en-us/document/colorado-school-of-mines/water-supply-engineering/astm-c136-2014-standard-test-method-for-sieve-analysis-of-fine-and-coarse-aggregates/8462887 Fetched: 2022-02-23T00:52:00.0000000		2
W	URL: https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/nada-frena-plasticos-un-solo-uso-mas-260000-toneladas-al-ano-ecuador Fetched: 2022-02-23T00:52:00.0000000		1
SA	TESIS-2.docx Document TESIS-2.docx (D56436690)		1

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios en primer lugar por brindarme su amor, compañía y darme la fortaleza necesaria para mantenerme firme en la culminación de este logro muy importante en mi vida. Gracias por que me permitiste demostrar con una sonrisa que nada es imposible en esta vida, ya que, a lo largo de mi carrera aprendí de muchos errores, pero jamás me dejé vencer.

Este trabajo de titulación se lo debo gracias a mis pilares fundamentales que son mis padres y hermanos; gracias por estar siempre en cada paso importante que doy en la vida, pero siempre pude ver extender sus manos ofreciéndome apoyo en todo momento y solo les quiero agradecer con todo mi corazón que nunca dudaron de mí y que ahora les puedo decir que esta meta está cumplida.

Le doy gracias a mi Novio Andres Quintana por estar siempre presente a lo largo de toda la carrera, brindándome su mejor apoyo y amor, gracias por hacer este camino largo lleno de mucha enseñanza y perseverancia. Entendí que contigo rendirse no era una opción, sin embargo, aquí estamos culminando juntos un logro de mucho éxito agarrados de la mano siempre.

Finalmente le doy gracias a toda mi familia que son mis abuelos, tíos, primos y a mi Capita que fueron de suma importancia en el desarrollo de este éxito, fueron un apoyo muy importante que estuvo lleno de muchos consejos y les doy gracias por hacer que este camino se sienta acompañado de amor.

Doménica Bolaños González

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

Agradezco a mi tutor el Ingeniero Daniel de la pared por su constante orientación, paciencia y por la confianza que depositó en mi para llevar a cabo con entusiasmo este tema de titulación. Al grupo de profesionales que pertenecen a la empresa Construladesa S.A. por brindarme sus conocimientos y experiencias que fueron de mucho aporte, por darme un pequeño espacio en sus instalaciones para poder llevar a cabo el desarrollo de mi proyecto.

A la empresa Licosa S.A. por su aporte al momento de facilitarme los materiales necesarios para los ensayos respectivos.

Le doy gracias al Ingeniero Ernesto Roche y a la empresa Enkador S.A. por su consideración, aportación y donación del plástico, ya que, fue de suma importancia para el desarrollo del estudio e investigación.

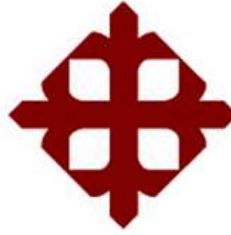
Doménica Bolaños González

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación está dedicado a Dios por brindarme siempre la sabiduría y el esfuerzo necesario para llegar con éxito a la culminación de mi carrera.

A mis padres por que sin ellos esto no habría sido posible, por estar siempre pendientes de mí en todo momento, por demostrar su amor, confianza, ya que, se convirtieron principalmente en mi guía y motivadores constantes para alcanzar mis sueños.

Doménica Bolaños González



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
INGENIERÍA CIVIL**

f. _____
Ing. De la Pared Condo Daniel Boanerges
TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____
Ing. Alcívar Bastidas Stefany Esther, Msc
DIRECTORA DE CARRERA

f. _____
Ing. Martínez Rehpani, Gilberto M.Sc.
DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____
Ing. Yépez Roca, Luis Octavio Msc.
OPONENTE

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I	3
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	4
1.2 DELIMITACIÓN DEL TEMA	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 ALCANCE	5
1.5 OBJETIVOS	5
1.5.1 Objetivo General	5
1.5.2 Objetivos Específicos	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 HORMIGÓN	7
2.1.2 Ensayos de Hormigón	9
2.2 AGREGADOS	13
2.2.1 Agregado Grueso	14
2.2.2 Agregado Fino	15
2.2.3 Cemento	17
2.2.4 Agua	17
2.3 PLÁSTICO	18
2.3.1 Contaminación ambiental por plástico en nuestro País	21
2.3.2 Tereftalato de Polietileno o PET reciclado	24
CAPÍTULO III	27
3. ENSAYOS DE LABORATORIO	28
3.1 DISEÑO DE HORMIGÓN TRADICIONAL	28
3.1.1 Ensayos de los materiales	28
3.1.2 Diseño del patrón para la mezcla de hormigón	46
3.1.3 Elaboración de Cilindros	50
3.2 DISEÑO DE HORMIGÓN CON LA ADICIÓN DE PET RECICLADO	53
3.2.1 Tipo de plástico aplicado en la mezcla	54
3.2.2 Dosificaciones con sus porcentajes respectivos de PET como reemplazo de arena.	54

3.2.3 Elaboración de Cilindros-----	57
CAPÍTULO IV-----	59
4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN-----	60
4.1 HORMIGÓN TRADICIONAL -----	60
4.2 HORMIGÓN CON LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO-----	63
CAPÍTULO V -----	76
5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS-----	77
5.2 ANÁLISIS DE LAS CURVAS COMPARATIVAS -----	77
CAPÍTULO VI-----	81
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES-----	82
6.1 CONCLUSIONES-----	82
6.2 RECOMENDACIONES-----	86
CAPÍTULO VII-----	87
7. REFERENCIAS-----	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites Granulométricos Para El Agregado Fino-----	30
Tabla 2. Resultados Del Ensayo De Caracterización Del Agregado Fino -----	31
Tabla 3. Requisitos Granulométricos Del Agregado Grueso-----	40
Tabla 4. Resultados Del Ensayo De Caracterización Del Agregado Fino-----	40
Tabla 5. Resumen De Ensayos Para El Agregado Fino.-----	46
Tabla 6. Resumen De Ensayos Para El Agregado Grueso -----	47
Tabla 7. Dosificación Para Hormigón De 240 Kg/Cm ² -----	50
Tabla 8. Resultados Del Ensayo De Resistencia A Compresión Para Hormigón Con Resistencia Específica De 240 Kg/Cm ² -----	61
Tabla 9. Resultados Del Ensayo De Resistencia A Compresión Para Hormigón Con Reemplazo Al 0.5% Del Agregado Fino Por Plástico Reciclado -----	64
Tabla 10. Resultados Del Ensayo De Resistencia A Compresión Para Hormigón Con Reemplazo Al 1% Del Agregado Fino Por Plástico Reciclado -----	66
Tabla 11. Resultados Del Ensayo De Resistencia A Compresión Para Hormigón Con Reemplazo Al 2% Del Agregado Fino Por Plástico Reciclado -----	68
Tabla 12. Resultados Del Ensayo De Resistencia A Compresión Para Hormigón Con Reemplazo Al 4% Del Agregado Fino Por Plástico Reciclado -----	70
Tabla 13. Resultados Del Ensayo De Resistencia A Compresión Para Hormigón Con Reemplazo Al 6% Del Agregado Fino Por Plástico Reciclado -----	72
Tabla 14. Resultados Del Ensayo De Resistencia A Compresión Para Hormigón Con Reemplazo Al 8% Del Agregado Fino Por Plástico Reciclado -----	74
Tabla 15. Revenimiento De Especímenes De Hormigón -----	83
Tabla 16. Resumen De Resistencia Promedio A Los 4, 7, 14 y 28 Días-----	84
Tabla 17. Porcentajes De Incremento O Decrecimiento De La Resistencia Con Adición Al 0.5 – 1% -----	84
Tabla 18. Porcentajes De Incremento O Decrecimiento De La Resistencia Con Adición Al 2%, 4%, 6% Y 8% -----	84

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Ilustración 1. Hormigón realizado en la empresa Construladesa S.A. -----	8
Ilustración 2. Procedimiento del Cono de Abrams-----	10
Ilustración 3. Máquina hidráulica generando compresión axial a muestra de cilindro de hormigón-----	11
Ilustración 4. Elaboración de Cilindros de Hormigón. -----	13
Ilustración 5. A Agregado Grueso, 3/4"gregado Grueso, 3/4" -----	15
Ilustración 6. Material Agregado Fino (Arena) -----	16
Ilustración 7. Saco de cemento hidráulico tipo GU de 50Kg -----	17
Ilustración 8. El material del plástico en sus diferentes formas y usos. -----	19
Ilustración 9. Porcentajes de plástico botado en el Ecuador -----	22
Ilustración 10. Plástico por Regiones -----	23
Ilustración 11. Envase para bebidas de Tereftalato de polietileno o PET para el consumo humano-----	25
Ilustración 12. Escamas livianas de Tereftalato de Polietileno reciclado-----	26
Ilustración 13. Secado de forma natural de la arena del Río "Peralta" -----	29
Ilustración 14. Clasificación de partículas según su tamiz del agregado fino -----	30
Ilustración 15. Limpieza del agregado fino por el Tamiz #4 -----	31
Ilustración 16. Curva granulométrica del agregado fino-----	32
Ilustración 17. Muestra del agregado fino saturando por 24 Horas-----	34
Ilustración 18. Arena en condición saturada superficialmente seca-----	34
Ilustración 19. Picnómetro con presencia de arena y agua -----	35
Ilustración 20. Secado del material en horno a una temperatura de 110°C -----	36
Ilustración 21. Clasificación de partículas según su tamiz del agregado grueso----	39
Ilustración 22. Curva granulométrica del agregado fino-----	41
Ilustración 23. Muestra del agregado grueso saturando por 24 Horas -----	42
Ilustración 24. Secado manual de la superficie del Agregado Grueso-----	42

Ilustración 25. Muestra del agregado con canastilla sumergida en contenedor con agua -----	43
Ilustración 26. Secado del agregado en horno a una temperatura de 110°C -----	44
Ilustración 27. Análisis de la consistencia del hormigón.-----	48
Ilustración 28. Elaboración de mezcla de hormigón con resistencia de 240 Kg/cm ² -----	49
Ilustración 29. Cilindros utilizados con medidas de 10 x 20 cm -----	50
Ilustración 30. Procedimiento para la elaboración de especímenes de hormigón --	51
Ilustración 31. Encofrado de los especímenes de hormigón de 240 kg/cm ² . -----	52
Ilustración 32. Colocación de muestras de hormigón en piscinas de curado -----	52
Ilustración 33. Elaboración de mezcla de hormigón con la adición de las escamas de tereftalato de polietileno reciclado -----	53
Ilustración 34. Escamas Livianas de Tereftalato de Polietileno Reciclado-----	54
Ilustración 35. Encofrado de los especímenes de hormigón con las adiciones de plástico al 0.5% - 1% -----	57
Ilustración 36. Encofrado de los especímenes de hormigón con las adiciones de plástico al 2%, 4%, 6% y 8%-----	58
Ilustración 37. Colocación de muestras de hormigón con la adición de plástico en piscinas de curado -----	58
Ilustración 38. Maquina Hidráulica generando compresión axial a cilindro de hormigón y rotura tipo 5 del cilindro de 10 x 20 cm -----	60
Ilustración 39. Comportamiento de la resistencia a compresión del hormigón de 240 kg /cm sin la adición del plástico reciclado -----	62
Ilustración 40. Maquina Hidráulica generando compresión axial a cilindro de hormigón con escamas de tereftalato de polietileno de 10 x 20 cm-----	63
Ilustración 41. Comportamiento de la resistencia a compresión del hormigón con la adición del plástico reciclado al 0.5%-----	65
Ilustración 42. Comportamiento de la resistencia a compresión del hormigón con la adición del plástico reciclado al 1% -----	67
Ilustración 43. Comportamiento de la resistencia a compresión del hormigón con la adición del plástico reciclado al 2% -----	69

Ilustración 44. Comportamiento de la resistencia a compresión del hormigón con la adición del plástico reciclado al 4% -----	71
Ilustración 45. Comportamiento de la resistencia a compresión del hormigón con la adición del plástico reciclado al 6% -----	73
Ilustración 46. Comportamiento de la resistencia a compresión del hormigón con la adición del plástico reciclado al 8% -----	75
Ilustración 47. Curvas comparativas entre un hormigón tradicional vs hormigón con la adición de tereftalato de polietileno al 0.5 % - 1 % -----	77
Ilustración 48. Curvas comparativas entre un hormigón tradicional vs hormigón con la adición de tereftalato de polietileno al 2%, 4%, 6% y 8%-----	78
Ilustración 49. Curvas comparativas entre un hormigón tradicional vs hormigón con la adición de tereftalato de polietileno al 0.5%, 1%, 2%, 4%, 6% y 8% -----	79

RESUMEN

El Ecuador se ha visto afectado de gran manera por sus altos porcentajes de desperdicios de plástico de un solo uso generando así grandes daños en la comunidad, El desarrollo de esta investigación tiene como finalidad plantear una solución, en donde, se va a utilizar el tereftalato de polietileno material con el que se usa para la fabricación de botellas en reemplazo parcial del agregado fino para la mezcla del hormigón. La metodología aplicada consiste en la elaboración de especímenes de hormigón en donde se realizarán ensayos comparativos entre una mezcla de hormigón tradicional y una mezcla de hormigón con las adiciones de distintos porcentajes tales como 0.5%, 1%, 2%, 4%, 6% y 8% de las escamas de tereftalato de polietileno reciclado, analizando y demostrando su comportamiento y sus beneficios para considerarlo como un nuevo método constructivo. Los resultados obtenidos del estudio indicaron que a menor porcentaje de arena reemplazada aumenta la resistencia a la compresión del elemento, se determinó que al reemplazo del 0.5% - 1% del agregado de PET con respecto al agregado fino existe un mejor desempeño a la compresión, ya que, a partir del 2% en adelante los resultados no fueron los esperados.

Palabras Claves: *Tereftalato de polietileno, espécimen, PET, patrón, escamas, cilindros, resistencia*

ABSTRACT

Ecuador has been greatly affected by its high percentages of single-use plastic waste, thus generating great damage to the community. The purpose of this research is to propose a solution in which polyethylene terephthalate, a material used in the manufacture of bottles, will be used as a partial replacement of the fine aggregate for the concrete mix. The applied methodology consists of the elaboration of concrete specimens where comparative tests will be carried out between a traditional concrete mix and a concrete mix with the additions of different percentages such as 0.5%, 1%, 2%, 4%, 6% and 8% of recycled polyethylene terephthalate flakes, analyzing and demonstrating its behavior and benefits to consider it as a new construction method. The results obtained from the study indicated that the lower the percentage of sand replaced, the higher the compressive strength of the element, it was determined that the replacement of 0.5% - 1% of the PET aggregate with respect to the fine aggregate, there is a better compressive performance, since, from 2% onwards, the results were not expected.

Keywords: *polyethylene terephthalate, specimen, PET, pattern, flakes, cylinders, strength, resistance*

INTRODUCCIÓN

La sociedad se encuentra en un estado de alta preocupación debido a la contaminación ambiental generada por un sinnúmero de acciones que conllevan a grandes daños para nuestro planeta y el futuro de la humanidad. Una de esas acciones es principalmente el desperdicio desenfrenado de millones de toneladas de plástico de un solo uso.

Debido a esta problemática se lleva a cabo el desarrollo de este trabajo de investigación en donde se busca generar hormigones con la utilización de un desecho con gran potencial como lo es el tereftalato de polietileno reciclado con el objetivo de analizar y poder mejorar las propiedades del hormigón, ayudando de gran manera en la reducción de los plásticos en el entorno dejando así un impacto positivo en la huella ecológica y generando nuevos métodos constructivos.

CAPÍTULO I

1.1 Descripción de la problemática

De acuerdo a lo observado en nuestra comunidad Ecuatoriana se ha concluido que la contaminación ambiental por el plástico es cada vez mayor, es por esto que se lleva a cabo el desarrollo de este trabajo de investigación, en donde, se basa en la realización de un diseño de mezclas de hormigón con la adición de tereftalato de polietileno.

1.2 Delimitación del tema

El desarrollo de esta investigación se llevará a cabo por partes, primera parte consistirá en la parte del diagnóstico, después de esto, está la parte de experimentación, en donde, se realizarán ensayos de hormigones con un diseño del patrón y se hace la comparación con el diseño de hormigones con la adición de tereftalato de polietileno para así determinar cuál es su comportamiento y finalmente se realizará un análisis de resultados.

1.3 Justificación

En los últimos años Ecuador se ha visto afectado por la gran contaminación ambiental producto al desperdicio sin responsabilidad del plástico, generando así una gran afectación en las especies marinas, ya que, el material del plástico no se degrada. Es por este que se lleva a cabo el desarrollo de esta investigación para así poder contribuir con el medio ambiente, generando hormigones con la adición de tereftalato de polietileno material con el que se usa para la generación de botellas de plástico.

La finalidad de esta investigación es demostrar mediante ensayos que tan factible, cuáles serían los beneficios del uso del tereftalato de polietileno en hormigones tradicionales y se analizará su capacidad de mejorar o mantener las propiedades físico mecánicas.

1.4 Alcance

El desarrollo de este tema de investigación tiene como finalidad el análisis cuyo enfoque se basa en el comportamiento de un hormigón estructural con la adición de plástico reciclado, con el cual se obtendrá información necesaria para así poder generar una solución acerca del impacto ambiental en la comunidad Ecuatoriana y un método alternativo en el área de la construcción.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Probar y demostrar que tan viable es el uso del plástico como agregado en el hormigón estructural.

1.5.2 Objetivos Específicos

- El análisis de resultados de un hormigón tradicional en comparación con un hormigón con tereftalato de polietileno.
- Realizar ensayos con distintos porcentajes de adición para analizar el comportamiento del hormigón con diferentes cantidades del agregado en estudio.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 HORMIGÓN

Es una mezcla de cemento Pórtland o cualquier cemento hidráulico, áridos, agua, con o sin aditivos, dosificado y mezclado en la obra, se presenta en un estado fresco listo para ser colocado. Todo hormigón elaborado en obra que cumpla con los requerimientos de la norma del hormigón premezclado. (INEN, 2015)

El significado de la palabra hormigón o concreto según la RAE como americanismo, se conoce que es de origen latín que proviene de la palabra concretus que tiene como significado crecer unidos o unir.

El hormigón es un material compuesto que está formado esencialmente por un aglomerante al cual se le añaden distintos materiales determinados como por ejemplo agua, cemento, agregado grueso, agregado fino, por otro lado, tenemos casos como los aditivos, este tipo de aglomerante del que se habla es el cemento tipo portland, por lo tanto, se conoce que es el más usado en varios países y en Ecuador se lo utiliza en su gran mayoría, ya que, es un reactivo que genera hidratación junto con los otros materiales.

Al mezclar agua, agregado fino (Arena), agregado grueso, que son comúnmente en el medio piedra chispa $\frac{3}{4}$ " y el cemento portland, la unión de estos componentes dará como resultado hormigón. Cabe recalcar que al mezclar solo agregado fino (arena), agua y cemento solo se va a generar un mortero.

El hormigón como material compuesto, tiene sus características que lo destacan, este al ser un material de construcción tiene ventajas y una de ellas es la maleabilidad del mismo, la cual puede tomar la forma según el encofrado que se le coloque y también tiene una adherencia potente si se lo hace de manera técnica y correcta. Dentro de todas sus ventajas, las características que lo hacen un material muy útil son:

- Es un material que su prioridad es reforzar cuando exista fuego y es resistente hasta cierto punto.
- Al ser un material inerte y con buena compactación hace que los costos en el mantenimiento sean realmente bajos durante el tiempo de vida útil que tenga el elemento.
- Es un material al cual se le puede agregar cualquier tipo de fibra, unión celular o cualquier material que aporte en cuanto a resistencia y capacidad de deformación.

Ilustración 1

Hormigón realizado en la empresa Construladesa S.A.



Fuente. (Autor, 2021)

2.1.2 Ensayos de Hormigón

En toda obra civil o métodos de investigación correspondiente al hormigón, se necesita conocer las características del material, normalmente en obra cuando se hormigona algún tipo de elemento, ya sea, estructural, vial, etc., se deberá realizar ensayos.

En la norma Ecuatoriana explica en el capítulo número siete que existen dos tipos de ensayos de hormigón, un ensayo se lo conoce como ensayos de hormigón fresco, que consiste en el análisis de las características del material en obra a través de la realización de ensayos como de consistencia, ensayos de temperatura y contenido de aire.

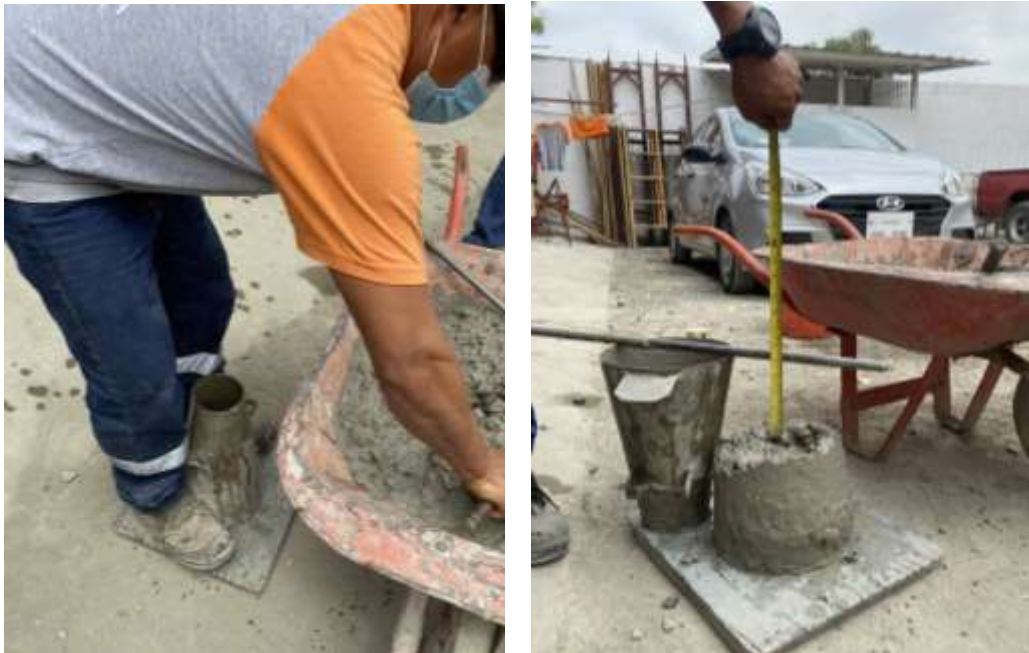
Cuando se analiza el término de hormigón fresco esto quiere decir que es una mezcla que se encuentra en obra ya preparada con todos sus agregados e hidratada, pero sin ser vaciada, es por esto, que se realiza ciertos ensayos como por ejemplo el ensayo de consistencia del hormigón que se basa en medir o definir mediante el cono de Abrams.

El cono de Abrams es un ensayo que presenta un molde troncocónico con medidas de 30cm de altura, 20cm de base y 10cm de base superior, cuyo procedimiento se lo debe realizar en lugares con presencia de superficies planas y sin vibraciones, como se observa en la figura 2 la posición correcta para vaciar el hormigón consiste en posicionar los pies sobre las orejas del cono, una vez lista la posición se procede a ir colocando el hormigón en tres capas cada capa será apisonada 25 golpes con una varilla lisa de 16mm.

Una vez hormigonado el cono en su totalidad se deberá ir enrazando la parte superior del cono con la misma varilla para así generar una superficie lisa y finalmente se levanta el cono en un tiempo de 3 a 7 segundos, el cual se llevará un registro con la ayuda del flexómetro en donde indicará de cuánto será la consistencia o asentamiento del hormigón.

Ilustración 2

Procedimiento del Cono de Abrams



Fuente. (Autor, 2021)

Para ensayos de temperatura del hormigón se va a medir mediante un dispositivo, en donde, se indicará que para hormigones en estado fresco no deben exceder una temperatura de 70°C, ya que, así va a generar y garantizar una manejabilidad adecuada para el procedimiento de vaciado.

Por otro lado, tenemos otro tipo de ensayo de hormigón que consiste en analizar las características, medir en laboratorios la resistencia y propiedades del hormigón endurecido.

Los ensayos de resistencia consisten en comprobar que la resistencia y propiedades del hormigón se realizan por medio de un ensayo de compresión generando así resultados que sean apropiados de acuerdo al proyecto que se realice.

El ensayo de compresión se realiza generalmente para determinar las propiedades de la muestra de hormigón frente a una aplicación de carga axial para comprimir una muestra dentro de las probetas de los ensayos, en

ingeniería para todo tipo de elementos estructurales es obligatorio realizar ensayos a compresión para el hormigón que se vaya aplicar en obra, ya que, es un ensayo que va a dar como resultado la resistencia a compresión $F'c$ del material.

Ilustración 3

Maquina hidráulica generando compresión axial a muestra de cilindro de hormigón



Fuente. (Autor, 2021)

Para tener una buena resistencia se necesita aplicar una buena dosificación y que sus agregados se encuentren en buen estado para que así pueda llegar a ese $F'c$ deseado. los resultados de las pruebas de resistencia a compresión del hormigón se realizarán en laboratorios que presente todos los implementos como por ejemplo maquinas hidráulicas que generen compresión axial para poder realizar este tipo de ensayo.

Cada muestra de cilindro de hormigón se debe dejar en reposo en una poza para el proceso de curado y se ejecutará el ensayo a los 4 primeros días, 7 días, 14 días y finalmente se espera que el 100% de la resistencia del hormigón sea a los 28 días.

Para realizar pruebas de resistencia del hormigón el laboratorio se debe tener en consideración ciertos puntos:

- Los cilindros para las pruebas deben tener un tamaño de 150mm x 300mm o 100mm x 200mm, y su diámetro debe ser como mínimo tres veces el tamaño nominal del agregado grueso que se emplee en el hormigón de diseño.
- No se debe permitir que los cilindros a ensayar se sequen antes de la prueba de ensayo.
- Las almohadillas de neopreno se deben cambiar en caso de que se encuentren en un estado de deterioro y se debe realizar el cambio antes del ensayo.
- El técnico que realice el ensayo debe colocar la fecha que recibieron las probetas en el laboratorio, fecha del ensayo con todos los datos de los cilindros como su diámetro, edad, tipo de fractura, masa y su máxima carga que fue aplicada.

Ilustración 4

Elaboración de Cilindros de Hormigón.



Fuente. (Autor, 2021)

2.2 AGREGADOS

Los agregados son conocidos como grupo de partículas que pueden ser artificiales que normalmente se usan de una reutilización de materiales como por ejemplo vidrios, plásticos, cerámicas, etc., o se pueden encontrar de una forma natural.

Por lo regular los agregados son conocidos por ser componentes con mayor participación al momento de desarrollar la mezcla de hormigón, se debe tener en cuenta que al momento de ser transportados y almacenados se debe evitar su contaminación o segregación, ya que, deben mantener sus características granulométricas.

Al momento de realizar una mezcla de hormigón los agregados son una parte fundamental, ya que, generan una masa del 70% al 85%, su volumen en el hormigón se encuentra desde el 60% al 75% y si expresamos la parte

económica los agregados se encuentran en el 25% del costo de todos los componentes que forman un hormigón.

Se llevará a cabo para el desarrollo de esta investigación y para la elaboración de muestras de hormigón cuatro tipos de agregados como, por ejemplo:

- Agregado Grueso
- Agregado Fino
- Cemento
- Agua

Un análisis muy importante es tener en consideración que existen grandes contaminantes en los agregados o impurezas orgánicas generando así que afecten a la resistencia y la durabilidad del mismo. Es por esto que la presencia de cloruros como sales, magnesio o carbonato en dicho material pueden llegar a generar una aceleración en el fraguado, la presencia de azúcares afecta en el fraguado a tal punto de prolongar que nunca llegue a fraguar y finalmente la presencia de la materia orgánica llega a generar un retraso en el procedimiento del fraguado en el hormigón.

Se obtuvieron los agregados tales como el agregado grueso y el agregado fino de la Cantera Licosá S.A.

2.2.1 Agregado Grueso

La definición de agregado grueso se lo conoce por ser un material de un tamaño mayor o que se encuentre retenido en el tamiz #4, se lo conoce por lo general como un material resistente, duro y limpio. En caso de llegar a presentar impurezas se deberá realizar la correcta eliminación mediante un procedimiento de lavado.

Los agregados gruesos son uno de los principales componentes en el hormigón es por esta razón que el cuidado de este material es de suma importancia, ya que, de esa forma se garantiza excelentes resultados al momento de realizar hormigones. Se conoce que es un material que está

conformado por grava o también por un proceso de trituración generando partículas de un tamaño mayor a 5mm.

Para adquirir los agregados gruesos artificiales se requiere realizar un procedimiento de trituración en el cual consiste en la localización de macizos rocosos que comúnmente se los encuentra en las canteras, se realiza un método de voladura que normalmente se ejecuta con explosivos, se procede a la limpieza del material y se lleva a cabo con la pulverización de materiales rocosos que serán clasificados según sus tamaños y finalmente se llevará a cabo su utilización.

Ilustración 5

Agregado Grueso, 3/4"



Fuente. Cantera (Licosa.S.A, 2021)

2.2.2 Agregado Fino

Este tipo de agregado fino se lo considera como una arena natural o también se puede producir arena de manera artificial, pero para el desarrollo de este

trabajo de investigación la arena utilizada proviene normalmente de las canteras que en este caso fue de la cantera Licosa S.A.

Para la utilización de los agregados finos se debe llevar a cabo la utilización y el cumplimiento de los requisitos que indica en la norma para así llevar una adecuada construcción, siendo uno de los requerimientos más importantes es tener en cuenta de las impurezas orgánicas, en el caso de presentar dichas sustancias se debe sujetar a ensayos y si el material se encuentra de un color más oscuro se debe realizar rechazo.

El agregado fino al ser un material de partículas de menor tamaño o de un tamaño de 5mm, por lo general, pasará en un 100% en el tamiz 3/8" y finalmente este material se queda retenido en el tamiz # 200.

Ilustración 6

Material Agregado Fino (Arena)



Fuente. Cantera (Licosa.S.A, 2021)

2.2.3 Cemento

El tipo de cemento utilizado para el tema de investigación se lo conoce como cemento hidráulico tipo GU, se llevó a cabo la elección de este tipo de cemento debido a la facilidad de adquisición en nuestro país y por sus principales características que son gran resistencia, durabilidad y calidad, ya que, es comúnmente utilizado para todo tipo de construcción.

Ilustración 7

Saco de cemento hidráulico tipo GU de 50Kg



Fuente. (Autor, 2021)

2.2.4 Agua

El agua se lo considera fundamental para la elaboración del hormigón y para el procedimiento de curado y el agua de la mezcla debe cumplir con las siguientes (Ecuatoriano de Normalización, 2011)

El agua de la mezcla debe ser clara y de apariencia limpia, libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan ser dañinas para el hormigón o para el acero de refuerzo. (Ecuatoriano de Normalización, 2011)

Si contiene sustancias en cantidades que la manchen o le produzcan olor o sabor inusuales, objetables o que causen sospecha, esta agua no debe usarse a menos que existan registros de hormigones elaborados con ella, o información que indique que no perjudica la calidad del hormigón. (Ecuatoriano de Normalización, 2011)

2.3 PLÁSTICO

El origen del plástico comienza en 1860 con el inventor Jhon Wesley Hyatt que al combinar celulosa con dos sustancias como alcanfor y etanol crea por primera vez un material plástico llamado celuloide generando un material sustituto para el marfil. El celuloide se desarrolló con éxito comercial, ya que, se puede ablandar repetidamente y ser moldeado nuevamente mediante un procedimiento de calor, por lo que se le da como título de termoplástico.

Debido a su éxito en 1872 se crea Celluloid Company que se dedicaba a fabricar diferentes objetos como armazones de lentes, mangos de cuchillos y espejos, debido a su notable desempeño del celuloide fue de suma importancia para el desarrollo de la industria cinematográfica a pesar de que era un material inflamable.

En 1909 un reconocido químico norteamericano de origen Belga llamado Leo Hendrik Baekeland desarrolló el primer plástico totalmente sintético con la unión de dos moléculas conocidas como fenol y formaldehído generando así la baquelita, un plástico de gran interés comercial en la historia por lo que da inicio a la tecnología moderna de la era del plástico.

El plástico proviene de un término griego conocido como “Plastiko” que tiene como significado que se puede moldear, se lo conoce como un material sintético o semisintético que son obtenidos producto de las reacciones de

polimerización y es por esto que tiene varias utilidades para el consumo humano. Es un material que es conocido por su alta maleabilidad o plasticidad durante su proceso de fabricación, ya que, permite realizar procedimientos como prensados o incluso fundirlo a altas temperaturas obteniendo así diferentes tipos de formas del material tales como láminas, fibras, tubos, botellas, fundas, etc.

Ilustración 8

El material del plástico en sus diferentes formas y usos.



Fuente. (Autor, 2021)

Una de las características de este material es por ser de altas resistencias y densidades y presentan dos tipos de familias de plásticos, que son conocidos como:

- **Termoplásticos:** Se analiza como termoplásticos por su facilidad en el tema del reciclaje, ya que, su procedimiento se realiza por medio de calor generando así diversas formas en el material.

Los tipos de termoplásticos más usados son el policarbonato, el poliéster, el polietileno (PE), el nylon, el policloruro de vinilo (PVC), el teflón, el polibutileno (PB), el polipropileno (PP), el poliestireno (PS), el polimetilmetacrilato (PMMA) y finalmente el tereftalato de polietileno (PET).

- **Termoestables:** Se conoce como termoestables a un material que su proceso de reciclaje es difícil porque son polímeros unidos que están formados por enlaces químicamente que dan como resultado una estructura final altamente reticulada.

Se analiza estructura altamente reticulada por ser de altas resistencias mecánicas y físicas como esfuerzos, cargas o temperaturas, por lo general son materiales que no se pueden derretir, son insolubles y finalmente presentan altas resistencias al fenómeno de fluencia.

Los tipos de termoestables son conocidos como resinas fenólicas, resinas ureicas, resinas epoxi y resinas de poliéster insaturado.

Una de las propiedades del plástico son conocidas por ser físicas o mecánicas:

Físicas

Cuando se analiza de manera física al material se basa en los fenómenos físicos que afectan al plástico como por ejemplo el calor o las dimensiones.

El plástico presenta dos condiciones físicas como, por ejemplo:

- **Conductividad térmica:** Se conoce como conductividad térmica por la capacidad de conducir calor, ya que, presenta la capacidad de una sustancia de transferir energía cinética de sus moléculas a otras sustancias que no están en contacto.
- **Dilatación térmica:** Los plásticos presentan una estructura química que por lo general su dilatación térmica lineal es significativamente

mucho mayor a la de los metales. Su comportamiento a altas temperaturas se genera un aumento de dilatación en el material y se contraen al presentar bajas temperaturas.

Mecánicas

Se conoce como propiedades mecánicas aquellas que son sometidos a esfuerzos como por ejemplo las deformaciones elásticamente, deformaciones plásticamente o llegar al punto de romperse.

Se conoce que el plástico presenta alta plasticidad, generando así que este tipo de material pueda llegar a deformarse fácilmente.

El plástico como material presenta un sinnúmero de beneficios para la utilización de los seres humanos, como por ejemplo en la creación de envases como de bebidas y de alimentos, por otra parte, tenemos otro tipo de envases que sirven para los medicamentos, cosméticos, artículo de limpieza y entre otros.

El plástico es un material que aporta mucho en la sociedad, pero de ser lleno de muchos beneficios para los seres humanos, se conoce que es un producto que no es biodegradable convirtiéndolo así en un gran contaminante que perdura por bastante tiempo en el medio, generando así muchos daños para nuestro planeta.

2.3.1 Contaminación ambiental por plástico en nuestro País

La contaminación ambiental se analiza como una enfermedad incurable para nuestro planeta, ya que, se conoce que es la presencia de componentes nocivos como, por ejemplo: químicos, físicos o biológicos que se encuentran en el medio ambiente que con lleva a perjudicar el hábitat de los seres vivos.

Las causas de la contaminación ambiental se generan por la misma actividad humana como, por ejemplo: la tala excesiva de árboles, emisiones y vertidos industriales a la atmosfera, liberación de plásticos y objetos no

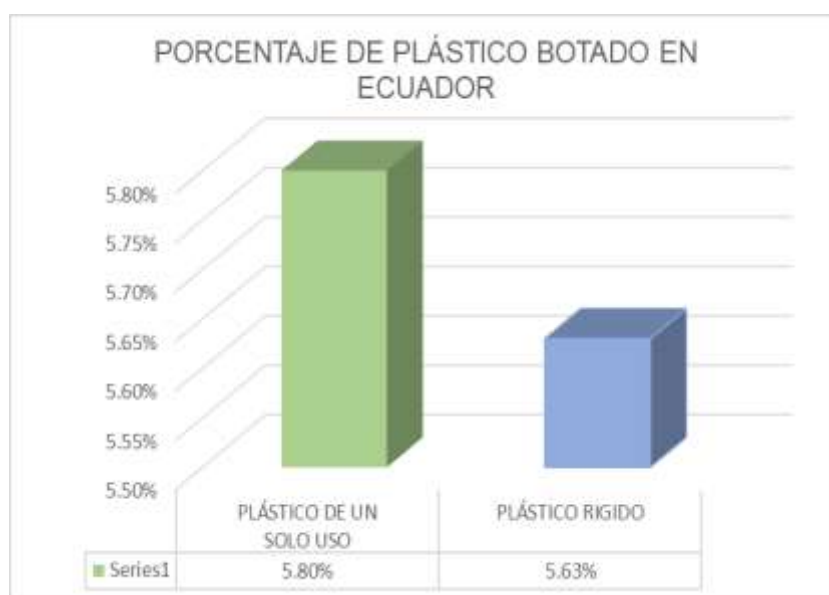
biodegradables en espacios considerados naturales y entre otros, es por esta razón que el ser humano es considerado como un potencial contaminante para el planeta.

En la actualidad una de las grandes preocupaciones en Ecuador es proteger y cuidar el medio ambiente, con la finalidad de remediar los daños que el hombre ha causado, ya que, según los últimos datos del INEC en el 2018 se arrojó 12.739,01 toneladas de desperdicios diarios de las cuales el 11,43% se encontró que era plástico lo que significa que son 531.461 toneladas anuales de este material.

Anualmente Ecuador arroja 261.778 toneladas del tipo de plástico que se considera de un solo uso y 269.983 toneladas de plástico rígido que por lo general es imposible de reciclar dando una totalidad de 531.461 toneladas, como se observa en la Ilustración 9 se encontrará en porcentajes cuanto plástico anualmente se desperdicia en Ecuador.

Ilustración 9

Porcentajes de plástico botado en el Ecuador



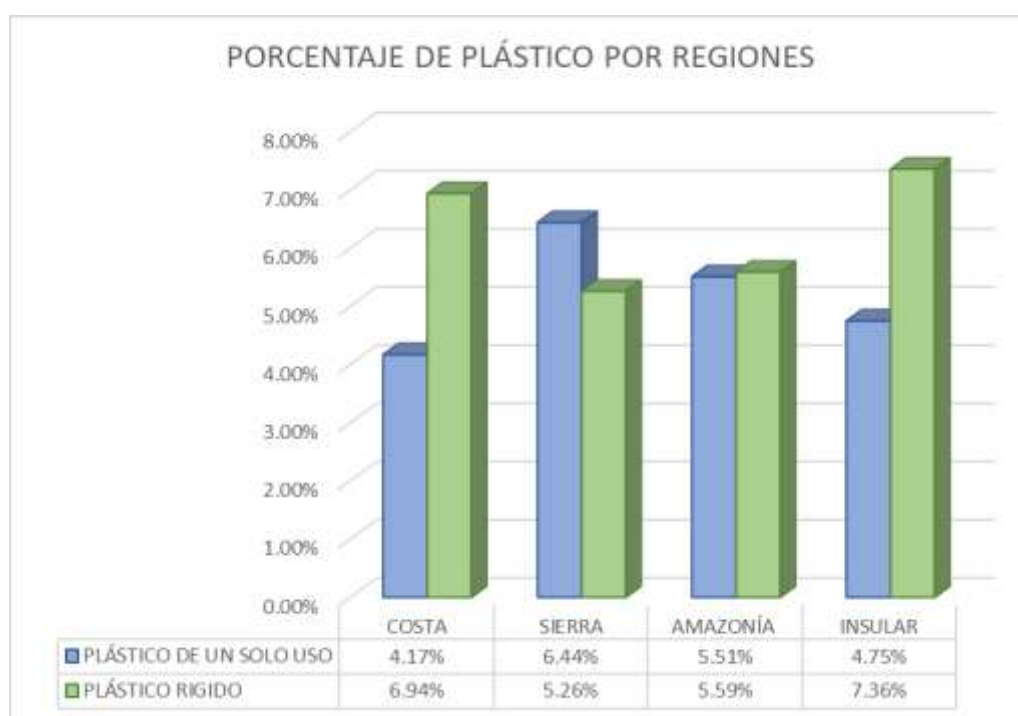
Fuente. (INEC, 2018)

Se conoce como plástico suave o de un solo uso aquellos que son diseñados para ser utilizados una sola vez y normalmente no son considerados para el uso del reciclaje. Por lo general son los vasos de poliestireno expandido, platos desechables, sorbetes, botellas de plásticos, fundas y entre otros.

A continuación, se hará un análisis de que regiones según la INEC consumen más plásticos de cualquier tipo, ya sea, rígidos o de un solo uso, Dando como resultado que en la región sierra es la que más plástico del tipo de un solo uso se desperdicia, como se analiza en la Ilustración 10.

Ilustración 10

Plástico por Regiones



Fuente. (INEC, 2018)

Es de suma importancia generar conciencia acerca de esta problemática, ya que, las playas y la vida marina también padecen de muchos daños, según estudios en el 2018 por un grupo de defensa ambiental llamado Ocean

Conservancy realizó estudios anuales acerca de los desechos hallados en las playas y solo en las playas de Ecuador se recogieron 86.694 U. desperdicios de botellas plásticas para el consumo humano debido a esto normalmente una botella tarda en desintegrarse entre 100 y 1000 años.

Es por esto que se llevó a cabo el desarrollo de este tema de investigación para dar inicio a un nuevo método constructivo con la ayuda de la reutilización del tereftalato de polietileno o PET; material con el que se lleva a cabo la fabricación de las botellas, generando así más conciencia y dedicación para el medio ambiente.

2.3.2 Tereftalato de Polietileno o PET reciclado

La historia del tereftalato de polietileno o PET reciclado comienza por primera vez en 1941 por dos científicos conocidos como Whinfield y Dickson que patentaron como un polímero para fibras. En 1976 comienza una nueva era para este material, ya que, se comienza la fabricación de envases principalmente las botellas para bebidas con dos tipos de presentación gruesas y rígidas que generalmente presentaban distintas características, tales como, transparentes y resistentes.

El tereftalato de polietileno o PET es conocido por ser un material tipo plástico que es comúnmente usado para la realización de envases de bebidas y textiles. Es un material que se lo caracteriza por su buena resistencia química y térmica, gran ligereza, alta resistencia al desgaste y corrosión, apto al estar en contacto con productos alimenticios y es reciclable en su totalidad.

El material PET se conoce por ser un polímero que se obtiene por medio de un procedimiento de una reacción de policondensación entre dos sustancias conocidas como el ácido tereftálico y etilenglicol, generando así que pertenezca al grupo de materiales sintéticos que se denominan como poliésteres. Es un polímero termoplástico lineal con presencia de un alto grado de cristalinidad, ya que, al ser un termoplástico se lo puede someter a procedimientos de extrusión, inyección y finalmente termoconformado.

El procedimiento de termoconformado consiste en el calentamiento de una plancha o lámina de termoplástico a temperaturas de 120°C hasta 180°C de, tal forma, que al reblandecerse se pueda adaptar a la forma de cualquier tipo de molde, ya sea, por acción de presión vacío o por medio de un contramolde. Si existe un exceso de temperatura puede llegar a fundir la lámina o una mala calidad de vacío va a generar un resultado en la pieza que sea defectuosa y sin detalles definidos.

Ilustración 11

Envase para bebidas de Tereftalato de polietileno o PET para el consumo humano



Fuente. (Autor, 2021)

Este tipo de material se lo considera como no biodegradable debido a su alto índice de cristalinidad y a la naturaleza de sus moléculas, por lo tanto, se realiza un procedimiento químico por medio de fluidos supercríticos para generar su deterioro en el material que consiste en la modificación de su estructura molecular con disolventes llamados tolueno, acetona, benceno,

xileno y etilbenceno generando así la reutilización del material para un nuevo producto.

Como es un material que se lo considera como no biodegradable existen varias alternativas en las cuales se puede realizar métodos convencionales para el reciclaje como, por ejemplo: recogida selectiva o el triturado.

Recogida selectiva: Este método de reciclaje presenta como objetivo mantener un producto limpio mediante la eliminación de impurezas por otros materiales. Se selecciona de manera manual en función de las propiedades del material que se está utilizando y se utiliza diferentes sistemas de separación.

Triturado: Este método consiste en reducir los diferentes tipos de envases y llevarlos a un proceso de triturado mediante molinos de cuchillas, por lo general con este procedimiento se obtiene escamas de plásticos menores a 10mm que se encuentran libres de polvo.

Ilustración 12

Escamas livianas de Tereftalato de Polietileno reciclado



Fuente. (Autor, 2021)

CAPÍTULO III

3. ENSAYOS DE LABORATORIO

3.1 DISEÑO DE HORMIGÓN TRADICIONAL

Para la elaboración de los siguientes ensayos y el análisis de los resultados fueron realizados en el laboratorio de suelos y hormigones Construladesa S.A., en donde se va a realizar un estudio de hormigón con el diseño de una mezcla con resistencia de 240 kg/cm² por lo cual se va a llevar a cabo la utilización de 12 cilindros con medidas de 10 x 20 cm para cada dosificación.

3.1.1 Ensayos de los materiales

Se realizan sus debidos ensayos para cada material, ya que, es de suma importancia conocer sus propiedades mecánicas y finalmente analizar si el material que se utiliza es óptimo para el desarrollo de este trabajo de investigación.

3.1.1.1 Agregado fino

Para el agregado fino se utilizó una arena que proviene del río “Peralta” que se obtuvieron de la cantera Licosa S.A., por lo que para la dosificación planteada se va a desarrollar los ensayos respectivos para este material.

Los ensayos que se llevarán a cabo para este material serán los siguientes:

- Granulometría
- Módulo de Finura
- Gravedad Específica de masa saturada con superficie seca
- Porcentaje de Absorción
- Peso Volumétrico Suelto (P.V.S)

Debido a la presencia de lluvias y cambios de temperatura en la última temporada, se procedió a tener un almacenamiento adecuado del material, en donde, se basa en extender el material generando que se seque de forma natural y así evitar que entre en contacto con el agua.

Ilustración 13

Secado de forma natural de la arena del Río "Peralta"



Fuente. (Autor, 2021)

Granulometría para el Agregado Fino

La granulometría se desarrolla en el estudio de la distribución de los tamaños de una colección de elementos de un material sólido que fue fragmentado. El ensayo se basa en un procedimiento ya sea, manual o mecánico en donde se realiza la clasificación del agregado fino según lo indica la norma (ASTM C136) con diferentes tamaños de tamices, luego el material retenido en cada tamiz se lo va pesando para así obtener un porcentaje del peso total para la muestra ensayada.

En la Tabla 1 se indica cual serán los límites requeridos para el análisis del tamaño adecuado del material para el agregado fino basándose en las indicaciones de la norma.

Tabla 1

Limites granulométricos para el agregado fino

TAMIZ (NTE INEN 154)	% QUE PASA
9.5 mm	100
4.75 mm	95 a 100
2.36 mm	80 a 100
1.18 mm	50 a 85
600 µm	25 a 60
300 µm	5 a 30
150 µm	0 a 10

Fuente. (NTE INEN 872, 2011)

Ilustración 14

Clasificación de partículas según su tamiz del agregado fino



Fuente. (Autor, 2021)

Los resultados que se obtuvieron producto del ensayo de clasificación de partículas del material se observa en la Tabla 2.

Tabla 2

Resultados del ensayo de caracterización del agregado fino

Tamiz INEN (ASTM) Nº	mm	Pesos retenidos	% Retenidos Parciales	% Retenidos Acumulados	% Pasantes Acumulados	Especificaciones A.S.T.M. C 33
3/8"	9.5	0.00	0.00	0.00	100.00	100
No. 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00	95 a 100
No. 8	2.36	510.86	10.22	10.22	89.78	80 a 100
No. 16	1.18	747.13	14.94	25.16	74.84	50 a 85
No. 30	0.60	1992.34	39.85	65.01	34.99	25 a 60
No. 50	0.30	1206.90	24.14	89.14	10.86	5 a 30
No. 100	0.15	466.16	9.32	98.47	1.53	0 a 10
FONDO		76.63	1.53	100.00	0.00	
$\epsilon =$		5,000.00	$mo =$		2.88	

Fuente. (Autor, 2021)

Se realizó la limpieza de la arena por el tamiz #4 para así remover cualquier partícula de mayor tamaño para no afectar en su distribución.

Ilustración 15

Limpieza del agregado fino por el Tamiz #4

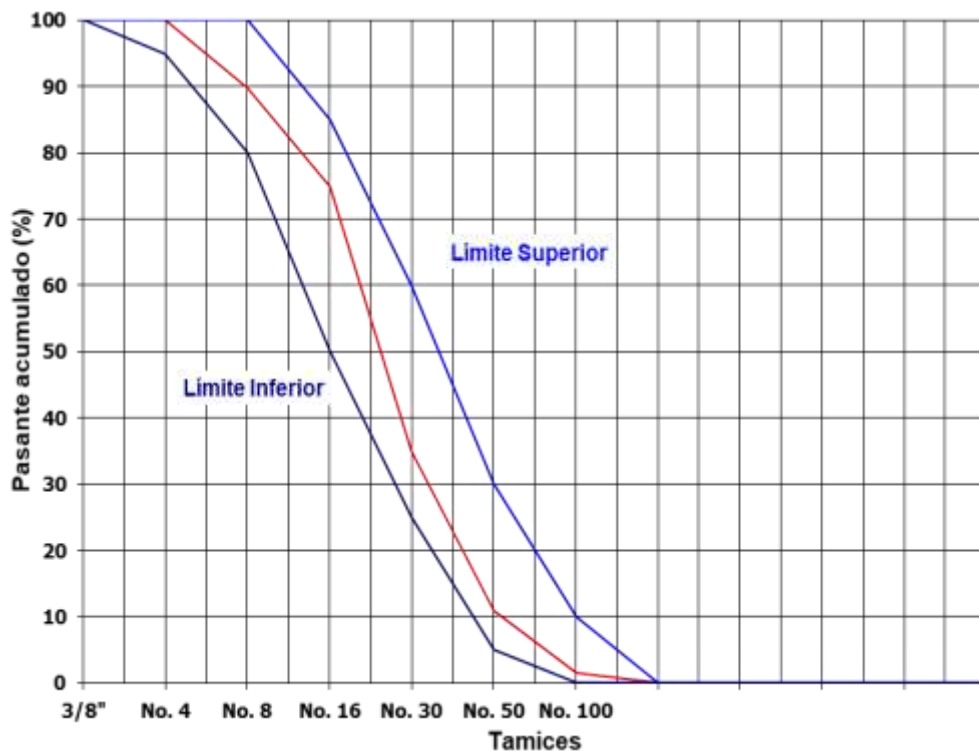


Fuente. (Autor, 2021)

En la Ilustración 16 se podrá observar la curva granulométrica del agregado fino, dando como resultado que el material se encuentra en el rango indicado por la norma.

Ilustración 16

Curva granulométrica del agregado fino



Fuente. (Autor, 2021)

Módulo de finura

Se conoce como módulo de finura por ser un índice del tamaño de partículas del agregado fino que su resultado no debe encontrarse inferior a 2.1 ni superior a 3.1, ya que, si es mayor su índice indicará que es una arena gruesa y si se encuentra en un índice menor será una arena con presencia de partículas finas.

Para el análisis de este tema de investigación el módulo de finura se lo determinó mediante la ecuación en donde se realiza la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados dividido para 100.

Dando como resultado que nuestro agregado fino es de 2.88 cumpliendo así el rango permitido.

$$MF = \frac{\Sigma \text{ Porcentajes retenidos acumulados}}{100}$$

$$MF = \frac{10.22 + 25.16 + 65.01 + 89.4 + 98.47}{100}$$

$$MF = \frac{288.26}{100}$$

$$MF = 2.88$$

Gravedad específica de masa saturada con superficie seca

La gravedad específica se define por ser una relación del peso que presenta una muestra al aire y el volumen de un material con el peso de un volumen similar de agua según los requerimientos de la norma ASTM C128.

Para el desarrollo de este ensayo se va a necesitar los siguientes instrumentos, como, por ejemplo: balanza, picnómetro, cono, pisón, bandejas y un cincel. Luego se coloca la muestra del agregado fino en una superficie, para luego llevar la muestra en horno en un tiempo determinado por 24 horas.

Después de esto se lo deja enfriar a temperatura ambiente durante 3 Horas, para luego finalmente saturar la muestra del agregado durante 24 horas.

Ilustración 17

Muestra del agregado fino saturando por 24 Horas



Fuente. (Autor, 2021)

Después de las 24 horas de haber saturado la muestra, se realiza el ensayo para determinar si la arena está completamente seca, por ende, se utiliza un cono en donde se va vertiendo el agregado dentro de el para luego levantarlo, dando como resultado que el material debe ser consistente.

Ilustración 18

Arena en condición saturada superficialmente seca



Fuente. (Autor, 2021)

El siguiente paso consiste en colocar 500 gr del agregado fino saturado superficialmente seco en el picnómetro en donde se va a ir agregando agua aproximadamente un 90% de la capacidad, luego se agita el picnómetro de una forma manual o mecánicamente removiendo así todas las burbujas de aire que contenga la muestra.

Al realizar este procedimiento da como resultado el peso total del picnómetro, de la muestra y del agua.

Ilustración 19

Picnómetro con presencia de arena y agua



Fuente. (Autor, 2021)

Finalmente, la muestra se coloca en horno a una temperatura de 100°C - 110°C durante un tiempo de 24 horas, después del tiempo requerido se lleva la muestra a enfriar en temperatura ambiente durante 1 hora, determinando así su peso seco.

Ilustración 20

Secado del material en horno a una temperatura de 110°C



Fuente. (Autor, 2021)

Los datos obtenidos para el cálculo correspondiente son los siguientes:

Datos:

- Peso de la Muestra (SSS) = 500.0 gr
- Peso Picnómetro + agua = 782.6 gr
- Peso + agua + arena = 1093.4 gr

$$\text{Gravedad Especifica} = \frac{\text{Peso de la muestra (SSS)}}{(\text{Peso Picnometro} + \text{Agua}) + \text{Peso de la muestra (SSS)} - (\text{Peso} + \text{Agua} + \text{Arena})} \times 1000$$

$$\text{Gravedad Especifica} = \frac{500}{782.6 + 500 - 1093.4} \times 1000$$

$$\text{Gravedad Especifica} = 2643 \text{ Kg/m}^3$$

Porcentaje de Absorción

El porcentaje de absorción consiste en sumergir la arena en agua aproximadamente por 24 horas para realizar un análisis de cuánta agua absorbe este tipo de agregado, luego se lleva la muestra al horno a una temperatura de 100°C - 110°C para así eliminar por completo la humedad y secar la muestra.

Los datos obtenidos para el cálculo correspondiente son los siguientes:

- Peso de la Muestra (SSS) = 500 gr
- Peso seco en la estufa = 494.4 gr

$$\text{Porcentaje de Absorción} = \frac{\text{Peso de la muestra (SSS)} - \text{Peso seco en la estufa}}{\text{Peso seco en la estufa}}$$

$$\text{Porcentaje de Absorción} = \frac{500 - 494.4}{494.4}$$

$$\text{Porcentaje de Absorción} = 1.13\%$$

Peso Volumétrico Suelto (P.V.S)

Este tipo de ensayo se basa en la relación que existe entre un peso determinado de la muestra y el volumen que ocupa, por lo general sus resultados son expresados en unidades de Kg/m³ y para el desarrollo de este tipo de ensayo dependerá de la capacidad compresiva que exista en el material como por ejemplo en su forma, distribución de partículas y el tamaño.

Para el procedimiento del peso volumétrico suelto de la arena fue realizado en laboratorios siguiendo los requerimientos establecidos por la norma ASTM C29. Por lo que a continuación se detallará el cálculo y su resultado para este análisis del agregado fino.

Datos

- Peso del Recipiente = 5895 gr

- Peso del recipiente + la muestra = 9266 gr
- Volumen del recipiente = 0.002124 m³

$$P.V.S = \frac{(\text{Peso del recipiente} + \text{muestra}) - \text{Peso del recipiente}}{\text{Volumen del recipiente}} \div 1000$$

$$P.V.S = \frac{9266 - 5895}{0.002124} \div 1000$$

$$P.V.S = 1587 \text{ Kg/m}^3$$

3.1.1.2 Agregado Grueso

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se utilizó como agregado grueso una piedra tipo basáltico que proviene de la cantera Licosa S.A., por lo que para la dosificación planteada se va a desarrollar los ensayos respectivos para este material utilizando los requerimientos de las normas para cada tipo de ensayo.

Los ensayos que se llevarán a cabo para este tipo material serán los siguientes:

- Granulometría
- Gravedad Específica de masa saturada con superficie seca
- Porcentaje de Absorción
- Peso Volumétrico Suelto (P.V.S)
- Peso Volumétrico Varillado (P.V.V)

Granulometría para el Agregado Grueso

Se realizó un análisis granulométrico del agregado grueso para así determinar la distribución del tamaño de los elementos que forman la muestra, una vez realizado el procedimiento de la clasificación del agregado según como lo indica la norma (ASTM C136), el material retenido en cada tamiz se lo va pesando para así obtener un porcentaje del peso total, dando como resultado que el tamaño máximo del agregado grueso para el análisis del tema de investigación será de $\frac{3}{4}$ " o 19.0 mm, como se observa en la Tabla 4.

Ilustración 21

Clasificación de partículas según su tamiz del agregado grueso



Fuente. (Autor, 2021)

En la Tabla 3 se indica cual serán los límites requeridos para el análisis del tamaño adecuado del material para el agregado grueso basándose en las indicaciones de la norma (NTE INEN 872, 2011).

Tabla 3

Requisitos granulométricos del agregado grueso

Número de tamaño	Tamaños nominal (Tamices con aberturas cuadradas) (mm)	Porcentaje acumulado en masa que debe pasar cada tamiz de laboratorio (Aberturas cuadradas)													
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25.0 mm	19.0 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	300 μm
1	de 90 a 37.5	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
2	de 63 a 37.5	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	de 50 a 25.0	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	de 50 a 4.75	-	-	-	100	100	-	35 a 70	-	0 a 5	-	0 a 5	-	-	-
4	de 37.5 a 19.0	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
467	de 37.5 a 4.75	-	-	-	-	-	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	de 25.0 a 12.5	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 15	-	-	-	-
56	de 25 a 9.5	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	de 25.0 a 4.75	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	de 19.0 a 9.5	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
67	de 19.0 a 4.75	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	de 12.5 a 4.75	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
8	de 9.5 a 2.36	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-
89	de 9.5 a 1.18	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	de 4.75 a 1.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente. (NTE INEN 872, 2011)

Tabla 4

Resultados del ensayo de caracterización del agregado fino

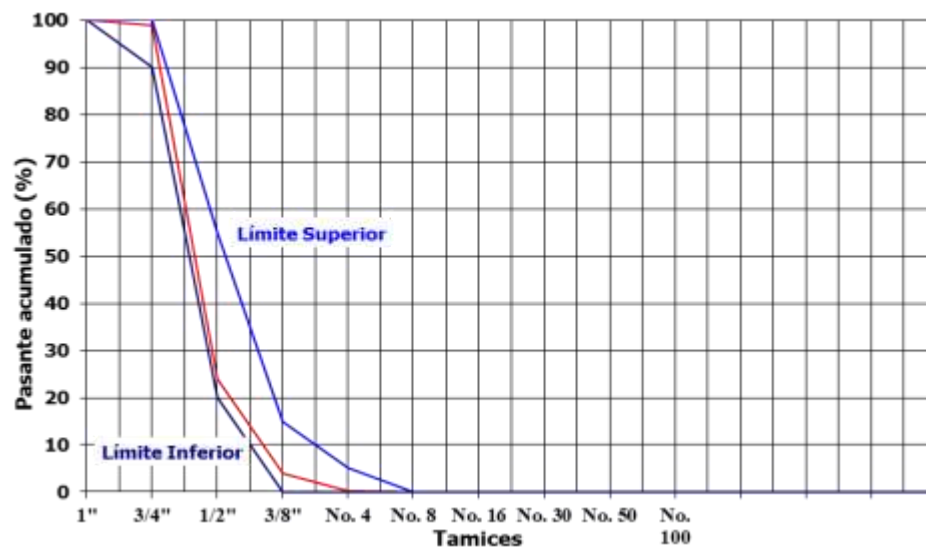
Tamiz INEN (ASTM) Nº	mm	Pesos retenidos	% Retenidos Parciales	% Retenidos Acumulados	% Pasantes Acumulados	Especificaciones A.S.T.M. C 33
3/4"	19.0	50.43	1.010	1.01	98.99	90 a 100
1/2"	12.5	3750.87	75.020	76.03	23.97	20 a 55
3/8"	9.5	1002.33	20.050	96.07	3.93	0 a 15
No. 4	4.75	182.82	3.66	99.73	0.27	0 a 5
No. 8	2.36	3.47	0.07	99.80	0.20	
No. 16	1.18	0.79	0.02	99.81	0.19	
No. 30	0.60	0.47	0.01	99.82	0.18	
No. 50	0.30	0.16	0.00	99.83	0.17	
No. 100	0.15	0.63	0.01	99.84	0.16	
FONDO		8.04	0.16	100.00	0.00	
ε =		5,000.01				

Fuente. (Autor, 2021)

Como resultado de este ensayo se obtuvo la curva granulométrica del agregado grueso como se observa en la Ilustración 22, indicando que el material de estudio se encuentra cumpliendo los requerimientos de la norma ASTM C33.

Ilustración 22

Curva granulométrica del agregado fino



Fuente. (Autor, 2021)

Gravedad Específica de masa saturada con superficie seca

Este tipo de ensayo para obtener la gravedad específica del agregado grueso consiste en la selección del material que se va a ensayar, por el cual se realiza un tamizado a través de un tamiz # 4 generando rechazar todo el material pasante.

La muestra que fue tamizada correctamente se la coloca en una superficie para luego llevar la muestra en horno en un tiempo determinado por 24 horas. Después de esto se lo deja enfriar a temperatura ambiente durante 3 Horas, para luego finalmente saturar la muestra del agregado durante 24 horas.

Ilustración 23

Muestra del agregado grueso saturando por 24 Horas



Fuente. (Autor, 2021)

Una vez que se cumple el tiempo determinado para una correcta saturación, se extrae el agregado del agua para colocarla en una superficie absorbente generando así un secado manual de la superficie del material dando como resultado la masa del agregado en el aire.

Ilustración 24

Secado manual de la superficie del Agregado Grueso



Fuente. (Autor, 2021)

Una vez pesado el material, se coloca la muestra en una canastilla en donde va a ser sumergida en un contenedor con agua con una temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y finalmente se retira la muestra del agua para llevarla al horno a una temperatura de 110°C , después del tiempo requerido se lleva la muestra a enfriar en temperatura ambiente durante 1 a 3 horas para ser pesado nuevamente.

Ilustración 25

Muestra del agregado con canastilla sumergida en contenedor con agua



Fuente. (Autor, 2021)

Los datos obtenidos para el cálculo correspondiente de la gravedad específica bajo los criterios de la norma ASTM C127 son los siguientes:

Datos:

- Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca = 1000 gr
- Peso de la canastilla sumergida + Material = 1828 gr
- Peso de la canastilla sumergida = 1173 gr
- Peso de la muestra, sumergida en agua = 655 gr

$$G. Especifica = \frac{1000}{1000 - 655} \times 1000$$

$$G. Especifica = 2899 \text{ Kg/m}^3$$

Porcentaje de Absorción

El desarrollo de este ensayo se basó de manera similar que el agregado fino, el cual consistió en sumergir la piedra basáltica en agua aproximadamente por 24 horas y finalmente se lleva la muestra al horno a una temperatura de 110 °C para así secar por completo el material.

Ilustración 26

Secado del agregado en horno a una temperatura de 110°C



Fuente. (Autor, 2021)

Los datos obtenidos para el cálculo correspondiente del porcentaje de absorción son los siguientes:

Datos:

- Peso en el aire de la muestra secada en estufa = 990 gr
- Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca = 1000 gr

$$\% \text{ Absorción} = \frac{1000 - 990}{990} \times 100$$

$$\% \text{ Absorción} = 1.01\%$$

Peso Volumétrico Suelto (P.V.S)

Datos:

- Peso del Recipiente = 5895 gr
- Peso del recipiente + la muestra = 9135 gr
- Volumen del recipiente = 0.002124 m³

$$P.V.S = \frac{(\text{Peso del recipiente} + \text{muestra}) - \text{Peso del recipiente}}{\text{Volumen del recipiente}} \div 1000$$

$$P.V.S = \frac{9135 - 5895}{0.002124} \div 1000$$

$$P.V.S = 1525 \text{ Kg/m}^3$$

Peso Volumétrico Varillado (P.V.V)

Datos:

- Peso del Recipiente = 5895 gr

- Peso del recipiente + la muestra = 9600 gr
- Volumen del recipiente = 0.002124 m³

$$P.V.S = \frac{(\text{Peso del recipiente} + \text{muestra}) - \text{Peso del recipiente}}{\text{Volumen del recipiente}} \div 1000$$

$$P.V.S = \frac{9600 - 5895}{0.002124} \div 1000$$

$$P.V.S = 1744 \text{ Kg/m}^3$$

3.1.2 Diseño del patrón para la mezcla de hormigón

De acuerdo al American Concrete Institute en la sección (ACI, 2011), indica que para la correcta dosificación de un hormigón de 240 kg/cm² hay que tomar algunas consideraciones con respecto a los materiales que se van a utilizar para el diseño del patrón.

A continuación, los resultados obtenidos de los ensayos de los materiales como lo son el agregado fino y el agregado grueso:

Tabla 5

Resumen de ensayos para el Agregado Fino.

ENSAYOS	MATERIAL AGREGADO FINO
Módulo de Finura (M.F)	2.88
Gravedad específica	2643 Kg/m ³
Porcentaje de Absorción (%)	1.13%
Peso Volumétrico Suelto (P.V.S)	1587 Kg/m ³

Fuente. (Autor, 2021)

Tabla 6

Resumen de ensayos para el Agregado Grueso

ENSAYOS	MATERIAL AGREGADO GRUESO
Gravedad Específica	2899 Kg/m ³
Porcentaje de Absorción (%)	1.01%
Peso Volumétrico Suelto (P.V.S)	1525 Kg/m ³
Peso Volumétrico Varillado (P.V.V)	1744 Kg/m ³

Fuente. (Autor, 2021)

Diseño de hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

En la normativa del (ACI, 2011) indica cuales son los requisitos para determinar la resistencia promedio de diseño para un hormigón de resistencia de 240 kg/cm^2 obteniendo el valor de resistencia promedio con la siguiente ecuación $f'cr = f'c + 84$.

$$f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'cr = 240 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} + 84$$

$$f'cr = 324 \text{ kg/cm}^2$$

Para determinar los asentamientos de la mezcla de acuerdo a la norma, se realizó el ensayo del cono de Abrams para analizar la consistencia del hormigón dando como resultado para este trabajo de investigación un revenimiento de 13 cm, que al convertirlo a pulgadas será 5".

De acuerdo a la tabla del (ACI, 2011) al obtener un asentamiento con dicho valor, la consistencia corresponde a fluida, lo cual lo hace muy trabajable.

Ilustración 27

Análisis de la consistencia del hormigón.



Fuente. (Autor, 2021)

En la norma indica acerca del contenido de aire atrapado por el agregado grueso y de acuerdo al tamaño que se utiliza en el diseño del patrón el porcentaje de aire atrapado sería del 2% para un agregado grueso de $\frac{3}{4}$ ". Con respecto a la relación agua-cemento de un hormigón con aire incorporado se debe tomar en consideración el valor de la resistencia promedio que se calculó anteriormente, al tener un valor de 324 kg/cm^2 el valor de la relación sería 0.46.

Para la determinación del peso del agregado grueso por unidad de volumen del hormigón tiene relación con el módulo de finura del agregado fino el cual su valor es de 2.88, en la tabla de la normativa no indica un valor exacto, por lo cual se realizará un proceso de interpolación para obtener el valor correspondiente al módulo de finura.

$$\frac{3.00 - 2.80}{0.60 - 0.62} = \frac{3.00 - 2.88}{0.60 - x}$$

$$x = 0.621$$

Ilustración 28

Elaboración de mezcla de hormigón con resistencia de 240 Kg/cm²



Fuente. (Autor, 2021)

En el laboratorio Construladesa se realizaron los cálculos correspondientes, en donde, se elaboró una mezcla de hormigón donde los materiales fueron dosificados para ensayar 12 cilindros, obteniendo así los datos respectivos para una correcta dosificación para un hormigón de 240 Kg/cm².

A continuación, en la Tabla 7 se presenta la dosificación que es utilizada para el desarrollo de este proyecto.

Tabla 7

Dosificación para Hormigón de 240 Kg/cm²

DOSIFICACIÓN PARA HORMIGÓN DE 240 Kg/Cm²	
Arena	16.97 Kg
Piedra	25.39 Kg
Agua	5.41 Lts
Cemento	10.20 Kg

Fuente. (Autor, 2021)

3.1.3 Elaboración de Cilindros

La elaboración de especímenes de hormigón consiste en la preparación de los materiales, en donde se realiza una correcta dosificación para generar una mezcla que va a producir hormigón. La norma (ASTM C 192) indica que las herramientas necesarias para llevar a cabo este ensayo son los siguientes: moldes cilíndricos de acero o plástico cuyo tamaño estándar es de 150 x 300 mm o de 100 x 200 mm, varilla lisa de acero y un mazo con cabeza de cuero o caucho y finalmente las herramientas menores como palaustre y pala.

Ilustración 29

Cilindros utilizados con medidas de 10 x 20 cm



Fuente. (Autor, 2021)

Al momento de la elaboración de los especímenes se debe tener en consideración que la superficie debe encontrarse nivelada y sin presencia de vibraciones, una vez que se obtiene la mezcla de hormigón con sus dosificaciones correctas, se da inicio al procedimiento, en donde, consiste en la preparación de los moldes donde deben ser engrasados con aceite mineral, luego se va depositando el hormigón en el molde en dos capas uniformes cada capa debe ser compactada 25 veces con una varilla lisa redondeada, se da pequeños golpes utilizando el mazo de goma generando así la liberación de burbujas de aire y finalmente la superficie de los especímenes debe ser enrazada para tener como resultado una superficie lisa y homogénea.

Ilustración 30

Procedimiento para la elaboración de especímenes de hormigón



Fuente. (Autor, 2021)

Para el desarrollo de esta investigación se elaboró una mezcla sin la adición del plástico reciclado, en donde, se dosificaron los materiales para ensayar 12 cilindros con medidas de 10 x 20 cm, por lo tanto, se realizó tres muestras de hormigón para cada edad que fueron a los 4 días, 7 días, 14 días y finalmente a los 28 días.

Ilustración 31

Encofrado de los especímenes de hormigón de 240 kg/cm².



Fuente. (Autor, 2021)

Después de 24 horas se realiza el procedimiento de desencofrado de las muestras y posteriormente son colocadas en piscinas de curado.

Ilustración 32

Colocación de muestras de hormigón en piscinas de curado



Fuente. (Autor, 2021)

3.2 DISEÑO DE HORMIGÓN CON LA ADICIÓN DE PET RECICLADO

Se va a realizar un estudio del comportamiento del hormigón con la adición de porcentajes de plástico reciclado como lo es el tereftalato de polietileno, en donde, se realizará un reemplazo parcial del peso del agregado fino.

Una vez que se obtiene la dosificación para el diseño del patrón como se observa en la Tabla 7, se realiza la siguiente fase que consiste en el reemplazo del peso del agregado fino por las escamas de PET reciclado con los siguientes porcentajes 0.5%, 1%, 2%, 4%, 6% y 8%. Se va a llevar a cabo la utilización de 12 cilindros con medidas de 10 x 20 cm para cada dosificación con sus respectivos porcentajes.

Ilustración 33

Elaboración de mezcla de hormigón con la adición de las escamas de tereftalato de polietileno reciclado



Fuente. (Autor, 2021)

3.2.1 Tipo de plástico aplicado en la mezcla

El plástico fue adquirido gracias a la donación por la planta de reciclaje Enkador S.A. que se encuentra ubicada en la ciudad de Sangolqui, de modo que opera con equipos avanzados para la producción de diferentes tipos de presentación del plástico tales como escamas y resinas.

Para el desarrollo del proyecto se emplea el uso de escamas de tereftalato de polietileno reciclado con medidas de 1x1 cm y se adquirió 235 Kg del material.

Ilustración 34

Escamas Livianas de Tereftalato de Polietileno Reciclado



Fuente. (Enkador, 2022)

3.2.2 Dosificaciones con sus porcentajes respectivos de PET como reemplazo de arena.

Se realizaron los respectivos cálculos en el laboratorio para la elaboración del diseño del patrón con la adición de distintos porcentajes de tereftalato de polietileno reciclado.

A continuación, se presentan las distintas dosificaciones que son utilizadas para el desarrollo de la investigación.

– **Dosificación con el 0.5% del reemplazo de agregado fino**

DOSIFICACIÓN PARA HORMIGÓN DE 240 Kg/Cm² CON EL 0.5% REEMPLAZO DE ARENA	
Arena	16.88 Kg
Plástico	0.08 Kg
Piedra	25.39 Kg
Agua	5.41 Lts
Cemento	10.20 Kg

– **Dosificación con el 1% del reemplazo de agregado fino**

DOSIFICACIÓN PARA HORMIGÓN DE 240 Kg/Cm² CON EL 1% REEMPLAZO DE ARENA	
Arena	16.80 Kg
Plástico	0.17 Kg
Piedra	25.39 Kg
Agua	5.41 Lts
Cemento	10.20 Kg

– **Dosificación con el 2% del reemplazo de agregado fino**

DOSIFICACIÓN PARA HORMIGÓN DE 240 Kg/Cm² CON EL 2% REEMPLAZO DE ARENA	
Arena	16.63 Kg
Plástico	0.34 Kg
Piedra	25.39 Kg
Agua	5.16 Lts
Cemento	10.20 Kg

- **Dosificación con el 4% del reemplazo de agregado fino**

DOSIFICACIÓN PARA HORMIGÓN DE 240 Kg/Cm² CON EL 4% REEMPLAZO DE ARENA	
Arena	16.29 Kg
Plástico	0.68 Kg
Piedra	25.39 Kg
Agua	5.91 Lts
Cemento	10.20 Kg

- **Dosificación con el 6% del reemplazo de agregado fino**

DOSIFICACIÓN PARA HORMIGÓN DE 240 Kg/Cm² CON EL 6% REEMPLAZO DE ARENA	
Arena	15.95 Kg
Plástico	1.02 Kg
Piedra	25.39 Kg
Agua	7.16 Lts
Cemento	10.20 Kg

- **Dosificación con el 8% del reemplazo de agregado fino**

DOSIFICACIÓN PARA HORMIGÓN DE 240 Kg/Cm² CON EL 8% REEMPLAZO DE ARENA	
Arena	15.61 Kg
Plástico	1.36 Kg
Piedra	25.39 Kg
Agua	7.16 Lts
Cemento	10.20 Kg

3.2.3 Elaboración de Cilindros

La elaboración de cilindros se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa Construladesa S.A, en donde se elaboró una mezcla con la adición de plástico reciclado donde se realiza un reemplazo parcial del agregado fino. Teniendo en cuenta que el reemplazo se realizó por volumen de modo que el espacio extraído del agregado fino lo ocupará las partículas de tereftalato de polietileno.

Se dosificaron los materiales para ensayar 12 cilindros con medidas de 10 x 20 cm, por lo tanto, se realizó tres muestras de hormigón con sus respectivas dosificaciones y porcentajes de plástico para cada edad que fueron a los 4 días, 7 días, 14 días y finalmente a los 28 días.

Ilustración 35

Encofrado de los especímenes de hormigón con las adiciones de plástico al 0.5% - 1%



Fuente. (Autor, 2021)

Ilustración 36

Encofrado de los especímenes de hormigón con las adiciones de plástico al 2%, 4%, 6% y 8%



Fuente. (Autor, 2021)

Después de 24 horas se realiza el procedimiento de desencofrado de las muestras y posteriormente son colocadas en piscinas de curado.

Ilustración 37

Colocación de muestras de hormigón con la adición de plástico en piscinas de curado



Fuente. (Autor, 2021)

CAPÍTULO IV

4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

4.1 HORMIGÓN TRADICIONAL

El procedimiento para este ensayo fue realizado en el laboratorio Construladesa S.A. basándose en la norma (ASTM C 39, 2010), que consiste en la determinación de la resistencia a compresión F'_c a una velocidad de carga especificada de 0.25 ± 0.05 Mpa/s para las muestras de hormigón que fueron moldeadas anteriormente.

La norma indica que, para obtener dicho valor, se realiza un cálculo en donde se divide la carga máxima que se obtuvo durante el ensayo para el área de la sección transversal de la muestra.

Ilustración 38

Maquina Hidráulica generando compresión axial a cilindro de hormigón y rotura tipo 5 del cilindro de 10 x 20 cm



Fuente. (Autor, 2021)

Los ensayos se realizaron en los siguientes días: 4, 7, 14 y 28, los resultados que se obtuvieron se indican en la siguiente tabla:

Tabla 8

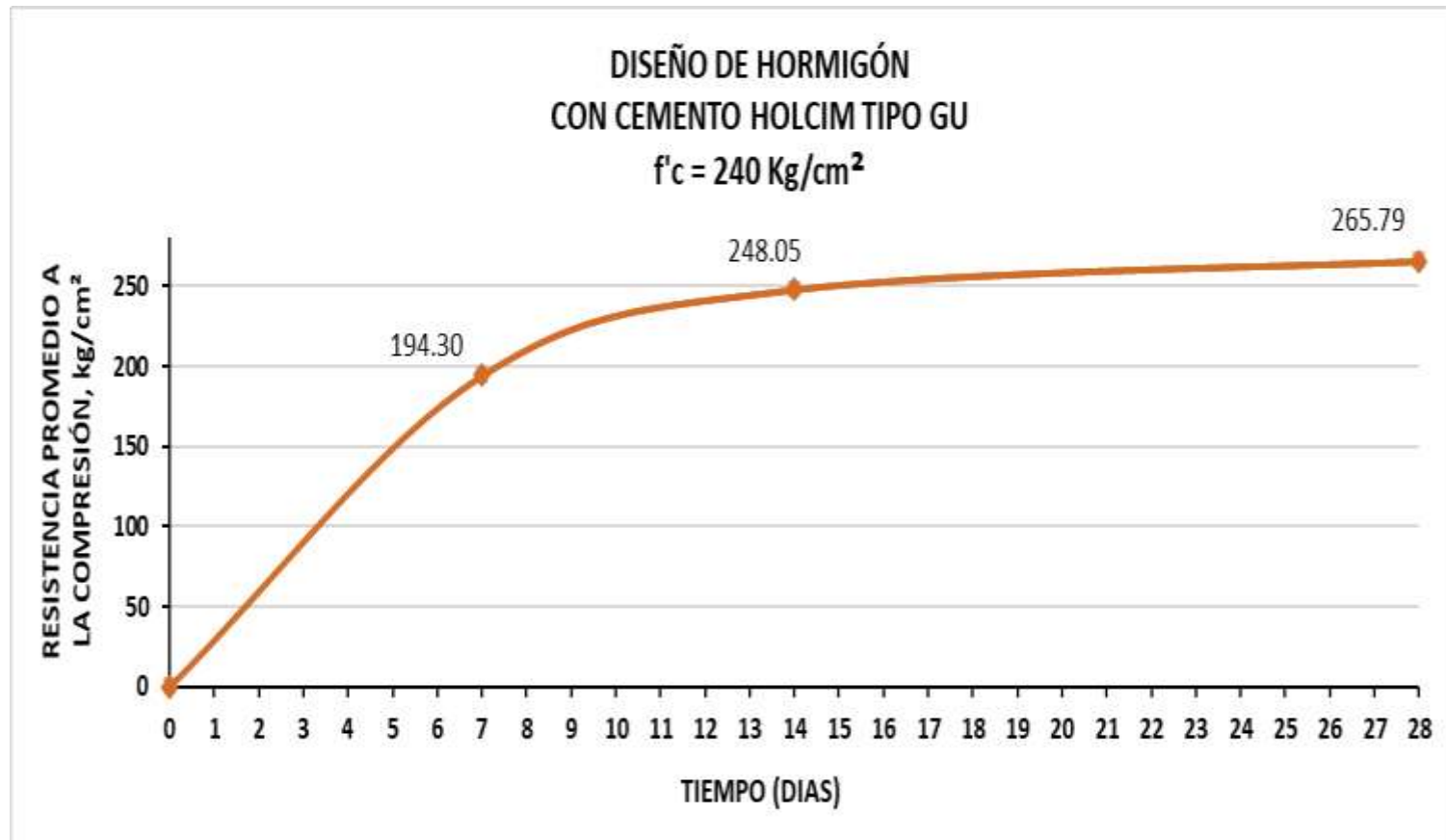
Resultados del ensayo de resistencia a compresión para hormigón con resistencia específica de 240 Kg/cm²

(12) Cilindros	Rev. (cm)	Fecha de fundición	Fecha de rotura	Edad (días)	Carga KN	Área (cm ²)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia. Especifica (Kg/cm ²)	%	Masa (gr.)	Diám. D (cm)	Altura H (cm)	Densidad (Kg/m ³)	H/D	Fac. correc.	Tipo rotura
1	13.00	11/nov/2021	15/nov/2021	4	120.13	80.12	152.90	240	63.71	4,128.00	10.10	20.20	2,550.67	2.00	1.000	5
2	13.00	11/nov/2021	15/nov/2021	4	126.21	80.12	160.63	240	66.93	4,080.00	10.10	20.30	2,508.59	2.01	1.000	5
3	13.00	11/nov/2021	15/nov/2021	4	119.49	81.71	149.11	240	62.13	4,086.00	10.20	20.20	2,475.46	1.98	1.000	4
4	13.00	11/nov/2021	18/nov/2021	7	158.66	83.32	194.17	240	80.90	4,152.00	10.30	20.40	2,442.65	1.98	1.000	5
5	13.00	11/nov/2021	18/nov/2021	7	150.34	80.12	191.35	240	79.73	4,102.00	10.10	20.30	2,522.12	2.01	1.000	5
6	13.00	11/nov/2021	18/nov/2021	7	161.30	83.32	197.40	240	82.25	4,046.00	10.30	20.20	2,403.86	1.96	1.000	4
7	13.00	11/nov/2021	25/nov/2021	14	199.89	81.71	249.45	240	103.94	4,114.00	10.20	20.10	2,504.82	1.97	1.000	3
8	13.00	11/nov/2021	25/nov/2021	14	197.28	80.12	251.09	240	104.62	4,089.00	10.10	20.00	2,551.84	1.98	1.000	3
9	13.00	11/nov/2021	25/nov/2021	14	195.21	81.71	243.61	240	101.50	4,016.00	10.20	20.20	2,433.05	1.98	1.000	3
10	13.00	11/nov/2021	09/dic/2021	28	208.16	80.12	264.94	240	110.39	3,996.00	10.10	20.10	2,481.39	1.99	1.000	2
11	13.00	11/nov/2021	09/dic/2021	28	204.62	80.12	260.43	240	108.51	3,850.00	10.10	20.10	2,390.73	1.99	1.000	4
12	13.00	11/nov/2021	09/dic/2021	28	213.72	80.12	272.01	240	113.34	3,859.00	10.10	20.00	2,408.30	1.98	1.000	5

Fuente. (Autor, 2021)

Ilustración 39

Comportamiento de la resistencia a compresión del hormigón de 240 kg/cm sin la adición del plástico reciclado



Fuente. (Autor, 2021)

4.2 HORMIGÓN CON LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO

El ensayo de compresión fue realizado a especímenes de hormigón con la adición de plástico como reemplazo parcial del agregado fino basándose en la norma (ASTM C 39, 2010) y teniendo en cuenta el cumplimiento de todos los requisitos, ya que, es de suma importancia para la ejecución del proyecto

La norma (ASTM C 39, 2010) indica que, para obtener dicho valor, se realiza un cálculo en donde se divide la carga máxima que se obtuvo durante el ensayo para el área de la sección transversal de la muestra dando como resultado la resistencia a compresión F'_c para las muestras de hormigón con plástico que fueron moldeadas anteriormente.

Ilustración 40

Maquina Hidráulica generando compresión axial a cilindro de hormigón con escamas de tereftalato de polietileno de 10 x 20 cm



Fuente. (Autor, 2021)

Los ensayos de las muestras de hormigón con distintos porcentajes de reemplazo se realizaron en los siguientes días: 4, 7, 14 y 28, los resultados obtenidos se indicarán en las siguientes tablas:

Tabla 9

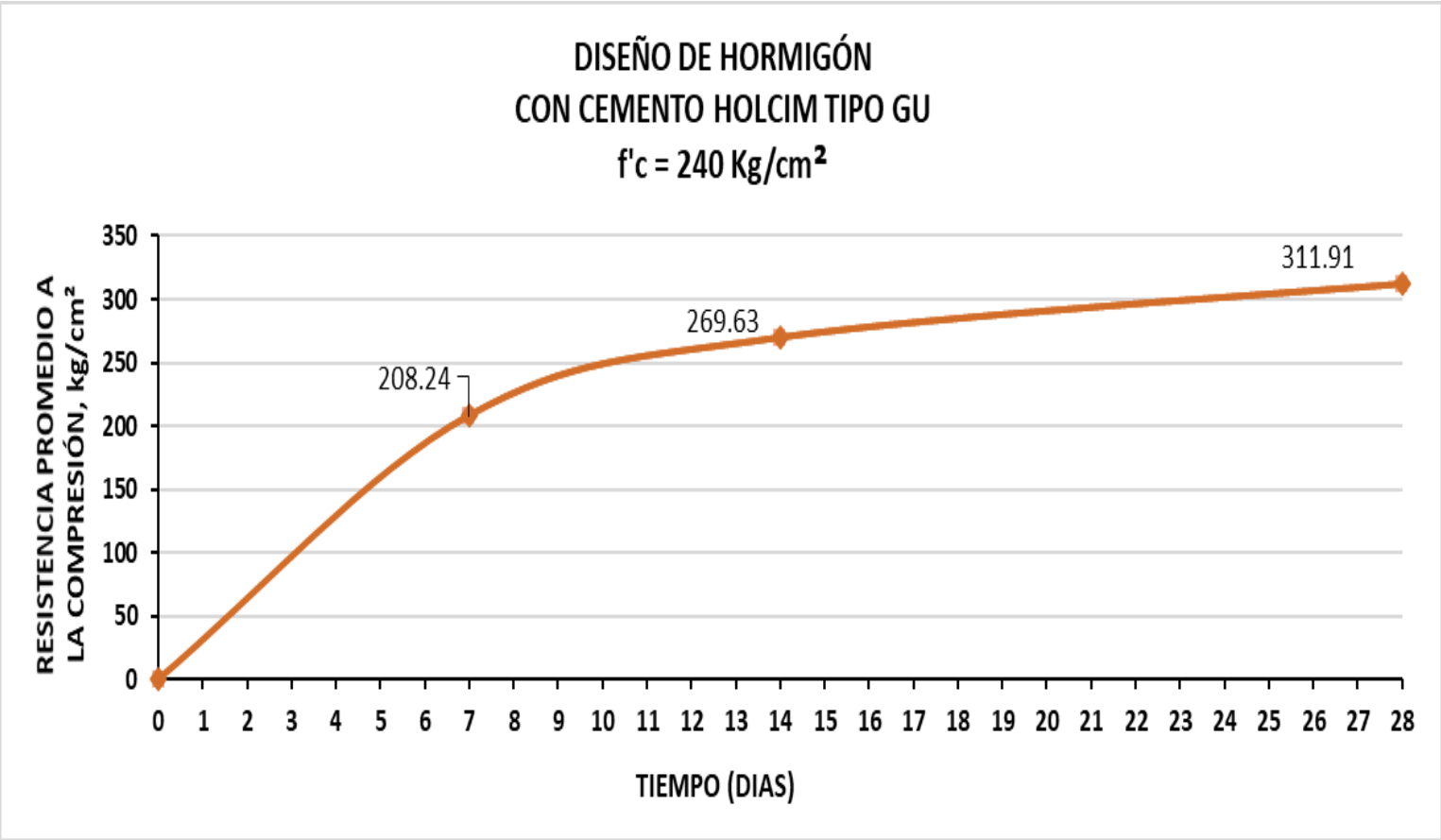
Resultados del ensayo de resistencia a compresión para hormigón con reemplazo al 0.5% del agregado fino por plástico reciclado

(12) Cilindros	Rev. (cm)	Fecha de fundición	Fecha de rotura	Edad (días)	Carga KN	Área (cm ²)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia. Especifica (Kg/cm ²)	%	Masa (gr.)	Diám. D (cm)	Altura H (cm)	Densidad (Kg/m ³)	H/D	Fac. correc.	Tipo rotura
1	13.5	31/ene/2022	04/feb/2022	4	135.65	78.54	176.12	240	73.38	4,096.00	10.00	20.00	2,607.59	2.00	1.000	5
2	13.5	31/ene/2022	04/feb/2022	4	132.34	81.71	165.15	240	68.81	4,118.00	10.20	20.30	2,482.56	1.99	1.000	5
3	13.5	31/ene/2022	04/feb/2022	4	129.57	80.12	164.91	240	68.71	4,106.00	10.10	20.20	2,537.08	2.00	1.000	5
4	13.5	31/ene/2022	07/feb/2022	7	160.00	80.12	203.64	240	84.85	4,069.00	10.10	20.30	2,501.83	2.01	1.000	5
5	13.5	31/ene/2022	07/feb/2022	7	164.40	80.12	209.24	240	87.18	4,036.00	10.10	20.30	2,481.54	2.01	1.000	3
6	13.5	31/ene/2022	07/feb/2022	7	163.16	78.54	211.84	240	88.26	4,106.00	10.00	20.10	2,600.95	2.01	1.000	5
7	13.5	31/ene/2022	14/feb/2022	14	208.93	80.12	265.92	240	110.80	3,895.00	10.10	20.10	2,418.68	1.99	1.000	5
8	13.5	31/ene/2022	14/feb/2022	14	209.75	78.54	272.33	240	113.47	3,938.00	10.00	20.20	2,482.18	2.02	1.000	6
9	13.5	31/ene/2022	14/feb/2022	14	208.47	78.54	270.66	240	112.78	3,947.00	10.00	20.10	2,500.23	2.01	1.000	5
10	13.5	31/ene/2022	28/feb/2022	28	246.11	78.54	319.53	240	133.14	3,864.00	10.00	20.10	2,447.65	2.01	1.000	5
11	13.5	31/ene/2022	28/feb/2022	28	238.95	80.12	304.12	240	126.72	3,911.00	10.10	20.20	2,416.59	2.00	1.000	4
12	13.5	31/ene/2022	28/feb/2022	28	240.36	78.54	312.07	240	130.03	3,964.00	10.00	20.10	2,511.00	2.01	1.000	4

Fuente. (Autor, 2021)

Ilustración 41

Comportamiento de la resistencia a compresión del hormigón con la adición del plástico reciclado al 0.5%



Fuente. (Autor, 2021)

Tabla 10

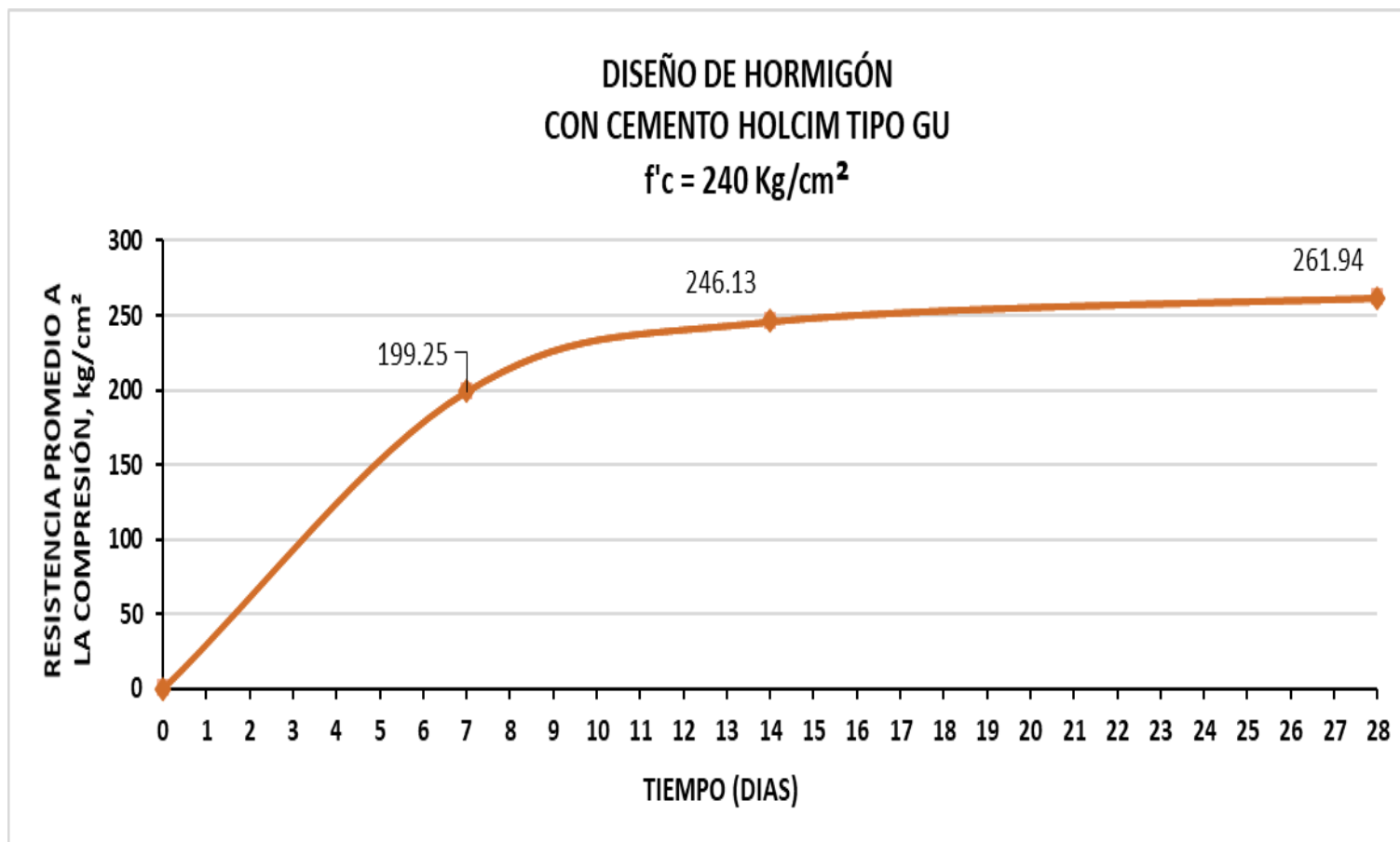
Resultados del ensayo de resistencia a compresión para hormigón con reemplazo al 1% del agregado fino por plástico reciclado

(12) Cilindros	Rev. (cm)	Fecha de fundición	Fecha de rotura	Edad (días)	Carga KN	Área (cm ²)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia Especifica (Kg/cm ²)	%	Masa (gr.)	Diám. D (cm)	Altura H (cm)	Densidad (Kg/m ³)	H/D	Fac. correc.	Tipo rotura
1	14.00	31/ene/2022	04/feb/2022	4	114.91	80.12	146.25	240	60.94	4,074.00	10.10	20.30	2,504.91	2.01	1.000	5
2	14.00	31/ene/2022	04/feb/2022	4	117.49	78.54	152.54	240	63.56	4,038.00	10.00	20.10	2,557.88	2.01	1.000	5
3	14.00	31/ene/2022	04/feb/2022	4	109.34	78.54	141.96	240	59.15	4,054.00	10.00	20.20	2,555.30	2.02	1.000	5
4	14.00	31/ene/2022	07/feb/2022	7	153.46	78.54	199.24	240	83.02	4,138.00	10.00	20.10	2,621.22	2.01	1.000	5
5	14.00	31/ene/2022	07/feb/2022	7	155.24	80.12	197.58	240	82.33	4,008.00	10.10	20.20	2,476.52	2.00	1.000	5
6	14.00	31/ene/2022	07/feb/2022	7	154.76	78.54	200.93	240	83.72	4,064.00	10.00	20.10	2,574.34	2.01	1.000	5
7	14.00	31/ene/2022	14/feb/2022	14	192.43	80.12	244.92	240	102.05	3,987.00	10.10	20.00	2,488.18	1.98	1.000	3
8	14.00	31/ene/2022	14/feb/2022	14	191.95	80.12	244.30	240	101.79	4,016.00	10.10	20.10	2,493.81	1.99	1.000	3
9	14.00	31/ene/2022	14/feb/2022	14	191.92	78.54	249.18	240	103.82	4,074.00	10.00	20.00	2,593.58	2.00	1.000	4
10	14.00	31/ene/2022	28/feb/2022	28	204.69	78.54	265.76	240	110.73	3,930.00	10.00	20.00	2,501.91	2.00	1.000	3
11	14.00	31/ene/2022	28/feb/2022	28	200.30	78.54	260.06	240	108.36	3,818.00	10.00	20.20	2,406.54	2.02	1.000	4
12	14.00	31/ene/2022	28/feb/2022	28	204.30	80.12	260.02	240	108.34	3,966.00	10.10	20.10	2,462.77	1.99	1.000	4

Fuente. (Autor, 2021)

Ilustración 42

Comportamiento de la resistencia a compresión del hormigón con la adición del plástico reciclado al 1%



Fuente. (Autor, 2021)

Tabla 11

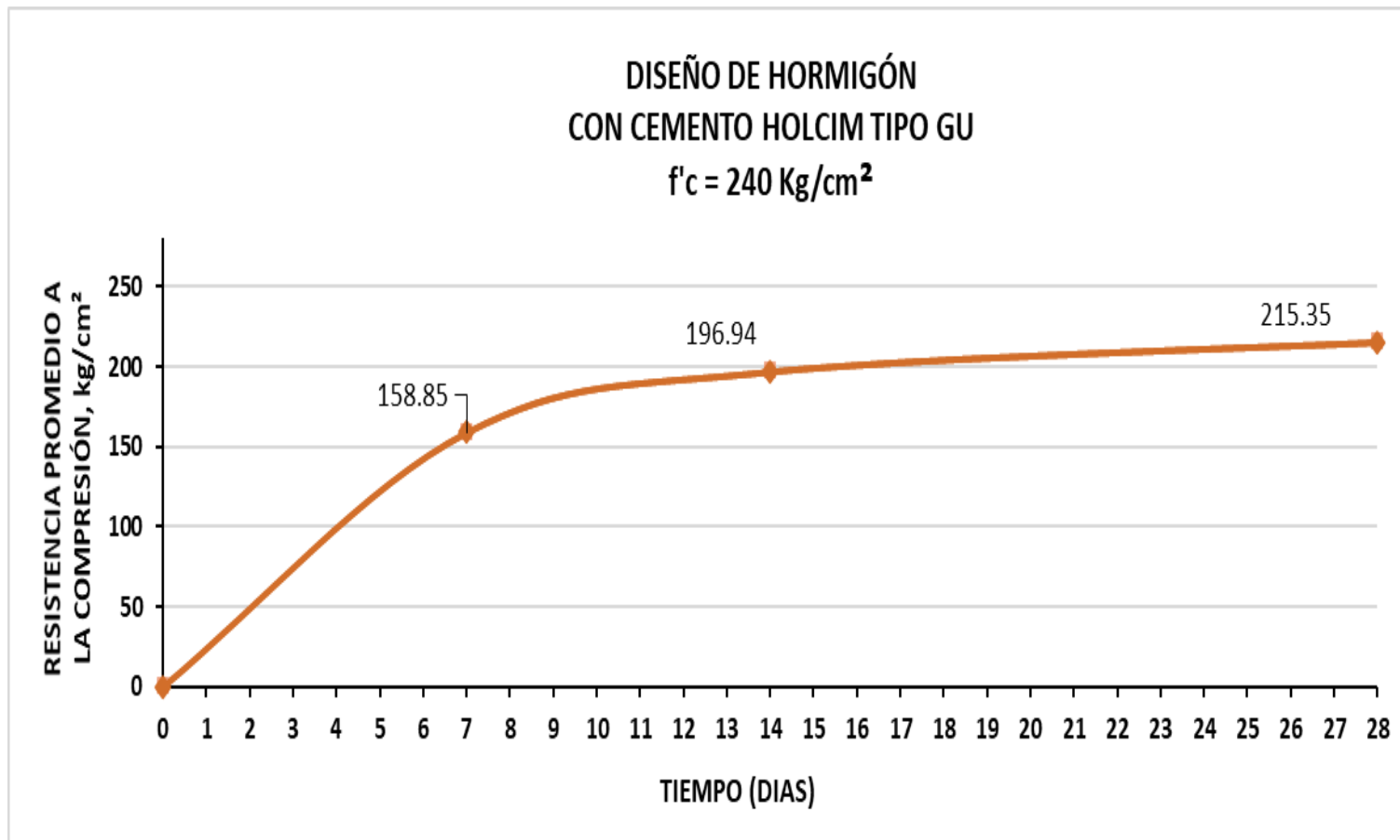
Resultados del ensayo de resistencia a compresión para hormigón con reemplazo al 2% del agregado fino por plástico reciclado

(12) Cilindros	Rev. (cm)	Fecha de fundición	Fecha de rotura	Edad (días)	Carga KN	Área (cm ²)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia. Especifica (Kg/cm ²)	%	Masa (gr.)	Diám. D (cm)	Altura H (cm)	Densidad (Kg/m ³)	H/D	Fac. correc.	Tipo rotura
1	15.5	24/ene/2022	28/ene/2022	4	89.58	81.71	111.79	240	46.58	3,981.00	10.20	20.40	2,388.20	2.00	1.000	5
2	15.5	24/ene/2022	28/ene/2022	4	94.87	80.12	120.75	240	50.31	4,016.00	10.10	20.20	2,481.47	2.00	1.000	5
3	15.5	24/ene/2022	28/ene/2022	4	97.50	81.71	121.67	240	50.70	4,038.00	10.20	20.10	2,458.55	1.97	1.000	5
4	15.5	24/ene/2022	31/ene/2022	7	122.59	80.12	156.03	240	65.01	4,044.00	10.10	20.30	2,486.46	2.01	1.000	5
5	15.5	24/ene/2022	31/ene/2022	7	125.80	81.71	156.99	240	65.41	4,082.00	10.20	20.40	2,448.79	2.00	1.000	5
6	15.5	24/ene/2022	31/ene/2022	7	131.04	81.71	163.53	240	68.14	4,086.00	10.20	20.40	2,451.19	2.00	1.000	5
7	15.5	24/ene/2022	07/feb/2022	14	151.92	80.12	193.36	240	80.57	4,087.00	10.10	20.20	2,525.34	2.00	1.000	4
8	15.5	24/ene/2022	07/feb/2022	14	158.36	81.71	197.62	240	82.34	4,011.00	10.20	20.30	2,418.05	1.99	1.000	5
9	15.5	24/ene/2022	07/feb/2022	14	157.02	80.12	199.85	240	83.27	4,055.00	10.10	20.20	2,505.57	2.00	1.000	5
10	15.5	24/ene/2022	21/feb/2022	28	167.96	80.12	213.77	240	89.07	4,016.00	10.10	20.10	2,493.81	1.99	1.000	4
11	15.5	24/ene/2022	21/feb/2022	28	165.92	80.12	211.17	240	87.99	3,970.00	10.10	20.10	2,465.25	1.99	1.000	4
12	15.5	24/ene/2022	21/feb/2022	28	170.31	78.54	221.12	240	92.13	3,896.00	10.00	20.00	2,480.26	2.00	1.000	4

Fuente. (Autor, 2021)

Ilustración 43

Comportamiento de la resistencia a compresión del hormigón con la adición del plástico reciclado al 2%



Fuente. (Autor, 2021)

Tabla 12

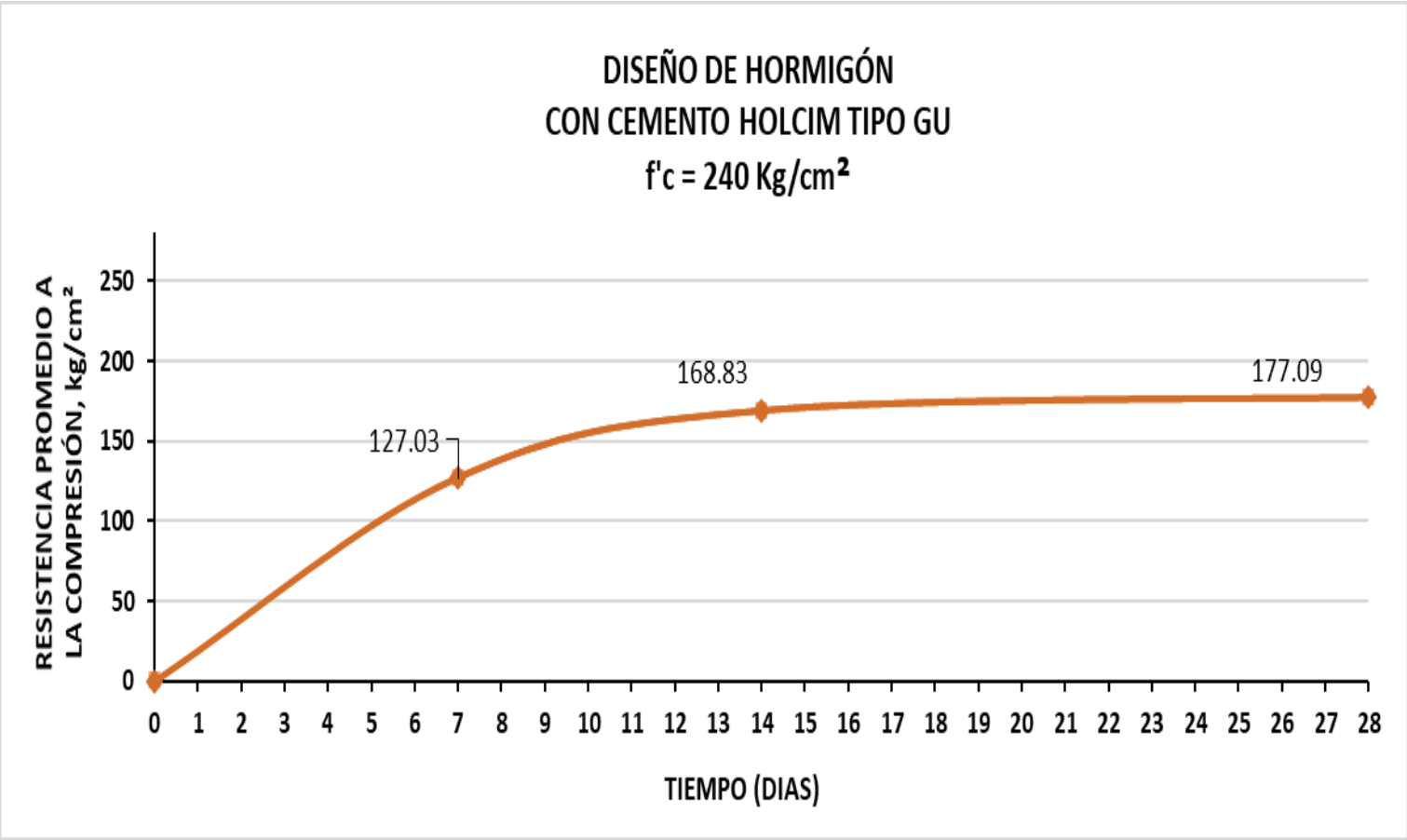
Resultados del ensayo de resistencia a compresión para hormigón con reemplazo al 4% del agregado fino por plástico reciclado

(12) Cilindros	Rev. (cm)	Fecha de fundición	Fecha de rotura	Edad (días)	Carga KN	Área (cm ²)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia. Especifica (Kg/cm ²)	%	Masa (gr.)	Diám. D (cm)	Altura H (cm)	Densidad (Kg/m ³)	H/D	Fac. correc.	Tipo rotura
1	15.5	24/ene/2022	28/ene/2022	4	77.53	80.12	98.68	240	41.12	3,904.00	10.10	20.30	2,400.38	2.01	1.000	5
2	15.5	24/ene/2022	28/ene/2022	4	74.45	81.71	92.91	240	38.71	3,972.00	10.20	20.10	2,418.37	1.97	1.000	5
3	15.5	24/ene/2022	28/ene/2022	4	84.95	80.12	108.12	240	45.05	3,966.00	10.10	20.10	2,462.77	1.99	1.000	5
4	15.5	24/ene/2022	31/ene/2022	7	101.27	80.12	128.89	240	53.70	4,000.00	10.10	20.30	2,459.41	2.01	1.000	5
5	15.5	24/ene/2022	31/ene/2022	7	98.79	81.71	123.28	240	51.37	3,994.00	10.20	20.30	2,407.80	1.99	1.000	5
6	15.5	24/ene/2022	31/ene/2022	7	103.31	81.71	128.92	240	53.72	4,014.00	10.20	20.40	2,408.00	2.00	1.000	2
7	15.5	24/ene/2022	07/feb/2022	14	132.54	80.12	168.69	240	70.29	4,016.00	10.10	20.10	2,493.81	1.99	1.000	5
8	15.5	24/ene/2022	07/feb/2022	14	135.18	81.71	168.69	240	70.29	4,080.00	10.20	20.00	2,496.54	1.96	1.000	4
9	15.5	24/ene/2022	07/feb/2022	14	130.26	78.54	169.12	240	70.47	4,095.00	10.00	20.00	2,606.95	2.00	1.000	5
10	15.5	24/ene/2022	21/feb/2022	28	139.16	80.12	177.12	240	73.80	3,916.00	10.10	20.10	2,431.72	1.99	1.000	4
11	15.5	24/ene/2022	21/feb/2022	28	136.70	80.12	173.98	240	72.49	4,070.00	10.10	20.10	2,527.35	1.99	1.000	4
12	15.5	24/ene/2022	21/feb/2022	28	138.76	78.54	180.16	240	75.07	4,026.00	10.00	20.10	2,550.27	2.01	1.000	4

Fuente. (Autor, 2021)

Ilustración 44

Comportamiento de la resistencia a compresión del hormigón con la adición del plástico reciclado al 4%



Fuente. (Autor, 2021)

Tabla 13

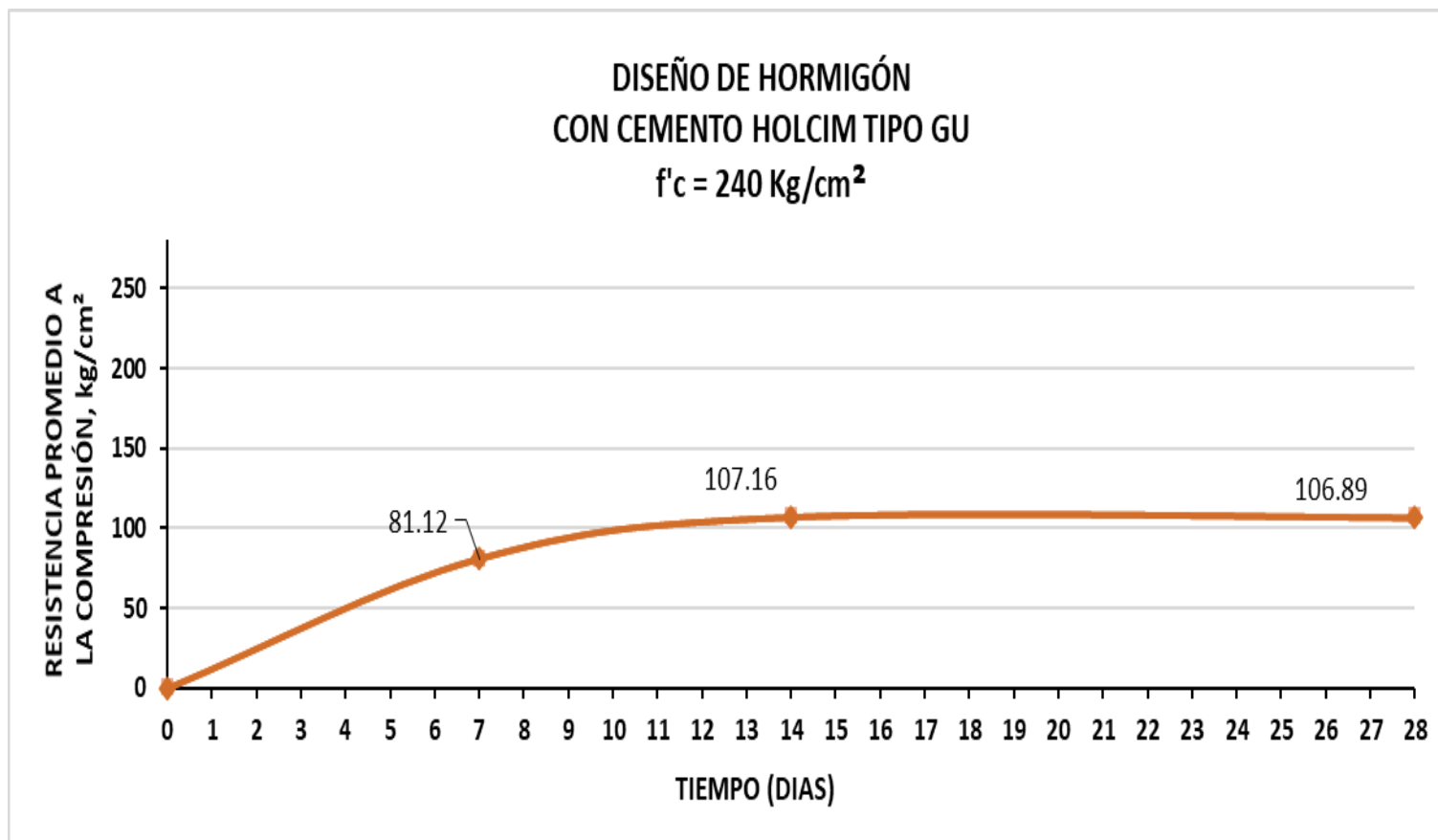
Resultados del ensayo de resistencia a compresión para hormigón con reemplazo al 6% del agregado fino por plástico reciclado

(12) Cilindros	Rev. (cm)	Fecha de fundición	Fecha de rotura	Edad (días)	Carga KN	Área (cm ²)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia. Especifica (Kg/cm ²)	%	Masa (gr.)	Diám. D (cm)	Altura H (cm)	Densidad (Kg/m ³)	H/D	Fac. correc.	Tipo rotura
1	16.00	24/ene/2022	28/ene/2022	4	50.75	80.12	64.59	240	26.91	3,898.00	10.10	20.20	2,408.56	2.00	1.000	5
2	16.00	24/ene/2022	28/ene/2022	4	51.62	81.71	64.42	240	26.84	3,904.00	10.20	20.10	2,376.96	1.97	1.000	5
3	16.00	24/ene/2022	28/ene/2022	4	53.47	80.12	68.05	240	28.36	3,976.00	10.10	20.30	2,444.65	2.01	1.000	5
4	16.00	24/ene/2022	31/ene/2022	7	62.37	78.54	80.98	240	33.74	3,852.00	10.00	20.10	2,440.05	2.01	1.000	3
5	16.00	24/ene/2022	31/ene/2022	7	63.12	81.71	78.77	240	32.82	3,868.00	10.20	20.30	2,331.84	1.99	1.000	5
6	16.00	24/ene/2022	31/ene/2022	7	65.69	80.12	83.61	240	34.84	3,876.00	10.10	20.30	2,383.16	2.01	1.000	5
7	16.00	24/ene/2022	07/feb/2022	14	82.33	80.12	104.79	240	43.66	3,921.00	10.10	20.10	2,434.82	1.99	1.000	5
8	16.00	24/ene/2022	07/feb/2022	14	82.85	78.54	107.57	240	44.82	3,810.00	10.00	20.20	2,401.50	2.02	1.000	4
9	16.00	24/ene/2022	07/feb/2022	14	84.06	78.54	109.14	240	45.47	3,866.00	10.00	20.10	2,448.92	2.01	1.000	5
10	16.00	24/ene/2022	21/feb/2022	28	84.10	80.12	107.04	240	44.60	3,886.00	10.10	20.00	2,425.15	1.98	1.000	4
11	16.00	24/ene/2022	21/feb/2022	28	84.39	80.12	107.41	240	44.75	3,858.00	10.10	20.10	2,395.70	1.99	1.000	3
12	16.00	24/ene/2022	21/feb/2022	28	85.11	81.71	106.21	240	44.25	3,911.00	10.20	20.10	2,381.23	1.97	1.000	3

Fuente. (Autor, 2021)

Ilustración 45

Comportamiento de la resistencia a compresión del hormigón con la adición del plástico reciclado al 6%



Fuente. (Autor, 2021)

Tabla 14

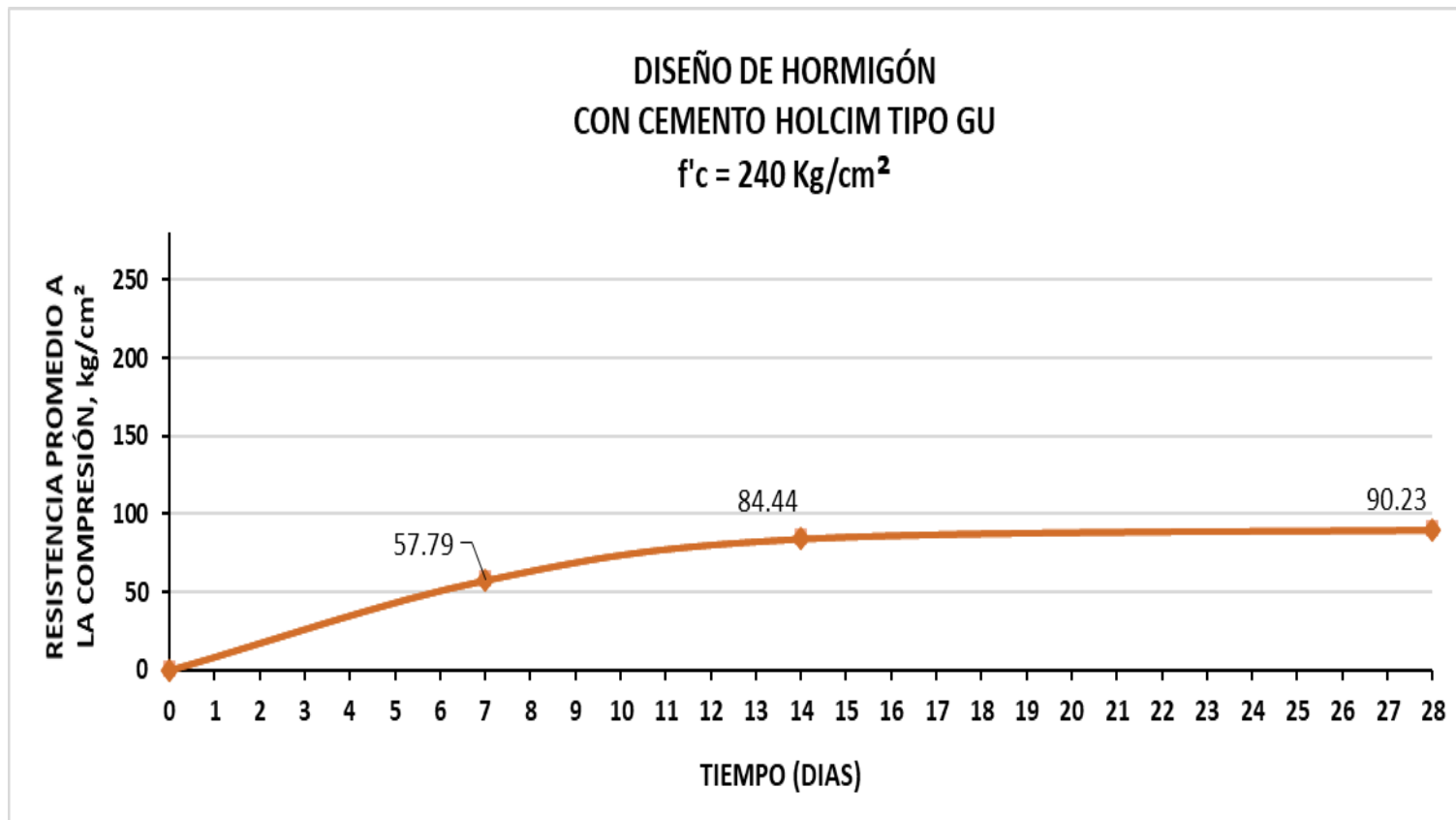
Resultados del ensayo de resistencia a compresión para hormigón con reemplazo al 8% del agregado fino por plástico reciclado

(12) Cilindros	Rev. (cm)	Fecha de fundición	Fecha de rotura	Edad (días)	Carga KN	Área (cm ²)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia. Especifica (Kg/cm ²)	%	Masa (gr.)	Diám. D (cm)	Altura H (cm)	Densidad (Kg/m ³)	H/D	Fac. correc.	Tipo rotura
1	16.5	24/ene/2022	28/ene/2022	4	36.18	80.12	46.05	240	19.19	3,684.00	10.10	20.10	2,287.65	1.99	1.000	5
2	16.5	24/ene/2022	28/ene/2022	4	33.79	80.12	43.01	240	17.92	3,706.00	10.10	20.30	2,278.64	2.01	1.000	5
3	16.5	24/ene/2022	28/ene/2022	4	32.55	81.71	40.62	240	16.92	3,772.00	10.20	20.40	2,262.82	2.00	1.000	5
4	16.5	24/ene/2022	31/ene/2022	7	46.18	80.12	58.78	240	24.49	3,784.00	10.10	20.30	2,326.60	2.01	1.000	4
5	16.5	24/ene/2022	31/ene/2022	7	45.85	81.71	57.22	240	23.84	3,752.00	10.20	20.20	2,273.11	1.98	1.000	5
6	16.5	24/ene/2022	31/ene/2022	7	45.99	81.71	57.39	240	23.91	3,804.00	10.20	20.30	2,293.26	1.99	1.000	5
7	16.5	24/ene/2022	07/feb/2022	14	67.84	80.12	86.34	240	35.98	3,845.00	10.10	20.20	2,375.81	2.00	1.000	5
8	16.5	24/ene/2022	07/feb/2022	14	65.38	80.12	83.21	240	34.67	3,816.00	10.10	20.10	2,369.62	1.99	1.000	4
9	16.5	24/ene/2022	07/feb/2022	14	65.82	80.12	83.77	240	34.91	3,799.00	10.10	20.00	2,370.86	1.98	1.000	5
10	16.5	24/ene/2022	21/feb/2022	28	69.71	80.12	88.72	240	36.97	3,810.00	10.10	20.10	2,365.89	1.99	1.000	4
11	16.5	24/ene/2022	21/feb/2022	28	70.39	80.12	89.59	240	37.33	3,826.00	10.10	20.00	2,387.71	1.98	1.000	4
12	16.5	24/ene/2022	21/feb/2022	28	71.16	78.54	92.39	240	38.50	3,870.00	10.00	20.10	2,451.46	2.01	1.000	4

Fuente. (Autor, 2021)

Ilustración 46

Comportamiento de la resistencia a compresión del hormigón con la adición del plástico reciclado al 8%



Fuente. (Autor, 2021)

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En esta sección, se va a realizar una comparación con los datos obtenidos a través de los ensayos de hormigón tradicional con los resultados del hormigón mediante la adición de tereftalato de polietileno.

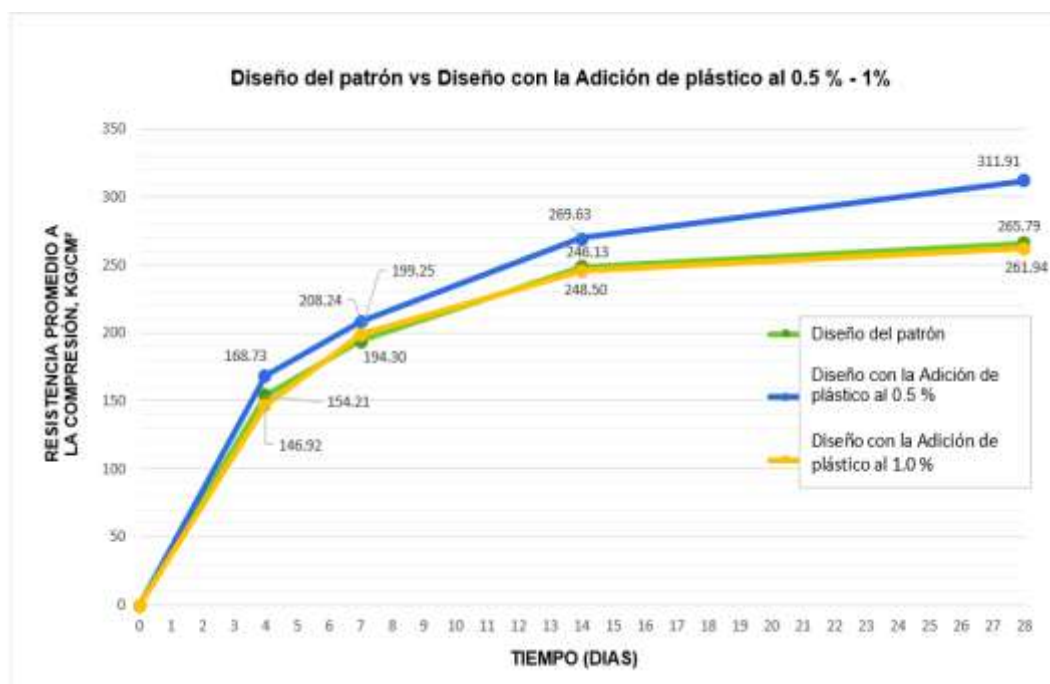
Se interpretará los resultados obtenidos a medida de porcentaje y se podrá observar la variación de diseño que tendrá con respecto al patrón, en donde al agregar mayor porcentaje de plástico en el hormigón se podrá analizar su comportamiento y se va a comparar las resistencias obtenidas mediante los ensayos para comprobar su efectividad.

5.2 ANÁLISIS DE LAS CURVAS COMPARATIVAS

- **Análisis comparativo del diseño del patrón vs Diseño con la adición del 0.5% y 1% de plástico reciclado**

Ilustración 47

Curvas comparativas entre un hormigón tradicional vs hormigón con la adición de tereftalato de polietileno al 0.5 % - 1 %



Fuente. (Autor, 2021)

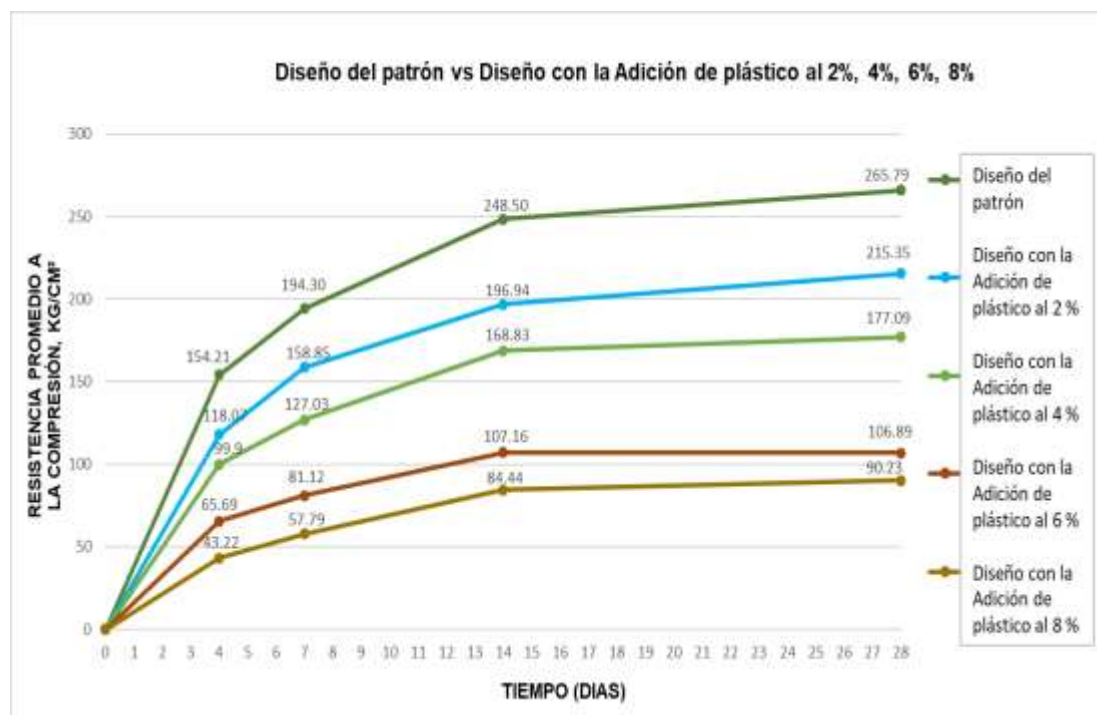
En la Ilustración 47 se puede observar el comportamiento de cada curva según el porcentaje de agregado de las escamas de tereftalato de polietileno reciclado que fue colocado al hormigón tradicional, la curva de color azul representa el 0.5% de adición, si analizamos la resistencia a los 14 días se podrá observar un incremento en la resistencia superando así la resistencia final a los 28 días del hormigón tradicional con el diseño del patrón.

Si analizamos la curva de color amarillo que representa el 1% de adición del plástico nos da como resultado que la resistencia se mantiene. La relación agua - cemento para el porcentaje de 0.5% y 1% será igual a la de un diseño de patrón con hormigón tradicional cuyo valor es $a/c = 0.5$.

- **Análisis comparativo del diseño del patrón vs Diseño con la adición del 2%, 4%, 6% y 8% de plástico reciclado**

Ilustración 48

Curvas comparativas entre un hormigón tradicional vs hormigón con la adición de tereftalato de polietileno al 2%, 4%, 6% y 8%



Fuente. (Autor, 2021)

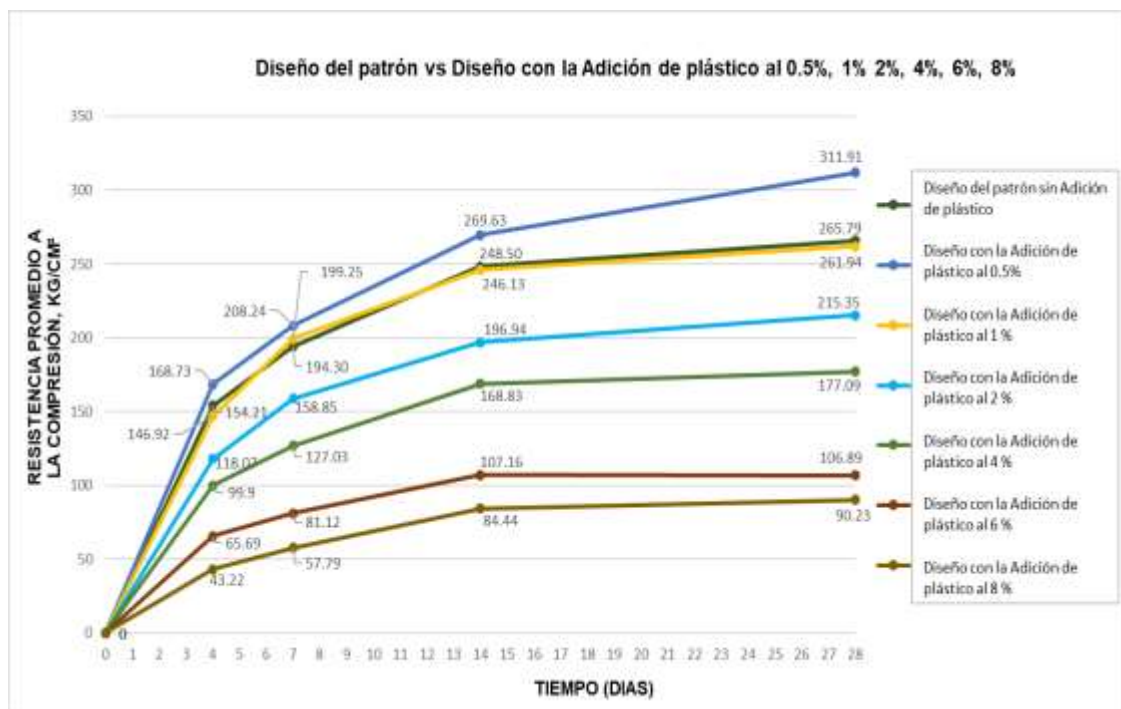
En la Ilustración 48, muestra los distintos comportamientos según el porcentaje de escamas que se van colocando al hormigón, al comparar con el diseño de patrón con hormigón tradicional y los porcentajes, se puede observar claramente que a mayor adición de escamas disminuye considerablemente la resistencia del hormigón a la compresión.

La relación de agua - cemento en el 2% se mantiene con $a/c = 0.5$, en cambio con el 4%, 6% y 8% demanda más cantidad de agua, lo cual llega a una relación de $a/c = 0.7$, al tener una relación de agua - cemento alto provoca que las partículas dentro del hormigón entren en un proceso de exudación.

- **Análisis comparativo del diseño del patrón vs Diseño con la adición del 0.5%, 1%, 2%, 4%, 6% y 8% de plástico reciclado**

Ilustración 49

Curvas comparativas entre un hormigón tradicional vs hormigón con la adición de tereftalato de polietileno al 0.5%, 1%, 2%, 4%, 6% y 8%



Fuente. (Autor, 2021)

En la Ilustración 49, se podrá observar de manera general el comportamiento de las curvas con los distintos porcentajes de plástico en comparación con la curva del hormigón tradicional, como se representa en la curva de color verde oscuro.

Como se puede observar en la ilustración, el incremento de resistencia por parte del 0.5% de adición es mayor en comparación a las demás curvas según su porcentaje, la curva se encuentra representada en el gráfico de color azul y se obtiene como resultado que es el porcentaje más óptimo para la resistencia a compresión del hormigón con la adición del PET reciclado, en este diseño el hormigón presentó un revenimiento de 13.5 cm generando así una consistencia idónea para su uso.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

En esta investigación se llevaron a cabo una serie de ensayos para los materiales tales como para el agregado fino y el agregado grueso con el fin de determinar si el material es óptimo para esta investigación que conlleva a su vez el análisis del comportamiento del hormigón. El objetivo de esta investigación experimental es llevar a cabo el desarrollo de hormigones con el reemplazo parcial del agregado fino por un material producto de un desecho industrial, como lo es tereftalato de polietileno reciclado o PET.

Las investigaciones se llevaron a cabo con el reemplazo del agregado fino por tereftalato de polietileno reciclado en porcentajes del 0.5%, 1%, 2%, 4%, 6% y 8%. La metodología utilizada en este proyecto consiste principalmente en la elaboración de un diseño del patrón para un hormigón tradicional cuyos materiales son agua, agregado fino, agregado grueso, cemento hidráulico tipo GU y sin la presencia de aditivos llevándolo a una resistencia a la compresión de 240 Kg/cm² con el fin de realizar una comparación de las resistencias de ambos hormigones.

Al realizar los ensayos de los especímenes de hormigón con los distintos porcentajes de plástico, se obtuvieron un buen comportamiento en términos de manejabilidad, dando como resultado que el 0.5% - 1% de adición se obtuvo un revenimiento óptimo de 13 cm, si analizamos los porcentajes 2%, 4%, 6% y 8% de adición se obtuvieron revenimientos aceptables cuyo valor es de 15 cm a 16.5 cm por lo cual se considera que no es óptimo para el desarrollo de este tipo de investigación.

Tabla 15*Revenimiento de especímenes de hormigón*

REVENIMIENTO DE ESPECÍMENES DE HORMIGÓN CON PLÁSTICO	
% de Adición	Revenimiento (Cm)
0.5	13.5
1	14.0
2	15.5
4	15.5
6	16.0
8	16.5

Fuente. (Autor, 2021)

Las resistencias obtenidas producto de los ensayos de compresión para las mezclas con escamas de tereftalato de polietileno reciclado indicaron que en los porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8% disminuye la resistencia considerablemente con respecto a la resistencia del diseño del patrón de un hormigón tradicional; esto quiere decir que a mayor adición de plástico menor resistencia en el elemento.

En cambio, al analizar el porcentaje de 0.5% de adición de la mezcla de hormigón a los 14 días se obtuvo un incremento en la resistencia a compresión del 8.50 % con respecto a la resistencia del diseño del patrón dando como resultado que su comportamiento es el más óptimo para llevar a cabo esta investigación y finalmente si analizamos el porcentaje de adición del 1% se mantiene la resistencia con respecto al diseño del patrón.

Tabla 16*Resumen de resistencia promedio a los 4, 7, 14 y 28 Días*

RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/Cm2)							
Edad	Diseño del patrón	Diseño del patrón con la adición de tereftalato de polietileno reciclado					
	0%	0.5%	1.0%	2.0%	4%	6%	8%
4	154.21	168.73	146.92	118.07	99.9	65.69	43.22
7	194.30	208.24	199.25	158.85	127.03	81.12	57.79
14	248.50	269.63	246.13	196.94	168.83	107.16	71.72
28	265.79	311.91	261.94	215.35	177.09	106.89	90.23

Fuente. (Autor, 2021)

Tabla 17*Porcentajes de incremento o decrecimiento de la resistencia con adición al 0.5 – 1%*

% DE INCREMENTO O DECRECIMIENTO DE LA RESISTENCIA		
Edad	% de Adición	
	0.5%	1%
4	9.42	4.73
7	7.17	2.55
14	8.50	0.95
28	17.35	1.45

Fuente. (Autor, 2021)

Tabla 18*Porcentajes de incremento o decrecimiento de la resistencia con adición al 2%, 4%, 6% y 8%*

% DE INCREMENTO O DECRECIMIENTO DE RESISTENCIA				
Edad	% de Adición			
	2%	4%	6%	8%
4	-23.44	-35.22	-57.40	-71.97
7	-18.24	-34.62	-58.25	-70.26
14	-20.75	-32.06	-56.88	-71.14
28	-18.98	-33.37	-59.80	-66.05

Fuente. (Autor, 2021)

En términos ambientales es de suma importancia tener presente la huella de carbono, ya que, en su proceso de fabricación puede generar grandes emisiones de CO₂ generando daños irreversibles al ecosistema, se tiene como dato que para fabricar un kilo de plástico reciclado se emiten 1,7 Kg de CO₂ si comparamos con la fabricación del plástico desde cero un kilo puede emitir 3,5 Kg de CO₂, al utilizar plástico reciclado estaríamos reduciendo de gran manera la huella de carbono en un 49 %.

Para este estudio se llevó a cabo solo la utilización de 235 Kg de plástico reciclado generando un gran aporte al medio ambiente, ya que, estaríamos reduciendo 550 Kg de CO₂ con la utilización de hormigones con la adición de tereftalato de polietileno con la motivación de generar un impacto positivo a nuestro planeta.

6.2 RECOMENDACIONES

- Considerando la importancia que tiene esta investigación y de acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos se recomienda ampliar la investigación para futuros proyectos y continuar analizando el comportamiento del hormigón mediante la adición de las escamas de tereftalato de polietileno reciclado, ya que, es un tema que aportaría a grandes beneficios en el área de la construcción.
- Se recomienda realizar más ensayos físico mecánicos tales como pruebas a flexión y tracción indirecta, para determinar y analizar el comportamiento del hormigón con distintos porcentajes en diferentes tipos de condiciones.
- Se recomienda evaluar estadísticamente para confirmar la efectividad de la adición del PET.
- Este estudio es de suma importancia debido al impacto positivo que genera al medio ambiente, ya que, el propósito es reducir el plástico que existe en el mundo.

CAPÍTULO VII

7. REFERENCIAS

- ACI. (2011). *Diseño de mezclas de Concreto*.
- ASTM C 192. *Preparación y curado de mezclas de concreto en laboratorio*.
- ASTM C136. *Standard Test Method For Sieve Analysis Of Fine And Coarse Aggregates*. <https://www.studocu.com/en-us/document/colorado-school-of-mines/water-supply-engineering/astm-c136-2014-standard-test-method-for-sieve-analysis-of-fine-and-coarse-aggregates/8462887>
- Ecuatoriano de Normalización, I. (2011). *Agua potable. Requisitos*.
- INEN. (2015). *Hormigones. Hormigón Premezclado. Requisitos*.
- MORÁN, S. (2020). *Nada frena los plásticos de un solo uso: más de 260.000 toneladas al año en Ecuador*. 10 Noviembre. <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/nada-frena-plasticos-un-solo-uso-mas-260000-toneladas-al-ano-ecuador>
- NTE ASTM C 39. (2010). *Hormigón De Cemento Hidráulico. Determinación De La Resistencia A La Compresión De Especímenes Cilíndricos De Hormigón De Cemento Hidráulico*.
- NTE INEN 872. (2011). *Áridos Para Hormigón. Requisitos*.
- Z.E.O. (2020). *¿Cuánto Co2 Emite El Plástico?* 21 Enero. <https://plataformazeo.com/es/cuanto-co2-emite-el-plastico/#:~:text=El principal problema del plástico,de CO2 a la atmósfera.>

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Bolaños González, Doménica Gianella**, con C.C: # 0926481888 autor/a del trabajo de titulación: **Análisis del comportamiento del hormigón mediante la adición de tereftalato de polietileno reciclado** previo a la obtención del título de **Ingeniera Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 09 de marzo de 2022

f. _____

Doménica Gianella Bolaños González

C.C: 0926481888

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Análisis del comportamiento del hormigón mediante la adición de tereftalato de polietileno reciclado		
AUTOR(ES)	Doménica Gianella Bolaños González		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Daniel Boanerges De la Pared Condo		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniera Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	09 de marzo de 2022	No. PÁGINAS:	87
ÁREAS TEMÁTICAS:	Mezcla de Hormigón, Escamas de tereftalato de polietileno Reciclado, Resistencia a compresión		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Tereftalato de polietileno, espécimen, PET, patrón, escamas, cilindros, resistencia		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El Ecuador se ha visto afectado de gran manera por sus altos porcentajes de desperdicios de plástico de un solo uso generando así grandes daños en la comunidad, El desarrollo de esta investigación tiene como finalidad plantear una solución, en donde, se va a utilizar el tereftalato de polietileno material con el que se usa para la fabricación de botellas en reemplazo parcial del agregado fino para la mezcla del hormigón. La metodología aplicada consiste en la elaboración de especímenes de hormigón en donde se realizarán ensayos comparativos entre una mezcla de hormigón tradicional y una mezcla de hormigón con las adiciones de distintos porcentajes tales como 0.5%, 1%, 2%, 4%, 6% y 8% de las escamas de tereftalato de polietileno reciclado, analizando y demostrando su comportamiento y sus beneficios para considerarlo como un nuevo método constructivo. Los resultados obtenidos del estudio indicaron que a menor porcentaje de arena reemplazada aumenta la resistencia a la compresión del elemento, se determinó que al reemplazo del 0.5% - 1% del agregado de PET con respecto al agregado fino existe un mejor desempeño a la compresión, ya que, a partir del 2% en adelante los resultados no fueron los esperados.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTORES:	Teléfono: +593-994064846	E-mail: DomenicaGBG@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Clara Glas Cevallos		
	Teléfono: +593-4 -2206956		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			