



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A CORTANTE Y COMPRESIÓN EN EL
CONCRETO HIDRÁULICO CON RESIDUOS DE PLÁSTICO.**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

ISABEL CRISTINA DAVID ZERÓN 21351068

KENTON FERNANDO LANDA SUAZO 21311024

NUVIA HAYDEÉ MORENO DONAIRE 11341043

ASESOR:

ING. ÁNGEL DAVID FÚNEZ CASTRO

CAMPUS SAN PEDRO SULA

MAYO 2018

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CENTROAMÉRICA
UNITEC**

**PRESIDENTE EJECUTIVA
ROSALPINA RODRÍGUEZ GUEVARA**

**VICERRECTORA DE OPERACIONES
ROSALPINA RODRÍGUEZ GUEVARA**

**VICERRECTOR ACADÉMICO
MARLON ANTONIO BREVE REYES**

**SECRETARIO GENERAL
ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICEPRESIDENTA CAMPUS SAN PEDRO SULA
CARLA MARÍA PANTOJA ORTEGA**

**COORDINADOR CARRERA INGENIERÍA CIVIL
HÉCTOR WILFREDO PADILLA**

TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS

EXIGIDOS PARA OPTAR AL TITULO

INGENIERO CIVIL

ASESOR METODOLÓGICO

“ING. LOURDES PATRICIA MEJÍA RAMOS”

ASESOR TEMÁTICO

“ING. ÁNGEL DAVID FÚNEZ CASTRO”

DERECHOS DE AUTOR

© COPYRIGHT

ISABEL CRISTINA DAVID ZERÓN

KENTON FERNANDO LANDA SUAZO

NUVIA HAYDEÉ MORENO DONAIRE

TODOS LOS DERECHOS SON RESERVADO

AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN DEL AUTOR(ES) PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS DE GRADO.

Señores

CENTRO DE RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACION (CRAI)

San Pedro Sula

Estimados Señores:

La presentación del documento de tesis forma parte de los requerimientos y procesos establecidos de graduación para alumnos de pregrado de UNITEC.

Nosotros, Isabel Cristina David Zerón, Kenton Fernando Landa Suazo y Nuvia Haydeé Moreno Donaire, de San Pedro Sula autores del trabajo de grado titulado: Estudio del Comportamiento a Cortante y Compresión en el Concreto Hidráulico con Residuos de Plástico, presentado y aprobado en el año 2018, como requisito para optar al título de Profesional de Ingeniero Civil, autorizo a:

Las Bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), para que, con fines académicos, pueda libremente registrar, copiar y usar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en la sala de estudio de la biblioteca y la página Web de la universidad.

Permita la consulta y la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en el artículo 19 de la Ley de Derechos de Autor y de los Derechos Conexos; los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de los principales autores.

En fe de lo cual, se suscribe la presente acta en la ciudad de San Pedro Sula a los 23 días del mes de abril de dos mil dieciocho.

Isabel Cristina David Zerón

21351068

Kenton Fernando Landa Suazo

21311024

Nuvia Haydeé Moreno

11341043

HOJA DE FIRMAS

Los abajo firmantes damos fe, en nuestra posición de miembro de Terna, Asesor y/o Jefe Académico y en el marco de nuestras responsabilidades adquiridas, que el presente documento cumple con los lineamientos exigidos por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y los requerimientos académicos que la Universidad dispone dentro de los procesos de graduación.

Ing. Lourdes Patricia Mejía Ramos

Asesor Metodológico UNITEC

Ing. Ángel David Fúnez Castro

Asesor Temático UNITEC

Ing. Raúl Alejandro Medina

Coordinador de Terna

Ing. Mario Humberto Cárdenas

Miembro de Terna

Ing. Oscar Rene Castro

Miembro de Terna

Ing. Héctor Wilfredo Padilla

Jefe Académico de Ingeniería Civil | UNITEC

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado vida, por brindarme la sabiduría y las fuerzas necesarias para poder culminar mi carrera profesional. A mis padres Thelma Zerón y Leonardo David, por su apoyo y amor incondicional en todas las etapas de mi vida, a mis hermanos por el apoyo que han brindaron en mi formación universitaria. A mis abuelos por su inmenso cariño y por sus sabios consejos. A mis catedráticos por su tiempo y el conocimiento impartido durante estos años universitarios. A mis compañeros y amigos que han brindado su apoyo para lograr mis metas.

Isabel Cristina David Zerón

Agradezco primeramente a Dios por darme esta oportunidad de estar culminando una etapa de mi vida importante porque sin el nada de esto sería posible, por darme sabiduría y fuerzas en cada momento difícil. Agradezco a mis padres, Kenton Landa y Maida Suazo por el apoyo y la confianza que me brindaron siempre aun cuando pensaba que ya no podía nunca faltaron las palabras de aliento para seguir adelante. A mis hermanos que siempre aportaron sus conocimientos a lo largo de mi carrera universitaria. A los catedráticos por su apoyo y conocimiento brindado en cada momento. A todas las personas que de una u otra forma estuvieron en momentos cruciales e importantes de mi carrera y así poder estar haciendo realidad mi sueño de infancia.

Kenton Fernando Landa

A Dios por haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor; a mis padres y hermano por enseñarme a crecer, apoyarme en los momentos difíciles, a mis maestros que me guiaron con sus conocimientos para llevar a cabo la investigación que hoy culmino con orgullo.

Nuvia Haydeé Moreno Donaire

AGRADECIMIENTO

La realización de este trabajo de tesis no sería posible sin la ayuda de distintas empresas que apoyaron a través del uso de sus instalaciones y materiales, también agradecemos a cada uno de los ingenieros que aportaron sus conocimientos y experiencia a dicho proyecto. Por lo cual nos complace mencionar a cada una de esas empresas y personas que nos brindaron su apoyo a lo largo de toda esta investigación.

De manera muy especial agradecemos al Ingeniero Ángel Funez por aceptar guiarnos en esta investigación atendiendo a nuestras consultas, brindarnos ideas en momentos cruciales y orientándonos para realizar dicha investigación de la mejor manera posible.

Expresamos nuestro máximo agradecimiento al personal de la empresa CONHSA PAYHSA S.A., especialmente a la Ingeniera Alejandra Pascua, el Ingeniero Omar Banegas, Martín Zavala y Elvin Amador por su ayuda para realizar los ensayos adecuadamente para obtener los mejores resultados. Agradecemos su apoyo a lo largo de este trabajo.

Deseamos darle un sincero agradecimiento al Ingeniero Michael Pineda por asesorarnos desde el inicio de esta investigación. Le agradecemos por su dedicación y entrega en cada una de las etapas de este proyecto a modo que el mismo se realizara de la mejor manera posible.

De igual manera agradecemos profundamente a aquellas empresas que formaron parte de nuestra investigación ya que sin ellas el trabajo hubiese sido muy difícil. Primeramente, agradecemos a la empresa CONHSA PAYHSA S. A. por brindarnos su apoyo incondicional en el uso de sus materiales e instalaciones en las cuales se realizó cada prueba y ensayo requerido para la obtención de los datos de esta investigación. Del mismo agradecemos a la empresa INVEMA por atender a nuestra necesidad de materia prima, la cual era fundamental para realizar esta investigación.

Finalmente queremos agradecer a todas aquellas personas que de una u otra manera estuvieron pendientes de nuestra investigación brindándonos de su apoyo e interés en la mejor realización de cada una de las etapas que conlleva un proyecto de investigación. De no ser por cada una de las personas y empresas mencionadas anteriormente, nada de esto hubiese sido posible.

RESUMEN EJECUTIVO

Es necesario investigar sobre nuevas técnicas en la construcción que permitan reducir el impacto ambiental negativo que se genera en las obras civiles. En la presente investigación se realizó un estudio de las propiedades mecánicas del concreto con residuos de plástico, a modo de buscar una alternativa a la gran contaminación que genera el plástico en Honduras, ya que no se cuenta con las suficientes plantas de reciclaje. Cabe mencionar que el plástico utilizado es el residuo del proceso de reciclaje de botellas, por lo cual este es almacenado y acumulado en las plantas de reciclaje. El objetivo es analizar el comportamiento a cortante y compresión en el concreto hidráulico con residuos de plástico mediante la aplicación de las normas ASTM y ACI. Se analizó el comportamiento de 44 especímenes de concreto, de los cuales 36 son cilindros de 6" de base y 12" de altura para el ensayo de compresión bajo la normativa ASTM C39 y 8 vigas de 3" de base y 6" de altura para el ensayo a cortante. Los ensayos de compresión se realizaron a 7, 14 y 28 días. Se repitió el ensayo a 28 días para acompañar el ensayo de cortante. Se estudió el efecto de la resistencia del concreto con la relevación de la arena por el residuo de plástico en distintos porcentajes; 10, 20 y 30 %. Los resultados indican que con 10% de residuos de plástico se cumple con la resistencia de diseño en un 5.15%, cabe mencionar que en comparación con la mezcla control se presenta una reducción en la resistencia del 6.28%. Se observó que a medida aumentaba el porcentaje de plástico, la mezcla de concreto se hacía más pastosa, por lo cual se pierde un poco la trabajabilidad. Además, se observa que el peso unitario se va reduciendo conforme se incrementa el porcentaje de plástico en cada una de las mezclas. Con respecto al análisis de cortante los resultados indican que la adición del 10% de plástico no afectó el comportamiento a cortante pero las mezclas con 20% y 30% de plástico si presentaron una reducción en la resistencia a cortante. Se puede incorporar un 10% de plástico en el concreto hidráulico debido a que presenta un cumplimiento en la resistencia a la compresión, su comportamiento en cortante fue idéntico al de la mezcla control y se detectó una reducción en el peso unitario.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
2.1 ANTECEDENTES.....	2
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	4
2.2.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	4
2.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
2.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	5
2.4 OBJETIVOS.....	5
2.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
2.5 JUSTIFICACIÓN.....	5
III. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	7
3.1.1 ANÁLISIS DEL MACRO ENTORNO.....	7
3.1.2 ANÁLISIS DEL MICRO ENTORNO.....	14
3.1.3 ANÁLISIS INTERNO.....	15
3.2 TEORÍAS DE SUSTENTO.....	17
3.3 MARCO CONCEPTUAL.....	21
3.4. MARCO LEGAL.....	24
3.4.1 LEY GENERAL DEL AMBIENTE.....	24
3.4.2 LEY Y REGLAMENTO DE MUNICIPALIDADES.....	27

IV. METODOLOGÍA	29
4.1 OPERACIONALIZACIÓN.....	29
4.1.1 DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN	31
4.1.2 TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN.....	32
4.1.3 HIPÓTESIS	34
4.2 ENFOQUE Y MÉTODOS.....	35
4.2.1 TIPO DE DISEÑO.....	35
4.3 POBLACIÓN Y MUESTRAS	37
4.3.1 POBLACIÓN.....	37
4.3.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	38
4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	38
4.4.1 INSTRUMENTOS	39
4.4.2 TÉCNICAS	44
4.5 UNIDAD DE ANÁLISIS Y RESPUESTA	52
4.5.1 UNIDAD DE ANÁLISIS.....	52
4.5.2 UNIDAD DE RESPUESTA	52
4.6 MATERIALES.....	52
4.7 FUENTES DE INFORMACIÓN	55
4.7.1 FUENTES PRIMARIAS	55
4.7.2 FUENTES SECUNDARIAS	56
V. RESULTADOS Y ANÁLISIS	57
5.1 REPORTE DE RESULTADOS DE AGREGADOS PARA CONCRETO	57
5.1.1 GRAVA.....	57

5.1.2 ARENA.....	58
5.2 DISEÑO DE MEZCLA.....	60
5.2.1 MEMORIA DE CALCULO	60
5.3 REVENIMIENTO.....	67
5.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	71
5.4.1 RESULTADOS A LOS 7 DÍAS	71
5.4.2 RESULTADOS A LOS 14 DÍAS.....	73
5.4.3 RESULTADOS A LOS 28 DÍAS.....	75
5.4.4 ANÁLISIS DE FISURAS.....	81
5.5 PESO UNITARIO	87
5.7 RESISTENCIA AL CORTANTE	89
5.7.1 RESULTADOS A LOS 28 DÍAS.....	93
5.7.2 ANÁLISIS DE FISURAS.....	102
5.8 ANÁLISIS DE COSTOS.....	111
5.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	114
5.9.1 PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS	114
5.9.2 PRUEBA KRUSKAL WALLIS.....	115
VI. CONCLUSIONES.....	119
VII. RECOMENDACIONES.....	121
VIII. APLICABILIDAD	122
BIBLIOGRAFÍA.....	123
ANEXOS	125
ANEXO 1. NORMA ASTM C 172	125

ANEXO 2. NORMA ASTM C 39.....	129
ANEXO 3. NORMA ASTM C 136	136
ANEXO 4. NORMA ASTM C 128	140
ANEXO 5. LEY DE MUNICIPALIDADES.....	142
ANEXO 6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	145

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURA 1. CARACTERÍSTICAS Y NOMENCLATURA DE LAS FIBRAS UTILIZADAS.....	9
FIGURA 2. RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	10
FIGURA 3. ENSAYOS DE MEZCLAS CON GRAVA DE 3/4" Y ARENA SIN LAVAR.....	11
FIGURA 4. ENSAYOS DE MEZCLAS CON GRAVA DE 3/8" Y LA ARENA LAVADA	11
FIGURA 5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN.....	12
FIGURA 6. RESISTENCIA A COMPRESIÓN.....	12
FIGURA 7. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE CASAS.	14
FIGURA 8. ANDREA FROESE.....	15
FIGURA 9. DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN.....	31
FIGURA 10. TIPO DE DISEÑO	35
FIGURA 11. PROCESO CUANTITATIVO.	36
FIGURA 12. ARENA	53
FIGURA 13. CEMENTO.....	54
FIGURA 14. RESIDUOS DE PLÁSTICO.....	55
FIGURA 15. CURVA GRANULOMÉTRICA (AGREGADO GRUESO).....	58
FIGURA 16. CURVA GRANULOMÉTRICA (AGREGADO FINO).....	59
FIGURA 17. REVENIMIENTO MEZCLA CONTROL.....	68
FIGURA 18. REVENIMIENTO MEZCLA CON 10% DE PLÁSTICO.....	69
FIGURA 19. REVENIMIENTO MEZCLA CON 20% DE PLÁSTICO.....	69
FIGURA 20. REVENIMIENTO MEZCLA CON 30% DE PLÁSTICO.....	70
FIGURA 21. GRÁFICO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 7 DÍAS.	72
FIGURA 22. GRÁFICO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 14 DÍAS.....	74

FIGURA 23. GRÁFICO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS (10/01/18).....	76
FIGURA 24. PROCESO DE LAVADO DEL PLÁSTICO.....	77
FIGURA 25. PROCESO DE SECADO DEL PLÁSTICO.	77
FIGURA 26. CILINDROS FASE 2.....	78
FIGURA 27. CILINDROS, COLOCACIÓN DE BOLSA.	78
FIGURA 28.GRÁFICO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS (15/03/18).....	80
FIGURA 29. CILINDRO 1 MEZCLA CONTROL.....	81
FIGURA 30. CILINDRO 2 MEZCLA CONTROL.....	81
FIGURA 31. CILINDRO 1 MEZCLA CON 10% DE PLÁSTICO.	82
FIGURA 32. CILINDRO 2 MEZCLA CON 10% DE PLÁSTICO.	82
FIGURA 33. CILINDRO 3 MEZCLA CON 10% DE PLÁSTICO.	83
FIGURA 34. CILINDRO 1 MEZCLA CON 20% DE PLÁSTICO.....	83
FIGURA 35. CILINDRO 2 MEZCLA CON 20% DE PLÁSTICO.	84
FIGURA 36. CILINDRO 3 MEZCLA CON 20% DE PLÁSTICO.	84
FIGURA 37. CILINDRO 1 MEZCLA CON 30% DE PLÁSTICO.	85
FIGURA 38. CILINDRO 2 MEZCLA CON 30% DE PLÁSTICO.	85
FIGURA 39. CILINDRO 3 MEZCLA CON 30% DE PLÁSTICO.	86
FIGURA 40. GRÁFICO RESULTADO DE PESO UNITARIO.	87
FIGURA 41. ENSAYO DE PESO UNITARIO.....	88
FIGURA 42. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA MEZCLA.....	88
FIGURA 43. VIBRADO DE VIGAS CONTROL.....	89
FIGURA 44. VIBRADO DE ELEMENTOS.....	89
FIGURA 45. VIGAS CONTROL (DERECHA) Y VIGAS MEZCLA 10% (IZQUIERDA).....	90

FIGURA 46. CURADOR APLICADO SOBRE LA VIGA.	90
FIGURA 47. PROCESO PARA SACAR LAS VIGAS DE LA BANCADA.	90
FIGURA 48. PROCESO DE CURACIÓN DE ELEMENTOS.	91
FIGURA 49. PROCESO DE CURADO DE VIGAS.	91
FIGURA 50. MONTAJE PARA ENSAYO DE CORTANTE.	92
FIGURA 51. VIGAS AL FINALIZAR EL ENSAYO.	93
FIGURA 52. FALLA TÍPICA OBSERVADA EN LAS VIGAS.	93
FIGURA 53. GRÁFICA DE LA CAPACIDAD CORTANTE DEL CONCRETO (VC)	97
FIGURA 54. VC TEÓRICO VS VC REAL	98
FIGURA 55. VC REAL VS VC EXPERIMENTAL.	98
FIGURA 56. GRÁFICA DEL ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE	99
FIGURA 57. ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE TEÓRICO VS. REAL.	100
FIGURA 58. ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE REAL VS. EXPERIMENTAL.	100
FIGURA 59. VIGAS CON 30% DE PLÁSTICO.	102
FIGURA 60. FALLA DE CORTE V1 30%.	103
FIGURA 61. FALLA DE CORTE V2 30%.	103
FIGURA 62. VIGAS CON 20% DE PLÁSTICO	104
FIGURA 63. FALLA DE CORTE V1 20%.	104
FIGURA 64. FALLA DE CORTE V1 20%, SECCIÓN TRANSVERSAL	105
FIGURA 65. FALLA DE CORTE V2 20%.	105
FIGURA 66. FALLA DE CORTE V2 20%, SECCIÓN TRANSVERSAL	106
FIGURA 67. VIGAS CON 10% DE PLÁSTICO	106
FIGURA 68. FALLA DE CORTE V1 10%.	107

FIGURA 69. FALLA DE CORTE V2 10%.....	107
FIGURA 70. FALLA DE CORTE V2 10%.....	108
FIGURA 71. FALLA CORTANTE V1 CONTROL.....	108
FIGURA 72. FALLA CORTANTE V2 CONTROL.....	109
FIGURA 73. GRÁFICO COMPARATIVO DE COSTOS	113

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	30
TABLA 2. VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN.....	32
TABLA 3. FORMATO GRANULOMETRÍA (GRAVA).....	40
TABLA 4. FORMATO GRANULOMETRÍA (ARENA).....	41
TABLA 5. RESULTADOS DE LA GRANULOMETRÍA (AGREGADO GRUESO).....	57
TABLA 6. PRUEBAS DE LABORATORIO (AGREGADO GRUESO).....	58
TABLA 7. RESULTADOS DE GRANULOMETRÍA (AGREGADO FINO).....	59
TABLA 8. PRUEBAS DE LABORATORIO (AGREGADO FINO).....	60
TABLA 9. DOSIFICACIÓN F'C 4000.....	64
TABLA 10. PROPORCIONES PARA MEZCLAS.....	67
TABLA 11. REVENIMIENTO.....	68
TABLA 12. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS.....	71
TABLA 13. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS.....	73
TABLA 14. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (10/01/18).....	75
TABLA 15. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (15/03/18).....	79
TABLA 16. RESULTADOS PESO UNITARIO.....	87
TABLA 17. RESULTADOS ENSAYO DE CORTANTE A 28 DÍAS.....	94
TABLA 18. ANÁLISIS DE FISURAS.....	102
TABLA 19. COSTO CONCRETO F'C 4000 PSI, MEZCLA CONTROL.....	111
TABLA 20. COSTO CONCRETO F'C 4000 PSI CON 10% DE PLÁSTICO.....	111
TABLA 21. COSTO CONCRETO F'C 4000 PSI CON 20% DE PLÁSTICO.....	112
TABLA 22. COSTO CONCRETO F'C 4000 PSI CON 30% DE PLÁSTICO.....	112

TABLA 23. ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS, RESISTENCIA 7 DÍAS VS. MEZCLA.....	115
TABLA 24. ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS, RESISTENCIA 14 DÍAS VS. MEZCLA.	116
TABLA 25. ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS, RESISTENCIA 28 DÍAS 1ER ENSAYO VS. MEZCLA.....	116
TABLA 26. ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS, RESISTENCIA 28 DÍAS 2DO ENSAYO VS. MEZCLA.	117
TABLA 27. ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS, FUERZA CORTANTE EXPERIMENTAL VS. MEZCLA.	117
TABLA 28. RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN.....	119

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. RESISTENCIA TEÓRICA A CORTANTE DEL CONCRETO	21
ECUACIÓN 2.PESO DE AGREGADO GRUESO	49
ECUACIÓN 3.PESO DEL CEMENTO.....	49
ECUACIÓN 4.VOLUMEN DE LA GRAVA.....	49
ECUACIÓN 5. ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE.	95
ECUACIÓN 6. ESFUERZO CORTANTE EXPERIMENTAL.....	96

I. INTRODUCCIÓN

En el transcurso de los años la industria de la construcción ha crecido grandemente, lo cual genera un incremento de la necesidad de materiales de construcción que faciliten las técnicas constructivas. Así mismo este incremento en infraestructura trae desarrollo a las ciudades, esto incrementa la población que debe cumplir sus necesidades básicas. En la búsqueda de una mejor calidad de vida se han creado muchos productos que han sido de ayuda, pero generan impactos negativos al medio ambiente.

El plástico es una de las materias con más uso para los humanos en el diario vivir, convirtiéndose en uno de los materiales más comunes para la sociedad trayendo grandes ventajas como ser económicos, versátiles y duraderos. La demanda del plástico ha incrementado de una manera increíble en el siglo XX, trayendo con ellos los problemas de contaminación ambiental. La percepción de los plásticos por parte de la sociedad es de ser un material barato que se puede usar y tirar. Por lo que es muy poco el material que se recicla por lo tanto es de suma importancia y además necesario crear conciencia de este problema.

En búsqueda de suplir la necesidad de infraestructura y así mismo reducir el impacto ambiental que conlleva la industria de la construcción se han buscado alternativas que unan los métodos constructivos y el reciclaje; por lo que actualmente se busca utilizar residuos de plástico en las mezclas para elaborar concreto hidráulico, con el fin de determinar si esta mejora sus propiedades mecánicas.

Se realizó un estudio del comportamiento a cortante y compresión en el concreto hidráulico con desperdicio de plástico mediante ensayos basados en las normas ASTM, con el fin de obtener nuevas tecnologías en la construcción y asimismo darles un uso adicional a los residuos de plástico generados en procesos de reciclaje de éste en la ciudad de San Pedro Sula.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A continuación, se presenta porqué surge la necesidad de realizar esta investigación, se discutirán los antecedentes que dan fundamento al estudio, como ser tesis realizadas y estadísticas mundiales, se definirá el problema que se desea resolver y se detallan las preguntas que se pretenden responder. Se determinarán los objetivos generales y específicos para señalar que es lo que se va a realizar durante el trabajo. Finalmente se indica el para qué, de la investigación a través de la justificación, donde se aclararán los beneficios de este estudio para la sociedad hondureña.

2.1 ANTECEDENTES

El crecimiento poblacional y sus actividades humanas han hecho crecer el consumismo que conlleva aumentar la cantidad de residuos y acumulación de desechos, entre ellos el plástico que en 1860 fue inventado por John Hyatt.

La producción global de plásticos se ha disparado en los últimos 50 años, y en especial en las últimas décadas. Entre 2002-2013 aumentó un 50%: de 204 millones de toneladas en 2002, a 299 millones de toneladas en 2013. Se estima que en 2020 se superarán los 500 millones de toneladas anuales, lo que supondría un 900% más que los niveles de 1980. (Greenpeace, 2016, pág. 4)

“Desde 1950, que es cuando empezó a despuntar el material, se han producido en todo el mundo más de 8.000 millones de toneladas de plástico de todo tipo” (Jiménez, 2017).

Se ha determinado mediante estudios y estadística que de esta cantidad de plástico únicamente el 9% es reciclado, 12% es incinerado y 79% es abandonado en vertederos y depósitos que dañan el medio ambiente. El porcentaje que es incinerado contamina aún más el medio ambiente por la liberación de toxinas que se generan del proceso (Jiménez, 2017). Estos números son alarmantes ya que día tras día se consume más plástico en el mundo y no se crea consciencia del daño que está ocasionando al medio ambiente, menos en países como Honduras donde es muy poca la educación ambiental que se recibe en la formación académica.

Este proyecto se ubica dentro del 9% de plástico que es reciclado, cabe mencionar que este valor es a nivel mundial. Dentro de este 9% se encuentra el reciclaje en Honduras, pero el valor que se aporta a este porcentaje no es información públicamente disponible, obteniéndose dicho valor se

podría determinar el aporte de esta investigación al reciclaje en Honduras. Cabe mencionar que el material utilizado es el desperdicio del proceso de reciclaje, por lo cual sería muy significativo encontrarle un uso dentro del ámbito de la construcción ya que la empresa INVEMA, que donará el material, actualmente lo acumula en sus instalaciones.

Queda claro que en la actualidad los residuos de plástico son un problema a nivel mundial y aquellos materiales que se desechan como basura cuando verdaderamente tienen más usos, de este modo se mitiga el daño que ocasiona al medio ambiente.

Cabe mencionar que las actividades de la construcción son grandes contribuyentes a la degradación del medio ambiente, por lo tanto, debería ser de suma importancia para los ingenieros civiles la implementación de técnicas que ayuden a disminuir el daño ocasionado por la industria de la construcción, una forma de hacerlo es utilizando materiales reciclados en los procesos constructivos y darles el manejo adecuado a los residuos de las construcciones.

“Los edificios consumen entre el 20% y el 50% de los recursos naturales, dependiendo del entorno en donde están situados, siendo la construcción un gran consumidor de recursos naturales” (Ramírez, 2011, pág. 2).

En el ámbito de la construcción se está buscando implementar nuevas técnicas que incorporen el reciclaje en los procesos constructivos, por lo cual se están implementando fibras de distintos materiales sintéticos o naturales para estudiar el comportamiento mecánico del concreto. Con el uso de estas fibras se intenta probar que los materiales reciclados son de gran utilidad en la construcción especialmente cuando estos son añadidos al concreto, para reducir la contaminación ambiental que afecta a la ciudad de San Pedro Sula.

En América Latina ya se están haciendo muchas investigaciones en las cuales se estudia el uso de plástico como material de construcción, algunas tesis que cabe destacar son las siguientes:

“Estudio del uso de polietileno tereftalato (PET) como material de refuerzo de estructuras terreas conformadas por suelo fino” este estudio se realizó en México en febrero de 2014.

El instituto de concreto y cemento realizó una investigación titulada “Comportamiento analítico-experimental a cortante en vigas de concreto fibroreforzado” en la cual se analiza el

comportamiento a cortante en vigas, que fue la inspiración principal para realizar este proyecto de investigación.

En la Universidad Tecnológica Centroamericana de San Pedro Sula se realizó una tesis de investigación utilizando plástico en el concreto. En este proyecto se realizó un estudio de la resistencia a la compresión y flexión, su nombre es "Estudio comparativo de la resistencia a la compresión y flexión de concreto con fibra pet". De este proyecto se tomó en consideración que el plástico utilizado eran hojuelas pet, estas son muy grandes y fue por esta razón que los resultados fueron negativos. Por lo cual para esta investigación se utilizará un material denominado "aserrín" de plástico, que son los residuos que se generan del proceso de tratado del plástico.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Como ya se conocen los antecedentes, es decir los fundamentos que sustentan este proyecto de investigación, en el siguiente segmento se presenta el enunciado y la formulación del problema que se estará tratando de resolver. El problema de investigación es aquello que impulsa el proceso científico y constituye la base de cualquier método de investigación.

2.2.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

A continuación, se brindará el enunciado del problema de esta investigación:

"En la búsqueda de nuevas soluciones y/o tecnologías aplicadas en la construcción se requiere analizar el comportamiento a cortante y compresión que puede tener el concreto hidráulico con residuos de plástico".

2.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Una vez se sabe el enunciado del problema se dará a conocer la formulación de este:

¿Qué efecto produce la adición de residuos de plástico al concreto hidráulico en su resistencia a cortante y compresión?

2.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) ¿Cuál es la variación en la resistencia a la compresión del concreto hidráulico con residuos de plástico?
- 2) ¿Cuál es la resistencia experimental a cortante en vigas de concreto con residuos de plástico?

2.4 OBJETIVOS

Una vez se ha definido el problema y se conocen las preguntas de investigación, se detallan las metas u objetivos que se intentan completar al finalizar la investigación. Estas metas ayudarán a definir las variables de investigación.

2.4.1 OBJETIVO GENERAL

A continuación, se presenta el objetivo general, que, en términos simples, es el propósito del estudio que está relacionado directamente con el título:

Analizar el comportamiento a cortante y compresión en el concreto hidráulico con residuos de plástico mediante la aplicación de las normas ASTM y ACI.

2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Se brindarán los objetivos específicos los cuales están orientados a cumplir con el objetivo general mencionado anteriormente:

- 1) Determinar la resistencia a la compresión a 28 días $f'_c=4000\text{psi}$ del concreto hidráulico con residuos de plástico utilizando cilindros de 6"x12" basándose en la norma ASTM C39.
- 2) Estimar la resistencia a cortante a 28 días del concreto hidráulico $f'_c=4000\text{psi}$ con residuos de plástico.

2.5 JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta el presente proyecto sobre el estudio mecánico del concreto hidráulico con residuos de plástico, debe indicarse que el motivo principal radica en la necesidad que ha evidenciado el incremento de la infraestructura en Honduras, con la idea de buscar nuevos

productos que puedan bajar costos y ayudar al medioambiente, se han realizado estudios en los cuales se implementan distintas fibras naturales como ser fibra de coco y madera para mejorar la resistencia diseñada en un concreto hidráulico. Se ha determinado desarrollar pruebas añadiendo porcentajes de residuos de plástico al concreto hidráulico y analizar su comportamiento a cortante y compresión. A raíz de todo el desperdicio generado por los plásticos y considerando que solo el nueve por ciento de ello se recicla mundialmente se propone usar este producto para poder así encontrar una solución fácil y segura a nuevas implementaciones de fibras al concreto.

La presente investigación se realiza porque se percibió una necesidad real que presenta una posibilidad de ubicar este estudio en empresas para ayudar en proyectos desarrollados en la obtención de mejor calidad de infraestructura y a un precio significativamente menor. Este proyecto contribuye a todas aquellas empresas constructoras para innovar sus procesos constructivos. Con esta investigación se contribuye académicamente a la generación de nuevos conocimientos, modelos y conceptos de aplicación de normas, así como el desarrollo de una investigación sistematizada cuyos resultados pueden llegar a convertirse en antecedente para la intervención a empresas sobre este tipo de áreas de conocimiento. Además de enriquecer los conocimientos e innovar en las tecnologías de construcción, se ayuda al medio ambiente ya que se utiliza un producto que es considerando un desperdicio en las plantas de reciclaje de plásticos en la ciudad.

III. MARCO TEÓRICO

Una vez se conocen los antecedentes, objetivos y las preguntas de investigación que se pretenden responder en el proyecto se procede a definir el marco teórico del mismo. Se menciona la situación actual en la cual se encuentra este tema de investigación a nivel mundial, seguidamente a nivel local en Honduras y por último lo que sucede en San Pedro Sula. Con el propósito de una comprensión adecuada y sustento de la investigación a realizar se presentan las bases teóricas de la misma, donde se dan a conocer las normas y conceptos que se utilizaran a lo largo del proyecto.

3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La industria de la construcción está necesitada del implemento de nuevas técnicas sostenibles para el medio ambiente, a continuación, se presenta un análisis de la situación actual a nivel mundial, también el estado en el cual se encuentra este tema en el país y finalmente los conocimientos que se encuentran a nivel local en San Pedro Sula sobre el implemento de residuos de plástico u otro material reciclado en el concreto.

3.1.1 ANÁLISIS DEL MACRO ENTORNO

El incremento de la población mundial trae consigo la necesidad de nuevas infraestructuras, siendo de suma importancia encontrar nuevas técnicas en el ámbito de la construcción que generen un impacto positivo en el medio ambiente.

La organización de las naciones unidas ONU menciona que "está previsto que la población mundial aumente en más de 1.000 millones de personas en los próximos 15 años, por lo que se alcanzarían los 8.500 millones en 2030, 9.700 millones en 2050 y 11.200 millones en 2100 (Naciones Unidas, s.f.).

El crecimiento poblacional conlleva al consumo de recursos naturales en cuanto a espacio, lo cual afecta la flora y la fauna, también al uso de materiales sintéticos como es el plástico que actualmente contamina el ambiente.

El concreto es el material más utilizado en la industria de la construcción, su fabricación trae consigo impactos negativos al medio ambiente ya que se utilizan materiales que proveen de la

naturaleza como ser la arena y grava. En la actualidad se han buscado maneras de introducir nuevos materiales en el concreto por distintas razones, mejorar sus características mecánicas, reducir su costo, reducir el uso de alguna de sus materias primas y darles un nuevo uso a materiales que no se consideran en la construcción.

Es muy popular el uso de fibras de polietileno y de acero en el concreto, a modo que ya se han normado ciertos tamaños de fibras y se venden. Empresas como Maccaferri, una empresa internacional, vende fibras de acero utilizadas en mezclas de concreto. Estas fibras han mejorado las propiedades del concreto pero la necesidad de buscar nuevos materiales ecológicos o reciclados sigue siendo muy importante, por lo cual a nivel mundial se han realizado distintas investigaciones en las cuales se utilizan materiales como fibras naturales y fibras sintéticas para estudiar el impacto que generan en el concreto y asimismo reducir la contaminación y darles un uso a desechos.

En varios países se han realizado investigaciones en las cuales se busca utilizar el plástico como material de construcción, componente del concreto o material de restitución en suelos, entre otras cosas.

Ciudad de México, México.

Estudio del uso de Polietileno Tereftalato (PET) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga.

Muñoz relata que los "datos más actuales muestran que el volumen estimado de generación nacional de residuos sólidos urbanos creció, entre 1997 y 2008, alrededor de 28%, pasando de 29.3 a 37.6 millones de toneladas" (Muñoz Perez, 2012, pág. 1).

En este trabajo se realizó un estudio del comportamiento mecánico del PET bajo esfuerzo de compresión estática, el comportamiento es evaluado mediante ensayos de laboratorio. Se utilizaron distintos tamaños de envases de PET a modo que, se podía conocer la influencia que ejerce la densidad del material en dicho comportamiento. Muñoz expresa que "la investigación realizada pretende ser una opción viable en el reúso de los envases de PET en la ingeniería civil,

reemplazando las materias primas utilizadas en la construcción por otras más abundantes y que no tienen un destino final adecuado” (Muñoz Perez, 2012, pág. 116).

Las propiedades físicas del PET permiten utilizarlo como alternativa para la solución de diferentes problemas presentes dentro del campo de la Ingeniería Civil. Los resultados obtenidos mostraron que es factible el empleo de envases de PET para el mejoramiento de los suelos como relleno ligero, pero también podrían utilizarse para otras aplicaciones como pueden ser mampostería, rellenos de gaviones, como reemplazo parcial o total de taludes y como material de respaldo en estructuras de retención entre otros. (Muñoz Perez, 2012, pág. 116)

Maracaibo, Venezuela

Estudio experimental de caracterización mecánica del concreto reforzado con fibras de acero y de polipropileno.

En este artículo se presentan los resultados de un estudio experimental de caracterización de concretos reforzados con fibras de acero y polipropileno para ser utilizados en pisos industriales, evaluando parámetros como resistencia a compresión, módulo de elasticidad, tenacidad a compresión, resistencia a flexión, tenacidad a flexión, resistencia residual a flexión y energía de fractura. (Meza de Luna, y otros, 2014, pág. 1)

En la Figura 1 se observan las fibras utilizadas en el proyecto y su respectiva nomenclatura.

Fibra	Marca	Material	Forma	Resistencia a la tensión (MPa)	Longitud (mm)	Sección (mm)	Relación de Fibras aspecto L/D por kg	Módulo de Young (MPa)	Dosificación (kg/m ³)
SFRC1	Dramix®	Acero	Con ganchos	1160	60	Cilíndrica 0.9	66.66 3200	210000	28
SFRC2	Ramgra® con estribos	Acero	Con ganchos	1072	40	Cilíndrica 1	40 2207	210000	28
SFRC3	Ramgra® ondulada	Acero	Dentada	1072	29	Cilíndrica 1	29 2800	210000	28
SFRC4	Fibracero®	Acero	Dentada	1100	25	Cilíndrica 0.5	24.44 1841	210000	27
SFRC5	Tecnor®	Acero	Ondulada	1765	39	Rectangular 2×1	50 27500	210000	6
PFR1	Macmatrix®	Polipropileno	Recta	586	50	Rectangular 1.5×0.5	61.15 44950	4000	3
PFR2	Masterfiber® micro	Polipropileno	Recta	552	19	Cilíndrica 0.01	1900 90e6	3794	0.6
PFR3	Masterfiber® STR	Copolímero	Recta	637	38	Rectangular 2×0.5	33.67 75758	4300	2.7
PFR4	Tufstrandsfeuclic®	Polipropileno	Ondulada	625	50	Cilíndrica 0.66	75.75 61350	9500	3

Figura 1. Características y nomenclatura de las fibras utilizadas

Fuente: (Meza de Luna, y otros, 2014, pág. 108)

Como se puede observar, se utilizaron distintos tamaños de fibras, la sección es variada, algunas son cilíndricas y otras rectangulares.

A continuación, en la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos a compresión y el módulo de elasticidad.

Resultados de resistencia a compresión y módulo de elasticidad

Fibra	f'c (Mpa)			E (MPa)
	3 días	7 días	28 días	28 días
NF	24,33 (3,17)	26,96 (2,44)	30,62 (5,39)	48066 (6,05)
SFRC 1	22,86 (3,52)	27,11 (2,76)	33,09 (4,86)	47579 (5,26)
SFRC 2	24,20 (3,74)	28,30 (1,81)	32,98 (3,62)	45493 (1,13)
SFRC 3	20,83 (8,25)	24,18 (9,19)	27,36 (6,41)	48867 (4,12)
SFRC 4	22,89 (3,65)	27,42 (0,85)	32,44 (1,59)	46463 (4,12)
SFRC 5	2,68 (3,23)	24,53 (7,90)	30,48 (8,28)	49194 (3,91)
PFRC 1	20,38 (4,87)	26,94 (5,70)	30,50 (4,16)	48658 (5,43)
PFRC 2	23,42 (7,06)	27,37 (5,90)	31,72 (3,76)	47124 (2,91)
PFRC 3	23,21 (4,18)	28,97 (3,01)	32,64 (3,44)	46824 (2,70)
PFRC 4	22,62 (3,32)	26,01 (3,71)	31,35 (4,86)	48308 (4,28)

Figura 2. Resultados de resistencia a compresión y módulo de elasticidad.

Fuente: (Meza de Luna, y otros, 2014, pág. 109)

De los resultados de caracterización a compresión se encontró que la adición de fibras no implica un incremento significativo de resistencia mecánica y de rigidez (módulo de elasticidad) entre un concreto con y sin fibras, El autor informa que “los concretos reforzados con fibras de acero con ganchos en sus extremos mostraron el mejor comportamiento pre-fisura y postfisura” (Meza de Luna, y otros, 2014, pág. 9).

Los resultados obtenidos con las fibras de polipropileno según Meza de Luna (2014) “tienen un comportamiento similar en el régimen pre-fisura, pero en el régimen post-fisura el mejor desempeño lo obtuvo el concreto reforzado con la fibra ondulada en comparación con el reforzado con la fibra recta” (pág. 9).

Este tipo de pruebas con fibras de plástico en el concreto tiene el fin de optimizar el mismo para que sea usado en distintas construcciones y al mismo tiempo reducir los desechos plásticos que produce la población. Estas investigaciones se realizan para observar cómo se comporta el concreto al mezclarle fibras de plástico y si en caso de ser resultados favorables sería lo mejor idea para reducir el exceso de plástico ya existente mundialmente, equilibrando el ecosistema, mermando este tipo de contaminante que el hombre ha creado para retribuir sus necesidades.

Ciudad de México, México.

Efecto de la adición de fibras sintéticas sobre las propiedades plásticas y mecánicas del concreto.

Dávila Mercado (2010) expresa que la investigación "comprende la fabricación de mezclas de concreto con dos tamaños de agregado grueso, 3/4" y 3/8". En cada caso se fabricaron cuatro mezclas incorporando 0, 1, 3 y 5 kg/m³ de una fibra sintética de tipo monofilamento no fibrilada" (pág. 1).

Se determinaron las propiedades en estado plástico de revenimiento, peso unitario, contracción plástica y contenido de aire, así como las propiedades mecánicas de resistencia a compresión, a tensión, a flexión, al impacto, el módulo elástico, la contracción por secado y la tenacidad. (Dávila Mercado, 2010, pág. 70)

A continuación, los resultados de los ensayos de las propiedades del concreto en estado fresco para las mezclas con grava 3/4".

MEZCLA	REVENIMIENTO, CM	PESO UNITARIO, KG/M ³	% DE AIRE
M1 (0 kg/m ³ de fibra)	12.0	2281	2.0
M2 (1 kg/m ³ de fibra)	9.9	2271	2.4
M3 (3 kg/m ³ de fibra)	8.7	2280	2.2
M4 (5 kg/m ³ de fibra)	9.8	2266	2.2

Figura 3. Ensayos de mezclas con grava de 3/4" y arena sin lavar

Fuente: (Dávila Mercado, 2010, pág. 52)

Para el caso de las primeras mezclas de concreto fabricadas con agregado de 3/4", de la M1 a la M4, el revenimiento muestra una ligera disminución conforme se incrementa la cantidad de fibra en la mezcla, como se observa en la Figura 3. A continuación, los resultados de los ensayos de las propiedades del concreto en estado fresco para las mezclas con grava 3/8".

MEZCLA	REVENIMIENTO, CM	PESO UNITARIO, KG/M ³	% DE AIRE
M5 (0 kg/m ³ de fibra)	10	2238	3.4
M6 (1 kg/m ³ de fibra)	10.7	2249	2.8
M7 (3 kg/m ³ de fibra)	9.2	2257	2.5
M8 (5 kg/m ³ de fibra)	7.1	2234	2.8

Figura 4. Ensayos de mezclas con grava de 3/8" y la arena lavada

Fuente: (Dávila Mercado, 2010, pág. 53)

Para el caso de las últimas mezclas de concreto fabricadas con agregado de 3/8", de la M5 a la M8, se puede observar que se presenta una disminución en el revenimiento, debido a la incorporación de las fibras, como se observa en la Figura 4.

En la Figura 5 se presentan los resultados del ensayo de compresión a 7 y 28 días para las mezclas con grava 3/4" y arena sin lavar.

ID	RESISTENCIA A COMPRESIÓN kg/cm ²		F _{C7 DÍAS} /F _{C28DÍAS}
	7 días	28 días	
M1 (0 kg/m ³ de fibra)	238	366	0.65
M2 (1 kg/m ³ de fibra)	241	346	0.70
M3 (3 kg/m ³ de fibra)	230	334	0.69
M4 (5 kg/m ³ de fibra)	252	365	0.69

Figura 5. Resistencia a compresión

Fuente: (Dávila Mercado, 2010, pág. 57)

En la Figura 6 se presentan los resultados del ensayo de compresión a 7 y 28 días para las mezclas con grava 3/8" y arena lavada.

ID	RESISTENCIA A COMPRESIÓN kg/cm ²		F _{C7 DÍAS} /F _{C28DÍAS}
	7 días	28 días	
M5 (0 kg/m ³ de fibra)	251	350	0.72
M6 (1 kg/m ³ de fibra)	264	352	0.75
M7 (3 kg/m ³ de fibra)	243	336	0.72
M8 (5 kg/m ³ de fibra)	245	334	0.73

Figura 6. Resistencia a compresión

Fuente: (Dávila Mercado, 2010, pág. 57)

El revenimiento disminuye al incorporar la fibra, la contracción plástica presenta un cambio conforme se aumenta el contenido de fibra, la resistencia a compresión de los concretos con fibra es menor, la incorporación de la fibra no se ve muy reflejada en la resistencia a flexión a 28 días, la tenacidad aumenta y además a mayor contenido de fibras, mayor es la resistencia al impacto de los elementos.

Los resultados obtenidos en la presente investigación se asemejan a los obtenidos en la tesis "Efecto de la adición de fibras sintéticas sobre las propiedades plásticas y mecánicas del concreto",

ya que se observó una disminución en el revenimiento de las mezclas con plástico y además se detectó un decremento en la resistencia a la compresión al aumentar el porcentaje de plásticos en la primera fase, al realizar los cilindros nuevamente se observó un cumplimiento en la resistencia de diseño pero también se presentaba un decremento en la resistencia con respecto a la mezcla control.

Acapulco, México

Capacidad a cortante por tensión diagonal en vigas de concreto fibroreforzado.

En esta investigación se realizó el estudio del comportamiento a cortante debido a tensión diagonal en 32 vigas de concreto con refuerzo longitudinal y fibras de acero. Se investigó el efecto de la resistencia a la compresión del concreto y la variación en la fracción del volumen de las fibras (0, 0.5, 1, 1.5%). Se ensayaron las vigas bajo cargas estáticas produciendo altos valores de fuerzas de cortante las cuales generaron los esfuerzos de tensión diagonal. (Izaguirre González, Juárez Alvarado, Valdez Tamez, & Durán Herrera, 2004, pág. 1)

Las vigas fueron reforzadas a cortante mediante estribos, solo la mitad de las vigas tenían estribos para ver el efecto de la presencia de las fibras en los esfuerzos actuantes en los propios estribos. El autor anuncia que "los resultados indican que, al aumentar el volumen de fibra, la resistencia a cortante y la ductilidad en las vigas fibroreforzadas con estribos se incrementan" (Izaguirre González, Juárez Alvarado, Valdez Tamez, & Durán Herrera, 2004, pág. 1).

En esta investigación se realizaron vigas sin estribos y se determinó que "la fuerza cortante en las vigas fibroreforzadas sin estribos es considerablemente mayor que la fuerza teórica estimada por el código del ACI, sin embargo, la ductilidad se reduce de manera importante" (Izaguirre González, Juárez Alvarado, Valdez Tamez, & Durán Herrera, 2004, pág. 1).

En la presente investigación concluye que, "Las fibras de acero como refuerzo adicional al longitudinal y transversal permiten incrementar sustancialmente la resistencia a cortante por tensión diagonal y la ductilidad en las vigas de concreto fibroreforzadas, en comparación con las vigas de concreto reforzado sin fibras" (Izaguirre González, Juárez Alvarado, Valdez Tamez, & Durán Herrera, 2004, pág. 11).

Se determinó que la presencia de fibras en el concreto provee una mayor capacidad para resistir fuerzas cortantes, su influencia es limitada en lo referente a la ductilidad. El acero transversal es de mayor importancia en la capacidad de resistir mayores deformaciones.

3.1.2 ANÁLISIS DEL MICRO ENTORNO

En Honduras el reciclaje está empezando a desarrollarse, ya se cuenta con empresas grandes como ser INVEMA, en esta empresa se compra cualquier tipo de material reciclable, se le realizan sus respectivos tratamientos y luego este material se exporta a otros países. Además de ser un impacto positivo para el medio ambiente, también es una fuente de empleo para muchas personas que recolectan los materiales.

Existen organizaciones internacionales que colaboran en el país, una organización canadiense, con la ayuda de voluntarios, crearon la organización "Garifonda" la cual es una organización sin fines de lucro que ayuda a crear casa con botellas de plástico.

Estas organizaciones están conformadas por voluntarios extranjeros, estudiantes y algunos profesionales universitarios que desean donar su trabajo para ayudar a personas de escasos recursos enseñando nuevas formas de reciclaje, ya sea de plástico u otros materiales desechables inorgánicos que son perjudiciales para el medio ambiente.

Su objetivo es ayudar familias que viven en condiciones precarias; utilizando residuos plásticos de botellas y otros materiales como ser bambú, barro y caña, construyen casas ecológicas para brindar un hogar a las familias, educándolos como preservar el medio ambiente aprovechando los materiales plásticos; sus oficinas están ubicadas actualmente en Tela, Atlántida. (Garifonda Honduras , 2017).

Las imágenes muestran voluntarios realizando las casas con botellas de plástico.



Figura 7. Proceso de construcción de casas.

Fuente: (Garifonda Honduras , 2017)

En el diario de Roatán se hace énfasis en una idea innovadora que ayudará a la reducción de desechos plástico desarrollando proyectos municipales en Útila, que siendo una pequeña isla turística ha implementado pavimentos en las calles con los desperdicios plásticos. Para obtener la materia prima se trituran las botellas plásticas para mezclarlas al concreto. Cabe mencionar que el plástico utilizado en estas calles es el mismo plástico que se utilizara en el proyecto de investigación. (Diario Roatan, 2017)

3.1.3 ANÁLISIS INTERNO

“En los últimos años la empresa plásticos Vanguardia ha reciclado un promedio de 74 millones de libras plásticos proveniente de la zona norte del país en especial la ciudad de San Pedro Sula” (Diario La Prensa, 2015)

El ingeniero alemán Andreas Froese usa los envases plásticos de refrescos para construir viviendas, también ha creado estanques de crianza de peces, los cuales están ubicados en la plaza bioclimática Techos Verdes en la colonia El Barrial en San Pedro Sula.



Figura 8. Andrea Froese

Fuente: (Diario La Prensa, 2015)

“Gracias a esta alternativa ha motivado a muchas personas de la zona a que se ganen la vida como constructores”, según Froese (Diario La Prensa, 2015). Las obras realizadas con botellas rellenas tienen una larga vida útil y mayor resistencia que un bloque de concreto convencional; para la construcción de una casa ecológica se necesitan aproximadamente ocho mil botellas que van a variar según el tamaño de la edificación.

Froese fundó la empresa llamada Eco-Tec con el fin de solucionar el problema de contaminación de la ciudad de San Pedro Sula. La empresa cuenta con capacitaciones para rehabilitar reclusos y brindan un servicio a la sociedad, abriendo campo a nuevas ideas en la construcción realizando obras de bajo costo con productos accesibles.

La idea de Andrea Froese de reciclar más de 300,000 botellas de plástico en aproximadamente 50 proyectos ha sido un éxito, sus proyectos han sido vistos a nivel mundial y ha contribuido en beneficio de la ciudad de San Pedro Sula

3.2 TEORÍAS DE SUSTENTO

NORMA ASTM C 31 PRÁCTICA NORMALIZADA PARA PREPARACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE ENSAYO DE CONCRETO EN LA OBRA

Esta práctica provee requisitos normalizados para preparar, curar, proteger, y transportar especímenes de ensayo de concreto bajo condiciones de obra. También esta práctica trata sobre procedimientos para preparar y curar especímenes cilíndricos y de viga de muestras representativas de concreto fresco para un proyecto de construcción.

El concreto utilizado para realizar especímenes moldeados debe ser muestreado después de que hayan sido hechos todos los ajustes in situ de la dosificación de la mezcla, incluyendo la incorporación de agua de mezclado y aditivos. Esta práctica no es satisfactoria para preparar especímenes a partir de concreto que no tenga un asentamiento mensurable o que requiera otros tamaños o formas de especímenes.

Si los especímenes están preparados y curados en la forma normalizada, como se estipula aquí, los datos de ensayo de resistencia resultantes cuando se ensayan los especímenes son aptos para ser utilizados con los siguientes propósitos: Ensayos de aceptación para una resistencia especificada, Control de idoneidad de dosificación de mezcla para resistencia y Control de calidad.

Si los especímenes están preparados y curados en obra, como aquí se estipula, los datos de ensayo de resistencia resultantes cuando se ensayan los especímenes son aptos para ser utilizados con los siguientes propósitos: Determinación de si una estructura es apta para ser puesta en servicio, Comparación con los resultados de ensayos de especímenes normalizados curados o con los resultados de ensayos de varios métodos de ensayo in situ, Idoneidad del curado y protección del concreto en la estructura o Requisitos de tiempo de remoción de encofrado o apuntalamiento.

NORMA ASTM C 39 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGO CILÍNDRICOS.

La presente norma tiene como objetivo determinar la resistencia a compresión de testigos cilíndricos de concreto, para concretos con pesos unitarios superiores a 800 kg/m³.

Se presenta el procedimiento a seguir para realizar el ensayo, el cual consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros en un tiempo determinado con el fin de hacer fallar el cilindro. El resultado obtenido es la resistencia a la compresión del testigo cilíndrico.

El valor de la resistencia a la compresión sirve como control de calidad de la mezcla de concreto, su proceso y colocación, también para verificar el cumplimiento de especificaciones y para evaluar la efectividad de la mezcla con aditivos y sus usos similares.

Para conocer dicho valor es necesario contar con la máquina de ensayo, que tenga la suficiente capacidad de carga y reúna con las condiciones de velocidad descritas. Además de estar debidamente calibrada de acuerdo con la norma que corresponde.

NORMA ASTM C 128 MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD, LA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y LA ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS.

Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado fino, la gravedad específica, y la absorción de agregados finos. Dependiendo del procedimiento seguido, la densidad se expresa como condición de secado OD en horno, condición de saturado superficialmente seco SSD, o como densidad aparente. De la misma manera, la gravedad específica, una calidad adimensional, se expresa como OD, SSD o como gravedad específica aparente. La densidad OD y la densidad relativa OD se determinan después de secar el agregado. La densidad SSD, la densidad relativa SSD y la absorción se determinan después de remojar el agregado en agua durante un período previamente establecido. El presente método de ensayo se utiliza para determinar la densidad o la porción esencialmente sólida de un gran número de partículas de agregado y da un valor promedio que representa la muestra. La intención de este método de ensayo no es la de usarse con agregados de peso ligero.

NORMA ASTM C 136 MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS.

El presente método de prueba cubre la determinación de la distribución del tamaño de partículas de agregados finos y gruesos mediante cribado.

Algunas especificaciones para los agregados que hacen referencia a este método contienen requerimientos de clasificación que incluyen tanto fracciones de agregados gruesos como de agregados finos. Se incluyen las instrucciones para la determinación granulométrica de dichos agregados.

El procedimiento sugerido para realizar dicho ensayo es tomar una muestra del agregado mediante el cuarteo manual o mecánico, se presentan también los valores mínimos de muestras para los diferentes agregados finos y gruesos para así tomar una muestra representativa al analizar. Posteriormente a la toma de muestras se prepara está secándolas a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta obtener un peso constante.

Después de realizado el tamizado de forma mecánica o manual se procede a determinar los pesos retenidos en cada tamiz con una balanza. Los datos obtenidos de este ensayo son la curva granulométrica del agregado de estudio y los valores como tamaño máximo de árido y módulo de finura.

Dentro del equipo a utilizar se encuentran el juego de tamices normados que varían dependiendo el tipo de material y el agitador mecánico para realizar el proceso del tamizado.

NORMA ASTM C 172 PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECIENTE MEZCLADO.

Esta práctica trata sobre los procedimientos de obtención de muestras representativas de concreto fresco entregado en el lugar del proyecto sobre las cuales se van a realizar ensayos para determinar el cumplimiento con los requisitos de calidad de las especificaciones, bajo las cuales el concreto es suministrado. La práctica incluye muestreo de mezcladoras estacionarias, de pavimentación y camiones mezcladores, y de equipo agitador o no agitador utilizado para transportar concreto mezclado en planta.

Esta práctica trata además sobre los procedimientos a ser utilizados para preparar una muestra de concreto para ensayos posteriores si se desea o se necesita remover el agregado mayor que un tamaño designado. Esta remoción de partículas más grandes de agregado es preferible que se realice por tamizado por vía húmeda del concreto fresco.

NORMA ASTM C 192 PRÁCTICA NORMALIZADA PARA PREPARACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO PARA ENSAYO EN LABORATORIO.

Esta práctica provee los requisitos normalizados para la preparación de los materiales, la mezcla del concreto, y la preparación y curado de especímenes de concreto para ensayo bajo condiciones de laboratorio.

Si la preparación del espécimen es controlada como se estipula aquí, los especímenes pueden ser usados para desarrollar información con los siguientes objetivos: Dosificación de mezclas para concreto de proyecto, Evaluación de diferentes mezclas y materiales, Correlación con ensayos no destructivos y Provisión de especímenes para propósitos de investigación.

Los resultados de ensayo de concreto de especímenes de concreto hechos y curados usando esta práctica son ampliamente usados. Ellos pueden ser la base para ensayos de aceptación de concreto de proyecto, evaluaciones de investigación, y otros estudios. Es necesario que el manipuleo de los materiales, mezclado del concreto, moldeado de los especímenes de ensayo, y curado de los especímenes de ensayo sean realizados en forma cuidadosa y con los conocimientos necesarios. Muchos laboratorios que realizan este importante trabajo son inspeccionados o acreditados en forma independiente.

3.3 MARCO CONCEPTUAL

Para tener una idea clara de los términos utilizados sus significados, a continuación, se presentan algunos términos que se utilizarán a lo largo de la investigación.

1. Concreto hidráulico

Es un material semejante a la piedra que se obtiene mediante una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena y grava u otros agregados, y agua; esta mezcla se endurece en formaletas con la forma y dimensiones adecuadas. El cuerpo del material consiste en agregado fino y grueso. (Nilson, 1999, pág. 1)

2. $f'c$

Es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar estructuras, es esta la que se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión. La resistencia se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de libra por pulgada cuadrada o en mega pascales y nos sirven para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras para programar las operaciones de construcción. (National Ready Mixed Concrete Association, pág. 1)

3. V_u

Es la fuerza perpendicular al eje de la pieza que se transmite a través de la sección. Vale en una sección determinada a la suma de las fuerzas perpendiculares al eje de la pieza que actúan a la izquierda de esta. A los efectos del diseño se debe vincular el valor de esta sollicitación con la cantidad y calidad del material, que adecuadamente, sea necesaria para que, conformando la pieza, esta resista en adecuadas condiciones de seguridad. (Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, 2012, pág. 3)

En la presente investigación se realizará una comparación del valor teórico y el real de la resistencia a cortante suministrada por el concreto (V_c). Se utilizará la ecuación 1 obtenida del código ACI 11.3.1 para calcular el valor teórico de V_c .

$$V_c = 2\sqrt{f'c}bw d$$

Ecuación 1. Resistencia teórica a cortante del concreto

Fuente: (Nilson, 1999, pág. 121)

Donde $f'c$ es la resistencia a la compresión a los 28 días, bw es la base del elemento y d es el peralte efectivo del elemento, en este caso se tomará la altura total del elemento.

4. Dosificación

“La dosificación implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el hormigón, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas, o bien, para obtener un acabado o pegado correctos. Generalmente expresado en gramos por metro (g/m)” (Wikipedia, 2009)

5. Agregado

“Conjunto de materiales de composición mineral, naturales o artificiales, generalmente inertes, usados en la construcción de obras civiles” (Gutiérrez de López, 2003, pág. 9).

6. Agregado fino.

“Material pasante de la malla No. 4 y retenido en la malla No. 200, con tamaños ente 4.76mm y 0.074mm” (Gutiérrez de López, 2003, pág. 9).

7. Agregado grueso.

“Material retenido en el tamiz No. 4, con un tamaño entre 7.6cm y 4.76mm” (Gutiérrez de López, 2003, pág. 9).

8. Polietileno tereftalato (PET).

“El PET es un poliéster aromático. Su denominación técnica es polietileno tereftalato o poli tereftalato de etileno y forma parte del grupo de los termoplásticos, razón por la cual es posible reciclarlo” (Tecnología de los Plásticos, 2011).

9. Polipropileno

“Es un termoplástico que es obtenido por la polimerización del propileno, subproducto gaseoso de la refinación del petróleo. Todo esto desarrollado en presencia de un catalizador, bajo un cuidadoso control de temperatura y presión” (Petroquim, s.f.).

10. Granulometría.

Se refiere al tamaño de las partículas y al porcentaje o distribución de estas en una masa de agregados. Se determina mediante el análisis granulométrico que consiste en hacer pasar una determinada cantidad del agregado a través de una serie de tamices standard dispuestos de mayor a menor. (Gutiérrez de López, 2003, pág. 18)

11. Peso específico

“Se define como el peso de esa sustancia por unidad de volumen, esto es el resultado de dividir un peso conocido entre un volumen conocido” (Aplicaciones Técnicas Procesos Productivos, 2008, pág. 1).

12. Tamaño máximo nominal.

“Se define como la abertura del tamiz inmediatamente superior, aquel porcentaje retenido acumulado es del 15% o más. Indica el tamaño promedio de partículas más grandes que hay dentro de una masa de agregado” (Gutiérrez de López, 2003, pág. 19).

13. Módulo de finura.

Es un valor que permite estimar el grosor o finura de un material; se define como la centésima parte del número obtenido al sumar los porcentajes retenidos acumulados en los siguientes tamices empleados al efectuar un análisis granulométrico: No. 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8", 3/4", 1 1/2" y los tamices siguientes cuya relación de abertura sea 1 a 2. (Gutiérrez de López, 2003, pág. 19)

14. Gravedad Específica.

Se define como la relación de peso a volumen de una masa determinada. Pero como las partículas del agregado están compuestas de minerales y espacios o poros que pueden estar vacíos, parcialmente saturados o llenos de agua según la permeabilidad interna, es necesarios hacer diferenciación entre los distintos tipos de gravedad. (Gutiérrez de López, 2003, pág. 20)

15. Densidad

“Se define como la masa de esa sustancia por unidad de volumen, esto es el resultado de dividir la masa conocida entre un volumen conocido” (Aplicaciones Técnicas Procesos Productivos, 2008, pág. 1)

16. Concreto reforzado con fibras

Es un concreto elaborado principalmente de cemento, agregados y reforzamiento con fibras discretas, cuyo papel de éstas en una forma discreta, discontinua y aleatoriamente distribuidas es el de crear un puente a través de las grietas que desarrolla el concreto cuando es cargado o cuando es sometido a cambios ambientales extremos; el concreto reforzado con fibras esta hoy en día firmemente establecido como un material de construcción, y uno de sus grandes beneficios es alcanzar una utilidad a largo plazo de la estructura, entendiéndose la utilidad como la disponibilidad de la estructura específica para mantener su resistencia e integridad, y proveer su función diseñada sobre la vida útil proyectada. (González Salcedo, 2013, pág. 1)

3.4. MARCO LEGAL

3.4.1 LEY GENERAL DEL AMBIENTE

TITULO I

PRINCIPIOS Y OBJETIVOS

CAPITULO I

PRINCIPIOS GENERALES

Artículo 1. La protección, conservación, restauración y manejo sostenible del ambiente y de los recursos naturales son de utilidad pública y de interés social.

El Gobierno Central y las municipalidades propiciarán la utilización racional y el manejo sostenible de esos recursos, a fin de permitir su preservación y aprovechamiento económico.

El interés público y el bien común constituyen los fundamentos de toda acción en defensa del ambiente; por tanto, es deber del Estado a través de sus instancias técnico-administrativas y judiciales, cumplir y hacer cumplir las normas jurídicas relativas al ambiente.

Artículo 2. A los efectos de esta ley, se entiende por ambiente el conjunto formado por los recursos naturales, culturales y el espacio rural y urbano, que puede verse alterado por agentes físicos, químicos o biológicos, o por otros factores debido a causas naturales o actividades humanas, todos ellos susceptibles de afectar, directa o indirectamente, las condiciones de vida del hombre y el desarrollo de la sociedad.

Artículo 3. Los recursos naturales no renovables deben aprovecharse de modo que se prevenga su agotamiento y la generación de efectos ambientales negativos en el entorno.

Los recursos naturales renovables deben ser aprovechados de acuerdo con sus funciones ecológicas, económicas y sociales en forma sostenible.

Artículo 4. Es de interés público, el ordenamiento integral del territorio nacional considerando los aspectos ambientales y los factores económicos, demográficos y sociales.

Los proyectos públicos y privados que incidan en el ambiente se diseñarán y ejecutarán teniendo en cuenta la interrelación de todos los recursos naturales y la interdependencia del hombre con su entorno.

Artículo 5. Los proyectos, instalaciones industriales o cualquier otra actividad pública o privada, susceptible de contaminar o degradar el ambiente, los recursos naturales o el patrimonio histórico cultural de la nación, serán precedidos obligatoriamente de una evaluación de impacto ambiental (EIA), que permita prevenir los posibles efectos negativos.

En tal virtud, las medidas de protección del ambiente o de los recursos naturales que resulten de dichas evaluaciones serán de obligatorio cumplimiento para todas las partes, en la fase de ejecución y durante la vida útil de las obras o instalaciones. A tal efecto la Secretaría de Estado en el Despacho del Ambiente creará el sistema nacional de evaluación del impacto ambiental.

En el caso de instalaciones u obras existentes, se estará a lo dispuesto en el Capítulo sobre Disposiciones Finales.

Artículo 6. Las disposiciones de la presente Ley de las leyes sectoriales referente a la protección de la salud humana y a la protección, conservación, restauración y manejo de los recursos naturales y del ambiente, serán de obligatoria aplicación en las evaluaciones (EIA), a que se refiere el Artículo anterior.

Artículo 7. El Estado adoptará cuantas medidas sean necesarias para prevenir o corregir la contaminación del ambiente. A estos efectos se entiende por contaminación toda alteración o modificación del ambiente que pueda perjudicar la salud humana, atentar contra los recursos naturales y afectar los recursos en general de la nación.

La descarga y emisión de contaminantes se ajustarán obligatoriamente a las regulaciones técnicas que al efecto se emitan, así como a las disposiciones de carácter internacional, establecidas en convenios o acuerdos bilaterales o multilaterales suscritos por Honduras.

Artículo 8. Se prohíbe la introducción al país, de desechos tóxicos radioactivos, basuras domiciliarias, cienos o lodos cloacales y otros considerados perjudiciales o contaminantes.

El territorio y las aguas nacionales no podrán utilizarse como depósito de tales materiales.

Artículo 9. Son objetivos específicos de la presente Ley:

CAPITULO II

OBJETIVOS

- a) Propiciar un marco adecuado que permita orientar las actividades agropecuarias, forestales e industriales hacia formas de explotación compatibles con la conservación y uso racional y sostenible de los recursos naturales y la protección del ambiente en general;
- b) Establecer los mecanismos necesarios para el mantenimiento del equilibrio ecológico, permitiendo la conservación de los recursos, la preservación de la diversidad genética y el aprovechamiento racional de las especies y los recursos naturales renovables y no renovables;
- c) Establecer los principios que orienten las actividades de la Administración Pública en materia ambiental, incluyendo los mecanismos de coordinación para una eficiente gestión;
- d) Implantar la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), para la ejecución de proyectos públicos o privados potencialmente contaminantes o degradantes;
- e) Promover la participación de los ciudadanos en las actividades relacionadas con la protección, conservación, restauración y manejo adecuado del ambiente y de los recursos naturales;
- f) Fomentar la educación e investigación ambiental para formar una conciencia ecológica en la población;
- g) Elevar la calidad de vida de los pobladores, propiciando el mejoramiento del entorno en los asentamientos humanos; y,
- h) Los demás compatibles con los objetivos anteriores.

3.4.2 LEY Y REGLAMENTO DE MUNICIPALIDADES

DECRETO NÚMERO 134-90 EL CONGRESO NACIONAL.

CONSIDERANDO: Que la Ley de Municipalidades y del Régimen Político, del 1 de abril de 1927 y sus reformas, han quedado superadas en el tiempo y no guardan relación con la Constitución de la República.

CONSIDERANDO: Que la nominada Constitución, por voluntad soberana del pueblo hondureño, decretó que las Corporaciones serán independientes de los poderes del Estado, lo que configura un régimen especial y autónomo.

CONSIDERANDO: Que la autonomía municipal sólo puede concretarse por medio del ejercicio democrático, la dotación de recursos, un territorio delimitado y una población homogénea, sobre los cuales ejerza autoridad la Corporación Municipal sin más limitaciones que las impuestas por las leyes.

CONSIDERANDO: Que se hace imprescindible emitir una Ley que organice al municipio hondureño, de forma práctica, elemental y democrática, procurando elevar el nivel de vida de sus habitantes y equilibrando el desarrollo económico y social interno, estableciendo las bases que afiancen un estado de derecho soberano, republicano, democrático e independiente, cuyos habitantes gocen de justicia, libertad, cultura y bienestar.

POR TANTO,

DECRETA:

LA SIGUIENTE

LEY DE MUNICIPALIDADES

ARTÍCULO 13.- (Según Reforma por Decreto 48-91) Las municipalidades tienen las atribuciones siguientes:

1. Elaboración y ejecución de planes de desarrollo del municipio;

2. Control y regulación del desarrollo urbano, uso y administración de las tierras municipales, Ensanchamiento del perímetro de las ciudades y el mejoramiento de las poblaciones de conformidad con lo prescrito en la Ley;
3. Ornato, aseo e higiene municipal;
4. Construcción de redes de distribución de agua potable, alcantarillado para aguas negras y alcantarillado pluvial, así como su mantenimiento y administración;
5. Construcción y mantenimiento de vías públicas por sí o en colaboración con otras entidades;
6. Protección de la ecología, del medio ambiente y promoción de la reforestación;
7. Mantenimiento, limpieza y control sobre las vías públicas urbanas, aceras, parques y playas que incluyen su ordenamiento, ocupación, señalamiento vial urbano, terminales de transporte urbano e interurbano. El acceso a estos lugares es libre, quedando, en consecuencia, prohibido cualquier cobro, excepto cuando se trate de recuperación de la inversión mediante el sistema de contribución por mejoras legalmente establecido;
8. Fomento y regulación de la actividad comercial, industrial, de servicios y otros.

IV. METODOLOGÍA

Una vez conocido el planteamiento del problema y marco teórico se procede al capítulo cuatro, Metodología, se consideró utilizar el método cuantitativo. Según Sampieri en su texto Metodología de la investigación, "El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio" (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 4) por lo cual es el más adecuado para la investigación realizada. Se ha determinado que es el método más adecuado ya que presenta facilidades en el proceso de recolección de datos.

A continuación, se definen las variables de la investigación y los métodos y técnicas a utilizar para el análisis de los resultados próximos.

4.1 OPERACIONALIZACIÓN

"El primer requisito es la manipulación intencional de una o más variables independientes" (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 122).

Las variables de investigación, independientemente del tipo de experimento, son factores que se pueden manipular, estos pueden variar y se pueden medir. Se puede considerar que cada factor que pueda cambiar de una u otra manera constituye una variable de investigación. La mayoría de los experimentos o investigaciones miden valores cuantitativos, datos numéricos, como es el caso de la presente investigación.

Las variables de investigación se categorizan en dos: las variables independientes y las variables dependientes.

"La variable independiente es la que se considera como supuesta causa en una relación entre variables, es la condición antecedente, y al efecto provocado por dicha causa se le denomina variable dependiente (consecuente)" (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 122).

Con el fin de determinar las variables de investigación, a continuación, en la Tabla 1 se presenta un resumen del capítulo II, se puede observar de manera más clara el problema a resolver, objetivo general, las preguntas de investigación y los respectivos objetivos específicos.

Tabla 1. Operacionalización de las variables

“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A CORTANTE Y COMPRESION EN EL CONCRETO HIDRAULICO CON RESIDUOS DE PLASTICO”					
Título					
Problema	Objetivo General	Preguntas de Investigación	Objetivos Específicos	Variable Independiente	Variable Dependiente
¿Qué efecto produce la adición de residuos de plástico al concreto hidráulico en su resistencia a cortante y compresión?	Analizar el comportamiento a cortante y compresión en el concreto hidráulico con residuos de plástico mediante la aplicación de las normas ASTM y ACI.	1) ¿A cuánto asciende la resistencia a la compresión del concreto hidráulico con residuos de plástico?	1) Determinar la resistencia a la compresión a 28 días f'_c del concreto hidráulico con residuos de plástico utilizando cilindros de 6"x12" basándose en la norma ASTM C39.	Diseño de mezcla	Resistencia a la compresión f'_c y resistencia a cortante V_u .
		2) ¿Cuál es la resistencia experimental a cortante en vigas de concreto con residuos de plástico?	2) Estimar la resistencia a cortante a 28 días del concreto hidráulico con residuos de plástico.	Cantidad de residuos de plástico	

Fuente: Propia

Como se puede observar, se han determinado dos variables independientes, la cantidad de residuos de plástico a utilizar y el diseño de la mezcla.

4.1.1 DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN

Para determinar la variable dependiente, se deben conocer las dimensiones que serán utilizadas para medir las variables independientes a modo que se obtenga los resultados finales, los cuales están relacionados con la variable dependiente.

A continuación, en la Figura 9 se muestran las dimensiones con las cuales serán medidas las variables de investigación en el experimento.

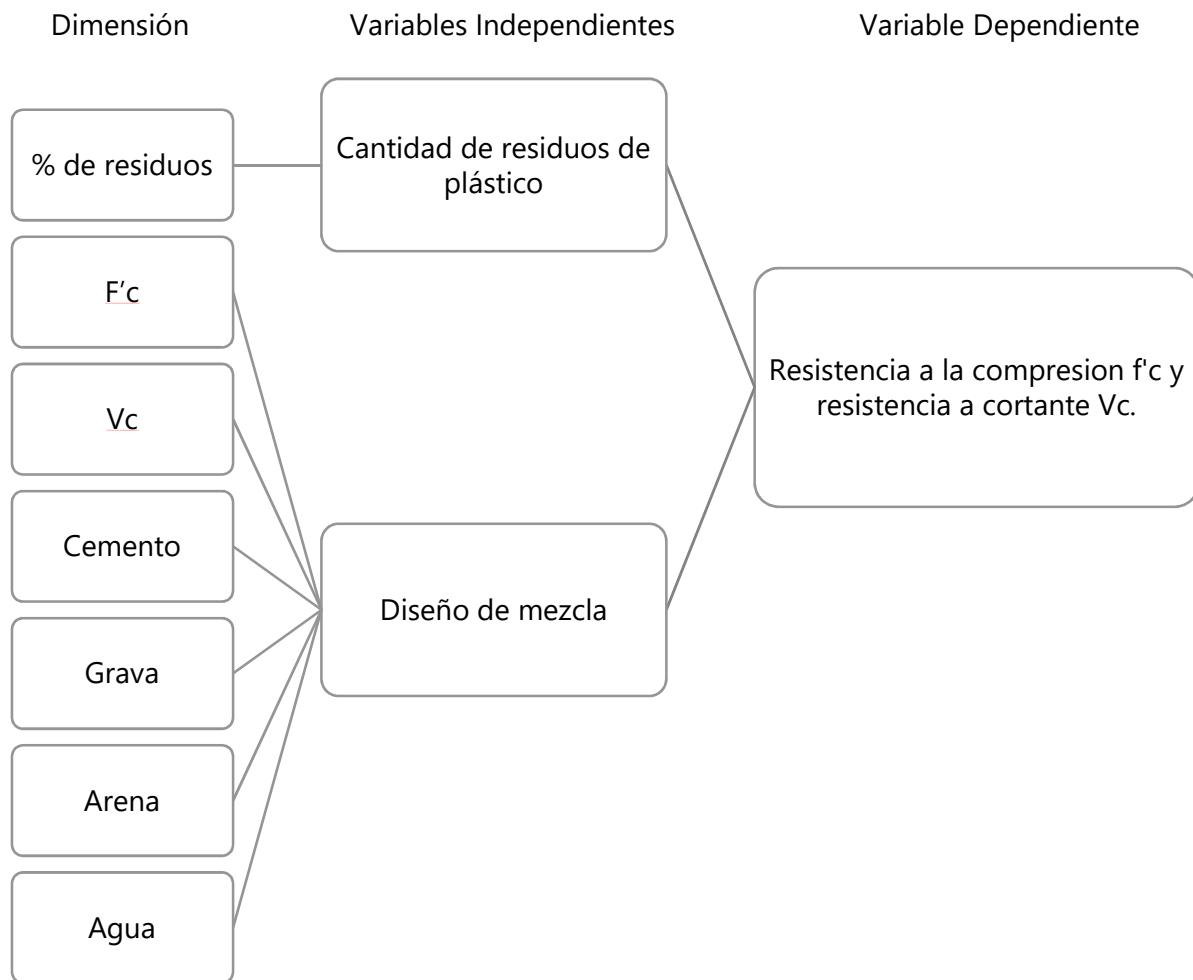


Figura 9. Diagrama de las variables de operacionalización

Fuente: Propia

Se concluye mediante la figura 9 que las dimensiones para medir las variables son el % de residuos de plástico, la resistencia a la compresión ($f'c$), el cortante (Vu) y la cantidad de cada uno de los componentes del concreto.

4.1.2 TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN

“Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 93).

A continuación, en la Tabla 2 se exponen las definiciones, indicadores, dimensiones y escalas de cada una de las variables de operacionalización.

Tabla 2. Variables de operacionalización.

Variable Independiente	Definición		Dimensiones	Indicadores	Ítem	Unidades (categorías)	Escalas
	Conceptual	Operacional					
Cantidad de residuos de plástico	El residuo de plástico se obtiene del procedimiento de reciclaje de botellas de plástico para la fabricación de hojuelas pet.	El residuo de plástico es el desecho acumulado en las plantas de reciclaje y no tiene un uso específico.	% de residuos	¿Cuál es el porcentaje óptimo de plástico?	Cantidad optima de plástico.		Libras

<p>Diseño de mezcla</p> <p>El diseño de mezcla es un procedimiento empírico, y aunque hay muchas propiedades importantes del concreto, la mayor parte de procedimientos de diseño están basados principalmente en lograr una resistencia a compresión para una edad determinada.</p> <p>Las principales exigencias que se deben cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de manejabilidad, resistencia, durabilidad y economía.</p>	F'c	Esfuerzo que registra la maquina sobre el cilindro de concreto.	Obtener la resistencia a la compresión del concreto.	Psi
	Vc	Fuerza de cortante que provee el concreto.	Obtener la resistencia al cortante del concreto.	Libras
	Cemento	Peso del cemento.	Cantidad necesaria de cemento para realizar la mezcla de concreto.	Libras
	Grava	Peso de la grava.	Cantidad necesaria de grava para realizar la mezcla de concreto.	Libras
	Arena	Peso de la arena.	Cantidad necesaria de arena para realizar la mezcla de concreto.	Libras
	Agua	Peso del agua.	Cantidad necesaria de agua para realizar la mezcla de concreto.	Libras

Fuente: Propia

Las escalas de las dimensiones son en libras para la cantidad de plástico, arena, grava, cemento y agua, todo esto se pesará al momento de realizar la mezcla. La resistencia a la compresión se mide en psi y el cortante es una fuerza, por lo cual se medirá en libras.

4.1.3 HIPÓTESIS

Según Sampieri las hipótesis de investigación se definen como "preposiciones tentativas acerca de las posibles relaciones entre dos o más variables" (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, págs. 96-97).

Las hipótesis surgen a partir del planteamiento del problema o de resultados de estudios previos. Existen dos tipos de hipótesis: la hipótesis nula y la hipótesis alterna o de investigación. A continuación, se presentan las distintas hipótesis formuladas para la investigación.

Hipótesis de Investigación (H1)

H1: La resistencia a la compresión del concreto con residuos de plástico ($f'_{c_{rp}}$) es mayor a la resistencia a la compresión del concreto de la mezcla control ($f'_{c_{mc}}$).

$$f'_{c_{rp}} > f'_{c_{mc}}$$

H1: La fuerza cortante proporcionada por el concreto con residuos de plástico ($V_{c_{rp}}$) es mayor a la fuerza cortante proporcionada por el concreto de la mezcla control ($V_{c_{mc}}$).

$$V_{c_{rp}} > V_{c_{mc}}$$

Hipótesis Nula (H0)

H0: La resistencia a la compresión del concreto con residuos de plástico ($f'_{c_{rp}}$) es menor o igual a la resistencia a la compresión del concreto de la mezcla control ($f'_{c_{mc}}$).

$$f'_{c_{rp}} \leq f'_{c_{mc}}$$

H0: La fuerza cortante proporcionada por el concreto con residuos de plástico ($V_{c_{rp}}$) es menor o igual a la fuerza cortante proporcionada por el concreto de la mezcla control ($V_{c_{mc}}$).

$$V_{c_{rp}} \leq V_{c_{mc}}$$

4.2 ENFOQUE Y MÉTODOS

El enfoque de la investigación es cuantitativo ya que se obtendrán datos de forma numérica, $f'c$ y Vu , para comprobar las hipótesis establecidas.

4.2.1 TIPO DE DISEÑO

La determinación del tipo de diseño es de suma importancia ya que permite conocer la estructura de la investigación con el fin de mantener una línea organizada y asimismo obtener los resultados adecuados.

A continuación, en la Figura 10 se presenta el tipo de diseño a utilizar para la realización del proyecto e investigación.

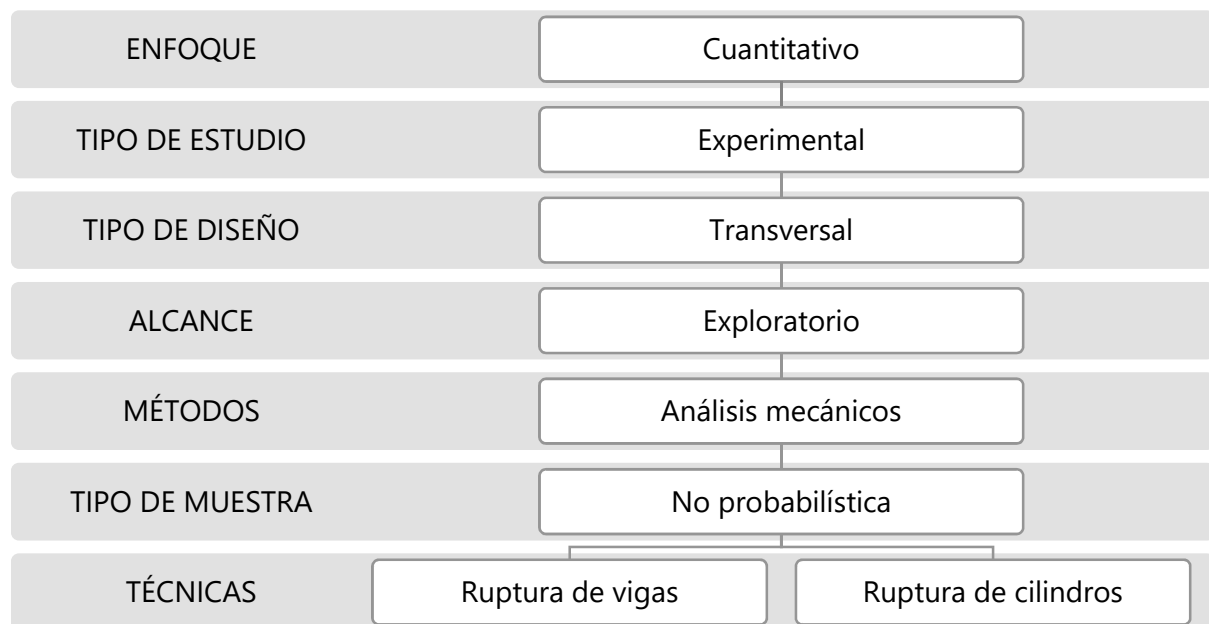


Figura 10. Tipo de diseño

Fuente: Propia

Para la clasificación del proyecto de investigación se tomó en cuenta el libro de metodología de la investigación de Sampieri, a continuación, se explica cada una de las categorías.

Enfoque

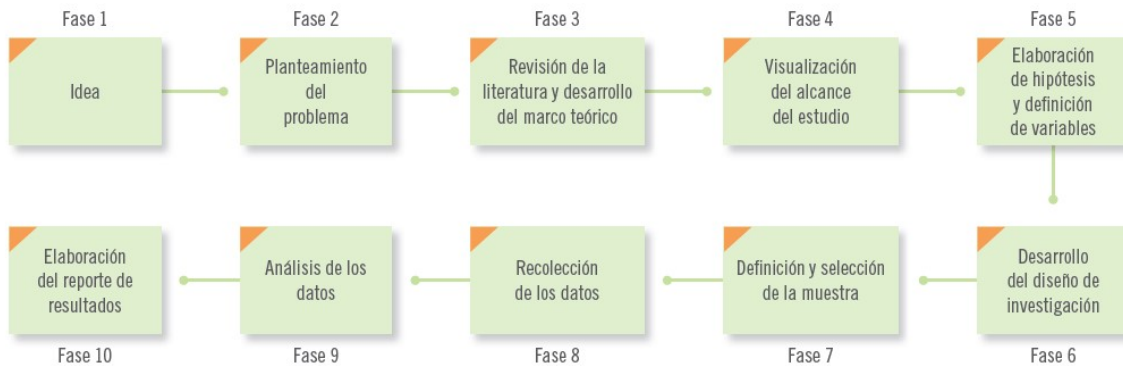


Figura 11. Proceso cuantitativo.

Fuente: (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 5)

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, basándose en la Figura 11 se puede observar la estructura del enfoque, es secuencial ya que una etapa lleva a la siguiente, se establece un orden y se debe seguir para garantizar su éxito.

Se parte de una idea, luego se realiza el planteamiento del problema, se constituye un marco teórico, luego la metodología en la cual se determinan las variables e hipótesis y se estipulan los pasos necesarios para ejecutar la investigación, se realiza la recolección de datos y su respectivo análisis, finalmente se elabora el reporte con los resultados y conclusiones. Este enfoque cuantitativo es el más adecuado para la investigación ya que lo estudiado será representado a través de números, ya sea una cifra en libras o psi. Siguiendo estos pasos se asegura una investigación adecuada y el manejo de la información será más eficaz.

Tipo de Estudio

Según Sampieri, un experimento es "un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes dentro de una situación control" (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 121).

Se ha determinado un estudio experimental ya que se manipularán las variables independientes para obtener los resultados a analizar. Se utilizarán distintos ensayos normados para obtener los resultados.

Tipo de Diseño

“Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 151). Este diseño es adecuado para la investigación ya que solo se realizará en el tiempo estipulado (noviembre 2017 a abril 2018).

Alcance

“Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 79). El tema de concreto reforzado con plástico está siendo estudiado en distintas partes del mundo y se sigue buscando cual es la forma adecuada de la partícula para que sea eficaz, cabe mencionar que en Honduras se tiene poco conocimiento con respecto a ese tipo de posibles usos del concreto.

Métodos

Los datos serán obtenidos mediante pruebas mecánicas normadas de laboratorio con el propósito de conseguir resultados adecuados y válidos.

Los apartados de tipo de muestra y técnicas se explican con más amplitud posteriormente.

4.3 POBLACIÓN Y MUESTRAS

Una vez se ha definido el tipo de estudio se procede a determinar la población a estudiar y el tamaño de la muestra que se realizará para obtener los resultados.

4.3.1 POBLACIÓN

La población por analizar es no probabilística y se determinó que ambas tanto la población como la muestra serán de la misma magnitud.

4.3.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA

La muestra que se analizará está constituida por la elaboración de 44 probetas de las cuales 36 son cilindros de concreto, 24 fabricados en la fase I y 12 en la fase II, además de 8 vigas de concreto. Los materiales que habrá de utilizarse serán provisionados por Conhsa Payhsa, cabe mencionar que ingenieros de la empresa realizaron los respectivos análisis de los agregados y se utilizará una dosificación para concreto $f'c$ igual a 4000 psi.

Los residuos de plástico se obtienen de la empresa INVEMA, estos residuos son el desecho del proceso de reciclaje y se están buscando formas de implementarlo en distintas áreas dentro y fuera de la industria de la construcción para que no se desperdicie.

4.3.2.1 Parámetros muestrales

Los cilindros para el ensayo de compresión tienen las siguientes características:

- De forma cilíndrica 15cm + 2 mm de base por 30 con + 2 mm de altura. Las dimensiones en pulgadas son 6" de diámetros y 12" de altura.
- La superficie debe estar lisa sin presencia de grumos ni suciedad.

Las vigas para el ensayo de cortante tienen las siguientes características:

- Forma rectangular, base de 3" y altura de 6", la longitud será de 1.00 metro.
- La superficie debe estar completamente lisa.

Cada etapa del proceso de producción de estos se debe regir bajo las normativas ASTM mencionadas anteriormente.

4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Se hicieron un total de 4 mezclas para investigar las propiedades del concreto al agregarle residuos de plástico. El reemplazo en volumen del agregado fino se realizó en los siguientes porcentajes: 10, 20 y 30 por ciento. Los detalles de las proporciones de mezcla se dan en la Tabla 4. De cada mezcla se colaron 9 cilindros, 6 en la fase 1 y 3 en la fase 2, además se realizaron 2 vigas. Todos los cilindros se varillaron a mano a tres capas empleando la norma ASTM C192 y las

vigas se vibraron utilizando vibrador de aguja. Los especímenes se curaron durante 24 horas y luego se desmoldaron, finalmente se colocaron en una pila de agua con cal, para mantener la temperatura, durante el tiempo necesario para realizar los ensayos a 7, 14 y 28 días.

Para cada mezcla de concreto, se realizaron pruebas para determinar el revenimiento con el cono de Abrams, peso unitario y la resistencia a la compresión.

Los ensayos de laboratorio están normados por la ASTM, a continuación, se describen todos los materiales necesarios para cada ensayo y el paso a paso de estos.

4.4.1 INSTRUMENTOS

Peso Volumétrico

-Recipiente metálico: Recipiente de con un volumen de 0.10 ft^3 , utilizado para la determinación de peso volumétrico de la arena.

-Cubeta: Recipiente de plástico que se utilizó para determinar el peso volumétrico de la grava.

-Balanza: La balanza es un instrumento que sirve para medir la masa de los objetos, se utilizó para determinar el peso en gramos de las muestras. Se debe calibrar la balanza antes de utilizarla.

-Cucharon: Instrumento de metal utilizado para verter la muestra de agregado a los distintos moldes.

-Varilla de compactación: Varilla de acero con una longitud de 24" y un diámetro de 5/8", tiene una punta semiesférica y se utilizó para compactar el material.

-Pala: Una pala es una herramienta de mano utilizada para excavar o mover materiales con cohesión relativamente pequeña. Consta, básicamente, de una lámina plana con una ligera curvatura y de un mango de metal o madera con el que se maneja.

-Brocha: Una brocha es un instrumento consistente en un conjunto de cerdas unidas a un mango que se utiliza para limpiar los recipientes de todo aquel material adherido.

-Taras: Recipiente de metal utilizado para almacenar las muestras y poder determinar su peso.

Granulometría

-Balanza: La balanza es un instrumento que sirve para medir la masa de los objetos, se utilizó para determinar el peso en gramos de las muestras.

-Tara: Recipiente de metal utilizado para almacenar las muestras y poder determinar su peso.

-Juego de tamices de tamaños 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200 y el fondo. Se utilizaron para tamizar los agregados y poder observar el material que era retenido en cada tamiz.

-Brocha: Utensilio que consiste en un mango de madera con cerdas iguales.

-Cepillo metálico: Utensilio que consiste en un mango de madera con cerdas metálicas, utilizado para remover las partículas atascadas en los tamices con abertura gruesa.

-Agitador mecánico: Maquinaria en la cual se coloca una serie de tamices para realizar los movimientos verticales, horizontales y rotativos para mezclar las partículas y distribuir las de acuerdo con su tamaño. En este aparato solo se pueden colocar ocho tamices, por lo cual esto se considera una limitante.

A continuación, se presentan los formatos utilizados para el ensayo de granulometría.

Tabla 3. Formato Granulometría (Grava)

Tamiz Standard	Abertura de Tamiz (mm)	Material Retenido, grs		Material Retenido, %		Material que Pasa, %		
		Individual	Acumulado	Individual	Acumulado	% Pasa	Límites de Especificación	
							Inferior	Superior
1/2 "	12.5					100%	100%	
3/8 "	9.5					85%	100%	
#4	4.75					10%	30%	
#8	2.36					0%	10%	
#16	1.18					0%	5%	
#50	0.6					0%	5%	
Pan	Pan							

Fuente: Propia

Tabla 4. Formato Granulometría (Arena)

Tamiz Standard	Abertura de Tamiz (mm)	Material Retenido, grs		Material Retenido, %		Material que Pasa, %		
		Individual	Acumulado	Individual	Acumulado	% Pasa	Límites de Especificación	
							Inferior	Superior
1/2 "	12.5					100%	100%	
3/8 "	9.5					100%	100%	
#4	4.75					95%	100%	
#8	2.36					80%	100%	
#16	1.18					50%	85%	
#30	0.6					25%	60%	
#50	0.3					5%	30%	
#100	0.15					0%	10%	
Pan	Pan							

Fuente: Propia

Peso Específico y Colorimetría

-Balanza: La balanza es un instrumento que sirve para medir la masa de los objetos, se utilizó para determinar el peso en gramos de las muestras. Se utilizaron balanzas manuales y digitales.

-Canasta: Recipiente de metal utilizado para colocar el agregado grueso antes de ser sumergido.

-Cubeta: Recipiente de plástico en el cual se colocó agua para luego sumergir el agregado grueso.

-Toalla: Se utilizó para secar la superficie del agregado grueso.

-Tara: Recipiente de metal utilizado para almacenar las muestras y poder determinar su peso.

-Pala: Es una herramienta de mano utilizada para excavar o mover materiales con cohesión relativamente pequeña. Se utilizó para realizar el cuarteo.

-Cono truncado: Utensilio de metal que se utiliza para realizar una prueba en los agregados finos que determina si estos se encuentran en el estado de saturado con superficie seca.

-Apisonador: Herramienta con la cual se golpea 25 veces el agregado fino cuando se coloca en el cono.

-Bandeja: Recipiente metálico donde se coloca el agregado fino en condición saturada para luego dejarlo secar.

-Ventilador: Se utilizó para aligerar el proceso de secado del material fino.

-Horno: Maquinaria que genera calor utilizado para seca las muestras. La temperatura se coloca en 110 ± 5 °C.

-Beaker: Un vaso de precipitado es un recipiente cilíndrico de vidrio borosilicatado fino que se utiliza muy comúnmente en el laboratorio, sobre todo, para preparar o calentar sustancias y traspasar líquidos,

-Palito de vidrio: Una varilla de vidrio, varilla agitadora es un instrumento utilizado en los laboratorios de química, consistente en un fino cilindro macizo de vidrio que sirve para agitar disoluciones, con la finalidad de mezclar productos químicos y líquidos.

-Pícnómetro: Recipiente de pequeñas dimensiones que se usa para determinar la densidad de un sólido o de un líquido.

-Piseta: La piseta, también llamada frasco lavador y/o matraz de lavado, es un frasco cilíndrico de plástico o vidrio con pico largo, que se utiliza en el laboratorio de química o biología, para contener algún solvente, por lo general agua destilada.

-Vidrio de colores: Es una rueda que contiene distintos círculos de vidrio de distintos colores para realizar la colorimetría del agregado fino.

Diseño de Mezcla

-Balanza: La balanza es un instrumento que sirve para medir la masa de los objetos, se utilizó para determinar el peso de los agregados.

-Cubetas: Recipiente de plástico en el cual se colocó agua, arena y grava, para determinar su peso y luego verter el contenido en la mezcladora.

-Pala: Es una herramienta de mano utilizada para excavar o mover materiales con cohesión relativamente pequeña. Se utilizó para obtener el material de los bancos.

-Carreta: Carretilla que se utiliza para llevar materiales de construcción. Se utilizó para colocar la mezcla de concreto.

-Mezcladora: Conocida como hormigonera, máquina provista de un recipiente giratorio que sirve para mezclar los materiales con los que se hace el hormigón.

-Cono de Abrahms: Molde con forma de cono truncado, con un diámetro de base de 20 cm (8 pulgadas) y diámetro superior de 10 cm (4 pulgadas), de 30 cm de altura (12 pulgadas), empleado para fabricar una muestra de hormigón fresco para una prueba de revenimiento.

-Varilla compactadora: Idéntica a la utilizada para el ensayo de consistencia con el cono, o sea lisa, de 0.60m de longitud, 16mm de diámetro (5/8in) con un extremo de compactar redondeado.

-Moldes para cilindros: De forma cilíndrica 15cm + 2 mm de base por 30 con + 2 mm de altura, abierto por sus dos extremos, con las paredes interiores lisas, de metal. Cada vez que se utilice el molde metálico para preparar un cilindro, deberá limpiarse con cepillo metálico si fuere necesario, para eliminar cualquier adherencia de materiales extraños y protegerse con una capa de aceite, quedando así listo para fundir un nuevo espécimen.

-Cuchara de albañil: es una herramienta usada en albañilería formada por una lámina metálica de forma triangular, sujeta por un mango de madera que se emplea para aplicar y manejar el mortero.

-Brocha: Herramienta utilizada para colocar el aceite en las paredes del cilindro.

-Cinta métrica: Cinta que tiene marcada la longitud del metro y sus divisiones y sirve para medir distancias o longitudes. Utilizada para medir el revenimiento.

-Máquina universal de compresión: En ingeniería se denomina máquina universal a una máquina semejante a una prensa con la que es posible someter materiales a ensayos de tracción y compresión para medir sus propiedades.

4.4.2 TÉCNICAS

Peso Volumétrico

Objetivos

- Determinar el peso volumétrico de la arena y grava.
- Conocer los métodos para obtener el peso volumétrico en los agregados.
- Clasificar los agregados mediante la obtención de su peso volumétrico.
- Investigar que uso pueden tener los agregados estudiados en una mezcla de concreto.

Procedimiento

Preparación de la muestra:

- Tomar una muestra representativa de agregado por medio del método de cuarteo. El cuarteo consiste en homogenizar una muestra moviéndola cuatro veces, haciendo un cono, luego aplanando la superficie y separando el material en cuatro partes iguales.
- Tomar una muestra de agregado en una tara para obtener su porcentaje de humedad.

Método de la Pala o Cuchara:

- Pesar los recipientes a utilizar.
- Llenar el recipiente hasta rebosar por medio de una pala o cuchara, descargando el agregado desde una altura que no exceda de 2" encima del borde. Evitar mover el recipiente.
- Nivelar la superficie del material y en el caso de la arena limpiar el recipiente de cualquier residuo exterior utilizando una brocha.
- Pesar los recipientes con el agregado.
- Realizar dos iteraciones con cada material.

Método de la Varilla:

- Llenar el recipiente hasta un tercio de su altura.

-Introducir la varilla y golpear la capa 25 veces distribuyéndolos uniformemente sobre la superficie sin tocar el fondo.

-Llenar el recipiente a dos tercios de la altura.

-Introducir la varilla y golpear la capa 25 veces distribuyéndolos uniformemente sobre la superficie sin tocar la capa anterior.

-Llenar el recipiente hasta rebosar.

-Repetir el paso cuatro.

-Enrazar la superficie.

-Pesar el recipiente con el agregado.

Método por Asentamiento:

-Llenar el recipiente hasta un tercio de su altura.

-Compactar la capa colocando el recipiente sobre una base firme, levantar 25 veces el molde elevándolo a dos pulgadas del piso y dejándolo caer, repetir este paso en el lado opuesto.

-Llenar el recipiente a dos tercios de la altura.

-Repetir el paso dos.

-Llenar el recipiente hasta rebosar.

-Repetir el paso cuatro.

-Enrazar la superficie.

-Pesar el recipiente con el agregado.

Granulometría

Objetivos

-Realizar el método de análisis granulométrico por tamizado.

-Determinar el porcentaje de partículas retenido en cada tamiz.

-Determinar el porcentaje que pasa cada tamiz.

-Obtener el tamaño máximo nominal de los agregados.

Procedimiento

Agregado Grueso

- Tomar una muestra representativa realizando el método de cuarteo del material en un recipiente.
- Pesar la tara donde se colocará la muestra.
- Agregar la muestra y pesarla.
- Ordenar el juego de tamices en orden descendente. 1 ½ ", 1", ¾ ", ½ ", 3/8", No.4, No.8 y el fondo.
- Colocar los tamices en el agitador mecánico.
- Agregar la muestra de grava.
- Encender la maquina por 15 minutos, esta se encargará de realizar los movimientos rotativos, horizontales y verticales.
- Sacar los tamices.
- Obtener el peso retenido en cada tamiz.
- A partir del peso retenido individual, realizar la serie de cálculos para graficar la curva granulométrica.

Agregado Fino

- Tomar una muestra representativa realizando el método de cuarteo del material en un recipiente.
- Pesar la tara donde se colocará la muestra.
- Agregar la muestra y pesarla.
- Ordenar el juego de tamices en orden descendente 3/8", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200 y el fondo.
- Colocar los tamices en el agitador mecánico.
- Agregar la muestra de arena.

- Encender la maquina por 15 minutos, esta se encargará de realizar los movimientos rotativos, horizontales y verticales.
- Sacar los tamices.
- Obtener el peso retenido en cada tamiz.
- A partir del peso retenido individual, realizar la serie de cálculos para graficar la curva granulométrica.

Peso Específico y Colorimetría

Objetivos

- Determinar el peso específico de los agregados.
- Realizar observaciones sobre la calidad del agregado considerando su peso específico.
- Calcular el porcentaje de absorción de los agregados.
- Analizar el comportamiento de los agregados en el concreto.

Procedimiento

Agregado Grueso

- Realizar el Cuarteado y obtener aproximadamente 2000 gr.
- Lavar la muestra y secar a temperatura constante (110 \pm 5°C). Enfriar la muestra y sumergirla durante 24 \pm 4 horas en agua a temperatura ambiente.
- Sacar del agua aproximadamente 1000 gr de material saturado y hacerlo "rodar" en una tela absorbente.
- Pesar la muestra en condición saturada con superficie seca (SSD) y registrar el peso.
- Colocar el material en la cesta y sumergirlo en agua, determinar su peso sumergido en agua.
- Colocar el agregado en una bandeja y meterlo al horno durante 24 horas para determinar su peso seco.

Agregado Fino

- Realizar el cuarteo y obtener aproximadamente 1000 gr.
- Lavar la muestra y secar a temperatura constante ($110 \pm 5^{\circ}\text{C}$). Enfriar la muestra y sumergirla durante 24 ± 4 horas en agua a temperatura ambiente.
- Decantar el exceso de agua y extender la muestra en una superficie plana (no absorbente), expuesta a una suave corriente de aire tibio y revolverla con frecuencia.
- Revisión con cono truncado y apisonador: colocar la muestra de agregado dentro del cono truncado y apisonar con 25 golpes. Si al retirar el cono, mantiene la forma del molde, mantener por más tiempo en secado. Si el material se "suelta", está en condición "saturado con superficie seca".
- Pesar el picnómetro con agua, hasta la marca de calibración.
- Introducir 500 gr de material (indicaciones del docente), en el picnómetro.
- Mover el picnómetro suavemente con movimientos ligeros y rotativos, invertir y agitar para eliminar las burbujas de aire.
- Determinar el peso total del picnómetro + muestra + agua.
- Sáquese el agregado fino del picnómetro, secándolo a peso constante a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Enfríelo a temperatura ambiente y luego pésese la muestra. (Peso Seco).

Ambos:

Tomar dos muestras de suelo (húmedo), para la grava y la arena y obtener contenido de humedad.

Colorimetría

- Realizar el cuarteado de la muestra de arena.
- Tomar aproximadamente 500 gramos.
- Llenar el beaker con arena hasta llegar a 130 mL
- Llenar con hidróxido de sodio al 3% hasta 200mL.
- Agitar y dejar reposar por 24 horas.

Diseño de mezcla

Objetivos

- Calcular la cantidad de agua necesaria para la mezcla.
- Dosificar los agregados y el agua, por peso.
- Diseñar un concreto con un $f'c$ de 4000 psi.
- Comprobar si el diseño fue adecuado mediante la prueba de compresión en cilindros.

Procedimiento

- Realizar la dosificación de la mezcla siguiendo la norma ACI.

(ACI 211.1)

- Diseñar la mezcla de concreto hidráulico según las normas del ACI, determinar la consistencia y resistencia (a compresión y flexión) del concreto a las edades de 7,14 y 28 días.
- Determinar los criterios de diseño: $f'c$ (esperado), revenimiento, relación agua/cemento, % de aire, módulo de finura, gravedad específica de los agregados y el cemento, peso volumétrico de los agregados y determinar el volumen de concreto necesario a utilizar.

$$Wg = Vg * Pvg$$

Ecuación 2.Peso de Agregado Grueso

Fuente: (Comite ACI 211.1, 2002)

$$Wc = \frac{Ww}{a/c}$$

Ecuación 3.Peso del Cemento

Fuente: (Comite ACI 211.1, 2002)

$$Vg = Gsg * Yw$$

Ecuación 4.Volumen de la Grava

Fuente: (Comite ACI 211.1, 2002)

Donde:

V_g =volumen de la grava

P_{vg} =peso volumétrico de la grava

W_w =peso del agua

A/c =relación agua-cemento

W_g =peso grava

G_{sg} =gravedad específica de la grava

γ_w =peso específico del agua

-Pesar los materiales de acuerdo con las proporciones calculadas previamente.

-Llenar de agua el interior de la hormigonera.

-Encender la hormigonera y moverla para retirar el agua.

-Agregar la mitad de la grava.

-Agregar toda la arena.

-Agregar todo el cemento.

-Agregar la mitad restante de grava.

-Agregar el agua.

-Mezclar por 2 minutos aproximadamente.

-Verter el contenido en una carreta y mezclarlo manualmente con la cuchara de albañil.

Para la prueba de revenimiento

-Colocar la base en una zona plana, humedecerlo.

-Colocar el cono de Abrahms sobre la base, es importante que la superficie este húmeda.

- Asegurar el cono en su lugar y ajustarlo, parase sobre la plataforma.
- Verter la primera capa a un tercio de la altura del cono.
- Compactar la capa utilizando la varilla de compactación dándole 25 golpes de forma giratoria sin tocar el fondo.
- Repetir el proceso de llenado y compactado en dos capas más.
- Enrasar el cono.
- Mantener presionado el cono perpendicularmente hacia abajo, quitar los seguros y luego levantar el cono en un solo movimiento cuidadosamente.
- Medir el revenimiento colocando el cono de forma invertida y con una cinta métrica medir la diferencia de altura en 3 puntos distintos.

Para la prueba de resistencia a la compresión

- Vaciado: La mezcla para elaborar los cilindros se vacía sobre el molde, en tres capas, las cuales se compactan con 25 golpes de varilla dados desde la periferia del molde hacia el centro. Si se presentan varios cilindros se coloca la primera en todos, luego la segunda y así sucesivamente y al terminar el llenado, puede golpearse el borde del molde con la varilla para mejorar la compactación de las muestras.
- Reposo: Los cilindros se mantendrán un día sobre una superficie horizontal rígida, libre de vibraciones, impactos o de cualquier agente que pueda alterarlos, evitando que pierdan humedad por asoleamiento, viento o exposición al calor.
- Desmoldeada: Se realiza luego de 18 a 48 horas, abriendo el molde y extrayendo el cilindro sin utilizar palancas, ni aplicar golpes. Luego colocarlos en una pila o recipiente con agua que los cubra completamente.
- Preparación: Esta operación, según se ha visto, consiste en cubrir los dos extremos del cilindro con un material adecuado para proveerlo de dos caras lisas, paralelas entre sí, perpendiculares al eje de la pieza, para garantizar la uniforme distribución de la carga y con ello la axialidad del esfuerzo de compresión.

-Rotura: El incremento de la carga del ensayo puede elevarse hasta producir la falla del cilindro o su franca rotura. Por esta razón es necesario detectar antes de proceder al ensayo las eventuales fallas que presenten los cilindros como fisuras, huecos, irregularidades, las cuales deberán anotarse para tenerlas en cuenta al evaluar los resultados.

4.5 UNIDAD DE ANÁLISIS Y RESPUESTA

A continuación, se presentan los criterios de inclusión y exclusión de la muestra. Para seleccionar una muestra lo primero que se debe definir es la unidad de análisis, esto depende del problema a investigar y los objetivos de la investigación.

4.5.1 UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis hace referencia a la muestra a la que recae la obtención de información, se determinó para esta investigación el estudio de especímenes de concreto, cilindros y vigas, a distintos porcentajes de residuos plásticos.

4.5.2 UNIDAD DE RESPUESTA

Se obtienen valores de cortante último y resistencia a la compresión a 7, 14 y 28 días para los distintos especímenes en sus diferentes edades para obtener una relación entre la resistencia alcanzada y el porcentaje de residuos de plástico utilizado en la muestra.

4.6 MATERIALES

El concreto hidráulico es uno de los materiales de construcción más utilizado, por su fácil empleo y sus características de durabilidad, resistencia y capacidad de moldeo. Consiste en una mezcla de materiales naturales, como ser los agregados gruesos y finos, agua y cemento, se forma una pasta moldeable y al secarse es como una roca, los materiales necesarios para su elaboración son los siguientes:

1) Agregado grueso: La grava o agregado grueso es uno de los principales componentes del hormigón o concreto, por este motivo su calidad es sumamente importante para garantizar buenos resultados en la preparación de estructuras de hormigón. La grava que se utilizó es de

tamaño 3/8", su gravedad específica es de 2.58, porcentaje de absorción de 1.93%, peso volumétrico de 86.32 lb/ft³ y el contenido de humedad de 3.15%

2) Agregado fino: La arena, agregado fino o árido fino se refiere a la parte del árido o material cerámico inerte que interviene en la composición del hormigón. El agregado fino tenía un módulo de finura de 3.1, el peso volumétrico suelto es 1211.86 kg/m³, el porcentaje de absorción es 2.47%, gravedad específica de 2.55 y el contenido de humedad de 9.16%.



Figura 12. Arena

Fuente: Propia

3) Agua: su función es ayudar a realizar una pasta homogénea, aunque se debe tener especial cuidado en la relación agua/cemento ya que al comenzar el fraguado de la mezcla esta comienza a evaporarse creando vacíos dentro de ella y bajando así su resistencia. Se debe revisar su composición química ya que el agua que se extrae de fuentes naturales puede presentar materiales orgánicos no deseados o contenido de sales o minerales que pueden alterar la mezcla y como resultado esta no cumpla con las características requeridas.

4) Cemento: Material de construcción compuesto de una sustancia en polvo que, mezclada con agua u otra sustancia, forma una pasta blanda que se endurece en contacto con el agua o el aire; se emplea para tapar o rellenar huecos y como componente aglutinante en bloques de hormigón. Según la norma ASTM C-1157, se caracteriza por su alta resistencia, impermeabilidad y durabilidad a lo largo plazo además de sus usos generales dentro de los que se puede mencionar cimentaciones y pavimentos. El cemento es GU (Uso General) y este cumple con la especificación de la norma internacional ASTM C 1157 – 10 como cemento.



Figura 13. Cemento

Fuente: Propia

5) Residuos de plástico: Los residuos plásticos son el desecho del proceso de tratamiento de las hojuelas de plástico en la empresa INVEMA. El plástico es proveniente de botellas de refresco. Las botellas están compuestas de tres tipos de plástico; polietileno tereftalato (PET), polipropileno (plástico 5, PP) y polipropileno biorientado (BOPP).

Según la Asociación Latinoamericana de la Industria Plástica, "El PET está hecho de petróleo crudo, gas y aire. Un kilo de PET está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire" (López, 2016, pg.10).

El cuerpo de la botella está formado por polietileno tereftalato, las tapaderas son de polipropileno y las etiquetas son fabricadas con polipropileno biorientado.

El plástico utilizado tiene un peso volumétrico suelto de 425kg/m³. Este dato será utilizar en la conversión de arena a plástico.

Se utilizarán tres porcentajes de plástico: 10, 20 y 30%. Estos valores se determinaron a partir de las tesis utilizadas de referencia, los valores oscilaban desde un 10% hasta un 50%.



Figura 14. Residuos de plástico.

Fuente: Propia

4.7 FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información son de suma importancia ya que benefician la investigación en la obtención de textos y referencias útiles para desarrollar el tema y expandir los conocimientos en el área a investigar. Las fuentes de información brindan una idea preliminar del tema, sirven para la resolución de algunas dudas iniciales y además para colocar la investigación en una posición actual con respecto a previos estudios. Las fuentes de información se clasifican en dos tipos: primarias y secundarias. A continuación, se mencionan las fuentes utilizadas para el desarrollo de esta investigación.

4.7.1 FUENTES PRIMARIAS

Técnicas y normas desarrolladas en laboratorios, se aplicaron al estudio de los agregados:

- ASTM C 31
- ASTM C 33
- ASTM C 39
- ASTM C 128
- ASTM C 136

- ASTM C 172

- ASTM C 192

4.7.2 FUENTES SECUNDARIAS

- Tesis: se utilizaron tesis publicadas en México y Venezuela, las cuales mencionan temas similares al estudiado:

-Estudio del uso de Polietileno Tereftalato (PET) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga.

-Estudio experimental de caracterización mecánica del concreto reforzado con fibras de acero y de polipropileno.

-Efecto de la adición de fibras sintéticas sobre las propiedades plásticas y mecánicas del concreto.

-Capacidad a cortante por tensión diagonal en vigas de concreto fibroreforzado.

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 REPORTE DE RESULTADOS DE AGREGADOS PARA CONCRETO

Para realizar una dosificación del concreto se deben realizar los ensayos de los agregados, a continuación, se presentan las pruebas de laboratorio realizadas para la investigación.

5.1.1 GRAVA

5.1.1.1 Granulometría

Los resultados obtenidos del ensayo granulométrico del agregado grueso se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados de la granulometría (Agregado Grueso).

Tamiz Standard	Abertura de Tamiz (mm)	Material Retenido, grs		Material Retenido, %		Material que Pasa, %		
		Individual	Acumulado	Individual	Acumulado	% Pasa	Límites de Especificación	
							Inferior	Superior
1/2 "	12.5	0	0	0.00%	0.00%	100%	100%	100%
3/8 "	9.5	0	40	0.00%	4.00%	96.00%	85%	100%
#4	4.75	716.7	756.7	71.67%	75.67%	24.33%	10%	30%
#8	2.36	185.6	942.3	18.56%	94.23%	5.77%	0%	10%
#16	1.18	18.1	960.4	1.81%	96.04%	3.96%	0%	5%
#50	0.3	31.4	991.8	3.14%	99.18%	0.82%	0%	5%
Pan	Pan	8.2	1000	0.82%	100%	0.00%		

Fuente: Propia.

Los datos de granulometría se deben graficar en la curva granulométrica para asegurar que el material este dentro de los limites inferiores y superiores.

A continuación, en la Figura 19 se presenta la curva granulométrica para el agregado grueso.

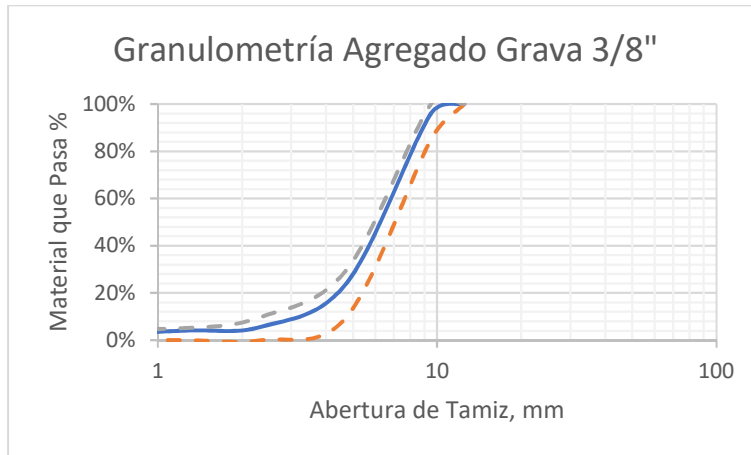


Figura 15. Curva Granulométrica (Agregado Grueso)

Fuente: Propia.

La curva se encuentra dentro de los límites establecidos por lo tanto se usará el material para la realización de la mezcla de concreto.

1.1.1.1 Ensayos Adicionales

Luego de realizar la granulometría del material se procedió a la realización de los ensayos de gravedad específica, absorción, peso volumétrico y contenido de humedad. En la Tabla 6 se resumen los resultados de las pruebas.

Tabla 6. Pruebas de Laboratorio (Agregado Grueso)

Prueba	Especificación	Resultados
Gravedad específica seca al horno (ASTM C-128)	Peso Normal >2.4	2.58
Absorción (%) (ASTM C-128)	-	1.93%
Peso Volumétrico Suelto (ASTM C-29)	Peso Normal >75lb/ft ³	86.32 lb/ft ³
Contenido de Humedad (ASTM-566)	-	3.15%

Fuente: Propia.

Como se puede observar todos los valores están dentro de las especificaciones establecidas en la norma.

5.1.2 ARENA

Los resultados obtenidos del ensayo granulométrico de la arena se resumen en la Tabla 7.

Tabla 7. Resultados de granulometría (Agregado Fino).

Tamiz Standard	Abertura de Tamiz (mm)	Material Retenido, grs		Material Retenido, %		Material que Pasa, %		
		Individual	Acumulado	Individual	Acumulado	% Pasa	Límites de Especificación	
							Inferior	Superior
1/2 "	12.5	0	0	0.00%	0.00%	100%	100%	100%
3/8 "	9.5	0	0	0.00%	0.00%	100%	100%	100%
#4	4.75	9.1	9.1	1.82%	1.82%	98.18%	95%	100%
#8	2.36	57.2	66.3	11.44%	13.26%	86.74%	80%	100%
#16	1.18	132.9	199.2	26.58%	39.84%	60.16%	50%	85%
#30	0.6	146.6	345.8	29.32%	69.16%	30.84%	25%	60%
#50	0.3	104.9	450.7	20.98%	90.14%	9.86%	5%	30%
#100	0.15	30.2	480.9	6.04%	96.18%	3.82%	0%	10%
Pan	Pan	19.1	500	3.82%	100%	0.00%		

Fuente: Propia.

Los datos de granulometría se deben graficar en la curva granulométrica para asegurar que el material este dentro de los límites inferiores y superiores.

A continuación, en la Figura 20 se presenta la curva granulométrica para el agregado fino.

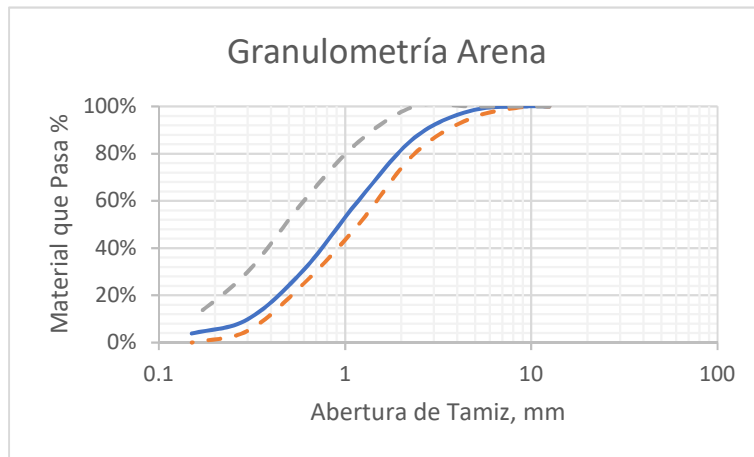


Figura 16. Curva Granulométrica (Agregado Fino).

Fuente: Propia.

La curva se encuentra dentro de los límites establecidos por lo tanto se usará el material para la realización de la mezcla de concreto.

5.1.2.1 Ensayos Adicionales

Luego de realizar la granulometría del material se procedió a la realización de los ensayos de gravedad específica, absorción, peso volumétrico y contenido de humedad. En la Tabla 6 se resumen los resultados de las pruebas.

Tabla 8. Pruebas de Laboratorio (Agregado Fino)

Prueba	Especificación	Resultados
Gravedad específica seca al horno (ASTM C-128)	Peso Normal >2.4	2.55
Absorción (%) (ASTM C-128)	-	2.47%
Peso Volumétrico Suelto (ASTM C-29)	Peso Normal >75lb/ft ³	75.65 lb/ft ³
Contenido de Humedad (ASTM-566)	-	9.16%
Módulo de Finura (ASTM C-136)	2.3 a 3.1	3.1

Fuente: Propia.

Como se puede observar todos los valores están dentro de las especificaciones establecidas en la norma.

5.2 DISEÑO DE MEZCLA

Una vez se han obtenido todos los datos de los agregados, se procede a realizar el diseño de mezcla que se ha de utilizar. Se seguirá la normativa de la ACI 211.1.

5.2.1 MEMORIA DE CALCULO

Seleccionar la resistencia que se requiere y el revenimiento siguiendo la norma ACI 211.1.

$$F'c = 4000psi$$

$$Revenimiento = 7plg$$

$$TMA = \frac{3}{8}''$$

$$Modulo\ de\ finura = 3.1$$

$$G.E\ Grava = 2.58$$

$$G.E\ Arena = 2.55$$

$$P.V \text{ Grava} = 86.32 \frac{lb}{ft^3}$$

$$\frac{A}{C} = 0.57$$

$$W_w = 360 \frac{lb}{yd^3}$$

$$V'g = 0.65$$

$$\%Aire = 2$$

Peso del agua

$$W_w = 360 \frac{lb}{yd^3}$$

Peso de cemento

Partiendo de la relación a/c escogida se obtiene el peso del cemento necesario.

$$W_c = \frac{W_w}{a/c} = \frac{360}{0.57} = 631.58 \frac{lb}{yd^3}$$

Peso de grava

$$W_g = Vg' * PV$$

$$Vg' = 0.65 * 27 = 17.55 \frac{ft^3}{yd^3}$$

$$W_g = 17.55 * 86.32 = 1514.92 \frac{lb}{yd^3}$$

Volumen de agua

$$V_w = \frac{W_w}{\text{Densidad } w} = \frac{360}{62.4} = 5.77 \frac{ft^3}{yd^3}$$

Volumen de cemento

$$V_c = \frac{W_c}{\text{Densidad } c} = \frac{631.58}{2.1 * 62.4} = 4.82 \frac{ft^3}{yd^3}$$

Volumen de grava

$$V_g = \frac{W_g}{\text{Densidad } g} = \frac{1514.92}{2.58 * 62.4} = 9.41 \frac{ft^3}{yd^3}$$

Volumen de aire

$$Va = \%aire * 27 = 0.02 * 27 = 0.54 \frac{ft^3}{yd^3}$$

Volumen de arena

$$Vt = Vw + Vc + Va + Vg + Vs$$
$$27 = 5.77 + 4.82 + 9.41 + 0.54 + Vs$$
$$Vs = 6.46 \frac{ft^3}{yd^3}$$

Peso de arena

$$Ws = Vs * Gespecifica * P.Eagua = 6.46 * 2.55 * 62.4 = 1027.92 \frac{lb}{yd^3}$$

Peso Total

$$Wt = Ww + Wc + Wg + Ws$$
$$Wt = 360 + 631.58 + 1514.92 + 1027.92 = 3534.42 \frac{lb}{yd^3}$$

Convertir todos los pesos a kg/m³.

1 lb/yd³ es igual a 0.593276 kg/m³.

$$Ww = 213.58 \frac{kg}{m^3}$$

$$Wc = 374.70 \frac{kg}{m^3}$$

$$Wg = 898.77 \frac{kg}{m^3}$$

$$Ws = 609.84 \frac{kg}{m^3}$$

$$Wt = 2096.89 \frac{kg}{m^3}$$

Peso agua en libras

$$\frac{Ww}{Wt} = \frac{Ww'}{Wconc}$$
$$\frac{213.58}{2096.89} = \frac{Ww'}{2400}$$
$$Ww' = 244.45kg$$

Peso cemento en libras

$$\frac{W_c}{W_t} = \frac{W_{c'}}{W_{conc}}$$
$$\frac{374.70}{2096.89} = \frac{W_{c'}}{2400}$$
$$W_{c'} = 428.86 \text{ kg}$$

Peso grava en libras

$$\frac{W_g}{W_t} = \frac{W_{g'}}{W_{conc}}$$
$$\frac{898.77}{2096.89} = \frac{W_{g'}}{2400}$$
$$W_{g'} = 1028.69 \text{ kg}$$

Peso arena en libras

$$\frac{W_s}{W_t} = \frac{W_{s'}}{W_{conc}}$$
$$\frac{609.84}{2096.89} = \frac{W_{s'}}{2400}$$
$$W_{s'} = 697.99 \text{ kg}$$

Peso total en lb

$$W_{w'} + W_{c'} + W_{g'} + W_{s'} = W_{conc}$$
$$2399.99 = 2400 \text{ OK}$$

Corrección de agua

%AL grava= 1.93%

%AL arena= 2.47%

$$W_{wg} = + \frac{1.93}{100} * 244.45 = -4.72$$
$$W_{ws} = + \frac{2.47}{100} * 697.99 = -17.24$$
$$W_{wf} = 244.45 - 4.72 - 17.24 = 222.49 \text{ kg} = 490.51 \text{ lb}$$
$$490.51 \text{ lb} \times \frac{1 \text{ pie}^3}{62.4 \text{ lb}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{35.28 \text{ pie}^3} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 223 \text{ lt}$$

La dosificación real que se utilizó se demuestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Dosificación f'c 4000

Material	Cantidad
Cemento	460 kg
Arena	815 kg
Grava	900 kg
Agua	189 lt

Fuente: Propia

El volumen necesario para realizar los 6 cilindros es 0.05m³, por lo cual se debe realizar una conversión de la dosificación mostrada en la Tabla 3, así evitar el desperdicio de concreto.

Calculo mezcla control

$$Cemento = \frac{460 \text{ kg}}{m^3} \times 0.05m^3 = 23 \text{ kg}$$

$$Arena = \frac{815 \text{ kg}}{m^3} \times 0.05m^3 = 40.75 \text{ kg}$$

$$Grava = \frac{900 \text{ kg}}{m^3} \times 0.05m^3 = 45 \text{ kg}$$

$$Agua = \frac{189 \text{ lt}}{m^3} \times 0.05m^3 = 9.45 \text{ lt}$$

Se utilizaron porcentajes de 10, 20 y 30% de residuos de plásticos, se tomaron estos datos basándose en las tesis mencionadas anteriormente, ya que se trabajaba con un rango de 10 a 50%, además que se busca reducir la contaminación por plástico y mitigar el impacto ambiental de la obra civil, porcentajes menores no influenciarían.

Calculo mezcla con 10% de residuos de plástico

$$Cemento = \frac{460 \text{ kg}}{m^3} \times 0.05m^3 = 23 \text{ kg}$$

$$Grava = \frac{900 \text{ kg}}{m^3} \times 0.05m^3 = 45 \text{ kg}$$

$$Agua = \frac{189 \text{ lt}}{m^3} \times 0.05m^3 = 9.45 \text{ lt}$$

Se realizó un ensayo para obtener el peso específico del plástico y la arena, de este modo se podría realizar una conversión en volumen del material.

Se quitará 10% de la arena.

$$\text{Arena a utilizar} = \text{cantidad de arena} \times 0.9 = \frac{815 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times 0.9 = \frac{733.5 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times 0.05\text{m}^3 = 36.68 \text{ kg}$$

$$\text{Cantidad arena} - \text{arena a utilizar} = \text{arena a sustituir}$$

$$815 \text{ kg} - 733.5 \text{ kg} = 81.5 \text{ kg}$$

$$\text{Volumen arena a sustituir} = \frac{\text{arena a sustituir}}{\text{peso especifico arena}} = \frac{81.5 \text{ kg}}{1211 \text{ kg/m}^3} = 0.067 \text{ m}^3$$

$$\text{Plástico a utilizar} = \text{volumen arena a sustituir} \times \text{peso especifico plastico}$$

$$\begin{aligned} \text{Plástico a utilizar} &= 0.067 \text{ m}^3 \times 425 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 28.602 \text{ kg (por cada m}^3 \text{ de concreto)} \times 0.05\text{m}^3 \\ &= 1.430 \text{ kg} \end{aligned}$$

Calculo mezcla con 20% de residuos de plástico

$$\text{Cemento} = \frac{460 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times 0.05\text{m}^3 = 23 \text{ kg}$$

$$\text{Grava} = \frac{900 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times 0.05\text{m}^3 = 45 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = \frac{189 \text{ lt}}{\text{m}^3} \times 0.05\text{m}^3 = 9.45 \text{ lt}$$

Se quitará 20% de la arena.

$$\text{Arena a utilizar} = \text{cantidad de arena} \times 0.8 = \frac{815 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times 0.8 = \frac{652 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times 0.05\text{m}^3 = 32.6 \text{ kg}$$

$$\text{Cantidad arena} - \text{arena a utilizar} = \text{arena a sustituir}$$

$$815 \text{ kg} - 652\text{kg} = 163 \text{ kg}$$

$$\text{Volumen arena a sustituir} = \frac{\text{arena a sustituir}}{\text{peso especifico arena}} = \frac{163 \text{ kg}}{1211 \text{ kg/m}^3} = 0.135 \text{ m}^3$$

$$\text{Plástico a utilizar} = \text{volumen arena a sustituir} \times \text{peso especifico plastico}$$

$$\begin{aligned} \text{Plástico a utilizar} &= 0.135 \text{ m}^3 \times 425 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 57.205 \text{ kg (por cada m}^3 \text{ de concreto)} \times 0.05 \text{ m}^3 \\ &= 2.86 \text{ kg} \end{aligned}$$

Calculo mezcla con 30% de residuos de plástico

$$\text{Cemento} = \frac{460 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times 0.05 \text{ m}^3 = 23 \text{ kg}$$

$$\text{Grava} = \frac{900 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times 0.05 \text{ m}^3 = 45 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = \frac{189 \text{ lt}}{\text{m}^3} \times 0.05 \text{ m}^3 = 9.45 \text{ lt}$$

Se quitará 30% de la arena.

$$\text{Arena a utilizar} = \text{cantidad de arena} \times 0.7 = \frac{815 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times 0.7 = \frac{570.5 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times 0.05 \text{ m}^3 = 28.53 \text{ kg}$$

$$\text{Cantidad arena} - \text{arena a utilizar} = \text{arena a sustituir}$$

$$815 \text{ kg} - 570.5 \text{ kg} = 244.5 \text{ kg}$$

$$\text{Volumen arena a sustituir} = \frac{\text{arena a sustituir}}{\text{peso especifico arena}} = \frac{244.5 \text{ kg}}{1211 \text{ kg/m}^3} = 0.202 \text{ m}^3$$

$$\text{Plástico a utilizar} = \text{volumen are a sustituir} \times \text{peso especifico plastico}$$

$$\begin{aligned} \text{Plástico a utilizar} &= 0.202 \text{ m}^3 \times 425 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 85.81 \text{ kg (por cada m}^3 \text{ de concreto)} \times 0.05 \text{ m}^3 \\ &= 4.29 \text{ kg} \end{aligned}$$

El resumen de las proporciones de mezcla para la muestra control y las respectivas muestras con porcentajes de plástico que se utilizaron para fabricar la mezcla utilizada para la realización de los cilindros se desglosa en la Tabla 10 a continuación.

Tabla 10. Proporciones para mezclas.

	Mezcla control	Mezcla con 10% de residuos de plástico	Mezcla con 20% de residuos de plástico	Mezcla con 30% de residuos de plástico
Material	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad
Cemento	23 kg	23 kg	23 kg	23 kg
Arena	40.75 kg	36.68 kg	32.6 kg	28.53 kg
Grava	45 kg	45 kg	45 kg	45 kg
Agua	9.45 lt	9.45 lt	9.45 lt	9.45 lt
Residuos de plástico	-	1.43 kg	2.86 kg	4.29 kg

Fuente: Propia

Como se puede observar los únicos datos que varían son los pesos de arena y plástico, los demás valores se mantienen constantes en todo momento.

5.3 REVENIMIENTO

Los revenimientos fueron tomados inmediatamente después de que la mezcla se vertiera en la carreta y antes de comenzar con el llenado de los cilindros.

La Tabla 11 muestra los resultados obtenidos del ensayo de revenimiento con el cono. Las tres mezclas que contienen residuos de plástico obtuvieron un revenimiento menor al de la muestra control, este es un dato bastante curioso ya que lo agregados plásticos de alguna manera alteraron la cantidad de agua en la mezcla a modo de obtener un revenimiento menor.

Cabe mencionar que la mezcla control tenía una consistencia adecuada y al momento de agregarle plástico se hacía más pastosa.

Tabla 11. Revenimiento

Mezcla	Revenimiento (pulgadas)
Control	7
10%	5 ½
20%	5 ¼
30%	4

Fuente: Propia

La adhesión de plástico a la mezcla genera cambios en su composición, la mezcla pierde trabajabilidad ya que se vuelve más pastosa, además que se puede observar una elevada exudación a medida se aumenta el porcentaje de plástico, esto se debe a la ausencia de absorción que tiene dicho material.

En las Figuras 21-24 se observa la medición del revenimiento de la mezcla control y las mezclas con los distintos porcentajes de plástico.



Figura 17. Revenimiento mezcla control.

Fuente: Propia

Se puede observar una mezcla con consistencia adecuada y el revenimiento está dentro del rango de diseño. La mezcla tenía una trabajabilidad adecuada, por lo cual su manejo fue bastante fácil al momento de la fabricación de los cilindros.



Figura 18. Revenimiento mezcla con 10% de plástico.

Fuente: Propia

A medida que se agregaba plástico a la mezcla esta perdía su trabajabilidad, por esta razón se obtuvo una disminución en el revenimiento.



Figura 19. Revenimiento mezcla con 20% de plástico.

Fuente: Propia

Al reemplazar el 20% de la arena por plástico se observó nuevamente una pérdida aun mayor de la trabajabilidad y consistencia, el plástico estaba alterando la presencia del agua en la mezcla.



Figura 20. Revenimiento mezcla con 30% de plástico.

Fuente: Propia

Con respecto a reemplazar porcentajes de arena por residuos de plástico se observa que se necesitaba un poco más de mezclado entre todos los materiales para homogenizar la mezcla, como se mencionó anteriormente, la trabajabilidad de la mezcla disminuyó debido a que el plástico hacía más pastosa la mezcla al utilizar la misma cantidad de agua.

Cabe mencionar que al aumentar el porcentaje de plástico en la mezcla se observaba más exudación o sangrado del concreto, que es una forma de segregación en la cual una parte del agua de la mezcla tiende a elevarse a la superficie del concreto recién colado, el cual es provocado por el asentamiento de los materiales. Además, se presenta cuando los materiales del concreto no pueden retener toda el agua de la mezcla. El sangrado sucede naturalmente en el concreto, pero se debe evitar el exceso de exudación cuidando la proporción de agua-cemento-agregado.

5.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia a la compresión del concreto con diferentes porcentajes de agregados de residuos de plástico se determinó mediante el ensayo ASTM C39, a continuación, se presentan los resultados a 7, 14 y 28 días.

5.4.1 RESULTADOS A LOS 7 DÍAS

En la Tabla 12 se presentan los datos obtenidos de las pruebas de compresión a 7 días de la mezcla control y las respectivas mezclas con distinto porcentajes de plástico.

Tabla 12. Resistencia a la compresión a los 7 días.

Cilindro Control						
Fecha	Días	Fuerza (lbs)	Esfuerzo(psi)	Promedio	Resistencia por cumplir	
20/12/2017	7	114350	4044	4008.63	4000	100.22%
20/12/2017	7	112330	3973			
Cilindro 30% Plástico						
Fecha	Días	Fuerza (lbs)	Esfuerzo(psi)	Promedio	Resistencia por cumplir	
20/12/2017	7	54000	1910	1959.93	4000	49.00%
20/12/2017	7	56830	2010			
Cilindro 20% Plástico						
Fecha	Días	Fuerza (lbs)	Esfuerzo(psi)	Promedio	Resistencia por cumplir	
20/12/2017	7	65480	2316	2365.60	4000	59.14%
20/12/2017	7	68290	2415			
Cilindro 10% Plástico						
Fecha	Días	Fuerza (lbs)	Esfuerzo(psi)	Promedio	Resistencia por cumplir	
20/12/2017	7	85310	3017	2997.81	4000	74.95%
20/12/2017	7	84210	2978			

Fuente: Propia

Una vez realizadas las pruebas correspondientes, se puede determinar la tendencia que se obtiene a partir de los resultados.

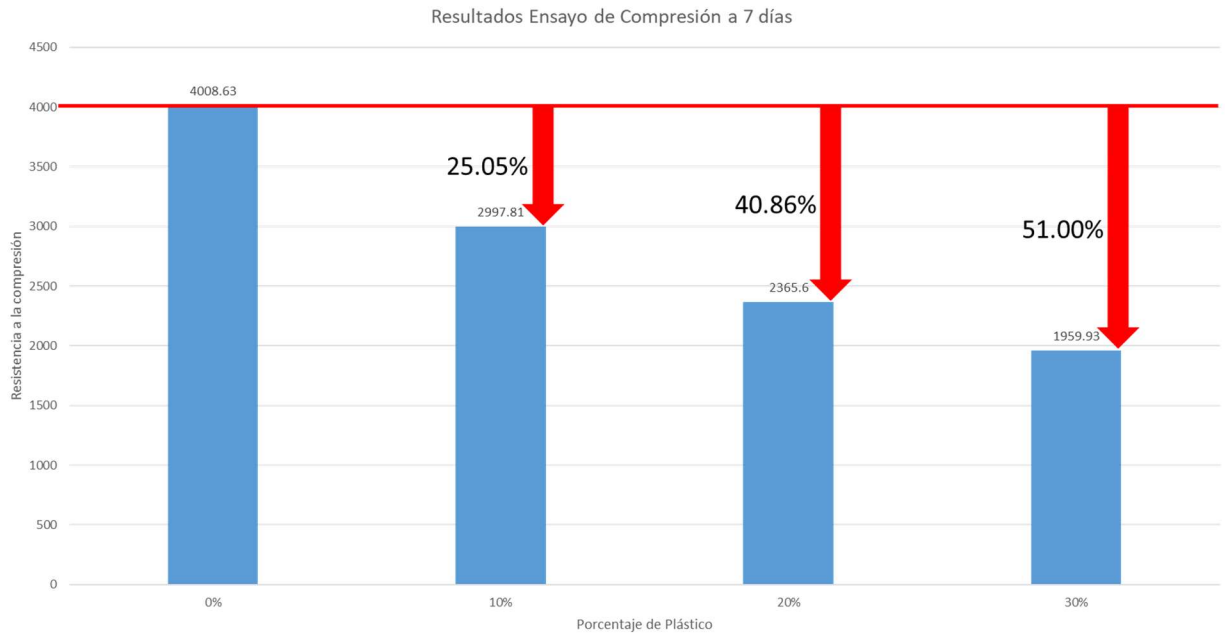


Figura 21. Gráfico de resistencia a la compresión a 7 días.

Fuente: Propia

La mezcla control es la única que ha alcanzado la resistencia de diseño. Se puede observar que hay un decremento de 25.05% para la mezcla con 10% de plástico, 40.86% para la mezcla con 20% de plástico y 51% para la mezcla con 30% de plástico en la resistencia a la compresión.

5.4.2 RESULTADOS A LOS 14 DÍAS

En la Tabla 13 se presentan los datos obtenidos de las pruebas de compresión a 14 días de la mezcla control y las respectivas mezclas con distinto porcentajes de plástico.

Tabla 13. Resistencia a la compresión a los 14 días.

Cilindro Control						
Fecha	Días	Fuerza (lbs)	Esfuerzo(psi)	Promedio	Resistencia por cumplir	
27/12/2017	14	120350	4257	4385.53	4000	109.64%
27/12/2017	14	127643	4515			
Cilindro 30% Plástico						
Fecha	Días	Fuerza (lbs)	Esfuerzo(psi)	Promedio	Resistencia por cumplir	
27/12/2017	14	59211	2094	2305.05	4000	57.63%
27/12/2017	14	71135	2516			
Cilindro 20% Plástico						
Fecha	Días	Fuerza (lbs)	Esfuerzo(psi)	Promedio	Resistencia por cumplir	
27/12/2017	14	78744	2785	2539	4000	63.48%
27/12/2017	14	64831	2293			
Cilindro 10% Plástico						
Fecha	Días	Fuerza (lbs)	Esfuerzo(psi)	Promedio	Resistencia por cumplir	
27/12/2017	14	85578	3027	3177.5	4000	79.44%
27/12/2017	14	94085	3328			

Fuente: Propia

Una vez realizadas las pruebas correspondientes, se realizará el respectivo análisis de los datos.

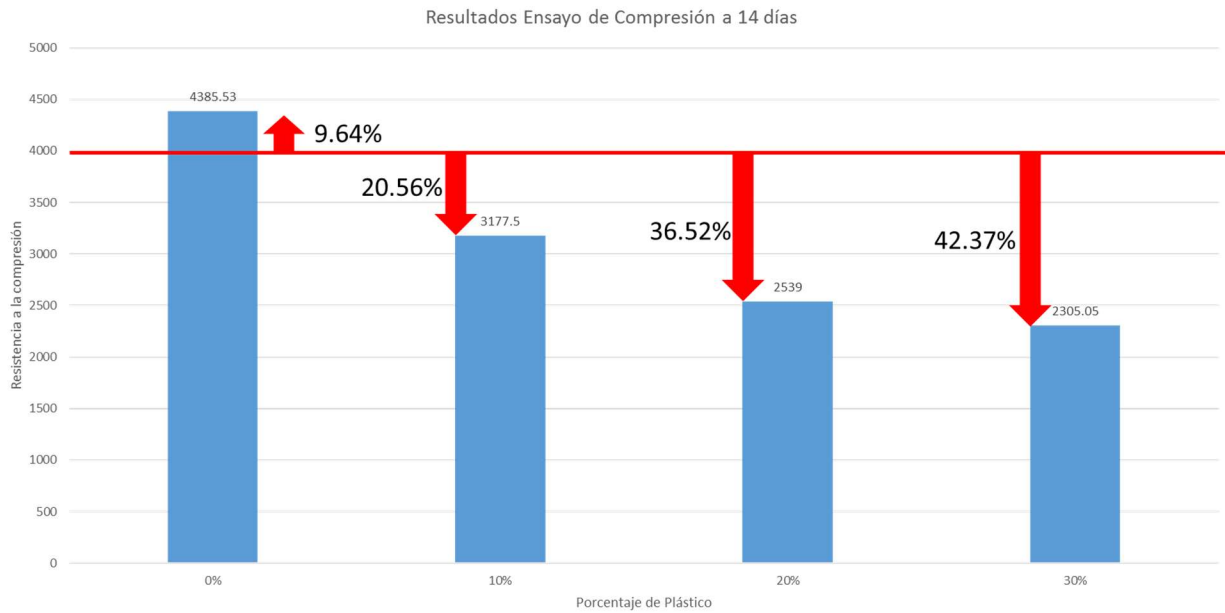


Figura 22. Gráfico de resistencia a la compresión a 14 días.

Fuente: Propia

Se observa que la tendencia se mantiene al haber un decremento en la resistencia a la compresión cuando se incrementa el contenido de residuos de plástico. Los resultados indican un decremento del 20.56% para la mezcla con 10% de plástico, 36.52% para la mezcla con 20% de plástico y 42.37% para la mezcla con 30% de plástico.

5.4.3 RESULTADOS A LOS 28 DÍAS

En la Tabla 14 se presentan los datos obtenidos el 10 de enero del 2018 de las pruebas de compresión a 28 días de la mezcla control y las respectivas mezclas con distinto porcentajes de plástico.

Tabla 14. Resistencia a la compresión a los 28 días (10/01/18).

Cilindro Control						
Fecha	Días	Fuerza (lbs)	Esfuerzo(psi)	Promedio	Resistencia por cumplir	
10/1/2018	28	125338	4433	4398.99	4000	109.97%
10/1/2018	28	123416	4365			
Cilindro 30% Plástico						
Fecha	Días	Fuerza (lbs)	Esfuerzo(psi)	Promedio	Resistencia por cumplir	
10/1/2018	28	75265	2662	2679.99	4000	67.00%
10/1/2018	28	76283	2698			
Cilindro 20% Plástico						
Fecha	Días	Fuerza (lbs)	Esfuerzo(psi)	Promedio	Resistencia por cumplir	
10/1/2018	28	95707	3385	3418.48	4000	85.46%
10/1/2018	28	97601	3452			
Cilindro 10% Plástico						
Fecha	Días	Fuerza (lbs)	Esfuerzo(psi)	Promedio	Resistencia por cumplir	
10/1/2018	28	101192	3579	3600.48	4000	90.01%
10/1/2018	28	102408	3622			

Fuente: Propia

A continuación, se presenta una gráfica o diagrama de barras con los resultados obtenidos a 28 días, a modo de observar mejor el comportamiento a compresión.

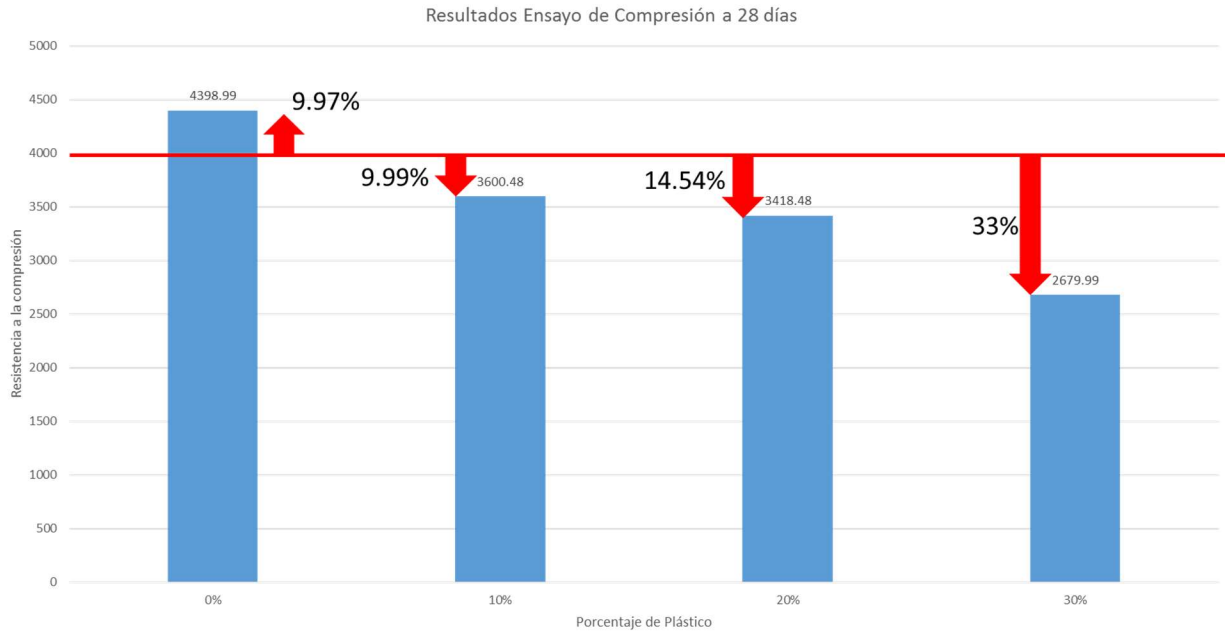


Figura 23. Gráfico de resistencia a la compresión a 28 días (10/01/18).

Fuente: Propia

Se observa que el resultado a 28 días de la mezcla con 10% de residuos de plástico cumple en un 90.01% con respecto a la resistencia de diseño f'_c 4000psi. Al mismo modo se observa un decremento en la resistencia del 9.99% en la mezcla con 10% de plástico, 14.54% en la mezcla con 20% de plástico y 33% en la mezcla con 30% de plástico. Los resultados a los 28 días para la mezcla con 10% de plástico llaman mucho la atención ya que se acerca al valor de diseño, por lo cual se consideró realizar nuevamente cilindros y considerar una corrección de humedad para obtener nuevos resultados y determinar si con 10% de plástico se puede cumplir con la resistencia de diseño.

Se realizó nuevamente el ensayo a 28 días con 3 cilindros más, esto con el fin de complementar el ensayo a cortante, en la Tabla 15 se presentan los resultados.

Se lavo el plástico y se dejó secando por 3 días para asegurar que no alterara la mezcla por la presencia de impurezas orgánicas.



Figura 24. Proceso de lavado del plástico.

Fuente: Propia

En la figura 24 se observa el proceso de limpieza, se utilizaron tamices para sostener el material y se lavó con agua a presión. Luego el material se colocó en bolsas para dejarlo secar.



Figura 25. Proceso de secado del plástico.

Fuente: Propia

El plástico se dejó secar durante 3 días para no insertar humedad adicional a la mezcla ya que esta no se consideró en el diseño.

Las mezclas se realizaron utilizando la misma dosificación, solo se realizó la corrección por humedad necesaria. Se elaboraron 3 cilindros en de cada mezcla para ensayarlos a 28 días junto con las vigas.



Figura 26. Cilindros fase 2.

Fuente: Propia

En la figura 26 se observan los moldes utilizados para realizar los cilindros y algunos ya estaban terminados. En esta ocasión se utilizó curador en los cilindros y se cubrieron con una bolsa, esto se realizó para asemejar el proceso de curado con el de las vigas.



Figura 27. Cilindros, colocación de bolsa.

Fuente: Propia

Se colocó una bolsa en cada cilindro y se ajustó con un hule para conservar la humedad en la cara de este. Al día siguiente se desmoldaron y se colocaron en la pila para continuar el proceso de curado, hasta cumplir la edad de 28 días. Luego se sacaron los cilindros de la pila y se ensayaron

en estado saturado con superficie seca, se probaron hasta la ruptura y se obtuvo un promedio de los tres. Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión, ASTM C39, en cada uno de los cilindros y se tabularon los datos obtenidos en la Tabla 15 a continuación.

Tabla 15. Resistencia a la compresión a los 28 días (15/03/18).

Cilindro Control						
Fecha	Días	Fuerza (lbs)	Esfuerzo(psi)	Promedio	Resistencia por cumplir	
15/3/2018	28	126789	4484			
15/3/2018	28	126859	4487	4487.63	4000	112.19%
15/3/2018	28	127002	4492			
Cilindro 30% Plástico						
Fecha	Días	Fuerza (lbs)	Esfuerzo(psi)	Promedio	Resistencia por cumplir	
15/3/2018	28	75320	2664			
15/3/2018	28	76590	2709	2754.47	4000	68.86%
15/3/2018	28	81730	2891			
Cilindro 20% Plástico						
Fecha	Días	Fuerza (lbs)	Esfuerzo(psi)	Promedio	Resistencia por cumplir	
15/3/2018	28	107840	3814			
15/3/2018	28	99350	3514	3710.59	4000	92.76%
15/3/2018	28	107550	3804			
Cilindro 10% Plástico						
Fecha	Días	Fuerza (lbs)	Esfuerzo(psi)	Promedio	Resistencia por cumplir	
15/3/2018	28	116690	4127			
15/3/2018	28	124760	4413	4205.87	4000	105.15%
15/3/2018	28	115300	4078			

Fuente: Propia

Se observa que la resistencia a la compresión de la mezcla con 10% de residuos de plástico supera la resistencia de diseño en un 5.15%, este resultado es bastante positivo ya que demuestra que se podría utilizar el plástico en el concreto si se controla la exudación.

A continuación, se presenta un gráfico de barras, Figura 24, para una mejor visualización de los resultados obtenidos.

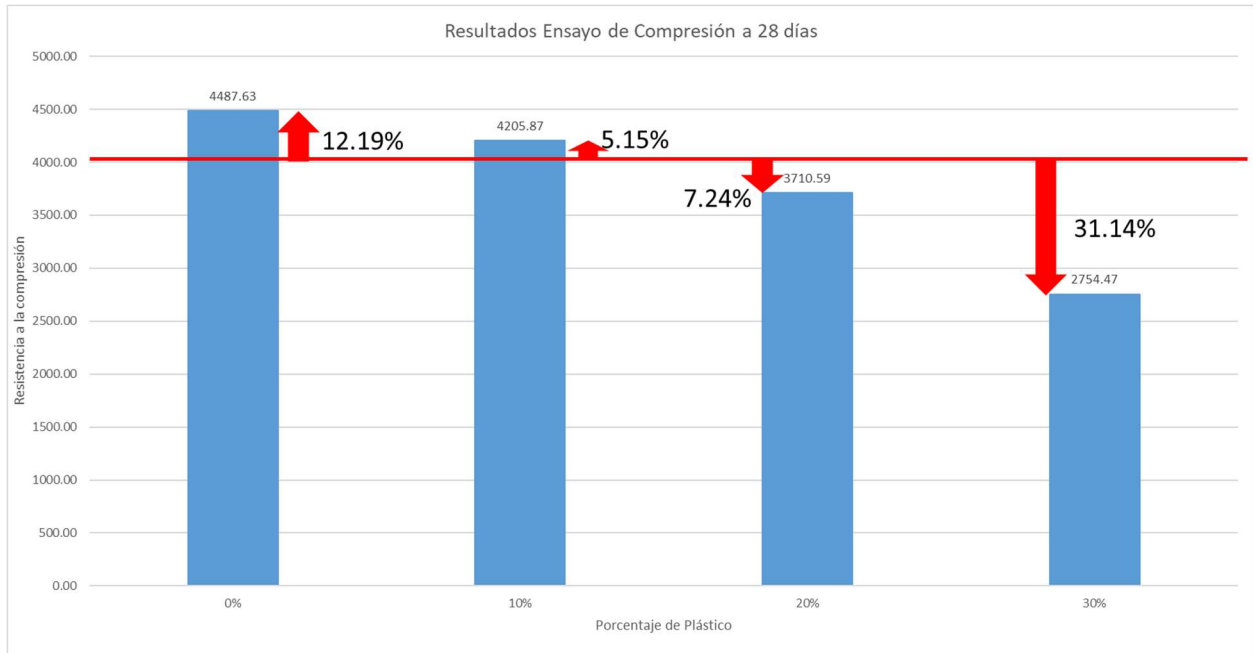


Figura 28. Gráfico de resistencia a la compresión a 28 días (15/03/18).

Fuente: Propia

La resistencia obtenida a 28 días para la mezcla con 10% de residuos plásticos es 4205.87 psi, esta 205.87 psi sobre la resistencia de diseño por lo cual cumple en un 5.15%. La resistencia obtenida para la mezcla de 20% de plástico aumento en el segundo ensayo y solo está 7.24% por debajo de la resistencia de diseño, esto se debe a los cuidados adicionales que se tuvieron con las mezclas, controlando el agua y curado.

Cabe mencionar que los valores decremantan en comparación a la mezcla control, la resistencia con 10% de plástico cumple con la resistencia de diseño, pero esta 6.28% por debajo de la mezcla control.

5.4.4 ANÁLISIS DE FISURAS

Luego del quiebre de los cilindros en la segunda fase del proyecto, se realizó el análisis de fisuras basado en la norma ASTM C-39 en la cual se presenta un esquema de los modelos de fractura típicos (v. Anexo 2).



Figura 29. Cilindro 1 Mezcla Control.

Fuente: Propia

Este espécimen de concreto presento en su ruptura una falla tipo 5 en el cual según la norma ASTM C-39 son fracturas en los lados en las partes superior o inferior, ocurre normalmente con cabezales no adheridos.



Figura 30. Cilindro 2 Mezcla Control.

Fuente: Propia

El cilindro 2 de mezcla control también presento una falla tipo 5, presentan fracturas en los lados superior o inferior.



Figura 31. Cilindro 1 Mezcla Con 10% De Plástico.

Fuente: Propia

Este espécimen de concreto ya con una adición de 10% de plástico presento una falla similar a los cilindros de control una falla tipo 5 lo cual conocemos que son fracturas en los lados ya sea en la parte superior o inferior del espécimen de concreto.



Figura 32. Cilindro 2 Mezcla Con 10% De Plástico.

Fuente: Propia

Este espécimen no se observa una falla predominante por lo cual no se puede clasificar como una falla típica o fallas clasificadas en las normas ASTM.



Figura 33. Cilindro 3 Mezcla Con 10% De Plástico.

Fuente: Propia

Este cilindro presento una falla tipo 5, fractura en uno de sus lados.



Figura 34. Cilindro 1 Mezcla Con 20% De plástico.

Fuente: Propia

Este espécimen de presenta una falla tipo 6 según la norma ASTM C-39, la cual plantea que es similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo igual presenta fractura en sus lados.



Figura 35. Cilindro 2 Mezcla Con 20% De Plástico.

Fuente: Propia

El espécimen de concreto con 20% de adición de plástico tuvo fracturas en sus lados en la parte superior e inferior del cilindro, se calificó como una falla tipo 5.



Figura 36. Cilindro 3 Mezcla Con 20% de Plástico.

Fuente: Propia

Observando la manera en que el espécimen fallo, se caracteriza que tuvo una falla tipo 5, igual que los demás cilindros presento fisuras en sus lados.



Figura 37. Cilindro 1 Mezcla Con 30% De Plástico.

Fuente: Propia

Se analizó el tipo de fractura y se concluyó que es un tipo de fractura tipo 5, se observa que la mayoría de los especímenes con adición de plástico generaron una falla de este tipo.



Figura 38. Cilindro 2 Mezcla Con 30% De Plástico.

Fuente: Propia

Este tipo de fracturas se caracteriza por tener fisuras en sus lados ya sea inferior o superior del espécimen de concreto, por lo que se concluye como falla de tipo 5.



Figura 39. Cilindro 3 Mezcla Con 30% De Plástico.

Fuente: Propia

Se concluye con la revisión de fallas del ultimo espécimen de concreto con 30% de adición de plástico, se observó que como la mayoría de los demás especímenes de concreto con adición de plástico presento una falla tipo 5.

5.5 PESO UNITARIO

Se realizo el ensayo de peso unitario para determinar el efecto del plástico en el peso de la mezcla, en la Tabla 16 se presentan los resultados obtenido para el ensayo.

Tabla 16. Resultados Peso Unitario.

Mezcla	Peso(kg)	Peso Unitario(kg/m3)	Variación
Control	32.58	2301.11	-
10%	32.18	2272.86	28.25
20%	31.28	2209.29	91.82
30%	29.98	2117.47	183.64

Fuente: Propia

Se observa que se va reduciendo el peso unitario conforme se incrementa el porcentaje de plástico en cada una de las mezclas estudiadas. En la Figura 53 se observa la reducción en unidades de kg/m3.

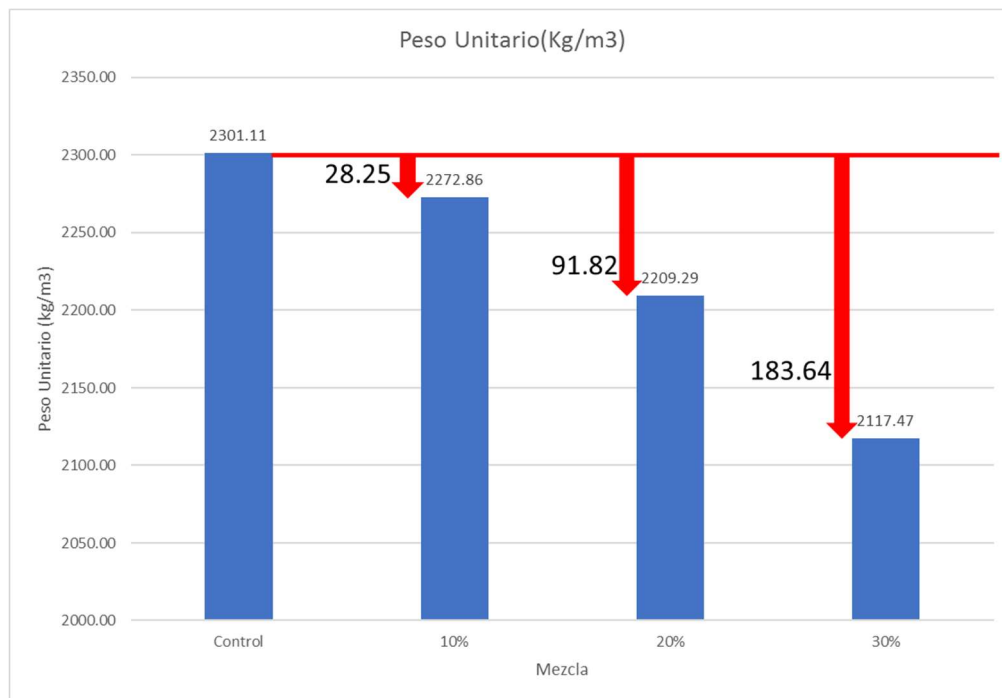


Figura 40. Gráfico Resultado de Peso Unitario.

Fuente: Propia

En la figura 41 se observa el molde utilizado para el ensayo y la balanza digital, este molde esta normado en base a las normas ASTM.



Figura 41. Ensayo de Peso Unitario

Fuente: Propia

Se realizaron las mezclas, luego se realizaba el ensayo de peso unitario, los cilindros y las vigas.

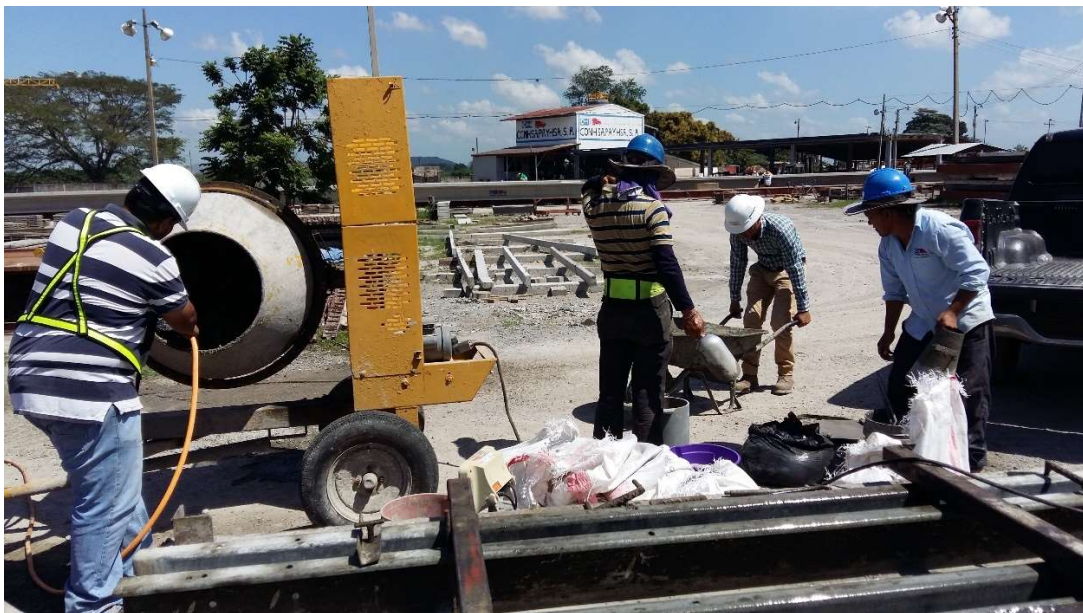


Figura 42. Proceso de fabricación de la mezcla.

Fuente: Propia

El personal de CONHSA PAYHSA ayudó durante el proceso de fabricación de los elementos.

5.7 RESISTENCIA AL CORTANTE

Se realizó el ensayo de resistencia al cortante para determinar el efecto que ocurre al adicionar residuos de plástico en el concreto, se realizaron 8 elementos de 3 pulgadas de ancho y 6 pulgadas de alto, con una longitud de un metro. Los elementos se fabricaron en una bancada de la empresa CONHSA PAYHSA S.A, se colocaron unos separadores a la distancia de 1 metros y se soldaron. Se fabricaron las mezclas de las cuales se hicieron 3 cilindros como mencionado anteriormente y las 2 vigas para cada una. Luego se procedió al vibrado de los elementos como se muestra a continuación.



Figura 43. Vibrado de vigas control.

Fuente: Propia

El personal de la empresa muy amablemente colaboró con la fabricación de los elementos y también durante la realización de los ensayos de ruptura.



Figura 44. Vibrado de elementos.

Fuente: Propia.



Figura 45. Vigas control (derecha) y vigas mezcla 10% (izquierda).

Fuente: Propia

En la Figura 45 se puede observar las vigas dentro de la bancada una vez ya se habían colado, vibrado y pulido. Se les colocó una capa de curador para evitar fisuras por contracción del concreto y luego se cubrieron con una lona para conservar la humedad.



Figura 46. Curador aplicado sobre la viga.

Fuente: Propia

Dos días después se procedió a desmoldar los elementos ya que al día siguiente no se logró hacer por movimientos dentro de la empresa. Para desmoldar las vigas se utilizó un montacargas y eslingas, las cuales se amarraron en los ganchos de levante que se les colocaron a las vigas durante el colado. En la Figura 47 se puede observar el procedimiento.



Figura 47. Proceso para sacar las vigas de la bancada.

Fuente: Propia

Las vigas se colocaron en la misma pila que los cilindros para el curado durante 28 días. Luego al cumplir la edad se sacaron y se realizó el ensayo de ruptura a cortante.



Figura 48. Proceso de curación de elementos.

Fuente: Propia



Figura 49. Proceso de curado de vigas.

Fuente: Propia

Para realizar el ensayo se creó un montaje, primeramente, se colocó un tanque de concreto prefabricado que servirá de soporte, luego se amarro una cadena alrededor del mismo, la cual estaba unida a otra cadena que estaba amarrada con la "señorita", esta herramienta fue la que se

utilizó para generar la fuerza de ruptura en los elementos. Del otro extremo de la “señorita” se colocó un dinamómetro para medir la fuerza. Las vigas se empotraron 50 cms. y la fuerza se colocó a 20 cms. del extremo libre de la viga.



Figura 50. Montaje para ensayo de cortante.

Fuente: Propia

Para empotrar la viga se utilizó un montaje de dos cabezales de concreto donde se colocó la viga y luego utilizando una viga de madera se sostuvo el elemento colocando algunas cuñas para evitar los movimientos dentro del cabezal a modo que existiera un empotramiento total del elemento. La viga se amarro con alambre de amarre al dinamómetro.

5.7.1 RESULTADOS A LOS 28 DÍAS

Los elementos se ensayaron a 28 días en el montaje descrito anteriormente, a continuación, se presentan los resultados obtenidos para el ensayo.



Figura 51. Vigas al finalizar el ensayo.

Fuente: Propia

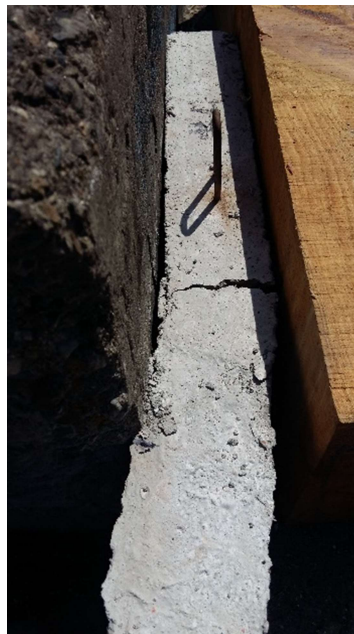


Figura 52. Falla típica observada en las vigas.

Fuente: Propia

En la figura 52 se observa la falla típica que se generó en los elementos, todos los elementos fallaron dentro del empotramiento, esto se debe a una serie de circunstancias que se describen en la sección 5.7.2.

En la tabla 17 se presentan los resultados obtenidos para el ensayo a cortante, luego se explican los cálculos realizados para obtenerlos.

Tabla 17. Resultados ensayo de cortante a 28 días.

Mezcla	F'c (psi)	Vc teórico (lb)	Vc real (lb)	Vc experimental (lb)	Esfuerzo cortante permisible teórico (psi)	Esfuerzo cortante permisible real (psi)	Esfuerzo cortante experimental (psi)
Control	4487.63	2276.84	2411.63	$\frac{551.16}{496.04}$ 523.60	1800.00	2019.43	29.09
10%	4205.87		2334.70	$\frac{496.04}{551.16}$ 523.60		1892.64	29.09
20%	3710.59		2192.93	$\frac{385.81}{606.27}$ 496.04		1669.77	27.56
30%	2754.47		1889.39	$\frac{165.35}{220.45}$ 192.90		1239.51	10.72

Fuente: Propia

El valor de $f'c$ se obtuvo mediante el ensayo de resistencia a la compresión a 28 días en cilindros de concreto, utilizando la norma ASTM C39 (v. sección 5.4.3).

Para obtener el Vc teórico se utilizó la ecuación 1:

$$V_{c_{teórico}} = 2\sqrt{f'c} \times b \times d = 2\sqrt{4000} \times 3 \times 6 = 2276.84 \text{ lb}$$

Este valor para Vc denominado "teórico" se basa en el $f'c$ de diseño, el cual es 4000 psi, por lo cual es el mismo para todas las mezclas ya que todas se diseñaron en base al mismo $f'c$.

Para obtener el Vc real también se utilizó la ecuación 1, en este caso se utilizó el valor de $f'c$ que se obtuvo en el ensayo de resistencia a la compresión:

Control

$$V_{c_{real}} = 2\sqrt{f'c} \times b \times d = 2\sqrt{4787.63} \times 3 \times 6 = 2411.63 \text{ lb}$$

10%

$$V_{c_{real}} = 2\sqrt{f'c} \times b \times d = 2\sqrt{4205.87} \times 3 \times 6 = 2334.70 \text{ lb}$$

20%

$$Vc_{real} = 2\sqrt{f'c} \times b \times d = 2\sqrt{3710.59} \times 3 \times 6 = 2192.93 \text{ lb}$$

30%

$$Vc_{real} = 2\sqrt{f'c} \times b \times d = 2\sqrt{2754.47} \times 3 \times 6 = 1889.39 \text{ lb}$$

Partiendo de este valor se observa un decremento en el Vc real a medida se aumenta el porcentaje de plásticos en la mezcla, ya que el valor de $f'c$ disminuye y están directamente relacionados, cabe mencionar que con 10% de plástico, a pesar de la disminución en comparación con la mezcla control, el valor de VC real es mayor al Vc teórico.

El Vc experimental se obtuvo mediante el ensayo, se registraba la fuerza ejercida sobre la viga con un dinamómetro, se realizaron 2 vigas por cada mezcla para obtener un promedio. Se observa que el valor experimental está muy por debajo del valor real, esto se debe a múltiples errores que se realizaron en el ensayo, en la sección 5.7.2 se profundiza más sobre estos, se considera que los resultados no representan adecuadamente la fuerza cortante, sin embargo, se realizó un análisis de las fisuras para determinar cómo son las fallas y demás características (v. sección 5.7.2).

Para obtener el esfuerzo cortante permisible teórico se usó la ecuación 5, a continuación.

$$\text{Esfuerzo cortante permisible} = 0.45 f'c$$

Ecuación 5. Esfuerzo cortante permisible.

Fuente: (Nilson, 1999)

$$\text{Esfuerzo cortante permisible}_{teórico} = 0.45 f'c = 0.45 \times 4000 = 1800 \text{ psi}$$

Este valor es igual para todas las mezclas ya que se basa en la resistencia $f'c$ de diseño.

El valor del esfuerzo cortante permisible real se obtiene con la misma ecuación 5, en este caso se utilizó el $f'c$ obtenido mediante ensayo.

Control

$$\text{Esfuerzo cortante permisible}_{teórico} = 0.45 f'c = 0.45 \times 4487.63 = 2019.43 \text{ psi}$$

10%

$$\text{Esfuerzo cortante permisible}_{\text{teórico}} = 0.45 f'c = 0.45 \times 4205.87 = 1892.64 \text{ psi}$$

20%

$$\text{Esfuerzo cortante permisible}_{\text{teórico}} = 0.45 f'c = 0.45 \times 3710.59 = 1669.77 \text{ psi}$$

30%

$$\text{Esfuerzo cortante permisible}_{\text{teórico}} = 0.45 f'c = 0.45 \times 2754.47 = 1239.51 \text{ psi}$$

El esfuerzo cortante experimental se obtuvo mediante la división de la fuerza cortante obtenida en el ensayo y la sección transversal de la viga:

$$\text{Esfuerzo cortante}_{\text{experimental}} = \frac{Vc_{\text{experimental}}}{b \times d}$$

Ecuación 6. Esfuerzo cortante experimental.

Fuente: Propia

Control

$$\text{Esfuerzo cortante}_{\text{experimental}} = \frac{Vc_{\text{experimental}}}{b \times d} = \frac{523.60}{3 \times 6} = 29.09 \text{ psi}$$

10%

$$\text{Esfuerzo cortante}_{\text{experimental}} = \frac{Vc_{\text{experimental}}}{b \times d} = \frac{523.60}{3 \times 6} = 29.09 \text{ psi}$$

20%

$$\text{Esfuerzo cortante}_{\text{experimental}} = \frac{Vc_{\text{experimental}}}{b \times d} = \frac{496.04}{3 \times 6} = 27.56 \text{ psi}$$

30%

$$\text{Esfuerzo cortante}_{\text{experimental}} = \frac{Vc_{\text{experimental}}}{b \times d} = \frac{192.90}{3 \times 6} = 10.72 \text{ psi}$$

Se observa que el valor experimental está muy por debajo del valor real, esto se debe a múltiples errores que se realizaron en el ensayo, por esta razón se considera que los resultados no representan adecuadamente el esfuerzo cortante, sin embargo, se realizó un análisis de las fisuras para determinar cómo son las fallas y demás características (v. sección 5.7.2).

A continuación, se presentan una serie de gráficas para facilitar la comprensión de los resultados obtenidos para la fuerza cortante V_c .

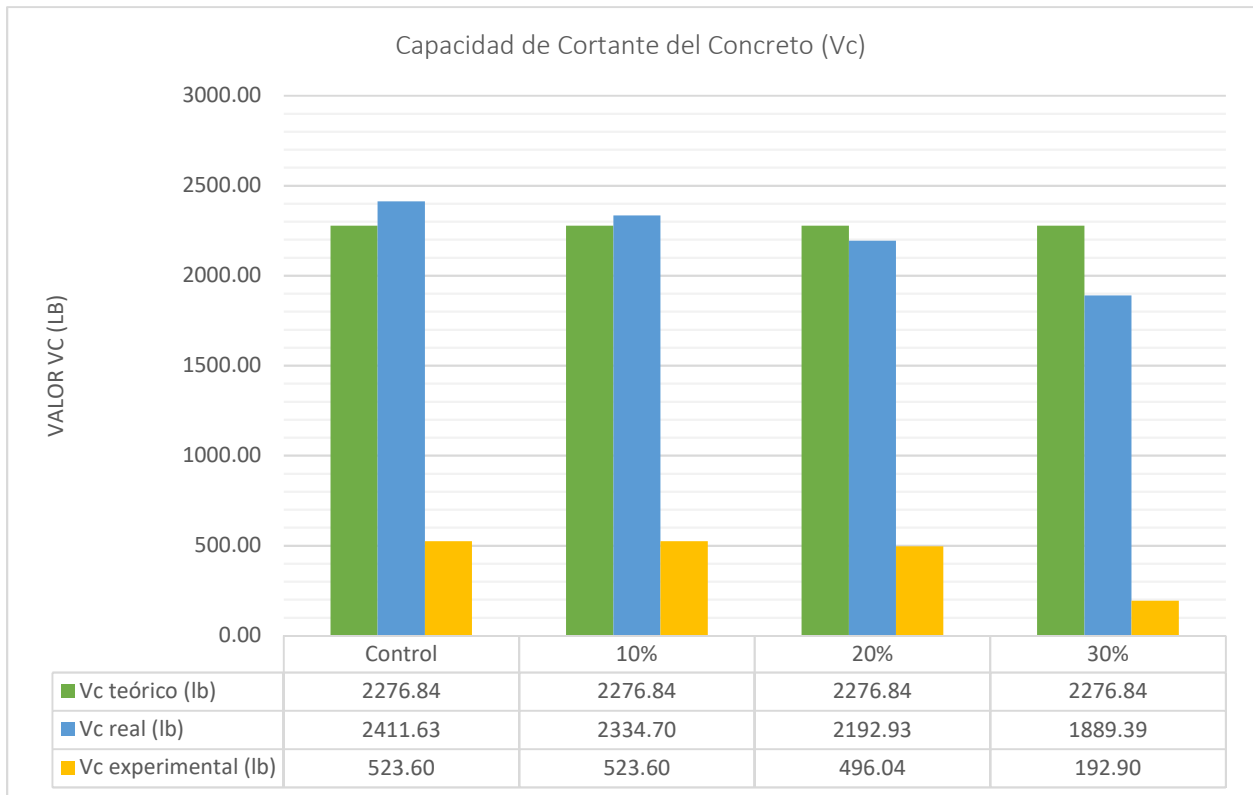


Figura 53. Gráfica de la capacidad cortante del concreto (V_c)

Fuente: Propia

En la figura 53 se observa un condensado de los tres valores de V_c : teórico, real y experimental, como mencionado anteriormente el V_c teórico es constante para todas las mezclas, el V_c real disminuye en comparación con la mezcla control sin embargo sobrepasa el valor del V_c teórico en la mezcla control y 10%. El valor V_c experimental está muy por debajo del valor esperado, por lo cual se recomienda realizar el ensayo nuevamente con mayor precisión.

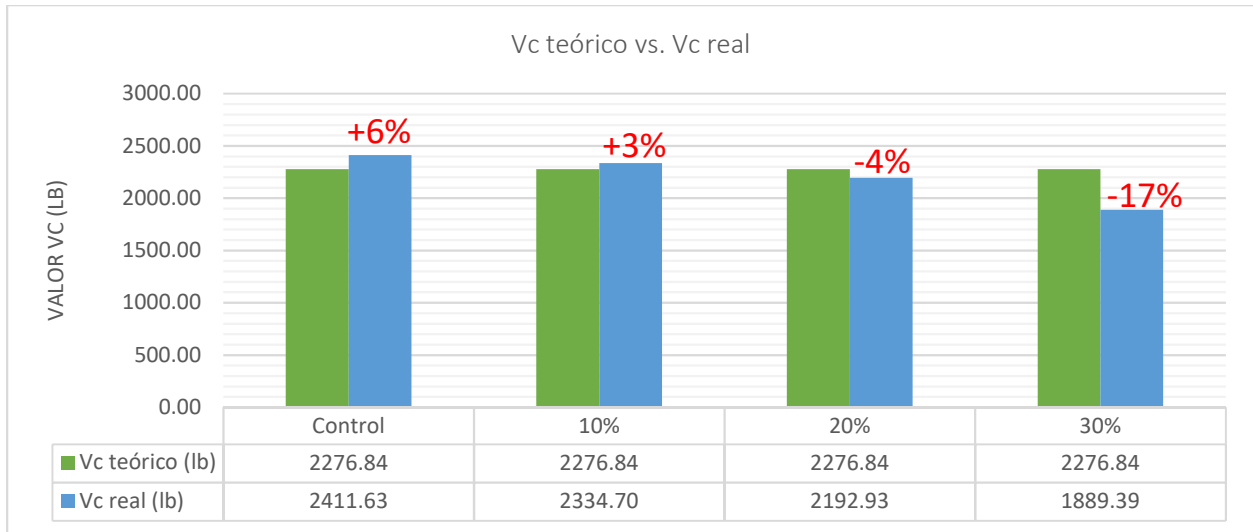


Figura 54. Vc teórico vs Vc real

Fuente: Propia

En la figura 54 se muestra una comparación entre el valor Vc teórico y Vc real para cada mezcla, se observa un aumento del 6% y 3% para las mezclas control y 10% de plástico respectivamente. En las mezclas con 20% y 30% de plástico se aprecia un decremento del 4% y 17%. Con respecto al valor Vc real entre cada mezcla, se puede observar un decremento en comparación con la mezcla control, a medida se incrementa el porcentaje de plástico en la mezcla se reduce el valor de Vc.

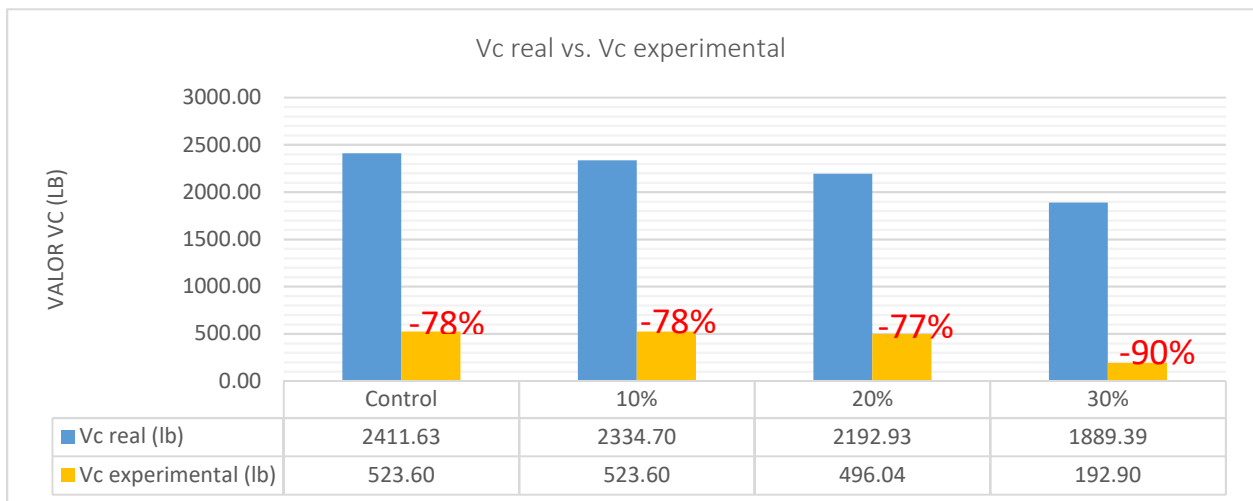


Figura 55. Vc real vs Vc experimental

Fuente: Propia

En la figura 55 se muestra que el valor experimental es mucho menor que el valor real en cada una de las mezclas: 78% para la mezcla control y 10% de plástico, 77% para la mezcla con 20% de plástico y 90% para la mezcla con 30% de plástico. Cabe destacar que, a pesar de los resultados no favorecedores, por razones externas (v. sección 5.7.2), el valor V_c experimental es el mismo para la mezcla control y la mezcla con 10% de plástico

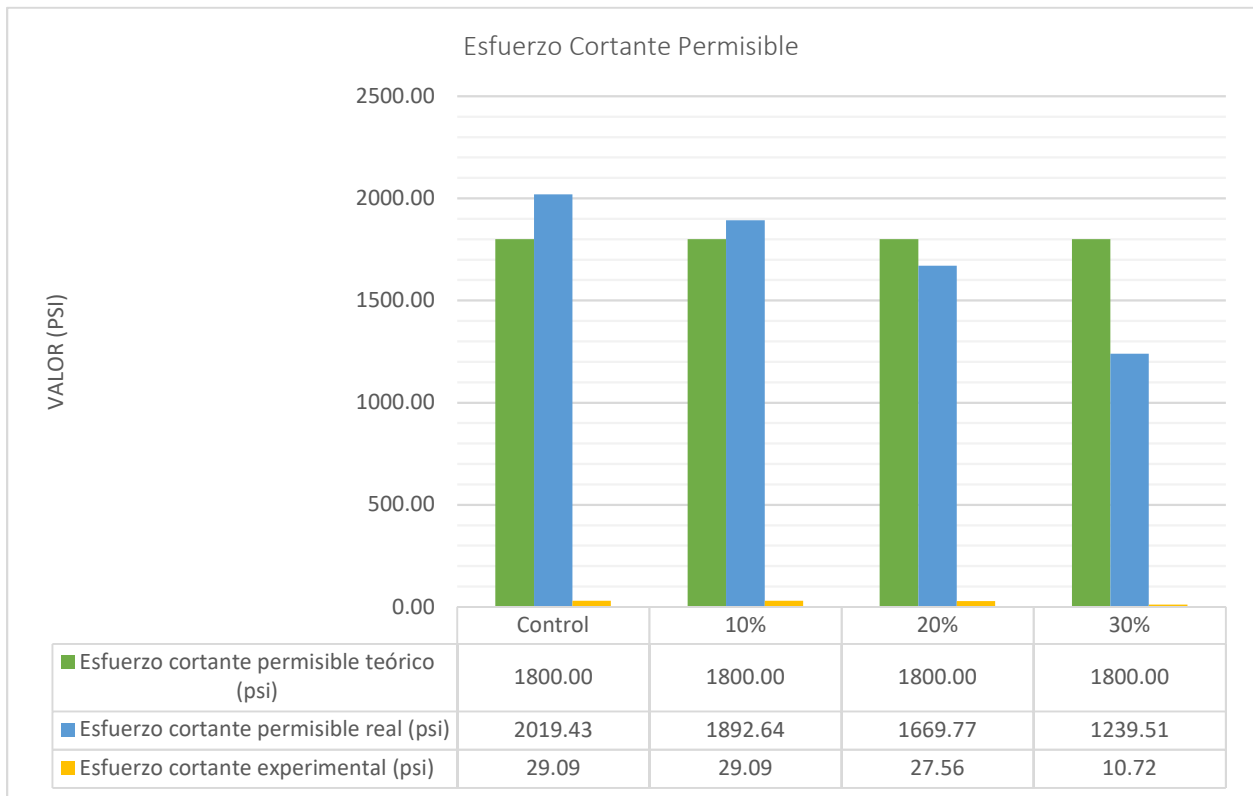


Figura 56. Gráfica del esfuerzo cortante permisible

Fuente: Propia

En la figura 56 se muestra un condensado de los resultados obtenidos para el esfuerzo cortante permisible para cada una de las mezclas. Como mencionado anteriormente el esfuerzo cortante permisible teórico es el mismo para cada una de las mezclas, luego el cortante permisible real es en base al f'_c obtenido en el ensayo basado en la norma ASTM C39 y el esfuerzo experimental se obtuvo mediante el ensayo de cortante planteado.

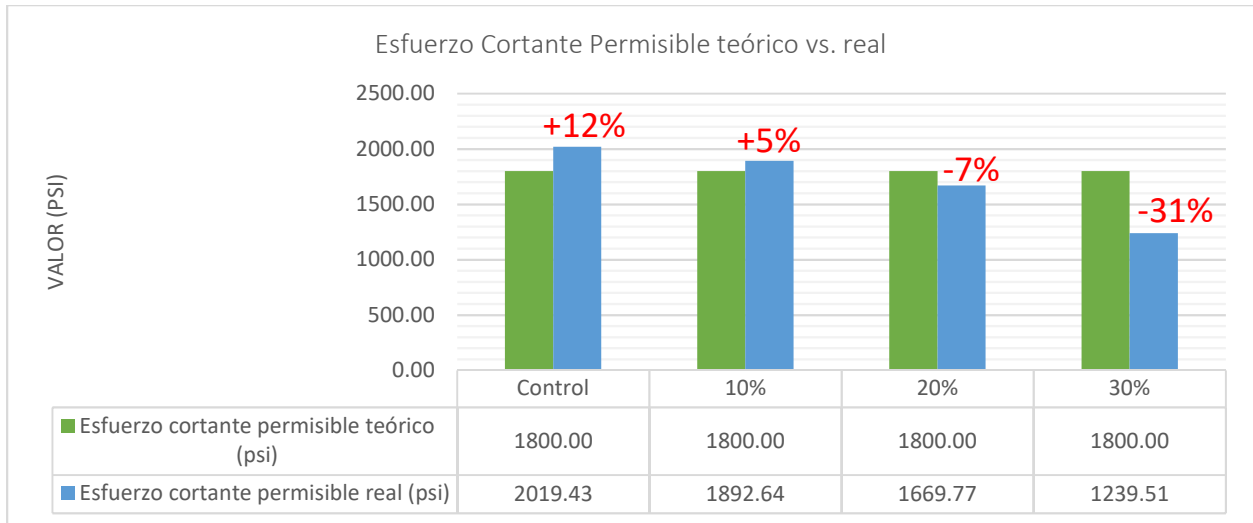


Figura 57. Esfuerzo cortante permissible teórico vs. Real

Fuente: Propia

En la figura 57 se observa que el esfuerzo cortante permissible real es mayor en un 12% con respecto al esfuerzo cortante permissible teórico en la mezcla control y un 5% en la mezcla con 10% de plástico. El esfuerzo cortante permissible teórico es el mismo para todas las mezclas. En las mezclas con 20% y 30% de plástico se obtuvo un decremento en el valor, 7% y 31%, respectivamente. Si se comparan únicamente los valores de esfuerzo cortante permissible real se observa una reducción en el valor a medida se incrementa el porcentaje de plástico.

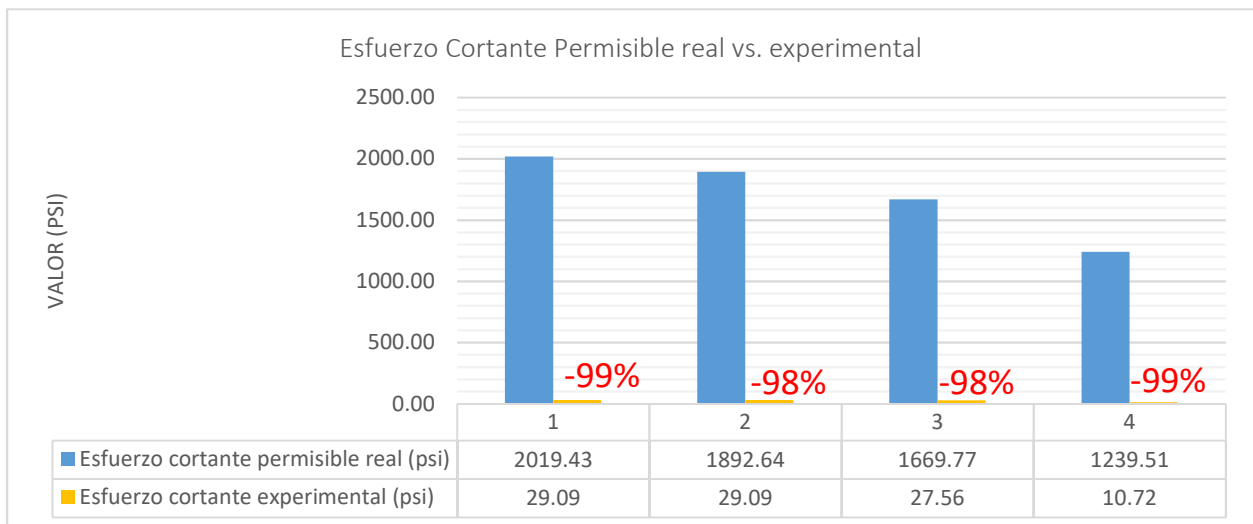


Figura 58. Esfuerzo cortante permissible real vs. experimental

Fuente: Propia

En la figura 58 se realiza la comparación entre el esfuerzo cortante permisible y el experimental, se observa que el valor experimental es menor en más del 98% para todas las mezclas, como mencionado anteriormente el ensayo de cortante genero muchos problemas por lo cual no se considera que estos datos son adecuados, del mismo modo cabe destacar que a pesar de los errores, el valor experimental que se obtuvo para la mezcla control y la mezcla con 10% de plástico es el mismo.

5.7.2 ANÁLISIS DE FISURAS

A continuación, se presenta el análisis de las fisuras para cada una de las vigas realizadas para el ensayo a cortante.

Tabla 18. Análisis de Fisuras.

Mezcla	# Viga	Fuerza de Ruptura (Lb)	Ubicación de la falla (cm)
Control	V1	551.16	40
	V2	496.04	32.5
10%	V1	496.04	38
	V2	551.16	38.3
20%	V1	385.81	44.5
	V2	606.27	45.6
30%	V1	165.35	38
	V2	220.45	45.9

Fuente: Propia

En la tabla 18 se puede observar la ubicación de la falla para cada una de las vigas a distintos porcentajes de plástico, la medición se tomó desde el extremo empotrado.



Figura 59. Vigas con 30% de plástico.

Fuente: Propia

El primer quiebre que se realizó fue el de las vigas con 30% de plástico. Se colocó el primer elemento dentro de los cabezales de concreto, luego se ubicó la viga de madera al lado para dejar sujeto el elemento, se amarró con alambre de amarre al dinamómetro y se comenzó a generar la fuerza. Como se puede observar en la figura 59 en la V1 la falla está más cerca al extremo empotrado (lado izquierdo) esto ocurrió porque la viga de madera no estaba bien acuñada y se generaron esfuerzos dentro del empotramiento que ocasionaron la falla en ese lugar.



Figura 60. Falla de corte V1 30%

Fuente: Propia

La falla de corte en la viga V1 30% se formo a 38 cms medidos desde el extremo empotrado, en este elemento no se acuño propiamente la viga de madera por lo cual se generaron esfuerzo dentro del empotramiento, al realizar este quiebre se observó claramente como la viga de madera se desplazo lateralmente al momento de la ruptura. La viga V1 30% falló con una fuerza de 165.35lbs.



Figura 61. Falla de corte V2 30%

Fuente: Propia

Para viga V2 30% se acuño propiamente la viga de madera a modo que esta no se podia mover durante el quiebre. Nuevamente se generó una falla de corte dentro del empotramiento a 45.9cm del extremo. Esta falla quedó mas cerca del centro de la viga, no se observaron fisuras en el

elemento antes del quiebre, fue una ruptura súbita característica del concreto sin acero. El elemento falló con una fuerza de 220.45lbs.



Figura 62. Vigas con 20% de plástico

Fuente: Propia

El siguiente par de vigas que se ensayó fue el de 20% de plástico, como se observa en la figura 62, ambas vigas fallaron cerca del centro de la viga pero nuevamente dentro del empotramiento. Ambas fallas presentan una inclinación que es típica de la falla a cortante.

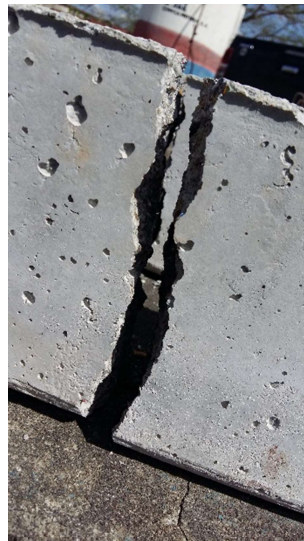


Figura 63. Falla de corte V1 20%

Fuente: Propia

Para la viga V1 20%, al momento del ensayo se escuchaba que el elemento estaba fallando pero no se observaban fisuras superficiales, finalmente el elemento falló ante una fuerza de 385.81 lbs a 44.5cm del extremo empotrado. Fue una falla súbita.



Figura 64. Falla de corte V1 20%, sección transversal

Fuente: Propia

En la figura 64 se observa la sección transversal del quiebre, se pueden apreciar las partículas de plástico dentro del elemento.



Figura 65. Falla de corte V2 20%

Fuente: Propia



Figura 66. Falla de corte V2 20%, sección transversal

Fuente: Propia

En la viga V2 20% se generó la fisura a 45.6cm del extremo del empotramiento con una fuerza de 606.27 lbs, este fue el elemento que más resistió de todos. La fisura vista en planta presentó forma curva, del mismo modo la falla fue repentina, sin la aparición de fisuras previas.



Figura 67. Vigas con 10% de plástico

Fuente: Propia

En la figura 67 se observan las vigas con 10% de plástico, estos eran los elementos más significativos ya que los resultados a compresión habían sido positivos.



Figura 68. Falla de corte V1 10%

Fuente: Propia

La falla para la viga V1 10% se formó a 38cm del extremo empotrado, esta fisura no se presentó tan inclinada como las demás. La falla se generó sin previo aviso, no se presentaron fisuras en el elemento previo al quiebre. La viga falló ante una fuerza de 496.04 lbs. La fisura no se abrió tanto al momento del quiebre.



Figura 69. Falla de corte V2 10%

Fuente: Propia

La falla de la viga V2 10% a simple vista se puede apreciar que es la falla más irregular entre todos los elementos, se observa una falla principal y pequeñas fisuras alrededor.



Figura 70. Falla de corte V2 10%

Fuente: Propia

La falla de corte en la viga V2 10% se formó a 38.3cm del extremo empotrado ante una fuerza de 551.16 lbs. Se observó un pequeño desplazamiento de la madera al momento de realizar el quiebre.

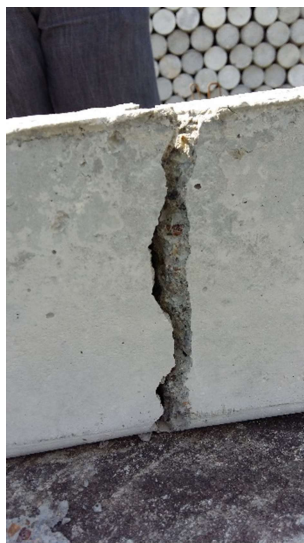


Figura 71. Falla cortante V1 control

Fuente: Propia

Para la viga V1 control se generó un falla a 40 cm del apoyo empotrado ante una fuerza de 551.16 lbs. Cabe destacar que la viga V2 10% fallo ante la misma fuerza.



Figura 72. Falla cortante V2 control

Fuente: Propia

La falla a cortante en la viga V2 se formó a 32.5cm del extremo empotrado bajo una fuerza de 496.04 lbs, al igual que en la viga V1 10%. Por motivos experimentales al ser esta la ultima viga se decidió generar más fuerza para ver que sucedia, resulta que el elemento falló en el centro justo donde terminaba el empotramiento, lastimosamente los demas elementos no se ensayaron asi ya que se desmoldaron al presentar la falla en el empotramiento.

Las vigas con 10% de plastico y las vigas control tuvieron un comportamiento similar, no se observaron fisuras previo al quiebre, unicamente en la V2 10% se aprecian algunas fisuras que parten de la falla principal.

En todos los elementos se generó una falla típica de corte, por la forma de aplicacion de carga puntual se espera la misma en el extremo, como se observó en la viga V2 control. No se observan fisuras en el voladizo de la viga ya que el montaje no era el mas adecuado, la madera que se utilizó no estaba a escuadra por lo cual se generaron espacios entre la viga de concreto y la viga de madera, esto se observó durante el primer quiebre. Para solucionar el problema se colocaron cuñas pero del mismo modo esto afecto el ensayo ya que se generaban esfuerzo internos que la

madera no resistía propiamente a modo que esta se movía, era un movimiento que no se percibía a simple vista por la flexibilidad del material.

Otro factor que afectó durante el ensayo es la forma en la que se confinó la viga entre el cabezal de concreto y la viga de madera, este confinamiento provoca un contacto directo del espécimen con el cabezal de concreto, hubiese sido más adecuado si se colocaba un elemento que distribuyera mejor la reacción a lo largo del cabezal y no de forma puntual.

Para amarrar la viga con el dinamómetro se utilizó alambre de amarre, este se colocaba lo más ajustado posible para evitar que se deslizara en la viga, no se presentó ese problema pero sí ocurrió que al momento de generar la fuerza, por la elasticidad del alambre, este se estiró un poco absorbiendo así un pequeño porcentaje de la fuerza. La carga se debía aplicar justo en el centro de gravedad de la viga, al momento de generar la fuerza el alambre de amarre perdía el eje central por lo cual se generaron momentos de torsión dentro del montaje.

El jack de fuerza que se utilizó es una herramienta que popularmente se conoce como “señorita”, esta herramienta presentó varios problemas durante el ensayo ya que no estaba en condiciones adecuadas, se tuvo que llevar dos veces al taller por lo cual el ensayo se realizó en dos días.

En Honduras no se cuenta con el equipo adecuado para realizar el ensayo de cortante, por esta razón se realizó este montaje pero hay muchas cosas que se pueden mejorar del mismo, estas se discutirán en el capítulo de recomendaciones.

5.8 ANÁLISIS DE COSTOS

A continuación, se presentan una serie de tablas donde se calcula el costo total para cada mezcla de concreto utilizada, luego se realizará el respectivo análisis de los costos mediante gráficas comparativas.

Tabla 19. Costo concreto f'c 4000 psi, mezcla control.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P. U	SUB TOTAL
1.00	MATERIALES					
1.01	Cemento Portland Tipo GU	Bolsa	10.82	1.02	L 185.00	L 2,042.40
1.03	Grava 3/8 "	m3	0.65	1.02	L 400.00	L 265.57
1.04	Arena de río	m3	0.67	1.02	L 350.00	L 240.09
1.05	Agua	m3	0.19	1.05	L 68.00	L 13.49
SUB TOTAL MAT						L 2,561.55
HERRAMIENTAS Y EQUIPO						
2.10	Mezcladora	hrs	0.22	1.01	L 55.59	L 12.35
2.20	Herramienta Menor	glb	1.00	1	L 230.00	L 230.00
SUB TOTAL HER. EQUIP						L 242.35
COSTO DIRECTO TOTAL						L 2,803.90
UTILIDAD 10%						L 280.39
COSTO TOTAL						L 3,084.29

Fuente: Propia

Tabla 20. Costo concreto f'c 4000 psi con 10% de plástico.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P. U	SUB TOTAL
1.00	MATERIALES					
1.01	Cemento Portland Tipo GU	Bolsa	10.82	1.02	L 185.00	L 2,042.40
1.03	Grava 3/8 "	m3	0.65	1.02	L 400.00	L 265.57
1.04	Arena de río	m3	0.61	1.02	L 350.00	L 216.08
1.05	Agua	m3	0.19	1.05	L 68.00	L 13.49
1.06	Residuos de plásticos	m3	0.07	1.02	L -	L -
SUB TOTAL MAT						L 2,537.54
HERRAMIENTAS Y EQUIPO						
2.10	Mezcladora	hrs	0.22	1.01	L 55.59	L 12.35
2.20	Herramienta Menor	glb	1.00	1	L 230.00	L 230.00
SUB TOTAL HER. EQUIP						L 242.35
COSTO DIRECTO TOTAL						L 2,779.89
UTILIDAD 10%						L 277.99
COSTO TOTAL						L 3,057.88

Fuente: Propia

Tabla 21. Costo concreto f'c 4000 psi con 20% de plástico.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P. U	SUB TOTAL
1.00	MATERIALES					
1.01	Cemento Portland Tipo GU	Bolsa	10.82	1.02	L 185.00	L 2,042.40
1.03	Grava 3/8 "	m3	0.65	1.02	L 400.00	L 265.57
1.04	Arena de río	m3	0.54	1.02	L 350.00	L 192.07
1.05	Agua	m3	0.19	1.05	L 68.00	L 13.49
1.06	Residuos de plásticos	m3	0.13	1.02	L -	L -
SUB TOTAL MAT						L 2,513.53
HERRAMIENTAS Y EQUIPO						
2.10	Mezcladora	hrs	0.22	1.01	L 55.59	L 12.35
2.20	Herramienta Menor	glb	1.00	1	L 230.00	L 230.00
SUB TOTAL HER. EQUIP						L 242.35
COSTO DIRECTO TOTAL						L 2,755.88
UTILIDAD 10%						L 275.59
COSTO TOTAL						L 3,031.47

Fuente: Propia

Tabla 22. Costo concreto f'c 4000 psi con 30% de plástico.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P. U	SUB TOTAL
1.00	MATERIALES					
1.01	Cemento Portland Tipo GU	Bolsa	10.82	1.02	L 185.00	L 2,042.40
1.03	Grava 3/8 "	m3	0.65	1.02	L 400.00	L 265.57
1.04	Arena de río	m3	0.47	1.02	L 350.00	L 168.06
1.05	Agua	m3	0.19	1.05	L 68.00	L 13.49
1.06	Residuos de plásticos	m3	0.20	1.02	L -	L -
SUB TOTAL MAT						L 2,489.52
HERRAMIENTAS Y EQUIPO						
2.10	Mezcladora	hrs	0.22	1.01	L 55.59	L 12.35
2.20	Herramienta Menor	glb	1.00	1	L 230.00	L 230.00
SUB TOTAL HER. EQUIP						L 242.35
COSTO DIRECTO TOTAL						L 2,731.87
UTILIDAD 10%						L 273.19
COSTO TOTAL						L 3,005.06

Fuente: Propia

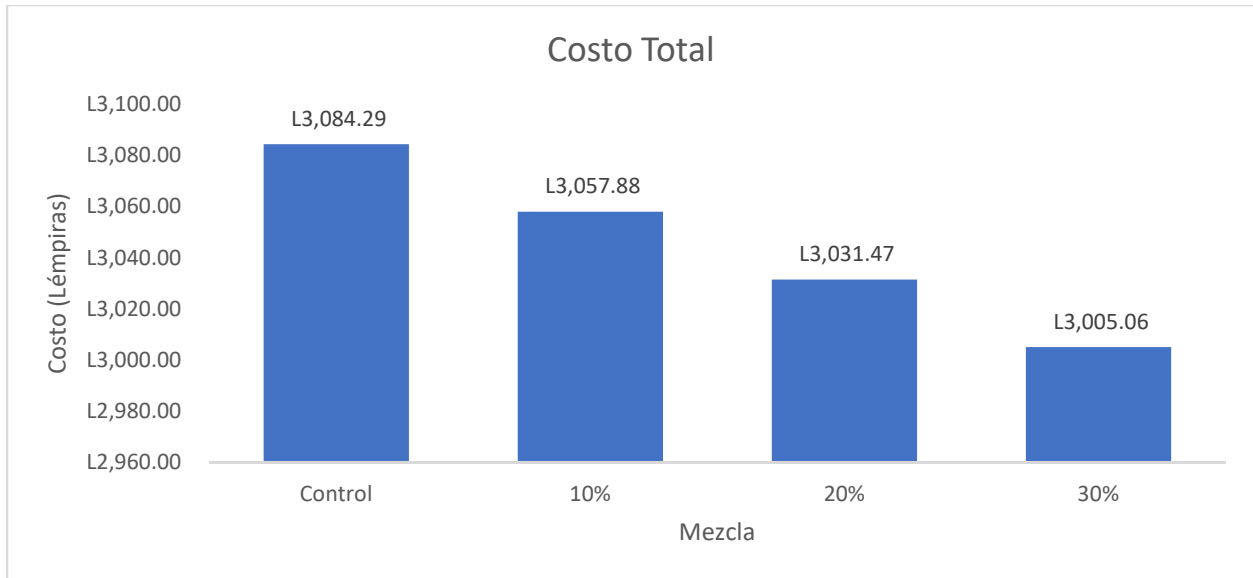


Figura 73. Gráfico comparativo de costos

Fuente: Propia

El costo total de la mezcla control es L. 3,084.29, para las mezclas con 10%, 20% y 30% de plástico se obtienen los siguientes valores: L. 3,057.88, L. 3,031.47 y L.3,005.06 respectivamente. Se observa una reducción en comparación con la mezcla control de L. 26.41 para la mezcla con 10% de plástico, L. 52.82 para la mezcla con 20% plástico y L.79.23 para la mezcla con 30% plástico.

Como se puede observar en la figura 86, existe una reducción en el costo total de la mezcla a medida se incrementa el porcentaje de plástico, esto radica en el hecho que el plástico utilizado se consigue mediante donación en la empresa INVEMA, ellos no exportan este material, por lo cual ellos donan este material a cualquier persona si se sustenta que se le dará un uso adecuado al mismo. La reducción del costo se observa ya que se reduce la arena que tiene un valor y se le agrega plástico que por los momentos es gratis.

5.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

“Una prueba estadística es una forma de evaluar la evidencia que los datos proporcionan para probar una hipótesis. Esta hipótesis se denomina hipótesis nula, y suele denominarse H_0 ” (XLSTAT, 2017).

Una prueba de hipótesis examina dos hipótesis opuestas sobre una población: la hipótesis nula y la hipótesis alternativa. La hipótesis nula es el enunciado que se probará. Por lo general, la hipótesis nula es un enunciado de que "no hay efecto" o "no hay diferencia". La hipótesis alternativa es el enunciado que se desea poder concluir que es verdadero de acuerdo con la evidencia proporcionada por los datos de la muestra. (Minitab Inc., 2017)

Al diseñar un estudio se debe especificar un umbral de riesgo por encima del cual H_0 no debería ser rechazada. Este umbral se conoce como nivel de significación alfa, y debería estar entre 0 y 1. Los valores bajos de alfa son más conservadores y la elección de este valor debería depender de cuán peligroso sea rechazar H_0 en el caso de que sea verdadera. En la mayoría de los casos, alfa se fija en 0.05, 0.01 o 0.001. (XLSTAT, 2017)

“La prueba estadística produce un número denominado valor-p (cuyos límites son 0 y 1). El valor p es la probabilidad de obtener los datos o datos más extremos bajo la hipótesis nula” (XLSTAT, 2017).

El valor p debería compararse con alfa:

Si $p < \alpha$, se rechaza H_0 y se acepta H_1 con un riesgo proporcional al valor p de ser errónea.

Si $p > \alpha$, no se rechaza H_0 , pero esto no implica necesariamente que se deba aceptar. Significa, bien que H_0 es verdadera, bien que H_0 es falsa, pero que el experimento y la prueba estadística no han sido suficientemente "fuertes" para producir un valor p inferior a alfa.

5.9.1 PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS

“Engloban una serie de pruebas estadísticas que tienen como denominador común la ausencia de asunciones acerca de la ley de probabilidad que sigue la población de la que ha sido extraída la muestra” (Berlanga Silvente & Rubio Hurtado, 2012, pág. 101). Es común referirse a ellas como pruebas de distribución libre.

“Las pruebas no paramétricas no deben ajustarse a ninguna distribución. Pueden por tanto aplicarse incluso aunque no se cumplan las condiciones de validez paramétricas” (XLSTAT, 2017).

Una ventaja de usar una prueba no paramétrica es que son válidas en un rango más amplio de situaciones. Para este proyecto se utilizará la prueba de Kruskal Wallis ya que las muestras son pequeñas.

5.9.2 PRUEBA KRUSKAL WALLIS

La prueba de Kruskal Wallis también llamada prueba H de Kruskal-Wallis, es una generalización de la prueba de la suma de rangos para el caso de $k > 2$ muestras. Se utiliza para probar la hipótesis nula H_0 de que k muestras independientes provienen de poblaciones idénticas. Presentada en 1952 por W. H. Kruskal y W. A. Wallis, la prueba constituye un procedimiento no paramétrico para probar la igualdad de las medias, en el análisis de varianza de un factor, cuando el experimento desea evitar la suposición de que las muestras se seleccionaron de poblaciones normales. (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2012, pág. 684)

Tabla 23. Estadísticas descriptivas, Resistencia 7 días vs. Mezcla.

Mezcla	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
10% Plástico	2	2997.5	5.5	0.67
20% Plástico	2	2365.5	3.5	-0.67
30% Plástico	2	1960.0	1.5	-2.00
Control	2	4008.5	7.5	2.00
General	8		4.5	

Fuente: Minitab

GL	Valor H	Valor p
3	6.67	0.083

El valor que se utilizó para el nivel de significancia o alfa es 0.05. El valor $p=0.083 > 0.05$, lo cual significa que el experimento y la prueba estadística no son suficientes para producir un valor p inferior a alfa debido a que $N=2$, la población es muy pequeña. No se puede rechazar H_0 , pero tampoco significa que se debe aceptar.

Tabla 24. Estadísticas descriptivas, Resistencia 14 días vs. Mezcla.

Mezcla	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
10% Plástico	2	3177.5	5.5	0.67
20% Plástico	2	2539.0	3.0	-1.00
30% Plástico	2	2305.0	2.0	-1.67
Control	2	4386.0	7.5	2.00
General	8		4.5	

Fuente: Minitab

GL	Valor H	Valor p
3	6.17	0.104

El valor $p=0.104 > 0.05$, lo cual significa que el experimento y la prueba estadística no son suficientes para producir un valor p inferior a alfa debido a que $N=2$, la población es muy pequeña. No se puede rechazar H_0 , pero tampoco significa que se debe aceptar.

Tabla 25. Estadísticas descriptivas, Resistencia 28 días 1er ensayo vs. Mezcla.

Mezcla	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
10% Plástico	2	3600.5	5.5	0.67
20% Plástico	2	3418.5	3.5	-0.67
30% Plástico	2	2680.0	1.5	-2.00
Control	2	4399.0	7.5	2.00
General	8		4.5	

Fuente: Minitab

GL	Valor H	Valor p
3	6.67	0.083

El valor $p=0.083>0.05$, lo cual significa que el experimento y la prueba estadística no son suficientes para producir un valor p inferior a alfa debido a que $N=2$, la población es muy pequeña. No se puede rechazar H_0 , pero tampoco significa que se debe aceptar.

Tabla 26. Estadísticas descriptivas, Resistencia 28 días 2do ensayo vs. Mezcla.

Mezcla	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
10% Plástico	3	4127	8.0	0.83
20% Plástico	3	3804	5.0	-0.83
30% Plástico	3	2709	2.0	-2.50
Control	3	4487	11.0	2.50
General	12		6.5	

Fuente: Minitab

GL	Valor H	Valor p
3	10.38	0.016

El valor $p=0.016<0.05$, por lo cual se rechaza H_0 y se acepta H_1 con un riesgo proporcional al valor p de ser errónea.

Tabla 27. Estadísticas descriptivas, Fuerza Cortante Experimental vs. Mezcla.

Mezcla	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
10% Plástico	2	523.60	5.5	0.67
20% Plástico	2	496.04	5.5	0.67
30% Plástico	2	192.90	1.5	-2.00
Control	2	523.60	5.5	0.67
General	8		4.5	

Fuente: Minitab

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	3	4.00	0.261
Ajustado para empates	3	4.10	0.251

Minitab muestra un valor p que se ajusta para los empates y un valor p que no se ajusta para los empates. Un empate ocurre cuando el mismo valor está en más de una muestra, como es en este caso que el valor de la mezcla control y 10% de plástico es igual. El valor p ajustado por lo general es más exacto que el valor p sin ajustar. Sin embargo, debido a que el valor p sin ajustar siempre es mayor que el valor p ajustado, se considera la estimación más conservadora.

El valor $p=0.261 > 0.05$, lo cual significa que el experimento y la prueba estadística no son suficientes para producir un valor p inferior a alfa debido a que $N=2$, la población es muy pequeña. No se puede rechazar H_0 , pero tampoco significa que se debe aceptar.

En conclusión, únicamente en el segundo ensayo de resistencia a la compresión a 28 días se cuenta con suficiente información para rechazar la hipótesis nula estipulando entonces que con un 10% de residuos de plástico:

La resistencia a la compresión del concreto con residuos de plástico ($f'_{c_{rp}}$) es mayor a la resistencia a la compresión del concreto de la mezcla control ($f'_{c_{mc}}$).

VI. CONCLUSIONES

1) Los resultados de los ensayos de compresión a 28 días para una resistencia de diseño f'_c 4000psi se resumen en la tabla 28 a continuación.

Tabla 28. Resultados del ensayo de compresión.

Mezcla	1er Ensayo		2nd Ensayo (corrección de humedad)	
	Resistencia	% de cumplimiento	Resistencia	% de cumplimiento
Control	4398.99	9.97%	4487.63	12.19%
10%	3600.48	-9.99%	4205.87	5.15%
20%	3418.48	-14.54%	3710.59	-7.24%
30%	2679.99	-33%	2754.47	-31.14%

Fuente: Propia

Se concluye que al utilizar 10% de plástico en sustitución de la arena y realizar la corrección de humedad se cumple con la resistencia de diseño f'_c 4000 psi, pero en comparación con la mezcla control se observa un decremento del 6.28%.

2) Los resultados del ensayo a cortante indican que el V_c experimental es de 523.60 lb para la mezcla control y la mezcla con 10% de plástico, 496.04 lb para la mezcla con 20% de plástico y 192.90 lb para la mezcla con 30% de plástico. Se concluye que sustituir 10% de la arena con plástico en la mezcla no altera el comportamiento a cortante ya que el valor para la mezcla control y la mezcla con 10% de plástico es idéntico experimentalmente y además su comportamiento al momento de la ruptura fue similar.

3) Se rechaza la hipótesis nula para la mezcla con 10% de plástico estipulando entonces que: La resistencia a la compresión del concreto con 10% de residuos de plástico ($f'_{c_{rp}}$) es mayor a la resistencia a la compresión del concreto de la mezcla control ($f'_{c_{mc}}$).

4) Con respecto al costo se observa una reducción de L. 26.41 para la mezcla con 10% de plástico en comparación con la mezcla control, es un valor pequeño pero significativo ya que además de mitigar el daño ambiental producido por la contaminación por plástico y la industria de la construcción, la reducción en el costo ayuda a motivar a otros a utilizar dicho material.

5) El análisis de fisuras del ensayo a compresión demuestra que la falla predominante en los cilindros es la falla tipo V, son fracturas en los lados en las partes superior o inferior. El plástico

mejora la ductilidad en los cilindros ya que los elementos no presentaron fallas explosivas, todos los cilindros conservaron su forma luego del quiebre.

6) Las fallas de las vigas en el ensayo a cortante se generaron dentro del empotramiento ya que el montaje no era el más adecuado, se presentaron problemas con la viga de madera, el cabezal de concreto y el alambre de amarre. La carga se debía aplicar justo en el centro de gravedad de la viga, al momento de generar la fuerza el alambre de amarre perdía el eje central por lo cual se generaron momentos de torsión dentro del montaje. En todos los elementos se generó una falla típica de corte, la falla fue súbita y no se presentaron fisuras previo al quiebre.

VII. RECOMENDACIONES

- 1) Dosificar el concreto considerando el efecto que trae la adición del plástico en la mezcla realizando una corrección por humedad, ya que el excedente de agua es la causa de la disminución en la resistencia.
- 2) Utilizar otra geometría para los agregados de plástico similar a las fibras comerciales, ya que estas poseen longitudes mayores, secciones circulares o rectangulares e incluso se pueden encontrar lisas u onduladas.
- 3) En caso de utilizar plástico como agregado en el concreto se recomienda realizar un vibrado adecuado del elemento a modo de mejorar la trabajabilidad de la mezcla y asimismo evitar la formación de vacíos de aire.
- 4) Realizar una investigación utilizando porcentajes en un rango cercano a 10% para obtener la cantidad optima de plástico en la cual se cumpla la resistencia de diseño.
- 5) Para el montaje del ensayo a cortante se recomienda lo siguiente: mejorar el confinamiento de la viga, escuadrar la viga de madera u otro material, colocar un material como ser neopreno o una placa que distribuya la reacción a lo largo del cabezal y no de forma puntual, elaborar un anillo para amarrar la viga con el dinamómetro, utilizar un dinamómetro digital y sensores en la viga para detectar las fisuras.
- 6) En los estudios previos que sirvieron de base para la investigación se menciona que el uso de fibras mejora la tenacidad del concreto, por lo cual se recomienda realizar ensayos adicionales para determinar el comportamiento del concreto hidráulico con residuos de plástico en sus demás propiedades, como ser la resistencia de impacto y flexión.
- 7) El plástico que se utilizara debe estar lavado y completamente seco para evitar la adición de humedad que no se consideró en la dosificación.

VIII. APLICABILIDAD

Los resultados a compresión y cortante del concreto hidráulico con residuos de plástico obtenidos en la presente investigación permiten determinar que los residuos de plástico pueden ser utilizados como alternativa dentro del campo de la ingeniería civil. Se recomienda utilizar en mamposterías, aceras, tapaderas de alcantarillado, relleno y en elementos de concreto que no cumplan una función estructural. Al ampliar el campo de investigación se podrían determinar otros usos para el concreto hidráulico con residuos de plástico.

BIBLIOGRAFÍA

- Aplicaciones Técnicas Procesos Productivos. (2008). *ATPP*. Obtenido de ATPP: <http://www.atpplleal.com/Pujat/file/DENSIDAD%20Y%20PESO%20ESPECIFICO.pdf>
- Berlanga Silvente, V., & Rubio Hurtado, M. (20 de marzo de 2012). Clasificación de pruebas no paramétricas. Cómo aplicarlas en SPSS. *REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 5(2), 101-113. Obtenido de <http://www.raco.cat/index.php/REIRE/article/viewFile/255793/342836>
- Comite ACI 211.1. (2002). Diseño de mezcla de concreto convencional.
- Dávila Mercado, M. P. (2010). *Efecto de la Adición de Fibras Sintéticas sobre las Propiedades Plásticas y Mecánicas del Concreto*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Diario La Prensa. (24 de Octubre de 2015). *La Prensa*. Obtenido de La Prensa: <http://www.laprensa.hn/inicio/893923-417/alem%C3%A1n-construye-casas-usando-botellas-como-ladrillos>
- Diario Roatan. (10 de Agosto de 2017). *Diario Roatan*. Obtenido de Diario Roatan: <http://diarioroatan.com/honduras-cuenta-con-la-primera-calle-de-plastico-reciclado-en-util/>
- Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. (2012). *Estabilidad de las Construcciones III*. Universidad de la Republica, Montevideo.
- Garifonda Honduras . (9 de Diciembre de 2017). Obtenido de <https://www.garifonda.org/es/circuitos-responsables-honduras-guatemala>
- González Salcedo, L. O. (2013). *Influencia de los componentes del concreto reforzado con fibras en sus propiedades mecánicas*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- Greenpeace. (2016). Plásticos en los océanos. *Greenpeace Dossier de Prensa*.
- Gutiérrez de López, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). Ciudad de México, México: McGraw Hill. Obtenido de http://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigacion%20de%20Edici%C3%B3n.pdf
- Izaguirre González, M., Juárez Alvarado, C. A., Valdez Tamez, P. L., & Durán Herrera, A. (2004). Capacidad a Cortante por Tensión Diagonal en Vigas de Concreto Fibroreforzado. *Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural*, 13.
- Jiménez, E. (21 de julio de 2017). *Blog: Greenpeace*. Obtenido de Greenpeace: <http://archivos.greenpeace.org/espana/es/Blog/cunto-plastico-hay-en-el-mundo/blog/59905/>
- Meza de Luna, A., Ortiz Lozano, J. Á., Peralta Jaime, L., Pacheco Martínez, J., Soto Bernal, J. J., Rangel Martínez, S. H., . . . Alvarado Flores, J. (2014). Estudio experimental de caracterización mecánica

- del concreto reforzado con fibras de acero y de polipropileno. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería*, 106-115.
- Minitab Inc. (2017). *Soporte: Minitab*. Obtenido de Minitab: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/basics/what-is-a-hypothesis-test/>
- Muñoz Perez, L. (2012). *ESTUDIO DEL USO DEL POLIETILENO TEREFALATO (PET) COMO MATERIAL DE RESTITUCIÓN EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD DE CARGA*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Naciones Unidas. (s.f.). *Población: Naciones Unidas*. Obtenido de Naciones Unidas Sitio Web: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>
- National Ready Mixed Concrete Association. (s.f.). CIP 35- Prueba de Resistencia a la Compresión del Concreto. *El Concreto en la Práctica*.
- ND. (30 de Mayo de 2011). *Tecnología de los Plásticos*. Obtenido de Tecnología de los Plásticos: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/pet.html>
- Nilson, A. H. (1999). *Diseño de Estructuras de Concreto* (Duodécima ed.). Santafé de Bogotá, Colombia: McGRAW-HILL.
- Petroqum. (s.f.). *Qué es el polipropileno: Petroqum*. Obtenido de Petroqum: <http://www.petroquim.cl/que-es-el-polipropileno/>
- Ramírez, A. (2011). La construcción sostenible. *Física y Sociedad*.
- Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (Novena ed.). México: Pearson.
- Wikipedia. (30 de Septiembre de 2009). *Wikipedia: La enciclopedia libre*. Obtenido de Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Dosificaci%C3%B3n_\(concreto\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Dosificaci%C3%B3n_(concreto))
- XLSTAT. (12 de 10 de 2017). *Help: XLSTAT*. Obtenido de XLSTAT: https://help.xlstat.com/customer/es/portal/articles/2062453-what-is-a-statistical-test-?b_id=9283

ANEXOS

ANEXO 1. NORMA ASTM C 172

Toma De Muestras De Concreto

ASTM Designación: C172 – 04

Práctica Normalizada para el Muestreo de la Mezcla de Hormigón Fresco

1. Alcances

1.1 Esta práctica trata sobre los procedimientos para obtener muestras representativas de hormigón fresco, en las condiciones como es entregado en la obra o donde los ensayos se llevarán a cabo, para determinar el cumplimiento de los requisitos de calidad de las especificaciones bajo las cuales es suministrado dicho hormigón (Nota 1) Esta práctica incluye el muestreo en mezcladoras estacionarias, pavimentadoras y camiones mezcladores, así como en equipos con o sin agitadores, utilizados para transportar el hormigón mezclado en la central hormigonera.

1.2 Los valores establecidos en unidades del Sistema Internacional (SI) se consideran la norma. Los valores mostrados entre paréntesis son proporcionados únicamente para información.

Nota 1. Esta práctica requiere la utilización de muestras compuestas, a menos que se especifiquen excepciones en los procedimientos que rigen los ensayos para verificar la uniformidad en la consistencia del hormigón y la eficiencia de la mezcladora. No se describen procedimientos para seleccionar amasadas específicas de ensayo, pero se recomienda utilizar un muestreo aleatorio para determinar que todas las muestras

cumplen con las especificaciones.

1.3 Esta práctica abarca también los procedimientos que deben ser usados para preparar una muestra de hormigón en ensayos adicionales, donde es deseable o necesario quitar el árido más grande que el tamaño designado. Esta remoción de las partículas más grandes de los áridos debe ser preferentemente realizada por tamizado en húmedo.

1.4 Los textos de las referencias en el cuerpo de esta norma y al pie de página, contienen material explicativo; no deben ser considerados como requerimientos de esta práctica.

1.5 Este método no pretende solucionar todos los problemas de seguridad que puedan estar asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las medidas de seguridad e higiene, y determinar la aplicabilidad las restricciones reglamentarias antes de usarlo. (Precaución – Las mezclas

frescas de cemento hidráulico son cáusticas y pueden provocar quemaduras en la piel y tejidos después de una exposición prolongada.

2. Documentos de referencia

2.1 Normas ASTM:

E 11 Especificación para las mallas de acero y tamices para los ensayos.

3. Significado y Uso

3.1 Esta práctica ha sido destinada para proporcionar los requisitos y procedimientos estándar a fin de muestrear hormigón fresco desde los diferentes contenedores utilizados en la producción o en el transporte del hormigón. Los detalles de los requerimientos para los materiales, mezclas, contenido de aire, temperatura, número de probetas, descenso de cono, interpretación de resultados y, precisión y sesgo, están contenidos en los métodos de ensayo específicos.

4. Muestreo

4.1 El lapso para la obtención de la muestra compuesta, desde la toma de la primera porción hasta la última, no debe exceder de 15 minutos.

4.1.1 Lleve las muestras individuales al lugar donde se ensayará o moldeará el hormigón fresco. Las muestras deben combinarse y remezclas con una pala, el menor tiempo posible para asegurar la uniformidad de la muestra compuesta, con el propósito de cumplir con el límite de tiempo máximo especificado en 4.1.2.

4.1.2 Comience los ensayos de descenso de cono, temperatura y contenido de aire, dentro de los 5 minutos siguientes a la obtención de la última porción de la muestra compuesta. Realice estos ensayos lo más rápido posible. El moldeo de las probetas para ensayos de resistencia debe realizarse dentro de los 15 minutos siguientes a la preparación de la muestra compuesta. Utilice el menor tiempo posible para obtener y manipular la muestra; protéjala del sol, viento y otras fuentes que provoquen evaporación rápida, así como de una posible contaminación.

Procedimiento

Tamaño de la muestra – Para ensayos de resistencia se requiere un volumen mínimo de 28 L (1 ft³). Se pueden permitir muestras más pequeñas para ensayos rutinarios de contenido de aire, temperatura y descenso de cono. El tamaño de las muestras debe estar en función del tamaño máximo de los áridos.

4.2 Los procedimientos utilizados en el muestreo deben incluir todas las precauciones para obtener muestras verdaderamente representativas de la naturaleza y condiciones reales del hormigón muestreado, como a continuación se describen:

4.2.1 Muestreo en Mezcladoras Estacionarias, excepto Mezcladoras Pavimentadoras – Muestree el hormigón tomando dos o más porciones de hormigón a intervalos regulares, durante la mitad de la descarga. Obtenga estas porciones apegándose al límite de tiempo especificado en la Sección 4. Integre las porciones en una sola muestra para fines de ensayo. No obtenga porciones para la muestra compuesta, de la primera ni de la última parte de la descarga (Nota 3). Realice el muestreo pasando completamente un recipiente a través de la descarga, o bien, desviando totalmente la dirección de la descarga hacia un contenedor de la muestra. Si la descarga del hormigón en un contenedor es muy rápida, como para desviar todo el flujo, descargue el hormigón en un contenedor o unidad de transporte, de tamaño suficiente que permita recibir toda la muestra y luego, complete el muestreo de la misma manera como se describe anteriormente. Tenga cuidado de no restringir el flujo de la descarga del hormigón desde la mezcladora, contenedor o unidad de transporte, para no provocar segregación. Estos requerimientos se aplican tanto en mezcladoras basculantes, como en mezcladoras fijas.

4.2.2 Muestreo en Mezcladoras Pavimentadoras – Tome la muestra después de que el contenido para la mezcladora pavimentadora ha sido descargado. Obtenga muestras en al menos cinco puntos diferentes del acopio y después intégre las en una sola muestra, para los fines de ensayo. Evite la contaminación con material de la subbase o que se prolongue el contacto con una subbase absorbente. Para evitar la contaminación o absorción con la subbase, muestree el hormigón colocando tres recipientes poco profundos sobre la subbase y descargue la mezcla encima de ellos. Combine las muestras hasta obtener una sola muestra para los ensayos. Los recipientes deben ser de tamaño suficiente para conformar una muestra compuesta, que esté de acuerdo con el tamaño máximo del árido.

4.2.3 Muestreo en camiones con tambores mezcladores o agitadores – Muestree el hormigón tomando dos o más porciones en intervalos regularmente espaciados durante la descarga de la porción media de la carga de hormigón. Las muestras deben ser tomadas dentro del tiempo límite especificado en la Sección 4; combine las porciones en una sola muestra para los ensayos. Nunca obtenga muestras hasta que toda el agua haya sido añadida a la mezcladora; tampoco tome muestras de la primera o de la última porción de la descarga (Nota 3). Tome las muestras pasando repetidamente un recipiente interceptando por completo el flujo de la descarga, o bien, desviando completamente la dirección del flujo de la

descarga hacia el contenedor de la muestra. Regule la velocidad de la descarga, mediante el control del número de revoluciones del tambor y no por medio de la disminución del tamaño de la abertura de la compuerta.

4.2.4 Muestreo en Camiones Mezcladores con Tapa Abierta, Agitadores, Equipo no Agitador, u otros tipos de Contenedores con Tapa Abierta – Tome las muestras por cualquiera de los procedimientos descritos en 5.2.1, 5.2.2 ó 5.2.3; el que mejor se ajuste a las condiciones dadas.

5. Procedimiento adicional para hormigón con áridos gruesos de gran tamaño

5.1 Cuando el hormigón contenga áridos gruesos más grandes que el tamaño apropiado para ser utilizado en los moldes o equipos, tamice la muestra por vía húmeda como se describe a continuación, excepto cuando se realicen ensayos de densidad (peso unitario) para el cálculo del rendimiento de la mezcla total.

Nota 5 - Debe considerarse el efecto del tamizado en húmedo en los resultados de la prueba. Por ejemplo, el tamizado en húmedo puede provocar la pérdida de una pequeña cantidad de aire, debido al manipuleo adicional. El contenido de aire de la fracción de hormigón tamizada en húmedo es mayor que la del total del hormigón, porque el árido de tamaño mayor removido no contiene aire. La resistencia aparente del hormigón tamizado en húmedo en muestras más pequeñas usualmente es mayor que la del hormigón en muestras de tamaños más grandes y apropiados. El efecto de estas diferencias necesita ser considerado o determinado por medio de ensayos suplementarios, cuando se estén realizando ensayos de control de calidad o de evaluación de los resultados.

5.2 Definición:

5.2.1 Hormigón tamizado en húmedo – Es el proceso de remover el áridos de mayor tamaño que el especificado del hormigón fresco, mediante el tamizado con abertura de malla adecuada.

5.3 Aparatos:

5.3.1 Tamices – Como se designó de acuerdo con la Especificación E11.

5.3.2 Equipo para el tamizado en húmedo – El equipo para tamizar hormigón en húmedo, debe ser un tamiz de tamaño adecuado, según se establece en 6.3.1, convenientemente colocado y soportado para que pueda sacudirse rápidamente, manual o mecánicamente. Por lo general, es preferible un movimiento horizontal de ida y venida. El equipo debe ser capaz de remover rápida y eficientemente el árido de tamaño establecido.

5.3.3 Herramientas manuales – Palas, poruña, llanas metálicas y guantes de goma, en caso de que se requiera.

5.4 Procedimiento:

5.4.1 Tamizado en húmedo – Después de muestrear el hormigón, haga pasar el mismo hormigón por el tamiz designado y, remueva y elimine el árido retenido. Esto debe ejecutarse antes del remezclado. Sacuda o vibre el tamiz, manual o mecánicamente, hasta que no quede material pequeño en el tamiz. El mortero adherido al árido retenido en el tamiz, no debe ser limpiado del árido antes de ser eliminado. Coloque sobre el tamiz, de una sola vez, la cantidad de hormigón necesaria de manera que después del tamizado, el espesor de la capa de árido retenido no sea más grande que el tamaño de una sola partícula. El hormigón que pasó por el tamiz debe caer en un recipiente para mezclas de tamaño suficiente, previamente humedecido, o en una superficie limpia, húmeda y no absorbente. Raspe todo el mortero adherido a los lados del equipo de tamizado en húmedo e intégrele a la muestra de hormigón. Después de remover las partículas de mayor tamaño separadas por el tamizado húmedo, remezcla la amasada con una pala, el tiempo mínimo necesario para asegurar la uniformidad de la muestra y proceda inmediatamente a realizar el ensayo.

6. Palabras clave

6.1 contenido de aire; amasada; muestra compuesta; hormigón; descenso de cono; temperatura; tamizado en húmedo.

RESUMEN DE CAMBIOS

El Comité C 09 ha identificado la ubicación de los cambios efectuados a esta práctica en la última edición, C 172-99, los que pueden influir en el uso de esta práctica.

(Aprobado el 1 de junio de 2004).

- (1) Se agregó cláusula de seguridad, 1.5.
- (2) Se reemplazó "peso unitario" por "densidad" en 6.1.

ANEXO 2. NORMA ASTM C 39

Resistencia A La Compresión De Testigo Cilíndricos

1. OBJETIVO

- 1.1 Determina la resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto

1.2 Consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

2. USO Y SIGNIFICADO

2.1 Los resultados son usados como control de calidad de la proporción del concreto, de su mezclado y operaciones de colocación; para el cumplimiento de especificaciones, y como control para evaluar la efectividad de la mezcla con aditivos y sus usos similares.

3. APARATOS

3.1 Máquina de ensayo, Debe ser de un tipo tal que tenga suficiente capacidad de carga y que reúna las condiciones de velocidad descritas en el numeral 5.5. La verificación de la calibración de la máquina de ensayo estará de acuerdo con la norma correspondiente, "Ensayo normalizado para la verificación de la carga de las máquinas de Ensayo".

Debe operar mecánicamente y aplicar la carga de una manera continua y no en forma intermitente, y sin choques.

Precisión. La precisión de la máquina de ensayo, determinada con un elemento de calibración elástico, debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) El porcentaje de error de las cargas dentro del rango propuesto para la máquina no excederá del $\pm 1.0\%$ de la carga indicada.
- b) La precisión de la máquina de ensayo debe verificarse aplicando cinco (5) cargas de ensayo en cuatro (4) incrementos aproximadamente iguales en orden ascendente. La diferencia entre dos cargas sucesivas cualquiera no excederá en más de un tercio de la diferencia entre la máxima y la mínima carga de ensayo.
- c) La carga del ensayo tal y como se indica por la máquina de ensayo y la carga aplicada calculada a partir de las lecturas de los elementos de verificación, deben registrarse en cada punto de ensayo. Calcule el error, E , y el porcentaje de error, E_p , para cada punto de esta forma:

$$E = A - B$$

$$E_p = 100(A - B) / B$$

Donde:

A = Carga, N (o lbf) indicada por la máquina que está siendo verificada. B = Carga aplicada, N (o lbf) determinada por el elemento de calibración.

- d) En ningún caso el rango de carga debe establecerse incluyendo valores por fuera del rango de cargas que se aplicaron durante el ensayo de verificación.

e) La carga indicada por la máquina de ensayo no debe corregirse ni mediante cálculos, ni mediante el uso de diagramas de calibración para obtener valores dentro de la variación permisible requerida.

3.2 La máquina de ensayo debe estar equipada con dos bloques de carga, de acero con caras endurecidas (Nota 1), uno de los cuales es un bloque con rotula el cual descansa sobre la superficie superior de la muestra, y el otro un bloque sólido sobre el cual se colocará el espécimen.

Las superficies de los bloques que están en contacto con el espécimen deben tener una dimensión al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen ensayado. Excepto para los círculos concéntricos descritos a continuación, las caras de carga no deben separarse del plano en más de 0.025 mm en cualquiera de los 152 mm de los bloques de 15.2 mm de diámetro o mayores, o por más de 0.025 mm en cualquier bloque con diámetro más pequeño los bloques nuevos deben fabricarse con la mitad de estas tolerancias.

Cuando el diámetro de la cara de carga con rotula exceda el diámetro del espécimen en más de 13 mm, deben inscribirse círculos concéntricos con una profundidad no mayor de 1.0 mm y un ancho no mayor a 1.0 mm (3/64") para facilitar el centrado.

Nota 1. La dureza "Rockwell" de las caras de los bloques de carga utilizados para este ensayo no debe ser menor a 55 HPC.

El bloque inferior de carga debe cumplir los siguientes requisitos:

- Debe ser adecuado para proveer una superficie maquinada que cumpla con los requerimientos anteriormente indicados (Nota 2). Las superficies superiores e inferiores deben ser paralelas una a la otra. El bloque debe poder asegurarse a la platina de la máquina de ensayo. Su dimensión horizontal menor debe ser al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen ensayado. Los círculos concéntricos que se describen en el numeral 3.2 son opcionales.
- Se hará un centrado final con respecto al bloque superior cuando se use el bloque inferior para ayudar al centrado del espécimen. El centro de los anillos, cuando estos existan, o el centro del bloque mismo debe estar directamente debajo del centro de la rótula.
- El bloque de carga inferior debe tener al menos 25 mm (1") de espesor cuando sea nuevo, y al menos 22.5 mm (0.9") después de cualquier operación de afinado de la superficie.

Nota 2. Si la máquina de ensayo está diseñada de tal forma que la misma plataforma puede mantenerse con su superficie en las condiciones especificadas, no se requerirá un bloque inferior.

El bloque de carga con rotula debe cumplir los siguientes requisitos:

- El diámetro máximo de la cara de carga del bloque con rotula no debe exceder los valores que se dan a continuación:

Especificaciones de los diámetros a utilizar en la prueba de compresión.

Diámetro del espécimen de ensayo (mm)	Diámetro máximo de la cara de carga (mm)
51	102
76	127
102	165
152	254
203	279

Nota 3. Se aceptan las superficies cuadradas, siempre y cuando el diámetro máximo del círculo inscrito más grande no exceda el diámetro indicado.

- El centro de la rótula debe coincidir con el de la superficie de la cara de carga dentro de una tolerancia de 5% del radio de la rótula. El diámetro de la rótula debe ser al menos el 75% del diámetro de la muestra
- La rótula debe ser diseñada de tal forma que el acero en el área de contacto no sufra deformaciones permanentes debido al uso, con cargas de hasta 82.7 MPa (12.000 lb/Pulg) sobre el espécimen de prueba.
- Las superficies de la rótula deben mantenerse limpias y lubricadas con aceite de motor convencional. Después de entrar en contacto con el espécimen y de aplicar una pequeña carga inicial, debe evitarse cualquier movimiento adicional del bloque con rótula.
- Si el radio de la rótula es más pequeño que el radio del espécimen más grande, la porción de la superficie de carga que se extiende más allá de la rótula debe tener un espesor no menor que la diferencia entre el radio de la esfera y el radio del espécimen. La menor dimensión de la superficie de carga debe ser al menos igual al diámetro de la rótula (véase Figura I).
- La porción móvil del bloque de carga debe sostenerse lo más segura que sea posible, pero el diseño debe ser tal que la cara de carga pueda girar libremente e inclinarse al menos 40 en cualquier dirección.

1.1 Indicador de carga. La escala graduada del dial debe ser tal, que permita leer con una precisión del 1% de la carga total de la escala. (Nota 4). La escala debe tener una línea y un número que indique el cero (0). El puntero debe tener una longitud tal que alcance las marcas indicadoras. El espesor del extremo del puntero no debe exceder la distancia libre entre las graduaciones más pequeñas. Cada dial debe estar equipado con un dispositivo de ajuste al cero, accesible desde afuera, y con un indicador apropiado para que en todo momento y hasta cuando sea reiniciado, indique con una exactitud del 1%, la carga máxima aplicada al espécimen.

Nota 4. La distancia más cercana razonablemente legible, se considera que es 0.5 mm a lo largo del arco descrito por el extremo del puntero.

Si la máquina de ensayos indica la carga en forma digital, el número debe ser suficientemente grande para que sea legible, con un incremento numérico igual o menor del 0.05% de la carga total de la escala y dentro del 1.0% de la carga indicada en cualquier nivel dentro del rango de valores de carga dados.

Se deben realizar los ajustes para que la aguja señale el cero verdadero cuando se encuentre con carga cero (0). Se debe proveer un indicador de carga máxima que, en todo momento, hasta cuando la máquina sea reiniciada, indique con una precisión del 1%, la carga máxima que fue aplicada al espécimen.

1. MUESTRAS

1.1 Las muestras no deben ensayarse si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro en más del 2% (Nota 5). Nota 5. Esto puede ocurrir cuando uno de los moldes sea dañado o deformado durante su transporte, cuando se usen moldes flexibles y estos se deformen durante el moldeo, o cuando una muestra perforada se defleccione o distorsione durante el proceso de perforación.

1.2 Ninguna de las muestras ensayadas a compresión debe separarse de la perpendicularidad del eje en más de 0.51 (equivalentes a 3 mm en 300 mm aproximadamente). El extremo de una muestra que no sea plana debe ser refrentado (capping) de acuerdo con lo indicado por la norma MTC E703. El diámetro usado para calcular el área de la sección transversal de la muestra debe determinarse con una precisión de 0.25 mm (0.01") promediando los dos diámetros medidos en ángulo recto uno con respecto al otro y en la mitad del espécimen.

1.3 El número individual de testigos medidos para la determinación del diámetro promedio puede reducirse a uno por cada diez especímenes o tres especímenes por día, lo que sea mayor, si se sabe que todos los testigos han sido hechos con un único lote de moldes reutilizables que consistentemente producen especímenes de diámetro promedio en una variación de 0.51 mm (0.02"). Cuando el diámetro promedio no cae dentro de la variación de 0.51 mm o cuando los cilindros no están hechos con un único lote de moldes, cada uno ensayado debe medirse y el valor encontrado ser usado en los cálculos de la resistencia a la compresión de cada muestra.

1.4 La longitud debe medirse con una aproximación de 0.05 D, siendo D el diámetro del espécimen.

2. PROCEDIMIENTO

2.1 El ensayo de compresión de muestras curadas en agua debe hacerse inmediatamente después de que éstas han sido removidas del lugar de curado.

2.2 La muestra se debe mantener húmeda utilizando cualquier método conveniente, durante el período transcurrido desde su remoción del lugar de curado hasta cuando es ensayada. Debe ensayarse en condición húmeda.

2.3 Todos los especímenes de una edad determinada se deben romper dentro de las tolerancias indicadas a continuación:

Tolerancias requeridas en las diferentes edades para romper las muestras.

Edad de Ensayo	Tolerancia
24	± 0.5 horas a 2.1 %
3	2 horas a 2.8 %
7	6 horas a 3.1 %
28	20 horas a 3.0 %
90	2 días a 2.2 %

Colocación de la muestra. Colóquese el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque superior. Límpiense con un paño las superficies de los bloques superiores e inferiores y colóquese el espécimen sobre el bloque inferior.

Cúidese que el eje del espécimen quede alineado con el centro del bloque superior. El bloque con rotula debe rotarse inmediatamente antes de proceder al ensayo, para asegurar la libertad de movimiento requerida en el numeral 3.2

1.2 Velocidad de carga. Aplíquese la carga continuamente sin golpes bruscos.

- Para las máquinas de ensayo del tipo tornillo, la cabeza móvil debe desplazarse a una velocidad de 1.3 mm/min (0.05 pulg/min) cuando la máquina está operando sin transmitir carga. Para las máquinas hidráulicamente operadas la carga debe aplicarse a una velocidad correspondiente a una tasa de aplicación de carga comprendida en el rango de 0.14 a 0.34 MPa/s (20 a 50 lb/ Pulg -seg.). La velocidad escogida se debe mantener al menos durante la segunda mitad del ciclo de ensayo, para la fase de carga prevista.
- Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga prevista, se permite una velocidad de carga mayor.

1.3 Aplíquese la carga hasta que la muestra falle y regístrese la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo. Anótese el tipo de falla y la apariencia del concreto.

3. CÁLCULOS Y RESULTADOS

3.1 Calcúlese la resistencia a la compresión, dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo, por el promedio del área de la sección transversal determinada en la forma descrita en el numeral 4.3, y expresando el resultado con una aproximación de 70 kPa (10 Psi).

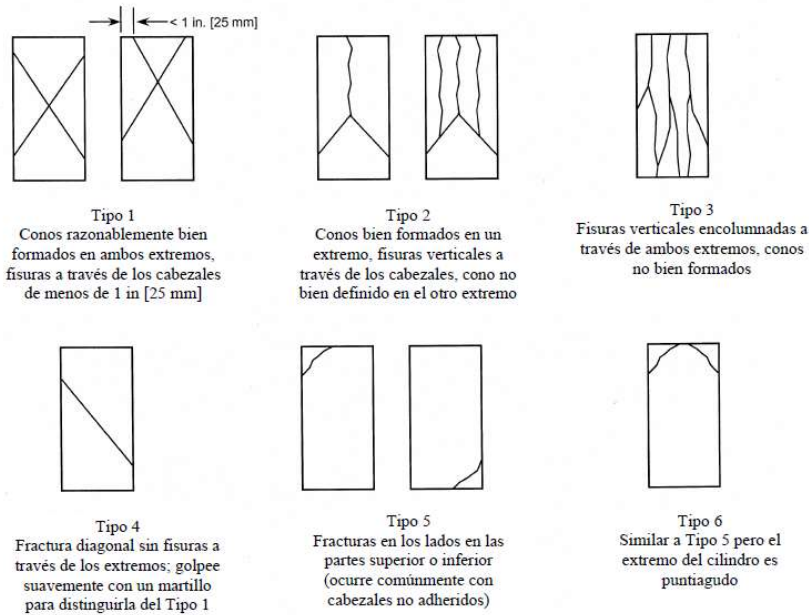
3.2 Si la relación entre la longitud del espécimen y el diámetro es menor de 1.8, corríjase el resultado obtenido en el numeral 6.1 multiplicando por el factor apropiado de los que se indican a continuación:

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00	
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87	Nota 6.

Estos factores de corrección se aplican a concretos livianos que pesen entre 1600 y 1920 kg/m y a concretos de peso normal, secos o rígidos al momento de ensayo. Los valores que no se dan en la tabla se pueden obtener por interpolación. Los factores de corrección se aplican a concretos con una resistencia entre 13.8 y 41.4 kPa (2000 a 6000 Psi).

3.3 El informe de los resultados debe incluir:

- Número de identificación.
- Diámetro y longitud (mm o pulgada).
- Área de la sección transversal (cm² o pulgada²).
- Carga máxima (N o lbf)
- Resistencia a la compresión (kPa o Psi).
- Edad del espécimen.
- Defectos en el refrentado del espécimen, a continuación, se presentan los tipos de fallas.



4. Referencias Normativas

ASTM C 39

AASHTO T 22

ANEXO 3. NORMA ASTM C 136

Análisis Granulométrico De Los Agregados

1. Objeto

- 1.1 Determinar, cuantitativamente, los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada.
- 1.2 Se determina la distribución de los tamaños de las partículas de una muestra seca del agregado, por separación a través de tamices dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura.
- 1.3 La determinación exacta de materiales que pasan el tamiz de 75 μm (No. 200) no puede lograrse mediante este ensayo. El método de ensayo que se debe emplear será: "Determinación de la cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200)", norma MTC E202.

2. APARATOS

- 2.1 Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0.1% del peso de la muestra que va a ser ensayada.
- 2.2 Tamices. Tamices seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado.
- 2.3 Estufa de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230^{\circ} \pm 9^{\circ}\text{F}$).
3. MUESTRA
- 3.1 Las muestras para el ensayo se obtendrán por medio de cuarteo, manual o mecánico. El agregado debe estar completamente mezclado y tener la suficiente humedad para evitar la segregación y la pérdida de finos. La muestra para el ensayo debe tener la masa seca aproximada y consistir en una fracción completa de la operación de cuarteo. No está permitido seleccionar la muestra a un peso exacto determinado.
- 3.2 Agregado fino. Las muestras de agregado fino para el análisis granulométrico, después de secadas, deberán tener mínimo 300gr.
- 3.3 Agregado grueso. Las muestras de agregado grueso para el análisis granulométrico, después de secadas, deberán tener aproximadamente los siguientes pesos:

Tabla 26. Requerimiento de pesos para el análisis granulométrico.

Tamaño nominal con aberturas cuadradas		Peso mínimo de la muestra de ensayo
mm	(Pulg)	Kg
9.5	(3/8)	1
12.5	(1/2)	2
19.0	(3/4)	5
25.0	(1)	10
37.5	(1 1/2)	15
50.0	(2)	20
63.0	(2 1/2)	35
75.0	(3)	60
90.0	(3 1/2)	100
100.0	(4)	150
112.0	(4 1/2)	200
125.0	(5)	300
150.0	(6)	500

3.4 Para mezclas de agregados gruesos y finos, la muestra será separada en dos tamaños, por el tamiz de 4.75 mm (No. 4) y preparada de acuerdo con los numerales 3.2 y 3.3, respectivamente.

3.5 La cantidad de material que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200), se puede determinar por el método de ensayo MTC E202. (Determinación de la cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μ mm (No. 200)).

4. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

4.1 Séquese la muestra a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230^{\circ} \pm 9^{\circ}\text{F}$), hasta obtener peso constante.

También las muestras pueden secarse con las más altas temperaturas asociadas con el uso de planchas de calentamiento, sin que se afecten los resultados, pues se permiten escapes de vapores que no generan presiones suficientes para fracturar las partículas, ni temperaturas tan altas que causen rompimiento químico de los agregados.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Selecciónese un grupo de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material que se va a ensayar. Colóquense los tamices en orden decreciente, por tamaño de abertura. Efectúese la operación de tamizado a mano o por medio de un tamizador mecánico, durante un período adecuado.

5.2 Límitese la cantidad de material en un tamiz dado, de tal forma que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante la operación del tamizado.

El peso retenido en tamices menores al de 4.75 mm (No. 4) cuando se complete la operación de tamizado, no debe ser mayor de 7 kg/m² de superficie tamizada.

Para tamices de 4.75 mm (No. 4) y mayores, el peso en kg/m² por superficie de tamizado no excederá el producto de 2.5 x abertura del tamiz (mm).

En ningún caso, el peso debe ser tan grande que cause deformación permanente en la malla del tamiz.

5.3 Continúese el tamizado por un período suficiente, de tal forma que después de terminado, no pase más del 1% de la cantidad en peso retenida en cada tamiz, durante un (1) minuto de tamizado continuo a mano, realizado de la siguiente manera: tómesese individualmente cada tamiz, con su tapa y un fondo que ajuste sin holgura, con la mano en una posición ligeramente inclinada. Se golpea secamente el lado del tamiz, con un movimiento hacia arriba contra la palma de la otra mano, a razón de 150 veces por minuto, girando el tamiz aproximadamente 1/6 de vuelta en cada intervalo de 25 golpes. Se considerará satisfactorio el tamizado para tamaños mayores al tamiz de 4.75 mm (No. 4), cuando el total de las partículas del material sobre la malla forme una sola capa. Si el tamaño de los tamices hace impracticable el movimiento de tamizado recomendado, utilícenese tamices de 203 mm (8") de diámetro para comprobar la eficiencia del tamizado.

5.4 En el caso de mezclas de agregados gruesos y finos, la porción de muestra más fina que el tamiz de 4.75 mm (No. 4) puede distribuirse entre dos o más grupos de tamices para prevenir sobrecarga de los tamices individuales.

5.5 Para partículas mayores de 75 mm (3"), el tamizado debe realizarse a mano, determinando la abertura del tamiz más pequeño por el que pasa la partícula.

Comiencese el ensayo con el tamiz más pequeño que va a ser usado. Rótense las partículas si es necesario, con el fin de determinar si ellas pasarán a través de dicho tamiz; sin embargo, no deberán forzarse las partículas para que pasen a través de éste. Cuando sea necesario determinar la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200), se ensayará primero la muestra de acuerdo con la norma citada. Se añade el porcentaje de material más fino que el tamiz de 75 mm (No. 200) determinado por el mencionado método, al porcentaje tamizado sobre este mismo tamiz, determinado en el resto de la muestra, cuando se ensaye en seco mediante el presente método.

5.6 Determínese el peso de la muestra retenido en cada tamiz, con una balanza que cumpla lo exigido en el numeral 2.1.

El peso total del material después del tamizado debe ser comparado con el peso original de la muestra que se ensayó. Si la cantidad difiere en más del 0.3%, basado en el peso de la muestra original seca, el resultado no debe ser aceptado.

6. CÁLCULOS

6.1 Calcúlese el porcentaje que pasa, el porcentaje total retenido, o el porcentaje de las fracciones de varios tamaños, con una aproximación de 0.1%, con base en el peso total de la muestra inicial seca.

6.2 Si la muestra fue primero ensayada por el método MTC E202, inclúyase el peso del material más fino que el tamiz de 75 mm (No. 200) por lavado en los cálculos de tamizado, y úsese el total del peso de la muestra seca previamente lavada en el método mencionado, como base para calcular todos los porcentajes.

6.3 Cuando sea requerido, calcular el módulo de finura como la suma de los porcentajes retenidos, acumulados para cada una de las siguientes mallas, dividiendo la suma por 100: 150 µm (N.º 100), 300 µm (N.º 50), 600 µm (N.º 30), 1,18 mm (N.º 16), 2,36 mm (N.º 8), 4,75 mm (N.º 4), 9,5 mm (3/8"), 19,0 mm (3/4"), 37,5 mm (1 1/2"), y mayores, incrementando en la relación de 2 a 1.

7. INFORME

7.1 Dependiendo de las especificaciones para uso del material que está siendo ensayado, el informe deberá incluir:

- Porcentaje total de material que pasa cada tamiz, o
- Porcentaje total de material retenido en cada tamiz, o

- Porcentaje de material retenido entre dos tamices consecutivos.

7.2 El resultado de los porcentajes se expresa redondeando al entero más próximo, con excepción del porcentaje que pasa tamiz de 75 mm (No. 200), cuyo resultado será expresado con una aproximación de 0.1%.

7.3 Cuando es requerido, reportar el módulo de finura con aproximación al centésimo (0,01).

ANEXO 4. NORMA ASTM C 128

Gravedad Específica Y Absorción De Agregados Finos y Gruesos

1. OBJETO

- 1.1 Describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación del peso específico aparente y real a 23/23 °C (73.4/73.4 °F) así como la absorción después de 24 horas de sumergidos en agua, de los agregados con tamaño inferior a 4.75 mm (tamiz No. 4).

2. DEFINICIONES

2.1 Volúmenes aparentes y nominales. En un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado "aparente"; si se excluye este volumen de vacíos, al volumen resultante se denomina "nominal".

2.2 Peso específico aparente y nominal. En estos materiales, se define el peso específico aparente como la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente y peso específico nominal a la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal.

3. APARATOS

3.1 Balanza, con capacidad mínima de 1000 g y sensibilidad de 0.1 g.

3.2 Matraz aforado o picnómetro, en el que se puede introducir la totalidad de la muestra y capaz de apreciar volúmenes con una exactitud de ± 0.1 cm³. Su capacidad hasta el enrase será, como mínimo, un 50 por ciento mayor que el volumen ocupado por la muestra. Para los tamaños de agregados más finos puede emplearse un matraz aforado de 500 cm³ de capacidad, o un frasco de La Chateles. 9.2 Molde cónico. Un tronco de cono recto, construido con una chapa metálica de 0.8 mm de espesor como mínimo, y de 40.3 mm de diámetro interior en su base menor, 90.3 mm de diámetro interior en una base mayor y 75.3 mm de altura.

3.4 Varilla para apisonado, metálica, recta, con un peso de 340.15 g y terminada por uno de sus extremos en una superficie circular plana para el apisonado, de 25.3 mm de diámetro.

3.5 Bandejas de zinc, de tamaño apropiado.

3.6 Un dispositivo que proporcione una corriente de aire caliente de velocidad moderada.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Después de homogeneizar completamente la muestra y eliminar el material de tamaño superior a 4.75 mm (tamiz No. 4), se selecciona, por cuarteo, una cantidad aproximada de 1 Kg., que se seca en el horno a 100 - 110 °C, se enfría luego al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. Una vez fría se pesa, repitiendo el secado hasta lograr peso constante. A continuación, se cubre la muestra completamente con agua y se la deja así sumergida durante 24 horas.

Cuando los pesos específicos y la absorción vayan a utilizarse en el proyecto de mezclas de concretos hidráulicos, en las que los agregados son utilizados normalmente en estado húmedo, puede prescindirse del secado previo hasta peso constante. Además, si los agregados se han mantenido previamente con su superficie continuamente mojada, se puede igualmente omitir el periodo de 24 h de inmersión. Los valores que se obtienen para la absorción y el peso específico aparente saturado con superficie seca pueden ser significativamente más altos si se omite el secado previo antes del periodo de inmersión, por lo cual deberá consignarse siempre en los resultados cualquier alteración introducida en el proceso general.

4.2 Después del período de inmersión, se decanta cuidadosamente el agua para evitar la pérdida de finos y se extiende la muestra sobre una bandeja, comenzando la operación de desecar la superficie de las partículas, dirigiendo sobre ella una corriente moderada de aire caliente, mientras se agita continuamente para que la desecación sea uniforme, y continuando el secado hasta que las partículas puedan fluir libremente.

4.3 Para fijar este punto, cuando se empiece a observar visualmente que se está aproximando el agregado a esta condición, se sujeta firmemente el molde cónico con su diámetro mayor apoyado sobre una superficie plana no absorbente, echando en su interior a través de un embudo y sin apelmazar, una cantidad de muestra suficiente, que se apisona ligeramente con 25 golpes de la varilla, levantando a continuación, con cuidado, verticalmente el molde. Si la superficie de las partículas conserva aún exceso de humedad, el cono de agregado mantendrá su forma original, por lo que se continuará agitando y secando la muestra, realizando frecuentemente la prueba del cono hasta que se produzca un primer desmoronamiento superficial, indicativo de que finalmente ha alcanzado el agregado la condición de superficie seca. El procedimiento descrito anteriormente solamente es válido cuando el desmoronamiento superficial no se produce en la primera prueba, por la falta de seguridad en el estado de humedad

superficial que ello comportaría. En este caso, deberán añadirse al agregado algunos centímetros cúbicos de agua, mezclar completamente toda la muestra y dejarla tapada para evitar la evaporación durante una media hora. A continuación, se repiten de nuevo los procesos de secado y pruebas del cono, explicados en los numerales 4.2. y 4.3. hasta determinar el estado correcto de saturado con superficie seca.

4.4 Inmediatamente, se introducen en el picnómetro previamente tarado, 500.0 g del agregado fino, preparado como se ha descrito anteriormente, y se le añade agua hasta aproximadamente un 90 por ciento de su capacidad; para eliminar el aire atrapado se rueda el picnómetro sobre una superficie plana, e incluso agitando o invirtiéndolo si es preciso, introduciéndolo seguidamente en un baño de agua a una temperatura entre 21° y 25°C durante 1 hora, transcurrida la cual se enrasa con agua a igual temperatura, se saca del baño, se seca rápidamente su superficie y se determina su peso total (picnómetro, muestra y agua), con una aproximación de 0.1 g.

Pueden emplearse cantidades de muestra inferiores a los 500 g especificados en el procedimiento general (aunque nunca menos de 50 g). En los casos en que se utilice una cantidad inferior a 500 g, los límites de exactitud para las pesadas y medidas deberán reducirse en las proporciones correspondientes.

Si se desea, el peso de agua necesaria para el enrase final del picnómetro aforado puede determinarse volumétricamente con una bureta que aproxime 0.1 cm³. En estos casos, el peso total del picnómetro enrasado será: $C = 0.9975.Va + S + M$ en la cual:

C = Peso total del picnómetro con muestra y agua hasta el enrase, en gramos. S = Peso de la muestra saturada, con superficie seca, en gramos.

Va = Volumen de agua añadida, en cm³. M = Peso del picnómetro vacío, en gramos. Tomándose el valor 0.9975 como promedio del peso específico del agua en el intervalo de temperaturas utilizadas.

4.5 Se saca el agregado fino del matraz y se deseca en el horno a 100 - 110 °C, hasta peso constante; se enfría al aire a temperatura ambiente durante 1 a 1-½ horas y se determina finalmente su peso seco.

4.6 Si no se conoce, se determinará el peso del picnómetro aforado lleno de agua hasta el enrase, sumergiéndolo en un baño de agua a la temperatura de ensayo y siguiendo en su determinación un procedimiento paralelo, respecto a tiempos de inmersión y pesadas, al descrito en el numeral 4.4.

ANEXO 5. LEY DE MUNICIPALIDADES



DECRETO NUMERO 134-90

EL CONGRESO NACIONAL,

CONSIDERANDO: Que la Ley de Municipalidades y del Régimen Político, del 1 de abril de 1927 y sus reformas, han quedado superadas en el tiempo y no guardan relación con la Constitución de la República.

CONSIDERANDO: Que la nominada Constitución, por voluntad soberana del pueblo hondureño, decretó que las Corporaciones serán independientes de los Poderes del Estado, lo que configura un régimen especial y autónomo.

CONSIDERANDO: Que la autonomía municipal sólo puede concentrarse por medio del ejercicio democrático, la dotación de recursos, un territorio delimitado y una población homogénea, sobre los cuales ejerza autoridad la Corporación Municipal sin más limitaciones que las impuestas por las leyes.

CONSIDERANDO: Que se hace imprescindible emitir una Ley que organice al municipio hondureño, de forma práctica, elemental y democrática, procurando elevar el nivel de vida de sus habitantes y equilibrando el desarrollo económico y social interno, estableciendo las bases que afiancen un estado de derecho soberano, republicano, democrático e independiente, cuyos habitantes gocen de justicia, libertad, cultura y bienestar.

POR TANTO,

D E C R E T A:

LA SIGUIENTE:

LEY DE MUNICIPALIDADES

TITULO I

OBJETO, DEFINICION Y TERRITORIO

Artículo 1. Esta Ley tiene por objetivo desarrollar los principios constitucionales referentes al Régimen Departamental y Municipal¹.

Artículo 2. El Municipio es una población o asociación de personas residentes en un término municipal, gobernada por una municipalidad que ejerce y extiende su autoridad en su territorio y es la estructura básica territorial del Estado y cause inmediato de participación ciudadana en los asuntos públicos².

Artículo 3. El territorio hondureño se divide en departamentos y éstos en municipios autónomos, administrados sin más sujeción que a la ley, por Corporaciones electas directamente por el pueblo, de conformidad con la ley.

TITULO II

1 Redactado en los términos del Decreto N 48-91, de fecha 7 de mayo de 1991, publicado en el Diario Oficial La Gaceta N 26445 del 23 de mayo de 1991, cuyo texto íntegro aparece al final, como anexo.

2 Redactado en los términos del Decreto N 48-91, de fecha 7 de mayo de 1991, publicado en el Diario Oficial La Gaceta N 26445 del 23 de mayo de 1991, cuyo texto íntegro aparece al final, como anexo.

DE LOS DEPARTAMENTOS

CAPITULO I

CREACION

Artículo 4. Los Departamentos son creados mediante ley, sus límites están fijados en la misma. La Cabecera será la sede del Gobierno Departamental.

CAPITULO II

DEL GOBERNADOR DEPARTAMENTAL

Artículo 5. El Gobernador Departamental será del libre nombramiento y remoción del Poder Ejecutivo. En caso de ausencia mayor de cinco días, lo sustituirá el alcalde de la Cabecera Departamental.

Artículo 6. El Gobernador Departamental es el representante del Poder Ejecutivo en su jurisdicción.

Al momento de ser nombrado deberá estar viviendo consecutivamente en el Departamento, por más de cinco años y llenar los mismos requisitos que para ser alcalde.

Artículo 7. Son atribuciones del Gobernador Departamental las siguientes:

- 1) Servir de enlace entre el Poder Ejecutivo y las autoridades nacionales que tengan delegación en el Departamento y en las Municipalidades.
- 2) Supervisar el funcionamiento de las penitenciarías y centros de reclusión y coadyuvar con las diferentes Secretarías de Estado para el mejor cumplimiento de las responsabilidades de sus dependencias que funcionen en el Departamento³.
- 3) Representar al Poder Ejecutivo en los actos oficiales en su Departamento;
- 4) Conocer y resolver los recursos de apelación de los particulares contra las Municipalidades, las quejas contra los funcionarios y los conflictos suscitados entre Municipios de su Departamento;
- 5) Asistir a las sesiones de las Corporaciones Municipales, por lo menos una vez al año, participando con voz, pero sin voto;
- 6) Evacuar las consultas que le planteen las Municipalidades;
- 7) Conocer de las excusas y renunciaciones de los miembros de las Corporaciones Municipales;

³ Redactado en los términos del Decreto N 48-91, de fecha 7 de mayo de 1991, publicado en el Diario Oficial La Gaceta N 26445 del 23 de mayo de 1991, cuyo texto íntegro aparece al final, como anexo.

- 8) Concurrir a las reuniones de las asociaciones de municipalidades del departamento; y,
- 9) Ejercer las atribuciones que por leyes especiales se le confieran.

Artículo 8. El Gobernador Departamental tendrá un secretario de su libre nombramiento y remoción, quien será remunerado y deberá reunir las mismas condiciones que el Secretario Municipal.

Artículo 9. Los conflictos de competencia entre Gobernadores serán resueltos por la Secretaría de Estado en los Despachos de Gobernación y Justicia.

Artículo 10. No podrán ser Gobernadores quienes no puedan ser municipales.

Artículo 11. Los gastos de funcionamiento de las Gobernaciones Políticas se cargarán en el Presupuesto General de Ingresos y Egresos de la República, en el Título correspondiente a la Secretaría de Gobernación y Justicia.

ANEXO 6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES