



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

**ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO CON FIBRAS
TEXTILES DE LLANTAS RECICLADAS EN SAN PEDRO SULA, 2019**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

21551026 ALEXANDRA GABRIELLE SANTOS CHIANG

21541244 LUIS ENRIQUE RIVERA SANTOS

21551082 JULIA SOFÍA FIGUEROA ARIAS

ASESOR: ING. MICHAEL PINEDA

CAMPUS SAN PEDRO SULA

ENERO, 2020

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

RECTOR ACADÉMICO:

MARLON ANTONIO BREVÉ REYES

VICERRECTOR ACADÉMICO:

DESIRÉE TEJEDA CALVO

SECRETARIO GENERAL:

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTORA CAMPUS SAN PEDRO SULA:

CARLA MARÍA PANTOJA ORTEGA

JEFE DE CARRERA INGENIERÍA CIVIL

HÉCTOR WILFREDO PADILLA SIERRA

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS
EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO**

INGENIERO CIVIL

ASESOR METODOLÓGICO

HÉCTOR PADILLA

ASESOR TEMÁTICO

MICHAEL PINEDA

MIEMBROS DE LA TERNA

ARNOLD JOVEL

MARIO CÁRDENAS

ADA RODRÍGUEZ

DERECHOS DE AUTOR

© COPYRIGHT

ALEXANDRA GABRIELLE SANTOS CHIANG

LUIS ENRIQUE RIVERA SANTOS

JULIA SOFÍA FIGUEROA ARIAS

Todos los derechos son reservados

AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES 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 INVESTIGACIÓN (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, Alexandra Gabrielle Santos Chiang, Luis Enrique Rivera Santos y Julia Sofía Figueroa Arias, de San Pedro Sula autores del trabajo de pregrado titulado: "Análisis de Propiedades Mecánicas del Concreto mejorado con Fibras Textiles de Llantas Recicladas ", presentado y aprobado en el año 2019, 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 en el mes de marzo de dos mil veinte.

Alexandra Gabrielle Santos

21551026

Luis Enrique Rivera Santos

21541244

Julia Sofía Figueroa

21551082

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 los requerimientos académicos que la Universidad dispone dentro de los procesos de graduación.

Ing. Héctor Padilla
Asesor Metodológico

Ing. Michael Pineda
Asesor Temático

Ing. Ada Rodríguez

Ing. Arnold Jovel

Ing. Mario Cárdenas

Ing. Héctor Padilla
Jefe Académico de la facultad de
Ingeniería Civil | UNITEC

DEDICATORIA

Le dedico esta tesis, primeramente, a Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida. A mis padres, Karla Chiang-Santos y Julio Santos, por su apoyo y amor incondicional durante todas las etapas de vida, por todas las enseñanzas y preparación que me han dado y por ser un ejemplo por seguir de perseverancia, dedicación y esfuerzo. A mis compañeros de trabajo por todo su esfuerzo y a los ingenieros que nos apoyaron en esta etapa.

Alexandra Gabrielle Santos Chiang

Quisiera dedicar esta tesis a mis padres Lelis Emin Rivera Martínez y Fany Carolina Santos González por siempre apoyarme en las decisiones y situaciones difíciles que me he enfrentado a lo largo de la vida. Por su amor incondicional y consejos de vida que me han moldeado en la persona que soy ahora. A mis amigos por siempre darme la fortaleza y motivación que necesité para seguir adelante. A mis compañeros de la universidad por haberme dado su tiempo y atención a lo largo de mi vida universitaria. Finalmente, les dedico esta tesis a todos los catedráticos que me impartieron clases en esta universidad por haberme otorgado todos los conocimientos que emplearé en mi vida profesional como Ingeniero Civil.

Luis Enrique Rivera Santos

Dedico esta tesis a Dios, porque sin Él nada es posible, porque es la piedra angular de mi vida y fortaleza en todo momento. A mis padres Eleana y Julio Figueroa por apoyarme en cada etapa de mi vida, por amarme incondicionalmente, por enseñarme a esforzarme y a dar lo mejor de mí misma, y por ser un ejemplo de trabajo duro.

Sofía Figueroa

AGRADECIMIENTOS

UNITEC

Por ser nuestra Alma Mater e impartirnos los valores y conocimientos fundamentales para ser un Ingeniero Civil que siempre ofrezca calidad en el servicio de nuestro país.

LAZARUS Y LAZARUS

Se les agradece abrir las puertas de su empresa y así hacer posible la realización de este estudio. Igualmente se agradece su apoyo técnico, intelectual y material a nuestro proyecto de graduación. Ingeniero Ernesto Lazarus e Ingeniero Mario Machado, se les agradece por su atención en el día a día y por compartir su conocimiento.

RESUMEN EJECUTIVO

Actualmente, Honduras carece de una gestión en el manejo de llantas desechadas. La falta de esto obliga a la sociedad convertir predios sin usar como tiraderos. Esta problemática perjudica el medio ambiente y la salud pública. Por esta razón, el propósito de esta investigación es analizar el comportamiento mecánico que genera la implementación de la fibra textil de llanta reciclada en el concreto hidráulico 4000 PSI regido por las normas ASTM (American Society of Testing and Materials) y ACI (American Concrete Institute). Para esta investigación se utilizó el enfoque experimental para observar el efecto que causa la fibra en el concreto, el diseño transversal, un alcance exploratorio, los métodos análisis-técnicos y muestra no probabilística. Se establecieron cuatro hipótesis de investigación y nulas que comparan las resistencias obtenidas de una mezcla con FTLR contra un concreto convencional. Para esto, se realizaron 18 cilindros y 12 vigas de concreto como muestra de estudio, midiendo la resistencia a la compresión y módulo de ruptura contra un concreto convencional sin fibra y utilizando las instalaciones, equipo y materiales del laboratorio de Lazarus y Lazarus. A los 28 días de edad la mezclas con 0.90 y 1.20 kg/m³ de FTLR generaron un incremento en el módulo de ruptura contra el concreto convencional. Siendo estos resultados de 399 y 393 PSI contra los 389 PSI, respectivamente. Por lo que se recomienda utilizarlas en estructuras sometidos a flexión. A la misma edad, ninguna de las nuevas mezclas alcanzó los 2979 PSI de resistencia compresiva de la mezcla control, teniendo estas 2801 y 2885 PSI para las mezclas con 0.90 y 1.20 kg/m³ de FTLR, respectivamente. No se recomienda utilizar en estructuras sometidas solo a compresión. El costo de 1 m³ de concreto convencional 4000 PSI, con la dosificación utilizada para la investigación desarrollada, tiene un costo unitario total de L. 2,937.70. El concreto con adición de 0.90 kg/m³ de FTLR tiene un costo unitario total de L. 3,018.05, esto significa un aumento de L. 80.35 del concreto convencional. El concreto con adición de 1.20 kg/m³ de FTLR tiene un costo unitario total de L. 3,044.83, esto significa un aumento de L. 107.13 del concreto convencional. Esto representa un incremento en el costo de 2.74% y 3.65%, respectivamente.

Palabras clave: agregado, compresión, concreto, granulometría, módulo de ruptura

ABSTRACT

Honduras currently lacks management in handling discarded tires. The lack of this forces society to convert unused premises as slingshots. This problem harms the environment and public health. For this reason, the purpose of this research is to analyze the mechanical behavior generated by the implementation of recycled tire textile fiber in the 4000 PSI hydraulic concrete standards governed by ASTM (American Society of Testing and Materials) and ACI (American Concrete Institute) standards. For this research, the experimental approach was used to observe the effect of fiber on concrete, cross-sectional design, exploratory scope, analytical-technical methods and non-probabilistic sampling. Four research and null hypotheses were established to compare the resistance obtained from a mixture with FTLR against conventional concrete. For this, 18 cylinders and 12 concrete beams were made as a study sample, measuring the compressive strength and modulus of rupture against conventional fiberless concrete and using the facilities, equipment and materials of the Lazarus and Lazarus laboratory. At 28 days of age the mixtures with 0.90 and 1.20 kg/m³ of FTLR generated an increase in the modulus of rupture against conventional concrete. These results being 399 and 393 PSI against the 389 PSI, respectively. It is therefore recommended to use them in bending structures. At the same age, none of the new mixtures reached the 2979 PSI of compressive strength of the control mixture, having these 2801 and 2885 PSI for mixtures with 0.90 and 1.20 kg/m³ of FTLR, respectively. It is not recommended to use in compression-only structures. The cost of 1 m³ of conventional concrete 4000 PSI, with the dosage used for developed research, has a total unit cost of L. 2,937.70. Concrete with the addition of 0.90 kg/m³ of FTLR has a total unit cost of L. 3,018.05, this means an increase of L. 80.35 of conventional concrete. Concrete with the addition of 1.20 kg/m³ of FTLR has a total unit cost of L. 3,044.83, this means an increase of L. 107.13 of conventional concrete. This represents an increase in cost of 2.74% and 3.65%, respectively.

Keywords: aggregate, compression, concrete, granulometry, modulus of rupture

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción.....	1
II.	Planteamiento del Problema.....	2
	2.1. Precedentes del Problema	2
	2.2. Definición del Problema.....	5
	2.2.1. Enunciado del Problema	5
	2.2.2. Formulación del Problema	5
	2.3. Justificación.....	5
	2.4. Preguntas de Investigación.....	7
	2.5. Objetivos.....	8
	2.5.1. Objetivo General	8
	2.5.2. Objetivos Específicos	8
III.	Marco Teórico	9
	3.1. Análisis de la Situación Actual	9
	3.1.1. Análisis del Macroentorno.....	9
	3.1.1.1. Canadá.....	9
	3.1.1.2. Colombia	11
	3.1.2. Análisis del Microentorno.....	15
	3.1.2.1. Utila, Islas de la Bahía, Honduras.....	16
	3.1.3. Análisis Interno	18
	3.1.3.1. Caracterización de bloques de concreto con utilización PET y aditivo.....	19
	1.1.2.1 Análisis del comportamiento del concreto hidráulico con fibras de coco .	21
	3.2. Teorías de Sustento	24

3.2.1.	ASTM C136-14.....	24
3.2.2.	ASTM C33-08.....	25
3.2.3.	ASTM C566-19.....	26
3.2.4.	ASTM C40-04.....	26
3.2.5.	ASTM C29-17.....	27
3.2.6.	ASTM C127-15.....	29
3.2.7.	ASTM C128-15.....	29
3.2.8.	ASTM C131-01.....	30
3.2.9.	ASTM C192-18.....	31
3.2.10.	ASTM C39-18.....	31
3.2.11.	ASTM C78-02.....	33
3.2.12.	ACI 211.1-91.....	33
3.2.13.	ACI 318-05.....	39
3.2.14.	ACI 544.1R-96.....	39
3.3.	Marco Conceptual.....	39
3.4.	Marco Legal.....	42
3.4.1.	Ley General del Ambiente.....	42
3.4.1.1.	Título I: Principios y Objetivos.....	42
3.4.1.2.	Título III: Protección del Ambiente y Uso Racional de los R.R.N.N.....	43
3.4.1.4.	Título VII: Disposiciones Finales.....	43
3.4.2.	Leyes y Reglamentos CICh.....	43
3.4.2.1.	Capítulo III De las Obligaciones y Derechos.....	43
IV.	Metodología.....	44

4.1.	Enfoque	44
4.2.	Variables de Investigación.....	45
4.2.1.	Diagrama de las Variables de Operacionalización	47
4.2.2.	Tabla de Operacionalización.....	49
4.2.3.	Hipótesis.....	54
4.2.3.1.	Hipótesis de Investigación.....	54
4.2.3.1.	Hipótesis Nula	54
4.3.	Técnicas e Instrumentos Aplicados.....	55
4.3.1.	Instrumentos.....	55
4.3.2.	Técnicas	64
4.3.2.1.	ASTM C136-14.....	64
4.3.2.2.	ASTM C33-08.....	65
4.3.2.3.	ASTM C566-19.....	65
4.3.2.4.	ASTM C40-04.....	65
4.3.2.5.	ASTM C29-17	66
4.3.2.6.	ASTM C127-15.....	66
4.3.2.7.	ASTM C128-15.....	67
4.3.2.8.	ASTM C131-01.....	67
4.3.2.9.	ASTM C192-07.....	68
4.3.2.10.	ASTM C39-18	68
4.3.2.11.	ASTM C78-02	69
4.4.	Materiales	69
4.5.	Población y Muestra.....	73

4.5.1.	Población.....	73
4.5.2.	Tamaño de la muestra	73
4.5.2.1.	Parámetros Muestrales.....	74
4.5.2.2.	Desarrollo de nomenclatura para muestras.....	75
4.6.	Metodología de Estudio	76
4.6.1.	Elementos del Estudio.....	76
4.6.1.1.	Tipo de Estudio	77
4.6.1.2.	Tipo de Diseño	77
4.6.1.3.	Alcance	78
4.6.1.4.	Métodos.....	78
4.6.1.5.	Muestra	78
4.7.	Metodología de Validación	78
4.8.	Cronograma de Actividades.....	79
V.	Análisis y Resultados	83
5.1.	Análisis del Agregado Grueso.....	83
5.1.1.	Análisis Granulométrico de Grava 3/4" CONHSA PAYHSA	83
5.1.2.	Peso Volumétrico Suelto y Compactado de Grava 3/4" CONHSA PAYHSA...	85
5.1.3.	GE y Porcentaje de Absorción de Grava 3/4" CONHSA PAYHSA	86
5.1.4.	Análisis de Desgaste de Grava 3/4" CONHSA PAYHSA.....	86
5.2.	Análisis del Agregado Fino	87
5.2.1.	Análisis Granulométrico de Arena CONHSA PAYHSA.....	87
5.2.2.	Peso Volumétrico Suelto y Compactado de la Arena CONHSA PAYHSA.....	90
5.2.3.	GE y Porcentaje de Absorción de la Arena.....	91

5.2.4.	Colorimetría de la Arena CONHSA PAYHSA.....	91
5.3.	Diseño de Mezclas Lazarus y Lazarus	92
5.3.1.	Especificaciones de Diseño	92
5.3.2.	Proceso de Diseño.....	93
5.3.3.	Diseño de Mezcla Control Lazarus y Lazarus	95
5.3.3.1.	Correcciones de Agua.....	95
5.3.3.2.	Dosificación Final.....	96
5.3.4.	Diseño de Mezcla con 0.9 kg/m ³ de FTLR Gruesa.....	97
5.3.5.	Diseño de Mezcla con 1.20 kg/m ³ de FTLR Gruesa.....	97
5.4.	Mezcla Control Lazarus y Lazarus.....	98
5.4.1.	Revenimiento.....	98
5.4.2.	Análisis Mecánico.....	99
5.4.2.1.	Resistencia a la Compresión.....	99
5.4.2.2.	Módulo de Ruptura	101
5.5.	Mezcla de Concreto Hidráulico con 0.90 kg/m ³ de FTLR Gruesa.....	102
5.5.1.	Revenimiento.....	102
5.5.2.	Análisis Mecánico.....	103
5.5.2.1.	Resistencia a la Compresión.....	103
5.5.2.2.	Módulo de Ruptura	105
5.5.3.	Análisis Estadístico.....	107
5.5.3.1.	Mann-Whitney: C07-00 vs C07-90.....	107
5.5.3.2.	Mann-Whitney: C28-00 vs C28-90.....	108
5.5.3.3.	Mann-Whitney: V07-00 vs V07-90.....	109

5.5.3.4.	Mann-Whitney: V28-00 vs V28-90.....	110
5.6.	Mezcla de Concreto Hidráulico con 1.20 kg/m ³ de FTLR Gruesa.....	111
5.6.1.	Revenimiento.....	111
5.6.2.	Análisis Mecánico.....	111
5.6.2.1.	Resistencia a la Compresión.....	111
5.6.2.2.	Módulo de Ruptura	113
5.6.3.	Análisis Estadístico.....	115
5.6.3.1.	Mann-Whitney: C07-00 vs C07-120	116
5.6.3.2.	Mann-Whitney: C28-00 vs C28-120	117
5.6.3.3.	Mann-Whitney: V07-00 vs V07-120	118
5.6.3.4.	Mann-Whitney: V28-00 vs V28-120	119
5.7.	Gráficas Comparativas de los Resultados.....	120
5.7.1.	Resistencia a la Compresión Mezclas Lazarus y Lazarus.....	120
5.7.1.1.	Resistencia a Compresión a 7 días de Edad	120
5.7.1.2.	Resistencia a Compresión a 28 días de Edad.....	121
5.7.1.3.	Comparación de Curva de Resistencia a Compresión.....	122
5.7.2.	Módulo de Ruptura Mezclas Lazarus y Lazarus	124
5.7.2.1.	Módulo de Ruptura a 7 días de Edad	124
5.7.2.2.	Módulo de Ruptura a 28 días de Edad	125
5.7.2.3.	Comparación de Curva del Módulo de Ruptura	126
VI.	Conclusiones	128
VII.	Recomendaciones	130
VIII.	Aplicabilidad	131

IX.	Bibliografía.....	135
X.	Anexos.....	139

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 – Fundición de escaleras con la nueva mezcla de concreto	10
Ilustración 2 - Planta de fique	11
Ilustración 3 - Variación de diámetros en la fibra de fique.....	13
Ilustración 4 – Etapas del proyecto	17
Ilustración 5 - Primera calle pavimentada con plástico.....	18
Ilustración 6 - Resultado de Resistencia a Compresión de Bloques.....	20
Ilustración 7 - Resistencia a la compresión a los 28 días de todas las muestras.....	22
Ilustración 8 - Resistencia a la flexión a los 28 días de todas las muestras	22
Ilustración 9 - Cilindro a los 28 días con 1.5% de fibra de coco.	23
Ilustración 10 – Peso Específico del Agua según su Temperatura	28
Ilustración 11 – Tipos de Rupturas de Cilindros.....	32
Ilustración 12 - Diagrama de Variables de Operacionalización.....	48
Ilustración 13 – Balanza Electrónica EBL 4602e	56
Ilustración 14 – Picnómetro para Densidad de Arena.....	57
Ilustración 15 – Tamices en Agitador Mecánico para Granulometría	58
Ilustración 16 – Colorímetro Gardner.....	59
Ilustración 17 – Esferas ASTM C131-01 para Desgaste	59
Ilustración 18 – Formato Control de Calidad de Agregados.....	62
Ilustración 19 – Formato de Diseño de Mezcla Prueba de Laboratorio.....	63
Ilustración 20 – Informe de ruptura de cilindros o vigas	64
Ilustración 21 – Fibra Textil de Llanta Reciclada Fina	71
Ilustración 22 – FTLR a 40x en sustancia salina.....	71

Ilustración 23 – Fibra Textil de Llanta Reciclada Gruesa.....	72
Ilustración 24 - Diagrama de nomenclatura de muestras	76
Ilustración 25 – Tabla de elementos de la investigación	77
Ilustración 26 – Granulometría de Grava 3/4" (L&L) CONHSA PAYHSA Vs ASTM C33-03	85
Ilustración 27 – Granulometría de Arena CONHSA PAYHSA Vs ASTM C33-03.....	90
Ilustración 28 – Análisis de Colorimetría de la Arena.....	92
Ilustración 29 – Prueba de revenimiento de la mezcla control.....	98
Ilustración 30 – Resumen f'c mezcla control	100
Ilustración 31 – Resumen MR mezcla control.....	102
Ilustración 32 – Prueba de revenimiento con 0.9 kg/m ³ FTLR Gruesa.....	103
Ilustración 33 – Resumen f'c mezcla con 0.9 kg/m ³ de FTLR Gruesa	105
Ilustración 34 – Resumen MR mezcla con 0.9kg/m ³ de FTLR Gruesa	106
Ilustración 35 – Mann-Whitney: C07-00 vs C07-90	107
Ilustración 36 – Mann-Whitney: C28-00 vs C28-90	108
Ilustración 37 – Mann-Whitney: V07-00 vs V07-90	109
Ilustración 38 – Mann-Whitney: V28-00 vs V28-90	110
Ilustración 39 – Resumen f'c mezcla con 1.20kg/m ³ de FTLR Gruesa.....	113
Ilustración 40 – Resumen MR mezcla con 1.20 kg/m ³ de FTLR Gruesa.....	115
Ilustración 41 – Mann-Whitney: C07-00 vs C07-120.....	116
Ilustración 42 – Mann-Whitney: C28-00 vs C28-120.....	117
Ilustración 43 – Mann-Whitney: V07-00 vs V07-120.....	118
Ilustración 44 – Mann-Whitney: V28-00 vs V28-120.....	119
Ilustración 45 – Gráfica comparativa de resistencia a compresión 7 días Lazarus.....	121

Ilustración 46 – Gráfica comparativa de resistencia a compresión 28 días Lazarus	122
Ilustración 47 - Curva comparativa de resistencia a compresión Lazarus.....	123
Ilustración 48 – Gráfica comparativa MR 7 días	125
Ilustración 49 – Gráfica comparativa MR 28 días.....	126
Ilustración 50 - Curva comparativa MR Lazarus.....	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Tabla Poder Calorífico de Combustibles comunes.....	6
Tabla 2 - Resistencia a compresión de la mezcla normal a los 7 días.	12
Tabla 3 – Resultados de resistencia a tensión del concreto normal.....	13
Tabla 4 – Resultados de la resistencia a tensión del concreto reforzado con la fibra	14
Tabla 5 – Resistencia a la flexión del concreto normal a los 7 días	15
Tabla 6 – Resistencia a la flexión del concreto con las fibras a los 7 días	15
Tabla 7 - Especificaciones Granulométricas.....	25
Tabla 8 - Calidad del Agregado Fino por su Materia Orgánica.....	27
Tabla 9 – Tipo de Gradación para Desgaste	30
Tabla 10 – Tolerancias Permisibles para las Edades del Concreto	31
Tabla 11 - Revenimiento del Concreto	34
Tabla 12 - Relación agua/cemento del Concreto	34
Tabla 13 - Tabla de Cantidad de Agua según TMA y Revenimiento.....	35
Tabla 14 - Tabla del Volumen del Agregado.....	35
Tabla 15 – Primera Estimación del Peso del Concreto Fresco	36
Tabla 16 – Tabla de Variables de la Investigación.....	45
Tabla 17 – Tabla de Operacionalización.....	49

Tabla 18 - Muestra de Testigos Cilíndricos con FTLR Gruesa	74
Tabla 19 - Muestra de Vigas Simples con FTLR Gruesa	74
Tabla 20 - Cronograma de actividades.....	81
Tabla 21 – Granulometría de la Grava 3/4" CONHSA PAYHSA.....	83
Tabla 22 – Pesos Compactados y Suelos de Grava 3/4" CONHSA PAYHSA	85
Tabla 23 – GE y Porcentaje de Absorción de Grava 3/4" CONHSA PAYHSA.....	86
Tabla 24 – Análisis de Desgaste de la Grava 3/4" CONHSA PAYHSA	87
Tabla 25 – Granulometría de la Arena CONHSA PAYHSA.....	88
Tabla 26 – Peso Volumétrico Suelto y Compactado de la Arena CONHSA PAYHSA.....	90
Tabla 27 – GE y Porcentaje de Absorción de la Arena CONHSA PAYHSA	91
Tabla 28 – Tabla Resumen Mezcla Base Lazarus y Lazarus.....	95
Tabla 29 – Tabla Resumen Mezcla Control Lazarus y Lazarus	96
Tabla 30 – Tabla Resumen Mezcla con 0.9 kg/m ³ de FTLR Gruesa.....	97
Tabla 31 – Tabla Resumen Mezcla con 1.2 kg/m ³ de FTLR Gruesa.....	97
Tabla 32 - Tabla de Resumen de Cilindros para Mezcla Control.....	100
Tabla 33 - Tabla de Resumen de Vigas para Mezcla Control.....	101
Tabla 34 - Tabla de Resumen de Cilindros con 0.90 k/m ³ de FTLR Gruesa	104
Tabla 35 - Tabla de Resumen de Vigas con 0.90 k/m ³ de FTLR Gruesa.....	106
Tabla 36 - Tabla de Resumen de Cilindros con 1.20 k/m ³ de FTLR Gruesa	112
Tabla 37 - Tabla de Resumen de Vigas con 1.20 k/m ³ de FTLR Gruesa.....	114
Tabla 38 – Resistencia a la compresión a 7 días Lazarus	120
Tabla 39 – Resistencia a la compresión a 28 días Lazarus.....	121
Tabla 40 – Resumen de resultados de resistencia compresión Lazarus.....	123

Tabla 41 – Módulo de Ruptura a 7 días Lazarus.....	124
Tabla 42 – Módulo de Ruptura 28 días Lazarus.....	125
Tabla 43 – Resumen Módulo de Ruptura Lazarus.....	127
Tabla 44 – Ficha de costo de concreto 4000 PSI.....	131
Tabla 45 – Ficha de costo de concreto 4000 PSI con 0.90 kg/m ³ FTLR.....	132
Tabla 46 – Ficha de costo de concreto 4000 PSI con 1.20 kg/m ³ FTLR.....	133

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 – Peso Retenido Acumulado.....	25
Ecuación 2 – Porcentaje de Peso Retenido Acumulado.....	25
Ecuación 3 – Porcentaje Pasado.....	25
Ecuación 4 – Modulo de Finura de la Grava.....	25
Ecuación 5 – Módulo de Finura de la Arena.....	25
Ecuación 6 – Contenido de Humedad.....	26
Ecuación 7 – Volumen del Recipiente Calibrado.....	28
Ecuación 8 - Peso Volumétrico de los Agregados.....	29
Ecuación 9 – Gravedad Específica del Agregado Grueso.....	29
Ecuación 10 - Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso.....	29
Ecuación 11 – Gravedad Específica del Agregado Fino.....	30
Ecuación 12 - Porcentaje de Absorción del Agregado Fino.....	30
Ecuación 13 - Grado de Desgaste.....	31
Ecuación 14 - Resistencia compresiva del espécimen de concreto.....	32
Ecuación 15 - Módulo de Ruptura con fractura en tercio medio.....	33
Ecuación 16 - Módulo de Ruptura con fractura afuera del tercio medio.....	33

Ecuación 17 – Peso del Agua en base al Peso del Cemento y Relación a/c.....	36
Ecuación 18 – Peso de la Grava en base al Volumen y PV Compactado.....	37
Ecuación 19 – Peso de la Arena con el Método del Peso Total.....	37
Ecuación 20 – Volumen del Agua de Diseño.....	37
Ecuación 21 – Volumen del Cemento de Diseño.....	37
Ecuación 22 – Volumen de la Grava de Diseño.....	37
Ecuación 23 – Volumen del Aire de Diseño.....	37
Ecuación 24 – Volumen de la Arena de Diseño.....	37
Ecuación 25 – Peso de la Arena con el Método del Volumen Total.....	37
Ecuación 26 – Absorción del Agregado.....	37
Ecuación 27 – Humedad del Agregado.....	38
Ecuación 28 – Diferencia entre la Absorción y Humedad de los Agregados.....	38
Ecuación 29 – Corrección Total de Agua.....	38
Ecuación 30 – Peso Corregido del Agregado.....	38
Ecuación 31 – Peso Corregido del Agua.....	38
Ecuación 32 – Dosificación del Aditivo en base al Peso del Cemento.....	38
Ecuación 33 – Dosificación en base al Peso del Concreto.....	38
Ecuación 34 – Dosificación de Fibra en base al Peso del Concreto.....	38

INTRODUCCIÓN

Honduras ha sufrido un crecimiento en desechos sólidos, una de estas siendo la llanta. A nivel nacional, no se dispone de un plan de gestión que incinere o aproveche este residuo para valorización energética debido al alto costo que conlleva operar este tipo de maquinarias. Por este motivo, las llantas terminan bloqueando cauces de ríos y los canales de aguas lluvias de las vías de comunicación causando inmensas inundaciones en las ciudades. Así mismo, terminan siendo incineradas ilegalmente liberando gases tóxicos dañinos para el medio ambiente y la propia salud humana. El correcto desalojo de las llantas se convierte en una meta crucial para la sostenibilidad del ambiente por lo que se pretende experimentar con este recurso no renovable.

El rubro de la construcción creció, en el año 2018, entre el 7% - 10%, con respecto al año anterior, según la CHICO¹. En la actualidad, el concreto hidráulico es el material más utilizado en la industria de la construcción por sus diferentes propiedades mecánicas, químicas y físicas que lo hacen lo suficientemente versátil. A pesar de eso, se busca optimizar su uso haciendo que se implementen nuevas metodologías que mejoren rendimientos, costos y tiempo. Debido a esto se experimenta con el concreto, ya sea adicionando nuevos elementos a la mezcla, sin afectar la dosificación convencional, o por medio de sustitución de algún componente de la mezcla logrando el efecto que se necesite, lo cual ha llevado al uso de fibras naturales y sintéticas en el concreto.

El motivo de esta investigación es determinar si la adición de diferentes cantidades de fibra textil de llanta reciclada (FTLR) al concreto convencional, con una resistencia compresiva de diseño de 4000 PSI y un módulo de ruptura de diseño de 550 PSI, incrementa dichas propiedades mecánicas contra un concreto convencional sin FTLR. Realizándose la cantidad mínima de especímenes de concreto necesarios, dosificado según las normas ACI (American Concrete Institute) y tomando en cuenta los estándares de calidad que brinda la ASTM (American Society of Testing and Materials), en la empresa Lazarus y Lazarus, San Pedro Sula, Cortés, para validar estadísticamente dichos resultados con la prueba no paramétrica Mann-Whitney.

¹ CHICO: Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo se exponen los precedentes de la investigación que se pretende llevar a cabo, incluyéndose todos aquellos esfuerzos por tratar de resolver la problemática que se estará planteando; extrayéndose ejemplos estadísticos y leyes ambientales de países cercanos a Honduras. Posteriormente, se definirá el problema que será el enfoque del proyecto. Se planteará la justificación de dicha investigación para exponer al lector la importancia que tiene resolver el problema en cuestión debido a los efectos negativos que este provee. También, los efectos positivos que brindará la solución propuesta desde una perspectiva ambiental, económica y de salud. Se plantearán incógnitas que se contestarán a lo largo de la investigación. Finalmente, se establecerán los objetivos del proyecto, dividiéndose en un objetivo general y varios objetivos específicos que darán a entender el alcance de la investigación.

2.1. PRECEDENTES DEL PROBLEMA

En Estados Unidos se generan aproximadamente 250 millones de llantas usadas cada año. Por consecuencia, se estiman 2 billones de llantas desechadas que se han acumulado en enormes botaderos ubicados a lo largo del territorio. Según estadísticas, solo el 18% de estas llantas desechadas fue reutilizado o reciclado a oposición del 77% que fueron depositadas en botaderos y rellenos sanitarios y los restantes 5% fueron exportadas. (CNP+LH, 2008) Por esta razón, en Estados Unidos se han creado nuevas leyes para la disposición adecuada de los neumáticos, así como la implementación de programas de alternativas para el manejo legal y reutilización de estas.

En México al menos 5 millones de neumáticos se depositan ilegalmente en el desierto. Debido a esto, se han aplicado programas de investigación para determinar e implementar nuevas prácticas de reúso de llantas usadas. (CNP+LH, 2008) De la misma forma, ya se está produciendo un combustible alternativo del desecho generado por estas llantas para producir cemento.

En 1995, Costa Rica emitió una ley que prohíbe la importación de neumáticos usados. Para el año 2010, de las 7200 toneladas de neumáticos generados, recogían aproximadamente el 60% de estas, que al igual que México utilizaban como combustible alternativo en la industria cementera. En

el país la Caja Costarricense de Seguro Social y la empresa Bridgestone-Firestone programan diferentes jornadas para la recolección de neumáticos usados con el lema de “Te cambio llantas usadas por salud”, donde recogen más de 20 mil neumáticos mal colocados alrededor del país. (CNP+LH, 2008)

La Agencia de Protección del Medio Ambiente, EPA (Environmental Protection Agency) por sus siglas en inglés es una agencia del gobierno de Estados Unidos que se encarga de la protección de la salud humana y el medio ambiente. Esta organización junto al estado de Illinois en un esfuerzo por reducir los residuos de las llantas elaboró una guía llamada Scrap Tire Cleanup Guidebook, A Resource for Solid Waste Managers Across the United States que también brinda información sobre los programas de desechos de llantas.

Según el modelo matemático planteado por la (EPA) supone 1 a 2 cambios de llantas al año por carro resultado de un mayor desgaste de la banda de rodamiento debido a que son usadas y tienen una vida útil ya reducida.

En este sentido, en Honduras el parque vehicular es de 1.8 millones de unidades según un informe del Instituto de la Propiedad. Monzón (2016) comenta que el Valle de Sula cuenta con 1,980,459 habitantes de acuerdo con datos establecidos por el último censo de población y vivienda del Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Estadísticamente se dice que hay un vehículo por cada 4 habitantes, resultando en un parque vehicular que sobrepasa las 500 mil unidades. “La Dirección Nacional de Vialidad de Tránsito señala que 20,000 vehículos ingresan cada mes. De los vehículos que circulan en Centroamérica, el 15% está en Honduras” (Orellana, 2019).

Sandoval (2016) menciona que, a nivel del Distrito Central, en los últimos 5 años se estima un crecimiento del 7.64% anual en la generación de llantas como desecho, a esa tasa de producción y al ser Honduras un país sin experiencia en la gestión adecuada para poder procesar estos desechos, el flujo de llantas aumenta progresivamente.

Mi Ambiente (2008) Afirma:

En el caso particular de Honduras y énfasis en Tegucigalpa, es importante considerar un coeficiente de 1.5 a 2 reemplazos por año suponiendo las importaciones equiparadas de llantas nuevas y usadas con probabilidades más cercanas al 100% de reuso y equipamiento de los vehículos con llantas usadas y con una vida útil menor, aunado a las condiciones

actuales de las calles en mal estado y carencia entre la población local de buenas prácticas en el mantenimiento y cuidado de las llantas acompañado de la sobrecarga de las unidades que promueven significativamente el desgaste y reemplazo más frecuente de llantas. (p. 16)

Esto supone el resultado de 1 millón de unidades de llantas en desuso anualmente solo en el Valle de Sula. Lamentablemente en Honduras, no se cuenta con un sistema de gestión ambiental en cuanto al manejo adecuado de llantas, pero se han registrado algunas actividades de reciclaje por parte de la industria privada y de municipalidades.

Una de las industrias privadas que se enfocan en los desechos industriales en el país Recycle S. de R. L. Esta empresa que empezó actividades laborales en el año 2007 ha tomado como nuevo proyecto el reciclaje de llantas llamado "Programa reciclado de llantas usadas, enteras o pedazos". Si bien es un proyecto reciente e innovador se espera que produzca una reducción en el impacto ambiental negativo producido por las llantas de desecho.

En consecuencia, de la gran acumulación de llantas que son desechadas alrededor del mundo, recientemente se han realizado trabajos de investigación de concreto mejorado con fibras derivadas de neumáticos desarrollado en la Universidad de British Columbia que describe la elaboración de un concreto más fuerte y resiliente, haciendo pruebas con diferentes proporciones de cemento, arena, grava, agua y una porción de fibra textil de llanta reciclada para buscar la mezcla ideal. El grupo de investigación de la UBC descubrió que este invento puede ser utilizado para construir estructuras como edificios, puentes, muros y diques generando un gran impacto ambiental e industrial.

Como primera aplicación se utilizó esta nueva mezcla para restaurar unas escaleras en el campus de la universidad. Los investigadores han podido continuar el análisis del funcionamiento usando sensores especiales que fueron incorporados en el concreto para así monitorear las posibles tensiones, grietas, etc.

Por otra parte, la Universidad de Sheffield en Reino Unido descubrió que la mezcla también puede ser utilizada para fortalecer el concreto ante la exposición a altas temperaturas del fuego. Esto dado que las fibras textiles de las llantas se derriten cuando son expuestas al fuego, dejando atrás

pequeños caminos que permiten que la humedad atrapada en el concreto se escape en lugar de explotar.

2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Una vez ya conocidos los antecedentes relacionados a la investigación se proseguirá con la definición del problema. La definición se dividirá en dos partes, la primera parte siendo el enunciado del problema y la segunda parte siendo la formulación del problema. Dichas partes son de gran importancia para formular las preguntas de la investigación y para determinar los objetivos.

2.2.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

“El reciente incremento del 7.64% anual de llantas en los últimos 5 años como desecho, ha dado como resultado altos niveles de contaminación. A su vez, la ausencia de técnicas disponibles para eliminar dicho residuo limita la posibilidad de reciclarse.”

2.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es beneficioso constructiva y económicamente adicionar la fibra textil de llanta reciclada a una mezcla de concreto hidráulico convencional, con una resistencia a la compresión de 4000 PSI y un módulo de ruptura de 550 PSI?

2.3. JUSTIFICACIÓN

“A nivel nacional, no se realizan prácticas de eliminación final para neumáticos en desusos como incineración de neumáticos para valorización energética o en facilidades de incineración para la disposición de residuos sólidos municipales” (*Inv-residuos-ind-hn.pdf*, s. f., p. 33). Consecuentemente, estas llantas no terminan en recicladoras, debido a la falta de rellenos sanitarios, las personas eligen predios sin uso para convertirlos en gigantescos tiraderos de desechos, (*Contaminación por predios usados como basureros en San Pedro Sula*, s. f.) sin tomar en cuenta el impacto negativo que puede producir en el ambiente y fundamentalmente en su salud. Cabe resaltar que “un neumático abandonado tarda en degradarse y desaparecer de la

naturaleza más de 1.000 años” (Redes, 2017) lo cual hace que la problemática expuesta, a continuación, sea duradero y de gran impacto a través del tiempo.

El manejo inadecuado de las llantas provoca un riesgo inminente de incendios. Estos incendios serían causados de manera natural o intencionalmente por los usuarios. “Debido a la composición de la llanta y su alta capacidad calorífica hace que sea complicado controlar el fuego causando emisiones gaseosas de gran peligro” (Mi Ambiente, s.f., p. 18). En la Tabla 1 se presenta los poderes caloríficos de combustibles comunes para compararse con la incineración del neumático.

Tabla 1 - Tabla Poder Calorífico de Combustibles comunes

Combustible	Poder Calorífico (Kcal/Kg)
Residuos de cocina y de jardín	2000
Lodo seco de tratamiento de agua	2353
Papel de revistas	2900
Cartón	3750
Papel periódico	4000
Textiles orgánicos naturales	4000
Policloruro de Vinilo (PVC)	4500
Llantas usadas	6500
Fibras sintéticas	8300
Engrasantes, aceites y grasas	9000
Polietileno (PE)	11000
Poliestireno (PS)	11000

Fuente: («Tendencias en la transformación de polímeros», s. f.)

Según la Tabla 1, se aprecia que las llantas presentan un nivel considerable a comparación de residuos sólidos comunes como el cartón y cualquier derivado del papel posicionándose en un puesto alto de poder calorífico. Por lo tanto, estas emisiones incrementan los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera.

La constante acumulación de llantas en los vertederos, hecho por la sociedad, engendra vectores que facilita la transmisión de enfermedades. Cabe resaltar que estos vertederos son hogares de una gran variedad de animales. Sin embargo, el zancudo es el principal vector de enfermedades como el dengue o el Sika. “La producción de ciertos mosquitos que transmiten fiebres y encefalitis llega a ser 4,000 veces mayor en el agua estancada de un neumático que en la naturaleza misma”

(CNP+LH², p. 32). La carencia del manejo de estos desechos sólidos es perjudicial para la salud pública de los residentes que viven cerca de estos vertederos.

Como ingenieros civiles es obligación "empeñarse por la superación y prestigio de la profesión" («Derechos y obligaciones de los colegiados según la ley orgánica del colegio de ingenieros civiles de honduras», 2015a) lo cual hace que se busque la innovación en cada aspecto del rubro de la construcción. Uno de estos aspectos siendo el concreto. Por esta razón, se busca innovar el desarrollo del concreto generando calidad y valor al rubro de la construcción.

Por otra parte, cabe resaltar que según el Banco Central de Honduras "la producción de cemento alcanzó un valor de 46,010 miles de unidades el 2018" (p. 22) la cual se utiliza considerablemente para hacer concreto en el país. Esto hace que el uso de cualquier aditivo sea empleado de manera considerable debido al crecimiento de la construcción. Con la adición de la fibra textil de llanta reciclada se intenta resolver la problemática ambiental, de salud pública, y a su vez, cumpliendo el deber del ingeniero civil de poner en alto el nombre de la profesión promoviendo la innovación en la construcción. El país se verá en la obligación de promover la apertura de recicladoras que cuenten con la maquinaria y equipo necesario para extraer las fibras de textil de llanta reciclada. Este efecto dará lugar a nuevas oportunidades de trabajo y fomentar la calidad de vida del ciudadano hondureño.

2.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) ¿Cómo difiere el módulo de ruptura (MR) de un concreto con 0.90 y 1.20 kg/m³ de fibra textil de llanta reciclada contra un concreto convencional de 550 PSI?
- 2) ¿Cómo difiere la resistencia a compresión (f'_c) de un concreto con 0.90 y 1.20 kg/m³ de fibra textil de llanta reciclada contra un concreto convencional de 4000 PSI?
- 3) De las proporciones propuestas en el proyecto, ¿Cuál sería la adición óptima de fibra textil de llanta reciclada, en un concreto de 550 PSI, que aumente considerablemente su módulo de ruptura (MR) contra un concreto convencional?

² CNP+LH: Centro de Producción más Limpia de Honduras

- 4) De las proporciones propuestas en el proyecto, ¿Cuál sería la adición óptima de fibra textil de llanta reciclada, en un concreto de 4000 PSI, que aumente considerablemente su resistencia a la compresión ($f'c$) contra un concreto convencional?
- 5) ¿Cuánto costaría producir 1 m^3 de concreto con 0.90 y 1.20 kg/m³ de fibra textil de llanta reciclada contra 1 m^3 de concreto convencional?

2.5. OBJETIVOS

Es importante dar a conocer al lector el alcance del proyecto, por esta razón, se establecerán los objetivos de la investigación los cuales facilitará la resolución de las preguntas anteriormente formuladas. El objetivo general se enfocará en la temática fundamental de este proyecto. Por otro lado, los objetivos específicos formularán las respuestas a las preguntas de investigación.

2.5.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar el comportamiento mecánico que genera adicionar la fibra textil de llanta reciclada en un concreto hidráulico convencional, con una resistencia a la compresión de 4000 PSI y un módulo de ruptura de 550 PSI, regido por las normas ASTM y ACI en San Pedro Sula, Cortés.

2.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Analizar la diferencia del módulo de ruptura (MR) de un concreto con 0.90 y 1.20 kg/m³ de fibra textil de llanta reciclada contra un concreto convencional de 550 PSI.
- 2) Examinar la diferencia de la resistencia a compresión ($f'c$) de un concreto con 0.90 y 1.20 kg/m³ de fibra textil de llanta reciclada contra un concreto convencional de 4000 PSI.
- 3) Determinar la proporción óptima de fibra textil de llanta reciclada en un concreto de 550 PSI que mejore su módulo de ruptura (MR) contra el de un concreto convencional.
- 4) Establecer la proporción óptima de fibra textil de llanta reciclada en un concreto de 4000 PSI que mejore su resistencia a la compresión ($f'c$) contra el de un concreto convencional.
- 5) Aproximar el costo de un 1 m^3 de concreto con 0.90 y 1.20 kg/m³ de fibra textil de llanta reciclada contra 1 m^3 de concreto convencional.

MARCO TEÓRICO

Tras haber conocido el problema de investigación planteado, precedentes, objetivos generales como específicos y las preguntas de investigación que sea desean responder por medio del proyecto en cuestión, es posible desarrollar el marco teórico del mismo. Por medio del marco teórico, se definen las ideas, procedimientos y teorías que sirven a un investigador para llevar a término su actividad. En este se comprende información existente y disponible que describe el estado pasado y actual a nivel mundial y a nivel de Honduras del conocimiento sobre el problema de estudio.

3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En una investigación es importante conocer el análisis de datos pasados y presentes, ya que proporcionan una base para el proceso a seguir, proveyendo un contexto amplio de información. En este caso, es importante conocer tanto las investigaciones previas realizadas alrededor del mundo sobre concreto con materiales reciclados, como los esfuerzos en Honduras para implementar dicha mezcla de concreto.

3.1.1. ANÁLISIS DEL MACROENTORNO

El análisis del macroentorno evalúa la situación a nivel mundial por medio temas o proyectos de referencia que se encuentran relacionados con la investigación realizada.

3.1.1.1. *Canadá*

Anualmente, A nivel mundial se generan 1,000 millones de neumáticos al año y existen 4,000 millones en vertederos, de acuerdo con el informe Gestión de neumáticos al final de su vida útil realizado por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (Rodríguez, 2018). Dichas llantas pueden ser recicladas para que sus materiales sean aprovechados en otras aplicaciones. Por esta razón, investigadores e ingenieros en la facultad de ingeniería civil de la Universidad de British Columbia en Canadá, desarrollaron una nueva mezcla de concreto mejorado con fibras textiles de llantas recicladas. Esta nueva mezcla produjo un concreto más fuerte y resiliente gracias a las fibras obtenidas del reciclaje de las llantas (Onuaguluchi & Banthia,

2019). Los investigadores afirman que dicho concreto puede ser utilizado para la construcción de diversas estructuras como por ejemplo puentes, edificios y calles.

Después de varias pruebas de laboratorio realizando concreto con diferentes porcentajes de estas fibras, los investigadores encontraron que el porcentaje óptimo para obtener los mejores resultados en el concreto es de 0.35% (Onuaguluchi & Banthia, 2019). Los ingenieros descubrieron que, en comparación con el concreto normal, esta nueva mezcla reduce la formación de fisuras en un 90%.

Para poner en prueba esta mezcla mejorada, el equipo de investigación reparó unas escaleras de la universidad. A continuación, en la Ilustración 1, se presenta una imagen de las escaleras siendo reparadas.

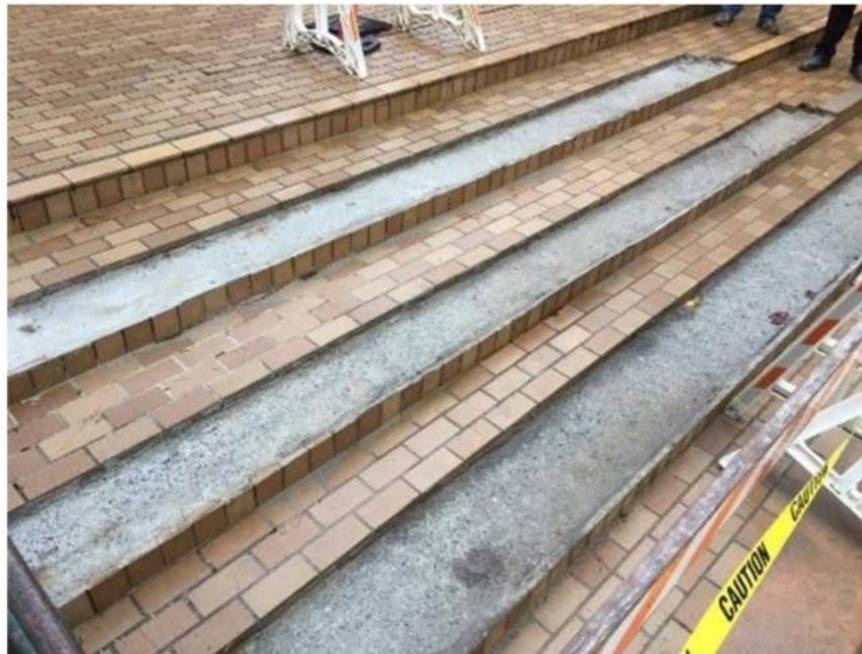


Ilustración 1 – Fundición de escaleras con la nueva mezcla de concreto

Fuente: (Universidad de British Columbia)

A parte de utilizar la mezcla recién descubierta, también colocaron sensores en ellas para poder ir monitoreando la reacción del concreto a lo largo del tiempo. Se conoce que la mayoría de las llantas desechadas terminan en vertederos o son quemadas, pero produciendo este nuevo tipo de concreto se disminuiría en gran cantidad el impacto ambiental negativo que dejan las llantas desechadas.

3.1.1.2. Colombia

En Colombia existe una amplia parte de la población que se dedica a la actividad fiquera. Para el año 2007, cerca de 3865 familias dependían de este cultivo (Parra & Parra, 2007). Lamentablemente, dicha actividad no aporta altos ingresos para las familias que se dedican a este cultivo. Dado esto, estudiantes de la Universidad Industrial de Santander realizaron una investigación del comportamiento del concreto hidráulico con adiciones de fibra de fique, con el fin de aumentar la demanda de este cultivo para beneficiar a las familias.

El fique es una planta que se cultiva en Colombia en las zonas altas por sus temperaturas frías y secas (Parra & Parra, 2007). Se estudian las fibras naturales para mejorar el concreto puesto que se pueden obtener a un bajo costo. En la Ilustración 2 se puede observar la planta de fique y la fibra extraída de esta.



Ilustración 2 - Planta de fique

Fuente: (Parra & Parra, 2007)

La fibra vegetal de esta planta está conformada por ligamentos fibrosos y su principal función es dar rigidez a las hojas y sostener la planta. Para la investigación se pusieron a prueba la resistencia a compresión, tensión y flexión del concreto una vez mezclado con la fibra de fique.

Para la prueba de compresión se siguió la norma ICONTEC 220. Para esto se realizaron cubos de 50.8mm de lado con mortero con proporciones de una parte cemento seco por 2.75 partes de

arena gradada seca. El ensayo a compresión fue realizado a los 7 días. En este ensayo, por las características que posee el mortero a compresión, produce los mayores esfuerzos. La fórmula utilizada para obtener los esfuerzos fue la siguiente:

$$f_c = \frac{Pu}{25.81} \text{ kg/cm}^2$$

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos de este ensayo:

Tabla 2 - Resistencia a compresión de la mezcla normal a los 7 días.

MUESTRA	CARGA (lb)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm2)	ESFUERZO (Mpa)
1	3200	1451.52	56.24	5.52
2	3400	1542.24	59.75	5.86
3	3300	1496.88	58	5.69
4	2700	1224.72	47.45	4.66
5	3800	1723.68	66.78	6.55
6	4100	1859.76	72.06	7.07
7	4000	1814.4	70.3	6.9
8	3300	1496.88	58	5.69
9	3300	1496.88	58	5.69

Fuente: (Parra & Parra, 2007)

Como lo indica la Tabla 2 se determinó un esfuerzo promedio de 5.96 Mpa. Dichos resultados están dentro de los parámetros esperados para el ensayo a los 7 días.

Posteriormente, se realizó la prueba de tensión. Para este ensayo se usó la norma ICONTEC 119, que indica que deben realizarse 9 probetas de concreto normal y 9 con concreto reforzado con la fibra. Las muestras que iban reforzadas con fibra contaban con fibras de 4 cm de longitud e iban de refuerzo inferior. Las fibras que eran usadas como refuerzo tenían una variación en su diámetro. En la Ilustración 3 se observan las variaciones del diámetro de la fibra.

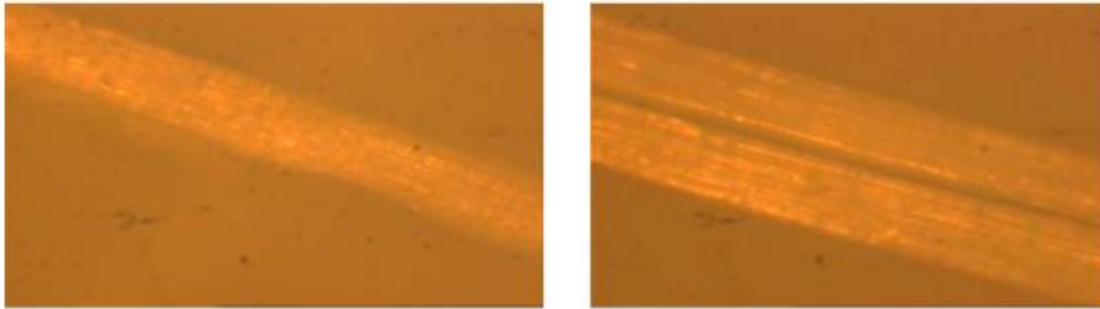


Ilustración 3 - Variación de diámetros en la fibra de fique

Fuente: (Parra & Parra, 2007)

Para controlar la variación de los diámetros mostrados y asegurar que estos no afectaran se hacía un promedio de los 3 diámetros a utilizar en la muestra.

Los resultados del esfuerzo a tensión a los 7 días fueron obtenidos con la siguiente formula:

$$f_c = \frac{Pu}{6.45} \text{ kg/cm}^2$$

A continuación, se presentan los resultados de este ensayo tanto para el concreto normal, Tabla 3, como el concreto con la fibra,

Tabla 4.

Tabla 3 – Resultados de resistencia a tensión del concreto normal

MUESTRA	CARGA (lb)	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)	ESFUERZO (Mpa)	MUESTRA
1	355	161.03	1579.68	24.97	2.45
2	320	145.15	1423.94	22.5	2.21
3	375	170.1	1668.68	26.37	2.59
4	370	167.83	1646.43	26.02	2.55
5	340	154.22	1512.94	23.91	2.35
6	310	140.62	1379.44	21.8	2.14
7	300	136.08	1334.94	21.1	2.07
8	305	138.35	1357.19	21.45	2.1
9	300	136.08	1334.94	21.1	2.07

Fuente: (Parra & Parra, 2007)

Tabla 4 – Resultados de la resistencia a tensión del concreto reforzado con la fibra

MUESTRA	DIAMETRO DE REFUERZO (mm)			CARGA	CARGA	CARGA	ESFUERZO	ESFUERZO
#	A	B	C	(Lb)	(Kg)	N	Kg/cm ²	Mpa
1	0.09	0.15	0.15	380	172.37	1690.93	26.72	2.62
2	0.18	0.1	0.14	395	179.17	1757.68	27.78	2.73
3	0.17	0.18	0.22	435	197.32	1935.67	30.59	3
4	0.14	0.18	0.17	415	188.24	1846.67	29.19	2.86
5	0.11	0.13	0.13	380	172.37	1690.93	26.72	2.62
6	0.15	0.1	0.08	370	167.83	1646.43	26.02	2.55
7	0.09	0.08	0.1	350	1583.76	1557.44	24.61	2.41
8	0.12	0.1	0.09	355	161.03	1579.68	24.97	2.45
9	0.1	0.06	0.09	345	156.49	1535.19	24.26	2.38

Fuente: (Parra & Parra, 2007)

Para los resultados del concreto normal se obtuvo un promedio de fuerza de 1470.91 N y un promedio de esfuerzo de 2.28 Mpa. Estos valores se encuentran dentro del rango esperados para esta prueba del concreto. Por otra parte, para los resultados del concreto reforzado con la fibra de fique se obtuvieron los promedios de fuerza y esfuerzo siendo de 1693.4 N y 2.63 Mpa, respectivamente. Con estos resultados se concluyó que entre más refuerzo de fibra sea agregado mayor será la resistencia a tensión de la muestra.

Comparando ambos resultados, se puede observar que la resistencia a tensión del concreto con la fibra es mayor que la del concreto normal en un 13%, aproximadamente. Esto lo afirman Parra & Parra (2007): "Mediante la anterior afirmación, se logra concluir que la fibra aporta resistencia a la tensión con gran efectividad cuando se dispone en sentido de aplicación de la carga." (p. 36)

Por último, se realizaron especímenes de 40x40x160cm para la prueba de flexión del concreto. Para este ensayo se siguió la norma ICONTEC 120 y la edad del concreto para esta prueba es de 7 días. Se utilizó la siguiente fórmula para obtener los resultados tanto del concreto normal como del concreto reforzado con la fibra.

$$f_c = 0.278 * P_u \text{ kg/cm}^2$$

En la Tabla 5 se presentan los resultados para la resistencia a flexión del concreto normal y en la Tabla 6 del concreto con la fibra incorporada:

Tabla 5 – Resistencia a la flexión del concreto normal a los 7 días

MUESTRA	FUERZA (Kg)	FUERZA (N)	ESFUERZO (kg/cm ²)	ESFUERZO (Mpa)
1	65	637.65	18.07	1.77
2	64	627.84	17.792	1.75
3	66	647.46	18.348	1.8

Fuente: (Parra & Parra, 2007)

Tabla 6 – Resistencia a la flexión del concreto con las fibras a los 7 días

MUESTRA #	DIAMETRO DE REFUERZO (mm)			FUERZA	FUERZA	ESFUERZO	ESFUERZO
	A	B	C	Kg	N	Kg/cm ²	Mpa
1	0.12	0.11	0.14	69	676.89	19.18	1.88
2	0.15	0.16	0.12	83	814.23	23.07	2.26
3	0.12	0.11	0.11	74	725.94	20.57	2.02
4	0.13	0.12	0.13	78	765.18	21.68	2.13

Fuente: (Parra & Parra, 2007)

Con las tablas 5 y 6 se determinó una carga promedio de 654.82 N para la mezcla normal y una carga promedio de 745.56 N para la mezcla con las fibras. Al mismo tiempo, los promedios de los esfuerzos a flexión para la mezcla normal y la mezcla con las fibras fueron de 1.82 Mpa y 2.07 Mpa, respectivamente. Estos resultados indican que colocando la fibra de fique longitudinalmente incrementa la resistencia a flexión en un 12%.

Para concluir, se puede observar según los resultados, que la fibra de fique es un material que tiene una alta resistencia a tensión y flexión, lo que lo hace una buena adición para el concreto y que un factor muy importante para este material es su diámetro, pues se obtuvieron mejores resultados con las fibras de mayor diámetro, ya que estas soportan mayores cargas.

3.1.2. ANÁLISIS DEL MICROENTORNO

Tras haber contemplado la situación a nivel global de los proyectos o temas pertinentes a la investigación por medio del macroentorno, proseguimos a conocer la situación a nivel nacional.

3.1.2.1. *Utila, Islas de la Bahía, Honduras*

En el departamento de Islas de la Bahía, en la isla de Utila, la municipalidad con éxito ha logrado encontrar una manera muy innovadora para solucionar a nivel de la isla una gran problemática que se está dando alrededor del mundo, problema que muchos ambientalistas actualmente están esforzándose por tratar. Este problema es el de la contaminación ambiental que amenaza las especies marinas y el segundo sistema de arrecife de coral más grande del mundo. Como solución las autoridades han utilizado el plástico que sacan de las playas de Utila para pavimentar las calles de la isla.

En este sentido, Utila es la primera ciudad en Honduras en llevar a cabo un proyecto tan novedoso que mientras reducen las enormes cantidades de plástico desechadas en el mar Caribe, disminuyen los costos de construcción y mantenimiento de las calles. El alcalde de la ciudad, Troy Bodden (2017) explica cuál es su motivación para realizar este proyecto:

Cada año ingresan unos 5 millones de botellas de plástico a la isla, además de lo que traen las corrientes a las playas, así que tomamos la decisión de deshacernos de este plástico triturándolo y utilizándolo como material en la mezcla de concreto para asfaltar nuestras calles.

Por medio de este proyecto, las autoridades de Utila afirman que han logrado un ahorro económico en la materia prima de la construcción. La fórmula que utilizan, certificada y con la misma consistencia que el asfalto regular, utiliza un 28% de plástico triturado como materia prima (Méndez, 2019).

Rosalía Argueta y el alcalde Bodden describieron el proceso que se llevó a cabo para realizar la pavimentación. Comentan que se utilizaron 150,000 botellas de refresco que convirtieron en 8,000 libras de plástico triturado en un laboratorio de concreto en la ciudad de San Pedro Sula, lugar donde se realizó la mezcla con concreto y arena y se comprobó su resistencia al peso y al clima.

A continuación, se puede observar la Ilustración 4, en la cual se demuestran las etapas del proyecto de la calle pavimentada con plástico en la isla.



Ilustración 4 – Etapas del proyecto

Fuente: Diario el Tiempo

En la Ilustración 4 se pueden observar las diferentes etapas que conlleva el realizar las calles utilizando plástico. Este proceso empieza desde la recolección de las botellas, la clasificación y luego la trituración para ser agregadas a la mezcla del concreto que será utilizado en el pavimento.

Hasta el momento, se han pavimentado dos calles con esta innovadora fórmula. La primera de 180 metros de longitud llamada la calle Holland, está ubicada en el centro de la isla. La segunda de 390 metros de longitud lleva por nombre calle Lozano. Actualmente se está pavimentando una tercera calle de 680 metros de longitud, la más larga hasta el momento, que servirá como conexión entre el estadio de béisbol y el estadio de fútbol de la isla.

En la siguiente Ilustración 5 se puede observar la calle Holland, la primera calle pavimentada con plástico reciclado de Honduras.



Ilustración 5 - Primera calle pavimentada con plástico

Fuente: Diario el Tiempo

En la Ilustración 5 se puede observar al alcalde de la isla Troy Bodden caminar por la primera calle de Utila, que hace esquina con la calle Principal, llena de bares de turistas y centros de buceo, pavimentada con técnica tan innovadora que ayuda al medio ambiente mientras reduce costos de materia prima.

En una entrevista con diario El País, Bodden afirma que tiene planes de ampliar el trabajo. "Nuestro siguiente paso será asfaltar las nuevas calles con esta fórmula. Además, nos gustaría construir bancos para sentarse. ¿Y por qué no empezar a exportar bloques de hormigón hechos con plástico?" (Bodden, 2017).

3.1.3. ANÁLISIS INTERNO

Al conocer las investigaciones y proyectos que se han desarrollado a nivel mundial y a nivel nacional con temas relacionados al proyecto de investigación presente se proseguirá a realizar un análisis interno. Por medio del análisis interno se expondrán algunas investigaciones que presentan información con los diferentes esfuerzos que se han realizado en UNITEC SPS para

poder comprender y tener como base otros proyectos que han tenido como base utilizar material adicional en la mezcla de concreto.

3.1.3.1. Caracterización de bloques de concreto con utilización PET y aditivo

El bloque de concreto, como material de construcción, es uno de los más utilizados en el rubro de la construcción; pero el plástico es una de las materias primas más producidas y usadas por el ser humano en el mundo. Algunas propiedades inertes del plástico son larga durabilidad, baja densidad y no son biodegradables ni fáciles de reciclar. Hechas las consideraciones anteriores, el mundo enfrenta un gran problema por la acumulación de residuos plásticos que generan altos niveles de contaminación.

Como alternativa para dar otro uso y reducir la contaminación que causa el plástico, se busca implementar el plástico reciclado incluso en la construcción. Bajo tales precedentes, dicho proyecto de investigación tiene como objetivo de estudio el análisis de bloque huecos de hormigón utilizando polímeros reciclados conocidos como tereftalato de polietileno o PET y aditivo Admix BloQ bajo las normas del ACI y ASTM. Cabe mencionar que el PET que se utilizó es en forma de fibra.

El proyecto en estudio se llevó a cabo por medio de tres fases. La primera fase caracterizó los agregados pétreos, el tereftalato de polietileno y el nano aditivo utilizado. Luego se definieron las dosificaciones a utilizar, otorgando diferentes porcentajes de aditivo y de PET de los cuales se sustituirían en lugar de la arena. Y, por último, se prosiguió a realizar 7 diferentes tipos de bloques de estudio determinados y realizar los ensayos de esfuerzo a compresión. Adicionalmente, por medio de la caracterización mecánica que se probó, se observaron las características físicas que los bloques presentaron.

Como lo afirman (Díaz, Zelaya, & Fernández, 2019):

De los 7 tipos de bloques que se realizaron en la investigación todos cumplieron y estuvieron dentro de los parámetros definidos por la norma, excepto el bloque con sustitución del 30% de PET sin aditivo el cual obtuvo una resistencia de 509.04 psi. Por otra parte, el bloque con la mayor resistencia fue para el bloque con sustitución del 10% de PET y con la utilización de aditivo Admix BloQ se obtuvo una resistencia de 1,137.18 psi lo cual lo clasifica como un bloque estructural. (p. 4)

En resumen, a lo expuesto anteriormente, se conoce que los bloques realizados con PET y aditivo son beneficiosos para aplicarse en la construcción. Estos cumplieron con una resistencia muy favorable en el análisis mecánico realizado. Al haber sustituido un 10% de PET por la arena y con una adición del aditivo Admix BloQ se alcanzó una mayor resistencia con un menor peso del bloque. Pero al solo haber sustituido el 10% de PET sin haber utilizado el aditivo, la resistencia de los bloques disminuyó.

En cuanto al punto de vista económico, el precio de estos bloques puede presentar un beneficio para la empresa productora en un sentido social ya que brinda una solución para reducir la cantidad de desperdicios de plástico que tanto afectan el medio ambiente manteniendo un precio que se encuentra dentro del rango de los costos de un bloque en el mercado.

En la Ilustración 6, se puede observar un resumen del resultado de resistencia a compresión de los bloques del estudio.

Tipo de Bloque	Resistencia	Unidad
Bloque Base	934.41	psi
10% PET	827.62	psi
10% PET + A	1137.18	psi
20% PET	825.07	psi
20% PET + A	804.32	psi
30% PET	509.04	psi
30% PET + A	941.05	psi

Ilustración 6 - Resultado de Resistencia a Compresión de Bloques

Fuente: (Díaz, Zelaya, Fernández, 2019)

La Ilustración 6 demuestra los valores de resistencia compresión que presentaron cada uno de los tipos de bloque realizados para la investigación. Se puede observar que el bloque base, realizado sin sustitución de PET con concreto ordinario presentó una resistencia de 934.41 psi, inferior en comparación al bloque 10% PET+A que presentó una resistencia de 1137.18 psi. Por lo cual el bloque 10% PET+A es el bloque más efectivo por su relación de resistencia y precio.

A manera de resumen final, tras haber investigado todos los resultados presentados por dicho estudio se concluyó lo siguiente: El bloque con 10% PET+A presentó la mejor relación en cuanto

a resistencia y precio; a medida que se le agregaba más PET a la muestra, el peso del bloque iba disminuyendo; al aumentar la cantidad de PET también se alcanzaba una menor absorción ya que es la arena la que genera esta característica.

1.1.2.1 Análisis del comportamiento del concreto hidráulico con fibras de coco

El desarrollo de dicha investigación tuvo como propósito evaluar el efecto que produce utilizar fibras de coco naturales, fruta muy predominante en Honduras, en el concreto hidráulico, tanto en su comportamiento mecánico a tensión como a compresión. El 100% del desecho del coco que se consume en San Pedro Sula es desperdiciado cuando podría ser utilizado en diferentes industrias, ya que este solamente se desecha en la basura.

Para encontrar un equilibrio con el medio ambiente, mediante el proyecto "Análisis del comportamiento del concreto hidráulico con fibras de coco", los investigadores decidieron estudiar el comportamiento que esta fibra natural, pasada por un tratamiento adecuado para garantizar un comportamiento adecuado, aportaría al concreto hidráulico. Realizaron diferentes grupos de mezclas con distintos tipos de porcentajes de coco, siendo estos el 1.00%, 1.50% y 2.00%, y se compararon con la mezcla control, lo cual dio a conocer como afectaba positivamente el comportamiento mecánico del concreto (Umanzor, Guardado, & Núñez, 2017).

Se realizaron pruebas a los 7 y a los 28 días de edad con los cilindros y vigas prismáticas simples para poder probar la resistencia a compresión y a flexión del concreto. A los 7 días la resistencia a la compresión del 1.00% alcanzada por los cilindros fue la más alta, incluso superando la mezcla control, pero a los 28 días el mejor comportamiento respecto a la mezcla control fue la del 1.50%.

En la Ilustración 7 se puede observar el comportamiento a los 28 días de las mezclas en estudio.

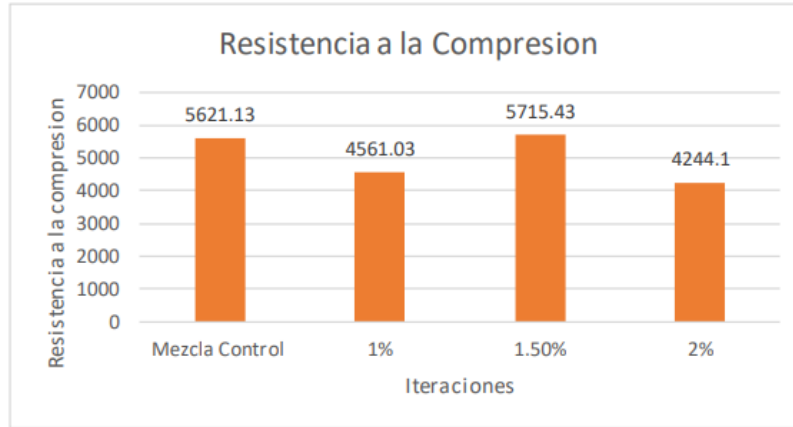


Ilustración 7 - Resistencia a la compresión a los 28 días de todas las muestras

Fuente: (Umanzor, Guardado, Núñez, 2017)

En la Ilustración 7 se muestra que la mezcla con el 1.50% de fibra de coco alcanzó la mayor resistencia a la compresión, superando la mezcla control por 94.30 PSI. En cambio, la iteración con el 2.00% de fibra es la que tiene la resistencia más baja de los grupos.

Así mismo, se hicieron las pruebas a flexión de las vigas a los 7 y a los 28 días. La iteración que presentó el mejor comportamiento fue la del 1.50% con un módulo de ruptura de 782.07 PSI. Estos datos se pueden visualizar en la Ilustración 8.

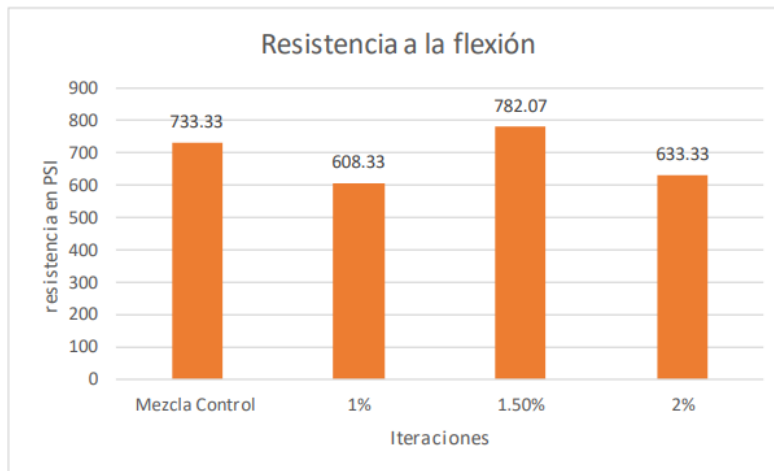


Grafico 9. Resistencia a la flexión a los 28 días de todas las muestras.

Ilustración 8 - Resistencia a la flexión a los 28 días de todas las muestras

Fuente: (Umanzor, Guardado, & Núñez, 2017)

La fibra de coco aumento un 6.64% e módulo de ruptura de la iteración del 1.50%. Con los datos obtenidos, se puede concluir que el 1.50% de fibra es el porcentaje óptimo para alcanzar la mejor resistencia tanto a flexión como a compresión. Se pudo observar una tendencia en la resistencia de los cilindros y las vigas prismáticas simples de que al pasar del 1.50% de fibra, la resistencia empieza a disminuir.

Los resultados que se observan son similares con investigaciones que se realizaron anteriormente en otros países, donde se verifica que el uso de fibras de coco en el concreto ayuda a tener un mejor comportamiento en este, ya que la función de la fibra es evitar que las grietas en el concreto se abran. (Umanzor, Guardado, & Núñez, 2017, p. 110)

En la siguiente Ilustración 9 se puede observar la fractura del cilindro a los 28 días con 1.50% de fibra de coco, la cual los investigadores concluyeron que era una falla tipo 2.



Ilustración 9 - Cilindro a los 28 días con 1.5% de fibra de coco.

Fuente: (Umanzor, Guardado, & Núñez, 2017)

En la Ilustración 9, es importante poder observar la falla que se obtuvo al realizar la ruptura de cilindros de concreto. En dicha investigación, cabe mencionar que, se identificó que la mayoría de las fallas resultantes fueron del tipo 2.

3.2. TEORÍAS DE SUSTENTO

El desarrollo de esta investigación tendrá como sustento las siguientes normativas que se definirán en esta sección. Las normativas para desarrollar el estudio serán brindadas por el ASTM y ACI. La normativa ASTM brindará los procedimientos estandarizados para poder seguir a la hora de realizar el estudio. Estas normativas hablarán de las propiedades físicas de los agregados. Propiedades tales como sus densidades, pesos volumétricos, porcentajes de absorción y agua libre, los cuales van a utilizarse para la dosificación del concreto. Así como los procedimientos, brindará los materiales y equipo a utilizar para llevarse a cabo cada una de las normativas ASTM y lograr obtener los cálculos necesarios para un diseño óptimo y más apegado a la realidad. Por otro lado, estará la normativa ACI que brindará las tablas a utilizarse para la dosificación del concreto. Para usarse estas tablas del ACI se requiere obtener las propiedades de los agregados finos y gruesos que se obtendrán de la normativa ASTM. Cada dosificación depende de la resistencia compresiva y de la procedencia de los agregados. Por esta razón ambas normativas trabajan de la mano para lograr un mismo objetivo, este siendo logrando la mezcla de concreto adecuada con los recursos oriundos del lugar.

3.2.1. ASTM C136-14

Este método se utiliza para determinar la distribución de los tamaños de los agregados a utilizar para el concreto. Los resultados obtenidos se pueden utilizar para tener un control de calidad de los agregados y poder correlacionar entre sí las diferentes propiedades que tienen. Sin embargo, este método no puede determinar tamaños que sean menores al del tamiz No. 200, estas limas y arcillas se determinan con la normativa ASTM C117.

Para realizar los cálculos de la granulometría de los agregados se utiliza la Ecuación 1 para obtener los pesos retenidos acumulados de cada tamiz. Luego, la Ecuación 2 para calcular el porcentaje de partículas retenidas acumuladas. La Ecuación 3 para obtener el porcentaje pasado de cada tamiz y realizar la comparación de granulometrías según la ASTM C33-03 con la

Tabla 7 y, por último, la y para el cálculo de los módulos de finura para la grava y arena, respectivamente.

$$PRA(tamiz n) = PRI(tamiz n) + PRI(tamiz n - 1)$$

Ecuación 1 – Peso Retenido Acumulado

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

$$\%PRA(tamiz n) = \frac{PRA(tamiz n)}{W_m}$$

Ecuación 2 – Porcentaje de Peso Retenido Acumulado

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

$$\%Pasado(tamiz n) = 100\% - \%PRA(tamiz n)$$

Ecuación 3 – Porcentaje Pasado

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

$$MF (grava) = \frac{\sum(\%PRA \text{ desde el Tamiz } 1" \text{ hasta el Tamiz No. } 100)}{100\%}$$

Ecuación 4 – Modulo de Finura de la Grava

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

$$MF (arena) = \frac{\sum(\%PRA \text{ desde el Tamiz } 3/8" \text{ hasta el Tamiz No. } 100)}{100\%}$$

Ecuación 5 – Módulo de Finura de la Arena

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

3.2.2. ASTM C33-08

Esta especificación define los requisitos para granulometría de los agregados gruesos y finos para asegurar la calidad y el comportamiento satisfactorio de las mezclas de concreto. La

Tabla 7 especificará los porcentajes de agregados finos y gruesos aceptables para obtener un concreto de calidad.

Tabla 7 - Especificaciones Granulométricas

Agregado Grueso 3/4"		Agregado Grueso 3/8"		Agregado Fino	
No. Tamiz	Porcentaje Pasado	No. Tamiz	Porcentaje Pasado	No. Tamiz	Porcentaje Pasado
1	100	1/2"	100	3/8"	100 - 100
3/4"	90 - 100	3/8"	85 - 100	#4	95 - 100
3/8"	20 - 55	#4	10 - 30	#8	80 - 100

Continuación Tabla 7...

#4	0 - 10	#8	0 - 10	#16	50 - 85
#8	0 - 5	#16	0 - 5	#30	25 - 60
				#50	5 - 30
				#100	2 - 10
				#200	0 - 3

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

Los valores anteriores se utilizarán para validar la calidad de agregados y cerciorarse que la correcta distribución de agregados finos y gruesos se esté utilizando.

3.2.3. ASTM C566-19

Esta normativa ofrece un procedimiento eficaz para determinar el contenido de humedad de los agregados gruesos y finos. Se logra esto evaporando la humedad de la superficie de las partículas y de los vacíos de la grava y la arena estando estas en un ambiente de temperatura controlada usando el calor de un horno. Para determinar el contenido de humedad se utiliza la Ecuación 6 la cual considera el estado húmedo y seco del agregado.

$$\%w = \frac{Wh - Ws}{Ws} * 100\%$$

Ecuación 6 – Contenido de Humedad

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

Donde las variables anteriores corresponden al Contenido de humedad (%w), Peso Húmedo del Agregado (Wh) y el Peso Seco del Agregado (Ws) después de estar expuesto a un calor constante.

3.2.4. ASTM C40-04

Esta normativa reduce el alto riesgo del impacto negativo que habrá en el concreto por los altos niveles de materia orgánica que esta puede tener. La presencia de ellos hace que el concreto no llegue a cumplir con las propiedades provistas de un proyecto. Por esta razón "este ensayo se lleva a cabo para determinar cualitativamente y dentro de cierta aproximación la presencia de componentes orgánicos perjudiciales en una arena destinada a la fabricación de morteros y

concreto” (mocaustro24, 2013). Se provee la para verificar el nivel de materia orgánica del agregado fino.

Tabla 8 - Calidad del Agregado Fino por su Materia Orgánica

No. de Color Estándar Gardner	No. de Placa Orgánica
5	1
8	2
11	3 (Máxima permisible)
14	4
16	5

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

3.2.5. ASTM C29-17

Esta normativa establece el procedimiento estandarizado para determinar la densidad en masa de los agregados en condición compactada o suelta. Es indispensable utilizar un volumen conocido para determinar el peso volumétrico. Si no se cuenta con un recipiente se calibra un recipiente por medio del agua y su temperatura. Estos valores se comparan con la Ilustración 10 la cual toma en consideración estas dos variables.

Temperatura (°F)	Peso específico γ (lb/pe ³)	Densidad ρ (slugs/pe ³)	Viscosidad dinámica η (lb-s/pe ²)	Viscosidad cinemática ν (pe ² /s)
32	62.4	1.94	3.66×10^{-5}	1.89×10^{-5}
40	62.4	1.94	3.23×10^{-5}	1.67×10^{-5}
50	62.4	1.94	2.72×10^{-5}	1.40×10^{-5}
60	62.4	1.94	2.35×10^{-5}	1.21×10^{-5}
70	62.3	1.94	2.04×10^{-5}	1.05×10^{-5}
80	62.2	1.93	1.77×10^{-5}	9.15×10^{-6}
90	62.1	1.93	1.60×10^{-5}	8.29×10^{-6}
100	62.0	1.93	1.42×10^{-5}	7.37×10^{-6}
110	61.9	1.92	1.26×10^{-5}	6.55×10^{-6}
120	61.7	1.92	1.14×10^{-5}	5.94×10^{-6}
130	61.5	1.91	1.05×10^{-5}	5.49×10^{-6}
140	61.4	1.91	9.60×10^{-6}	5.03×10^{-6}
150	61.2	1.90	8.90×10^{-6}	4.68×10^{-6}
160	61.0	1.90	8.30×10^{-6}	4.38×10^{-6}
170	60.8	1.89	7.70×10^{-6}	4.07×10^{-6}
180	60.6	1.88	7.23×10^{-6}	3.84×10^{-6}
190	60.4	1.88	6.80×10^{-6}	3.62×10^{-6}
200	60.1	1.87	6.25×10^{-6}	3.35×10^{-6}
212	59.8	1.86	5.89×10^{-6}	3.17×10^{-6}

Ilustración 10 – Peso Específico del Agua según su Temperatura

Fuente: (Mott, 2006, p. 590)

Si las cifras de temperatura no están enteras se procede a realizar una interpolación lineal con los valores expuestos de la Ilustración 10. Se procede a utilizar la Ecuación 7 para culminar la calibración del recipiente.

$$V = \frac{(W_{rec} + W_w) - W_{rec}}{\gamma_w}$$

Ecuación 7 – Volumen del Recipiente Calibrado

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

Donde las variables anteriores corresponden al peso del recipiente (W_{rec}) que se requiere calibrar, el peso del agua (W_w) y el peso específico del agua (γ_w) que varía según su temperatura para encontrar el volumen del recipiente (V) el cual será equivalente al volumen que ocuparán los agregados de manera compactada o suelta.

A continuación, se utiliza la Ecuación 8 para calcular el peso volumétrico de los agregados.

$$PV = \frac{(W_{rec} + W) - W_{rec}}{V}$$

Ecuación 8 - Peso Volumétrico de los Agregados

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

Los resultados obtenidos de la fórmula anterior se utilizarían para determinar el índice de calidad de los agregados pudiendo caracterizarlos como regular, liviano o pesado.

3.2.6. ASTM C127-15

Este método determina el peso específico seco tomando en consideración un estado ideal de una muestra saturada con superficie seca. Se utiliza la Ecuación 9 donde las variables corresponden al peso de la muestra seca en horno (A), el peso de la muestra saturada con superficie seca (B) y el peso de la muestra saturada en agua (C). Todas utilizadas para calcularse el peso específico de los agregados gruesos.

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

Ecuación 9 – Gravedad Específica del Agregado Grueso

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

Para determinar el porcentaje de absorción se utiliza la Ecuación 10 con los pesos anteriormente mencionados.

$$Abs\% = \frac{B - A}{A} * 100\%$$

Ecuación 10 - Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

3.2.7. ASTM C128-15

Este método determina el peso específico seco tomando en consideración un estado ideal de una muestra saturada con superficie seca. Se utiliza la Ecuación 11 donde las variables corresponden al peso de la muestra saturada con superficie seca (S), el peso del picnómetro con agua (B) y el

peso de la muestra saturada con superficie seca con el picnómetro y el agua (C). Todas utilizadas para calcularse el peso específico de los agregados finos.

$$GE = \frac{S}{S + B - C}$$

Ecuación 11 – Gravedad Específica del Agregado Fino

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

Para determinar el porcentaje de absorción se usa la Ecuación 12 utilizando el peso del picnómetro más el agua (B) junto con el peso de la muestra seca en horno (A).

$$Abs\% = \frac{B - A}{K} * 100\%$$

Ecuación 12 - Porcentaje de Absorción del Agregado Fino

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

3.2.8. ASTM C131-01

Esta prueba se hace para identificar la capacidad abrasiva de la grava y el grado de desgaste de esta. Inicialmente, se desarrollan una serie procedimientos para encontrar la gradación apropiada de acuerdo con la granulometría para poder así utilizar la cantidad de esferas metálicas adecuada las cuales estarán proporcionadas en la Tabla 9.

Tabla 9 – Tipo de Gradación para Desgaste

Tamaño del Tamiz		Masa de los Tamaños Indicados, g			
Pasa	Retenido	Granulometría			
		A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250±25			
1"	3/4"	1250±25			
3/4"	1/2"	1250±25	2500±10		
1/2"	3/8"	1250±25	2500±10		
3/8"	1/4"			2500±10	
1/4"	No. 4			2500±10	
No. 4	No. 8				5000±10
Total		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10
No. De Esferas		12	11	8	6

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

El porcentaje de desgaste tendrá como máximo un 50% de pérdida de masa, según la normativa ASTM. Para calcular el porcentaje de desgaste de la grava se utiliza la Ecuación 13 utilizando los datos captados del ensayo de laboratorio.

$$\text{Pérdida por Abrasión en Impacto } \% = \frac{\text{Peso original} - \text{Peso retenido \#12}}{\text{Peso original}} \times 100$$

Ecuación 13 - Grado de Desgaste

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

3.2.9. ASTM C192-18

Esta normativa brinda las especificaciones estandarizadas para la preparación de los materiales, la mezcla del concreto y el proceso de curado de especímenes de concreto. Se debe de lograr un entorno controlado para validar la confiabilidad de los datos que estos especímenes de concreto pueden proveer. Los resultados obtenidos se pueden utilizar para correlacionar las diferentes propiedades que estas probetas tienen.

Este método tiene como objetivo brindar las condiciones apropiadas para el correcto desarrollo de las probetas del concreto. Estas condiciones siendo consideradas durante la dosificación del concreto y asimiladas durante el experimento.

3.2.10. ASTM C39-18

Esta normativa tiene como objetivo verificar que el concreto utilizado en obras presente los valores de carga compresiva necesaria para soportar la carga útil. Se ensayan especímenes de concreto tomados de la misma mezcla para ser probados a diferentes edades. La normativa presenta valores de rupturas con sus respectivas tolerancias en donde la edad comienza desde la fecha de elaboración del concreto (American Society for Testing and Materials, 1898)

Tabla 10 – Tolerancias Permisibles para las Edades del Concreto

Edad de Ruptura	Tolerancia Permisible
24 h	±0.5 h
3 días	±2 h
7 días	±6 h
28 días	±20 h
90 días	±2 días

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

Se utilizará la Ecuación 14 para determinar la resistencia a la compresión con la carga obtenida de la máquina cuando esta llegue a la ruptura final.

$$f'c = \frac{4 * Pmax}{\pi * D^2}$$

Ecuación 14 - Resistencia compresiva del espécimen de concreto

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

Donde las variables corresponden a la carga compresiva máxima soportada por el cilindro (Pmax) y el diámetro promedio (D) para obtener la resistencia a la compresión (f'c). Una vez obtenido la carga última compresiva del espécimen se analiza el tipo de falla que esta misma generó utilizando la Ilustración 11.

Las fallas de la Ilustración 11 se colocarán en los reportes de cada cilindro hecho durante la investigación para observar patrones de fallas que pueda existir entre las muestras.

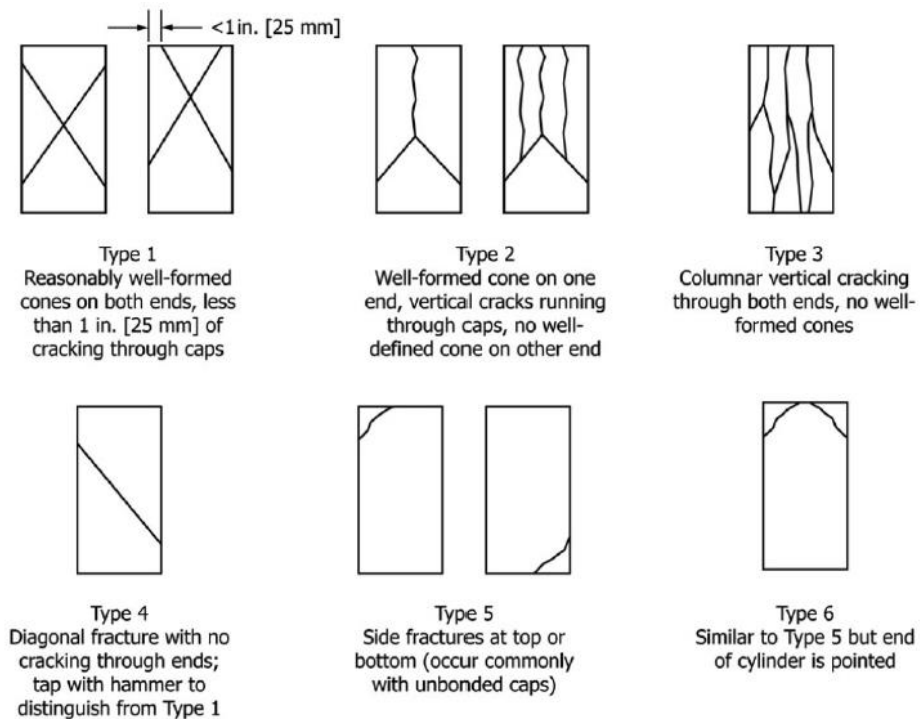


Ilustración 11 – Tipos de Rupturas de Cilindros

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

3.2.11. ASTM C78-02

El método determina la resistencia a la flexión de un espécimen de concreto mediante el uso de una viga simple con carga en los tercios del claro. Los valores dependerán de las dimensiones de las probetas, los procedimientos que se utilizaron para su curado, su edad, temperatura y las condiciones húmedas que contenga el concreto. Para determinar el módulo de ruptura se utilizan dos fórmulas las cuales dependerán del tipo de fractura que está presente. Si la falla recae dentro del tercio medio se utilizará la Ecuación 15. La Ecuación 16 se utilizará si recae afuera del tercio medio por un 5% de la longitud total del espécimen y si la falla está por fuera del 5% del tercio medio se descarta la prueba según(ASTM C78-02.pdf, s. f., p. 3).

$$MR = \frac{P * L}{b * d^2}$$

Ecuación 15 - Módulo de Ruptura con fractura en tercio medio

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

$$MR = \frac{3 * Pa}{b * d^2}$$

Ecuación 16 - Módulo de Ruptura con fractura afuera del tercio medio

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 1898)

Donde las variables corresponden al módulo de ruptura (MR) medido en MPa o PSI, la carga máxima aplicada (P) medido en N o lb, el ancho promedio del espécimen (b) medido en mm o in, el peralte promedio del espécimen (d) medido en mm o in y la distancia promedio entre la línea de fractura y el apoyo más cercano en la línea superficie de la viga (a) medido en mm o in.

3.2.12. ACI 211.1-91

Esta normativa determina la combinación óptima de los agregados finos, gruesos, agua y cemento a utilizar para desarrollar un concreto que cumpla con los requisitos solicitados de diseño. Esta normativa define los cálculos a realizar y especificaciones a considerar tales como el revenimiento, el tamaño máximo de agregados, cantidad de agua, contenido de aire, cemento y los ajustes correspondientes para el diseño. A continuación, se presentan las tablas correspondientes para el procedimiento de diseño del concreto.

Tabla 11 - Revenimiento del Concreto

Tipos de Construcción	Revenimiento en pulgadas	
	Max	Min
Muros de cimentación y zapatas	3	1
Zapatas, cajones de cimentación y muros de subestructura sencillos	3	1
Losas, columnas, vigas y muros reforzados	4	1
Pavimentos	3	1
Concreto masivo	2	1

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

Los valores de la Tabla 11 se utilizarán en las siguientes tablas, por esta razón, el tipo de dosificación de concreto depende enormemente en el tipo de estructura que se va a realizar. A continuación, se presenta la tabla de relación agua/cemento que se deberá de considerar dependiendo de la resistencia compresiva de diseño (v.

Tabla 12).

Tabla 12 - Relación agua/cemento del Concreto

Resistencia a la Compresión en 28 días, PSI	Relaciones Agua/Cemento máximas permisibles, por peso	
	Concreto sin Aire Incluido	Concreto con Aire Incluido
6000	0.41	-
5000	0.48	0.40
4000	0.57	0.48
3000	0.68	0.59
2000	0.82	0.74

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

Los valores anteriores de agua/cemento deberán de coincidir con la resistencia a la compresión de diseño para tener una mezcla de concreto lo más apegado a la vida real. A continuación, se presenta la tabla de cantidad el cual dependerá del tamaño máximo de árido y el revenimiento que tendrá el concreto (v. Tabla 13).

Tabla 13 - Tabla de Cantidad de Agua según TMA y Revenimiento

Agua en kg/m³ para el tamaño máximo del agregado utilizado en el concreto								
Revenimiento en pulgadas	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Sin Aire incluido en el Concreto								
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" - 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Más de 7"	-	-	-	-	-	-	-	-
% Aire	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Con Aire incluido en el Concreto								
1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" - 7"	216	205	197	184	174	166	154	-
Más de 7"	-	-	-	-	-	-	-	-
Exposición Leve	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Exposición Moderada	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Exposición Severa	7.6	7	6	6	6	5	4.5	4

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

Los valores anteriores de agua dependerán del tipo de estructura, debido al revenimiento, y de los agregados que se utilizarán en la mezcla, debido al TMA. A continuación, se presenta la tabla del Volumen del agregado fino el cual dependerá del tamaño máximo de árido y el módulo de finura que tendrá el agregado fino a utilizar (v.

Tabla 14).

Tabla 14 - Tabla del Volumen del Agregado

Valor Nominal Máximo del Agregado en Pulgadas	Volumen del Agregado por Unidad de Volumen del Concreto para diferentes valores del Módulo de Finura de la Arena			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.8	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

Los valores de la Tabla 14 se utilizan para dosificar el concreto tomando en consideración las propiedades físicas de los agregados gruesos y finos a utilizarse en la mezcla. A continuación, se presenta la Tabla 15 de pesos estimados de concreto fresco para poder aplicar el Método del Peso Total para calcular el peso de la Arena.

Tabla 15 – Primera Estimación del Peso del Concreto Fresco

Valor Nominal Máximo del Agregado en Pulgadas	Primera Estimación del Peso del Concreto Fresco (kg/m³)	
	Concreto sin Aire	Concreto con Inclusión de Aire
3/8"	2280	2200
1/2"	2310	2230
3/4"	2345	2275
1"	2380	2290
1 1/2"	2410	2350
2"	2445	2345
3"	2490	2405
6"	2530	2435

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

Se pueden refinar los valores anteriores de acuerdo con las condiciones de la normativa. Estas condiciones, según (American Concrete Society, 1904), será que por cada 5 kg de diferencia en el peso del agua obtenido de la Tabla 13 para revenimientos de 3" a 4", corregir la masa por peso del concreto 8kg en el lado opuesto, por cada 20 kg de diferencia desde 330 kg en el contenido de cemento se hace una corrección en la misma dirección y por cada 0.1 de diferencia desde 2.7 que haya en la gravedad específica del agregado corregir 60 kg en la misma dirección.

A continuación, se presentan las siguientes ecuaciones para dosificar de acuerdo con la normativa incluyendo las correcciones de agua dentro de la mezcla.

$$W_w = \frac{a}{c} * W_c$$

Ecuación 17 – Peso del Agua en base al Peso del Cemento y Relación a/c

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

$$W_g = V'g * PVcompactado$$

Ecuación 18 – Peso de la Grava en base al Volumen y PV Compactado

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

$$W_a = W_{total} - W_c - W_w - W_g$$

Ecuación 19 – Peso de la Arena con el Método del Peso Total

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w}$$

Ecuación 20 – Volumen del Agua de Diseño

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

$$V_c = \frac{W_c}{G_{Ec} * \gamma_w}$$

Ecuación 21 – Volumen del Cemento de Diseño

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

$$V_g = \frac{W_g}{G_{Eg} * \gamma_w}$$

Ecuación 22 – Volumen de la Grava de Diseño

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

$$V_{aire} = Aire\% * 1$$

Ecuación 23 – Volumen del Aire de Diseño

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

$$V_a = 1 - V_c - V_w - V_g - V_{aire}$$

Ecuación 24 – Volumen de la Arena de Diseño

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

$$W_a = V_a * G_{Ea} * \gamma_w$$

Ecuación 25 – Peso de la Arena con el Método del Volumen Total

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

$$absorción(x) = W_x * absorción\%x$$

Ecuación 26 – Absorción del Agregado

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

$$\text{humedad}(x) = Wx * w\%x$$

Ecuación 27 – Humedad del Agregado

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

$$\text{diferencia}(x) = \text{humedad}(x) - \text{absorción}(x)$$

Ecuación 28 – Diferencia entre la Absorción y Humedad de los Agregados

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

$$\text{diferencia total} = \text{diferencia}(x1) + \text{diferencia}(x2) + \dots \text{diferencia}(xn)$$

Ecuación 29 – Corrección Total de Agua

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

$$W'x = Wx + \text{diferencia}(x)$$

Ecuación 30 – Peso Corregido del Agregado

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

$$W'w = Ww - \text{diferencia total}$$

Ecuación 31 – Peso Corregido del Agua

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

$$W_{adit}(x) = \text{dosificación} \frac{ml}{kg} * Wc$$

Ecuación 32 – Dosificación del Aditivo en base al Peso del Cemento

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

$$Wx = \text{dosificación} \frac{kg}{m^3} * V_{\text{diseño}}$$

Ecuación 33 – Dosificación en base al Peso del Concreto

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

$$W(FTLR) = \text{dosificación} \frac{kg}{m^3} * V_{\text{diseño}}$$

Ecuación 34 – Dosificación de Fibra en base al Peso del Concreto

Fuente: (American Concrete Society, 1904)

3.2.13. ACI 318-05

Según (American Concrete Society, 1904) normativa ofrece las consideraciones técnicas mínimas de diseño para estructuras de concreto de cualquier tamaño brindando comentarios y valores para asegurar la calidad y seguridad del proyecto. Estos valores no reemplazan la experiencia del ingeniero, sin embargo, no se permiten valores por debajo de las recomendaciones que brinda la normativa. También, ofrece las propiedades físicas y mecánicas de los materiales para obtener calidad en el concreto. Así mismo, brindando criterios de diseño de diferentes estructuras de concreto reforzado que son indispensables en proyectos hoy en día. Cabe resaltar que se brinda un aspecto estadístico para determinar valores de calidad durante la obra.

3.2.14. ACI 544.1R-96

La normativa, según (Daniel et al., s. f., p. 39), ofrece las propiedades físicas y mecánicas del concreto reforzado con fibras. También, ofrece un aspecto histórico y técnico del uso de fibra como aditivo reforzando el concreto a través de los años para tener una perspectiva amplia del diseño del concreto reforzado con fibras. Así mismo, brindar consideraciones de diseño para las dimensiones adecuadas de la fibra a utilizar y procedimientos del mezclado del concreto la cual dependerá del tipo de fibra que se trabaje y la procedencia de esta. Esta investigación se enfocará en las fibras sintéticas, las cuales son hechas por el hombre a diferencia de las fibras naturales provenientes de cultivos. Las fibras sintéticas se han tratado de involucrar como adición al concreto hidráulico, sin embargo, hay poca información investigativa sobre el tema.

3.3. MARCO CONCEPTUAL

En esta sección del marco teórico, se definen algunos de los términos y lenguaje técnico esencial para el entendimiento y comprensión adecuada de la investigación pertinente:

1) Concreto Hidráulico

“El concreto es una mezcla de arena, grava, roca triturada, u otros agregados unidos en una masa rocosa por medio de una pasta de cemento y agua” (McCormac & Brown, 2011, p. 1).

2) Cemento

“Un material cementante es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados inertes y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuadas” (Nilson, 1999, p. 28).

3) Agregado o árido

“Se entiende por agregados a una colección de partículas de diversos tamaños que se pueden encontrar en la naturaleza, ya sea en forma de finos, arenas y gravas o como resultado de trituración de rocas” (Gómez, 2013, p.63).

4) Agregado fino o arena

“Un agregado fino o arena es cualquier material que pasa el tamiz No. 4, es decir, un tamiz con cuatro aberturas por pulgada lineal” (Nilson, 1999, p. 30).

5) Agregado grueso o grava

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

6) Granulometría

Como lo afirma (Gómez, 2013):

La granulometría de los agregados se refiere a la distribución de tamaño de las partículas, generalmente son de interés en esa distribución el tamaño máximo permisible y el tamaño mínimo permisible, sin embargo, existen aplicaciones en las cuales se puede preferir un cierto tamaño uniforme de partículas. La distribución de las partículas se determina por medio de ensayos de cribado empleando mallas donde los alambres que integran las mallas se entretajan formando espacios cuadrados con diversas aberturas. (p. 64)

7) Tamaño máximo de árido (TMA)

“Se define como la menor abertura del tamiz que permite el paso de la totalidad de la muestra, indica la dimensión de la partícula más grande que hay en la muestra” (Gutiérrez de López, 2003, p. 18).

8) Tamaño Máximo Nominal (TMN)

“Se define como la abertura del tamiz inmediatamente superior a aquél cuyo 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, p.19).

8) Módulo de finura

Como lo afirma (Gutiérrez de López, 2003):

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 lcontec 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 de 1 a 2. (p.19)

9) Módulo de ruptura

"El esfuerzo de tensión por flexión calculado a partir de la carga de fractura de una viga de prueba de concreto simple" (Nilson, 1999, p. 44).

10) Resistencia a la compresión

De acuerdo con (NRMCA, 2008):

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).

11) Resistencia a la flexión

"La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada" (NRMCA).

12) Peso volumétrico

"La masa volumétrica (peso volumétrico) de un agregado es la masa o peso del agregado necesario para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado" (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, p. 114).

13) Gravedad específica

La gravedad específica de un agregado es la relación entre su masa y la masa de agua con el mismo volumen absoluto. Se la usa en algunos cálculos de proporcionamiento y del control de la mezcla, tales como el volumen ocupado por el agregado en el método del volumen absoluto de diseño de mezcla. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, p. 114)

14) Absorción

De acuerdo con (Gómez, 2013):

La absorción de los agregados se obtiene generalmente después de haber sometido al material a una saturación durante 24 horas, cuando esta termina se procede a seca superficialmente el material y por

diferencia de masa se logra obtener el porcentaje de absorción con relación a la masa seca del material.
(p. 73)

15) Dosificación

“La dosificación es el proceso por medida, por masa o por volumen, de los ingredientes del concreto y su introducción en la mezcla” (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, p. 217).

16) Revenimiento

El ensayo de revenimiento (asentamiento) se usa para medir la consistencia del concreto. Para una dada proporción de cemento y agregado, sin aditivos, cuanto mayor el revenimiento, más húmeda es la mezcla. El revenimiento es un indicador de trabajabilidad cuando se evalúan mezclas similares. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, p. 191)

17) ASTM

Siglas en inglés para la American Society of Testing Materials, que significa Asociación Americana de Ensayo de Materiales. “ASTM International es una de las organizaciones internacionales de desarrollo de normas más grandes del mundo” (ASTM, 2014, p. 2).

18) ACI

Por sus siglas en inglés, American Concrete Institute, “es la mayor sociedad técnica y educacional, sin fines de lucro, dedicada a impulsar el diseño, la construcción y fabricación de nuevos materiales, así como de brindar programas de certificación” (Rodríguez, 2008).

3.4. MARCO LEGAL

3.4.1. LEY GENERAL DEL AMBIENTE

3.4.1.1. *Título I: Principios y Objetivos*

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.

3.4.1.2. *Título III: Protección del Ambiente y Uso Racional de los R.R.N.N.*

Artículo 59: Se declara de interés público la actividad tendiente a evitar la contaminación del aire por la presencia de gases perjudiciales, humo, polvo, partículas, sólidas, materias radioactivas u otros vertidos que sean perjudiciales a la salud humana, a los bienes públicos o privados, a la flora y la fauna y el ecosistema en general.

3.4.1.3. *Título IV: Elementos Ambientales Distintos a los Recursos Naturales*

Artículo 66: Los residuos sólidos y orgánicos provenientes de fuentes domésticas, industriales o de la agricultura, ganadería, minería, usos públicos y otros, serán técnicamente tratados para evitar alteraciones en los suelos, ríos, lagos, lagunas y en general en las aguas marítimas y terrestres, así como para evitar la contaminación del aire.

3.4.1.4. *Título VII: Disposiciones Finales*

Artículo 102: Los habitantes de las comunidades locales deben participar directamente en las acciones de defensa y preservación del ambiente y del uso racional de los recursos naturales del país. Es de interés público la participación de las organizaciones privadas de cualquier tipo en la conservación del medio ambiente y los recursos naturales. Estas organizaciones serán consultadas para la elaboración de los planes y medidas que se adopten en esta materia.

3.4.2. LEYES Y REGLAMENTOS CICH

3.4.2.1. *Capítulo III De las Obligaciones y Derechos*

Artículo 9: Son obligaciones de ellos colegiados:

b) Empeñarse por la superación y prestigio de la profesión

METODOLOGÍA

Al momento de realizar una investigación es necesario plantear la problemática real. Al determinar las preguntas de investigación que se quiere responder, se prosigue a desarrollar un trabajo de investigación para poder justificar las mismas. En el marco teórico se proporcionó amplia información para fundamentar y respaldar la investigación realizada de concreto con fibra textil de llanta reciclada. Seguidamente, por medio de la metodología, se podrán identificar las variables del presente estudio y las hipótesis a verificar.

4.1. ENFOQUE

Existen diferentes caminos para desarrollar un proceso de investigación. Se puede abordar desde dos paradigmas o alternativas metodológicas: cuantitativa o cualitativa. Se ha contemplado que el enfoque para la investigación presente es un enfoque de tipo cuantitativo ya que los valores del dominio de variación que se obtendrán serán de carácter medible o contable, este enfoque pretende medir con precisión la información. Este paradigma es el más utilizado en lo que son las ciencias exactas o naturales ya que Etal (2003) explica: "Utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas y confía en la medición numérica, el conteo y uso de la estadística para establecer patrones de comportamiento" (p. 5). Ejemplo de estos datos serán la resistencia a compresión (F_c) y módulo de ruptura (MR) que posteriormente se utilizarán para comprobar las hipótesis que se establecerán en los siguientes incisos.

La investigación científica, desde el punto de vista cuantitativo, es un proceso sistemático y ordenado que se lleva a cabo siguiendo ciertos pasos. Planear una investigación consiste en proyectar el trabajo de acuerdo con una estructura lógica de decisiones y con una estrategia que oriente a la obtención de respuestas adecuadas a los problemas y preguntas de investigación planteadas. Lo dicho anteriormente se puede comprobar tal y como Hernández Sampieri (2010) afirma:

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos "brincar o eludir" pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea, que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de

investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se desarrolla un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas y se establece una serie de conclusiones respecto a la hipótesis. (p. 4)

4.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Una variable es cualquier valor dentro de la investigación que puede ser manipulado y medido. Esto lo afirma Hernández Sampieri (2010):

Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. Las variables adquieren valor para la investigación científica cuando llegan a relacionarse con otras variables, es decir, si forman parte de una hipótesis o una teoría.

A continuación, se describe la operacionalización de las variables independientes y las dependientes, los objetivos y las preguntas de investigación de la investigación.

Tabla 16 – Tabla de Variables de la Investigación

PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	PREGUNTAS DE INVESTIGACION	OBJETIVOS ESPECIFICOS	VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIBALES DEPENDIENTES
¿Es beneficioso constructiva y económicament e adicionar la fibra textil de llanta reciclada a una mezcla de concreto hidráulico convencional, con una resistencia a la compresión de 4000 PSI y un módulo de ruptura de 550 PSI?	Analizar el comportamiento mecánico que genera adicionar la fibra textil de llanta reciclada en un concreto hidráulico convencional, con una resistencia a la compresión de 4000 PSI y un módulo de ruptura de 550 PSI, regido por las normas ASTM y ACI en San Pedro Sula, Cortés.	1) ¿Cómo difiere el módulo de ruptura (MR) de un concreto con 0.90 y 1.20 kg/m3 de fibra textil de llanta reciclada contra un concreto convencional de 550 PSI?	1) Analizar la diferencia del módulo de ruptura (MR) de un concreto con 0.90 y 1.20 kg/m3 de fibra textil de llanta reciclada contra un concreto convencional de 550 PSI.	Módulo de Ruptura, Resistencia a Compresión, Cantidad Óptima de la Fibra	Propiedades mecánicas del concreto con FTLR

Continuación Tabla 16...

		<p>2) ¿Cómo difiere la resistencia a compresión ($f'c$) de un concreto con 0.90 y 1.20 kg/m³ de fibra textil de llanta reciclada contra un concreto convencional de 4000 PSI?</p>	<p>2) Analizar la diferencia de la resistencia a compresión ($f'c$) de un concreto con 0.90 y 1.20 kg/m³ de fibra textil de llanta reciclada contra un concreto convencional de 4000 PSI.</p>		
		<p>3) De las proporciones propuestas en el proyecto, ¿Cuál sería la adición óptima de fibra textil de llanta reciclada, en un concreto de 550 PSI, que aumente considerablemente su módulo de ruptura (MR) contra un concreto convencional?</p>	<p>3) Determinar la proporción óptima de fibra textil de llanta reciclada en un concreto de 550 PSI que mejore su módulo de ruptura (MR) contra el de un concreto convencional.</p>		

Continuación Tabla 16...

		<p>4) De las proporciones propuestas en el proyecto, ¿Cuál sería la adición óptima de fibra textil de llanta reciclada, en un concreto de 4000 PSI, que aumente considerablemente su resistencia a la compresión ($f'c$) contra un concreto convencional?</p>	<p>4) Determinar la proporción óptima de fibra textil de llanta reciclada en un concreto de 4000 PSI que mejore su resistencia a la compresión ($f'c$) contra el de un concreto convencional.</p>		
		<p>5) ¿Cuánto costaría producir 1 m^3 de concreto con 0.90 y 1.20 kg/m³ de fibra textil de llanta reciclada contra 1 m^3 de concreto convencional?</p>	<p>5) Aproximar el costo de un 1 m^3 de concreto con 0.90 y 1.20 kg/m³ de fibra textil de llanta reciclada contra 1 m^3 de concreto convencional.</p>		

Fuente: Propia

4.2.1. DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN

En la Ilustración 11 se presenta el diagrama de las variables de operacionalización del proyecto investigado, en el cual se puede observar la correlación de las variables dependientes y las variables independientes, mostrando también las dimensiones en las cuales serán medidas las últimas mencionadas.

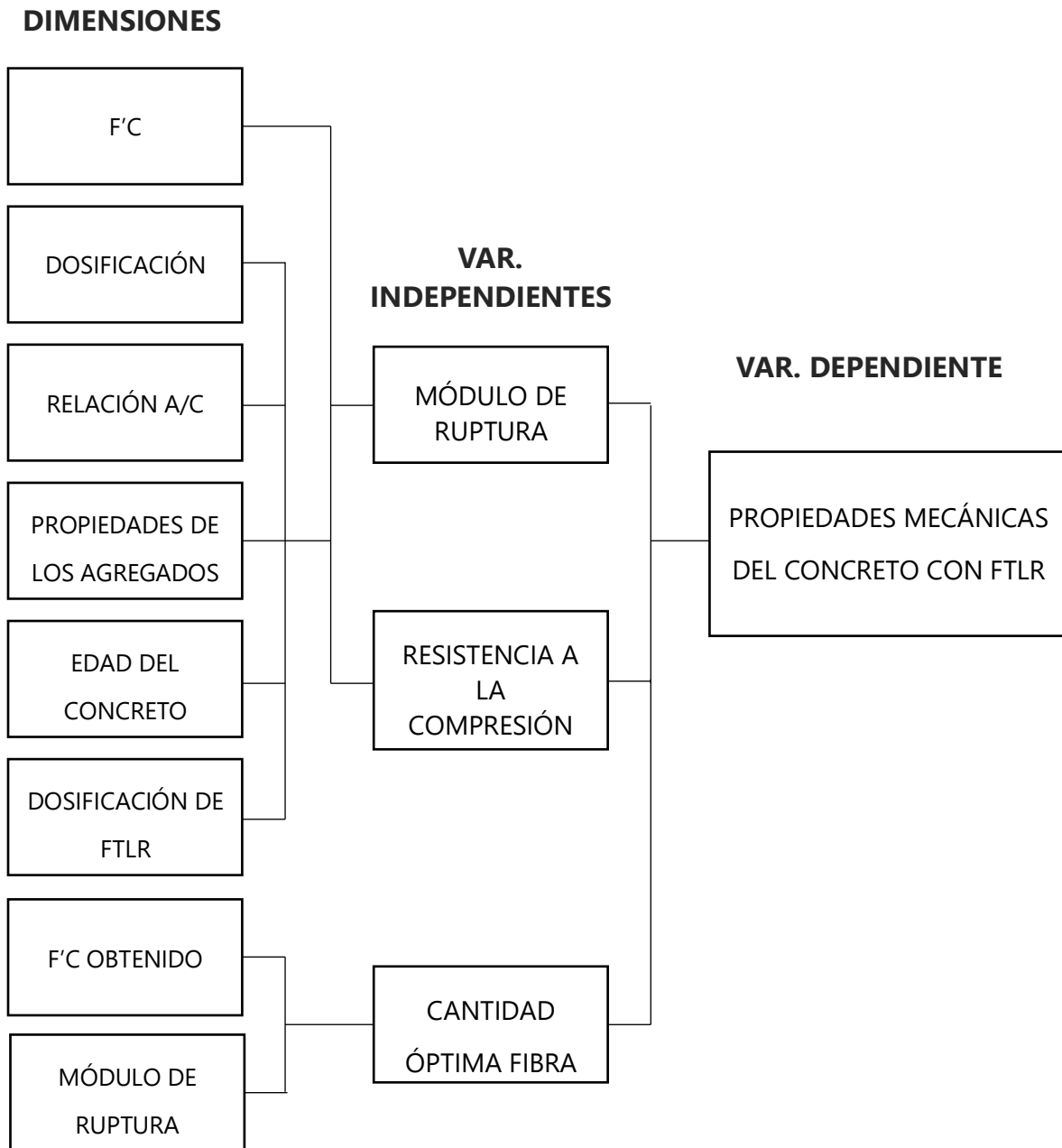


Ilustración 12 - Diagrama de Variables de Operacionalización

Fuente: Propia

4.2.2. TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN

De la misma forma, a continuación, se presenta la tabla de operacionalización donde se observa la relación que hay entre las variables dependientes e independientes e igualmente se presentan las dimensiones e indicadores con la cual serán medidas dichas variables.

Tabla 17 – Tabla de Operacionalización

Variable Independiente	Definición		Dimensiones	Indicadores	Ítems	Unidad	Escala
	Conceptual	Operacional					
Resistencia a la Compresión	La resistencia a la compresión del concreto es definida como la capacidad de este material para soportar una determinada carga por unidad de área.	La resistencia a la tracción dependerá dosificación, relación agua-cemento, características de los agregados, curado de la muestra y la edad del concreto	Resistencia a la compresión	Lectura de máquina de compresión	Relacionar la lectura de la resistencia a compresión con la resistencia a tracción.		PSI
			Propiedades de los agregados	TMAN	¿Cuál es el tamaño máximo de árido presente en la granulometría?		mm
				Gravedad específica	Obtener la gravedad específica de los agregados.		N/A

Continuación Tabla 17...

				Módulo de Finura	Obtener el módulo de finura de los agregados		N/A
				Peso volumétrico	Obtener el peso volumétrico de los agregados.		
				Granulometría	¿La granulometría de la grava cumple con las especificaciones de valores mínimos y máximos pasados?		%
			Relación agua-cemento	f'c	La relación agua-cemento depende del f'c esperado		N/A

Continuación Tabla 17...

			Dosificación	Cantidad de fibra textil de llanta reciclada	¿Cuál es la dosificación que brinda los mejores resultados?		N/A
Módulo de Ruptura	Resistencia máxima a la falla de una estructura no reforzada. El módulo de ruptura esta usualmente dentro del 10 y 20% de la resistencia a la compresión de la muestra,	El módulo de ruptura está relacionado con la resistencia a la compresión, dosificación, relación agua-cemento, características de los agregados y la edad del concreto	Resistencia a la compresión	Lectura de máquina de compresión en libras	¿Cuál es la lectura en libras fuerza obtenidas por la máquina de compresión?		PSI
				Área de contacto	¿Cuál es el área de contacto del cilindro?		M2
				Edad del concreto	Conteo de los días que las muestras permanecieron sumergidas durante el proceso de curado.		días

Continuación Tabla 17...

			Propiedades de los agregados	TMAN	¿Cuál es el tamaño máximo de árido presente en la granulometría?		mm
				Gravedad específica	Obtener la gravedad específica de los agregados		N/A
				Módulo de Finura	Obtener el módulo de finura de los agregados		N/A
				Peso volumétrico	Obtener el peso volumétrico de los agregados		kg/m ³
				Granulometría	¿La granulometría de la grava cumple con las especificaciones de valores mínimos y máximos pasados?		%

Continuación Tabla 17...

			Relación agua-cemento	f'c	La relación agua-cemento depende del f'c esperado		N/A
			Dosificación	Cantidad de fibra textil de llanta reciclada	¿Cuál es la dosificación que brinda mejores resultados?		N/A
Cantidad óptima de FTLR	La fibra textil obtenida de las llantas desechadas es un polímero que previamente e solo había sido aplicada en la incineración para obtener energía.	La cantidad óptima de FTLR a utilizar dependerá de los resultados obtenidos en pruebas de laboratorio realizadas con 0.9 y 1.20 kg/m ³ de fibra.	F'c Obtenido	Lectura de máquina de compresión de las diferentes muestras	Determinar qué porcentaje utilizado brinda el mejor resultado de f'c		PSI
			Módulo de Ruptura Obtenido	f'c	Determinar el mejor resultado de MR mediante f'c		PSI

Fuente: Propia

4.2.3. HIPÓTESIS

A continuación, se presentarán las hipótesis de investigación y así poder otorgar las conclusiones apropiadas de acuerdo con los resultados obtenidos. También, se presentarán las hipótesis nulas de investigación los cuales pueden otorgar resultados no esperados.

4.2.3.1. *Hipótesis de Investigación*

Hi₁= La mezcla de concreto con 0.90 kg/m³ de FTLR tendrá, a cualquier edad, una resistencia a la compresión igual o mayor a la mezcla control.

$$f'c(C\bar{X}07 - 90) \geq f'c(C\bar{X}07 - 00)$$

$$f'c(C\bar{X}28 - 90) \geq f'c(C\bar{X}28 - 00)$$

Hi₂= La mezcla de concreto con 1.20 kg/m³ de FTLR tendrá, a cualquier edad, una resistencia a la compresión igual o mayor a la mezcla control.

$$f'c(C\bar{X}07 - 120) \geq f'c(C\bar{X}07 - 00)$$

$$f'c(C\bar{X}28 - 120) \geq f'c(C\bar{X}28 - 00)$$

Hi₃= La mezcla de concreto con 0.90 kg/m³ de FTLR tendrá, a cualquier edad, un módulo de ruptura igual o mayor a la mezcla control.

$$MR(V\bar{X}07 - 90) \geq MR(V\bar{X}07 - 00)$$

$$MR(V\bar{X}28 - 90) \geq MR(V\bar{X}28 - 00)$$

Hi₄= La mezcla de concreto con 1.20 kg/m³ de FTLR tendrá, a cualquier edad, un módulo de ruptura igual o mayor a la mezcla control.

$$MR(V\bar{X}07 - 120) \geq MR(V\bar{X}07 - 00)$$

$$MR(V\bar{X}28 - 120) \geq MR(V\bar{X}28 - 00)$$

4.2.3.1. *Hipótesis Nula*

Ho₁= La mezcla de concreto con 0.90 kg/m³ de FTLR tendrá, a cualquier edad, una resistencia a la compresión menor a la mezcla control.

$$f'c(C\bar{X}07 - 90) < f'c(C\bar{X}07 - 00)$$

$$f'c(C\bar{X}28 - 90) < f'c(C\bar{X}28 - 00)$$

Ho₂= La mezcla de concreto con 1.20 kg/m³ de FTLR tendrá, a cualquier edad, una resistencia a la compresión menor a la mezcla control.

$$f'c(C\bar{X}07 - 120) < f'c(C\bar{X}07 - 00)$$

$$f'c(C\bar{X}28 - 120) < f'c(C\bar{X}28 - 00)$$

Ho₃= La mezcla de concreto con 0.90 kg/m³ de FTLR tendrá, a cualquier edad, un módulo de ruptura menor a la mezcla control.

$$MR(V\bar{X}07 - 90) < MR(V\bar{X}07 - 00)$$

$$MR(V\bar{X}28 - 90) < MR(V\bar{X}28 - 00)$$

Ho₄= La mezcla de concreto con 1.20 kg/m³ de FTLR tendrá, a cualquier edad, un módulo de ruptura menor a la mezcla control.

$$MR(V\bar{X}07 - 120) < MR(V\bar{X}07 - 00)$$

$$MR(V\bar{X}28 - 120) < MR(V\bar{X}28 - 00)$$

4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Las normativas brindan los procedimientos a utilizar para obtener la información fundamental para el diseño de la mezcla del concreto. Esto no es posible sin las técnicas e instrumentos, los cuales van de acuerdo con los estándares internacionales, ya que sirven para verificar la confiabilidad de los datos obtenidos. A continuación, se definirán los instrumentos y técnicas a utilizar para llevar a cabo la investigación.

4.3.1. INSTRUMENTOS

- 1) Balanza Electrónica EBL 4602e: Es un instrumento de medición para poder medir el peso de un objeto a una precisión del 0.01 g de la Serie Eclipse de balanzas de precisión con una capacidad de 4600 (*Adam Equipment EBL 4602e Balance 4600g x 0.01g—Adam Equipment USA, s. f.*) (v. Ilustración 13).



Ilustración 13 – Balanza Electrónica EBL 4602e

Fuente: Propia

- 2) Varilla Compactadora: Según la (C09 Committee, s. f.-a, p. 2) varilla de acero cilíndrica de 16 mm de diámetro con ± 2 mm de tolerancia, con una longitud aproximada de al menos 100 mm y no más de 600 mm. Un extremo debe de ser semiesférico y de 8 mm de radio.
- 3) Cesta de Alambre: Es una cesta de alambre con aberturas de 3.35 mm y una capacidad de 4 a 7 litros construido de manera que se evite el atrapamiento de aire cuando esté sumergido (*ASTM C127-07.pdf*, s. f., p. 5).
- 4) Picnómetro para Densidad: Según (*Picnómetro—EcuRed*, s. f.) es un pequeño envase de vidrio que tiene una tapa biselada en el cual se encuentra un capilar para medir las densidades de los líquidos y de sólidos (v. Ilustración 14).



Ilustración 14 – Pícnometro para Densidad de Arena

Fuente: Propia

- 5) Fuente de calor: Según (*ASTM C566-97.PDF*, s. f., p. 1) es un horno capaz de mantener una temperatura constante de 110 ± 5 °C. También, se admite aparatos electrónicos con una capacidad de varios niveles de calor para proporcionar temperaturas altas a muestras.
- 6) Recipiente Volumétrico: Son moldes plásticos o metálicos utilizados para determinar un volumen específico con agua y calcular los pesos volumétricos de otras sustancias que ocupen el mismo espacio del recipiente.
- 7) Tara de humedad: Según (*ASTM C566-97.PDF*, s. f., p. 2) es un recipiente hecho de aluminio que es resistente al fuego con un volumen suficiente para contener material sin rebasar.
- 8) Termómetro: "Es un instrumento utilizado para medir la temperatura con un alto nivel de exactitud. Esta herramienta está conformada por un tubo largo de vidrio con un bulbo en uno de sus extremos" (*Termómetro» TP - Laboratorio Químico*, s. f.).

- 9) Tamices: Son mallas con aberturas específicas que están montadas en marcos metálicos para evitar la pérdida de material durante el tamizado (C09 Committee, s. f.-c, p. 2) (v. Ilustración 15).



Ilustración 15 – Tamices en Agitador Mecánico para Granulometría

Fuente: Propia

- 10) Agitador Mecánico: Es una máquina que realiza los movimientos verticales y horizontales necesarios para sacudir el material a través de los tamices por un periodo determinado de tiempo (C09 Committee, s. f.-c, p. 2) (v. Ilustración 15).
- 11) Colorímetro Gardner: "Instrumento que consiste en cinco vidrios de colores estándar montados en un soporte plástico" (American Society for Testing and Materials, 1898) (v. Ilustración 16).



Ilustración 16 – Colorímetro Gardner

Fuente: Propia

12) Máquina de Los Ángeles: Consiste en un cilindro de acero hueco, cerrado en ambos extremos, con un diámetro interno de 711 ± 5 mm y una longitud interna de 508 ± 5 mm. La máquina cuenta con una abertura hermética al polvo, la cual está ajustada con pernos que la mantienen durante las revoluciones (*ASTM C131-01.pdf*, s. f., p. 2).

13) Esferas: Esferas metálicas hechas de acero con un diámetro aproximado de 46.8 mm y una masa entre 390 y 445 g (*ASTM C131-01.pdf*, s. f., p. 2) (v. Ilustración 17).



Ilustración 17 – Esferas ASTM C131-01 para Desgaste

Fuente: Propia

- 14) Martillo de hule: "Tiene mango de madera, pero cabeza no férrica, es decir, de goma o de plástico. Estos materiales más blandos permiten percutar sin deteriorar la pieza en la que se está trabajando" («Mazo de goma», 2017).
- 15) Cuchara o Paleta: "Es un utensilio de palastro, generalmente de forma triangular (aunque también son muy populares las de tipo cuadrado, denominadas llanas) y con el mango de madera, que se usa para manejar la mezcla o mortero (yeso, cemento, etc.)" (*Paleta de Albañil—EcuRed*, s. f.).
- 16) Varilla de Agitación: Según (*Bagueta o Varilla de Agitación» TP - Laboratorio Químico*, s. f.) es un instrumento que consiste en un fino cilindro macizo de vidrio que sirve para agitar disoluciones, con la finalidad de mezclar productos químicos y líquidos con un diámetro de 6 mm y una longitud de 400 mm.
- 17) Matraz Chapman: Según (COTECNO, s. f.) tiene una base ancha y dos bombillas y se usa en la determinación del contenido de humedad en agregado fino por desplazamiento en agua. Graduado en 200 ml entre los bulbos, y de 375 ml a 450 ml en divisiones de 1 ml en el cuello.
- 18) Cono Truncado Metálico: Es un molde metálico de forma cónica con un diámetro interno de 40 ± 3 mm en la parte superior, 90 ± 3 en la parte inferior, una altura de 75 ± 3 y un grosor de 0.8 mm (C09 Committee, s. f.-b, p. 2).
- 19) Hormigonera: Está compuesta de un chasis y un recipiente cilíndrico que se hace girar con la fuerza transmitida por un motor eléctrico, diésel o de gasolina para la conformación de mezcla según (*Hormigonera | Construpedia, enciclopedia construcción*, s. f.).
- 20) Cono de Abrahms: Según (C09 Committee, s. f.-a, p. 2) es un molde metálico en forma de cono con agarraderas con un grosor promedio de no menos de 1.5 mm, con una base de 200 mm de diámetro, 100 mm de diámetro en la parte superior y una altura de 300 mm donde cada medida tiene ± 3 mm de tolerancia. La parte interna del cono es totalmente lisa y sin deformaciones.

- 21) Cinta Métrica: "Es un instrumento de medida que consiste en una cinta flexible graduada y que se puede enrollar, haciendo que el transporte sea más fácil" (*Cinta métrica—EcuRed*, s. f.)
- 22) Molde Cilíndrico: Según (*ASTM C192-07.pdf*, s. f., p. 3) deben ser hechos de metal, hierro colado u otro material no absorbente y que no reaccione con el cemento portland u otro cementante hidráulico. Estos moldes deben de mantener sus dimensiones y forma bajo todas las condiciones de uso. Tienen un diámetro de 4 in y una altura de 8 in
- 23) Molde Prismático: Según (*ASTM C192-07.pdf*, s. f., p. 4) deben ser hechos de metal, hierro colado u otro material no absorbente y que no reaccione con el cemento portland u otro cementante hidráulico. Tienen forma rectangular con dimensiones 6 in x 6 in x 21 in de longitud y una superficie interna completamente lisa.
- 24) Máquina para Ensayo a Compresión: Máquina utilizada para aplicar una carga compresiva axialmente a especímenes de concreto, estos siendo cilindros de concreto, para determinar su resistencia a la compresión.
- 25) Máquina para Ensayo a Flexión: Máquina utilizada para aplicar una carga de flexión a especímenes de concreto, estos siendo vigas simples, para determinar su módulo de ruptura.
- 26) Microsoft Excel: Es un software de computadora que permite "realizar cálculos aritméticos básicos y también podremos aplicar funciones matemáticas de mayor complejidad, o utilizar funciones estadísticas" («¿Qué es Excel y para qué sirve?», 2011).

27) Formato Control de calidad de agregados: La Ilustración 18 sirve para recopilar la información granulométrica de los agregados. Estos corresponden a los pesos retenidos en cada tamiz, porcentajes y límites máximos y mínimos proporcionados por la norma. Así mismo, recopilar los diferentes pesos necesarios para determinar los pesos volumétricos sueltos y compactados, la gravedad específica y porcentaje de absorción.

Lazarus & Lazarus		Informe de ensayos Granulometricos				ADMIX	
#Pensamientos al servirte los resultados		Agregado Fino				#Pensamientos para toda la vida	
		LL-CI-S-02 rev01					
Cliente: Laboratorio Lazad Descripción: Arena Procedencia: Conhea Payhsa		Fecha: viernes 01 de noviembre de 2019 Lab: Lazarus & Lazarus Autor: Julio Ernesto					
Densidad y Absorción ASTM C-128			Masa Unitaria ASTM C-29				
A	Masa seca en Horno	491.8 grs				Masa Compactada	Masa Suelta
B	Masa Pignometro+Agua	1439.8 grs				11.76 Kg	10.98 Kg
C	Masa Pignometro+Agua+SSS	1749.5 grs				11.77 Kg	10.99 Kg
S	Masa Superficie saturada seca	500.0 grs				11.78 Kg	10.99 Kg
	Densidad Especifica	2.63				Promedio	11.77 Kg
	% Absorción	1.67%				Masa Unitaria Comp	1862.395 Kg/m ³
						Masa Unitaria Suelta	1551.757 Kg/m ³
Masa de Muestra Original (seca) 1017 grs Masa de Muestra Lavada (seca) 1002 grs Perdida Por Lavado sobre el tamiz No. #200 15.20 grs		Impurezas Organicas ASTM C-40					
Tamiz		Masa Retenida	% Masa Retenida	% Masa Pasante	% Masa Pasante Corregida	Límites de Especificación	
No.	mm					Inferior	Superior
2"	50	0		100			
1.5"	37.5	0	0.00	100.00	0.00		
1"	25	0	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	19	0	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	12.5	0	0.00	100.00	0.00	-	-
3/8"	9.5	0.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
# 4	4.75	2.8	0.28	99.72	0.28	95.00	100.00
# 8	2.36	130	12.78	86.95	13.05	80.00	100.00
# 16	1.18	169.8	16.69	70.26	29.74	50.00	86.00
# 30	0.60	231.5	22.75	47.50	52.50	25.00	60.00
# 50	0.30	270	26.54	20.97	79.03	10.00	30.00
# 100	0.15	168.1	16.52	4.44	95.56	2.00	10.00
# 200	0.08	28.7	2.82	1.62			
FONDO		1.30	0.13				
Total Muestra		1002.2		MF	2.70		

Ilustración 18 – Formato Control de Calidad de Agregados

Fuente: (Lazarus y Lazarus, 2019)

28) Formato de Diseño de Mezcla de Prueba de Laboratorio: La Ilustración 19 se utiliza desarrollar el diseño de la mezcla que se realizará en el laboratorio. En este se especifican los agregados a utilizar, su gravedad específica y contenido de humedad de los agregados. Con dichos datos se genera la dosificación a utilizar. No se hará corrección al concreto después de realizarse las pruebas, por lo que la última columna estará vacía.

Lazarus & Lazarus		Diseño de Mezcla Prueba de Laboratorio LL-CI-5-01 rev02				ADMIX Proyectos para toda la vida!		
Cliente:	UNITEC			Lugar:	Laboratorio Admix San Pedro Sula.			
Proyecto:	Agregados de Conhsa Payhsa			Fecha:	30/11/2019			
Especificaciones		Datos de Materiales		Fuente		G.E		
Resistencia (F'c)	4000 psi	281kg/cm2	Cemento	GU	2.56	Combinacion Agregados		
Factor de seguridad		kg/cm2	Agua		1.50	100.00%	Arena/Conhsa	
Resistencia Fc diseño	4000 psi	281kg/cm2	Aditivos		Fuente		G.E	
Relacion A/C	0.049		Aditivo 1	FXR	1.14	6.00 mL/kg	Reduccion de Agua	
Tam. Max Ag	0.75 pulg	19mm	Aditivo 2	DT	1.12	3.00 mL/kg	100.00%	Grava3/4 Conhsa
Revenimiento deseado	7.50 pulg	19.05cm	Agregados		Fuente		G.E	
Dosificacion Agua	137.7 lts	36Gal	Arena 1	Arena/Conhsa	2.63	1.67%	Absorción	Humedad
%Aire(Ag)	2.00%	20Lts	Arena 2				3.80%	P.V.C
Modulo Finura	2.79		Grava 1	Grava3/4 Conhsa	2.78	1.07%	1.60%	1662 kg/m3
Valor K	0.620		Grava 2		0.00	0.00%		1608 kg/m3
Diseño Teorico			Dosificacion Bache Practico			Datos de Concreto Fresco		
Materiales	Peso Seco	Vol. Solido Seco	Materiales	Bache Peso (Humedo)	Agua Net. Contrib.	Bache Ajustado	ASTM C1064	Temperatura
Cemento	280.00 kg/m3	0.095 m3	Cemento	16.80 kg/m3	0.00 kg/m3	16.80 kg/m3	ASTM C143	2.74
Agua	137.72 kg/m3	0.138 m3	Agua	6.64 kg/m3	0.00 kg/m3	6.64 kg/m3	ASTM C143	Rev. c/aditivo
Arena/Conhsa	1023.25 kg/m3	0.3890667	Arena/Conhsa	62.70 kg/m3	1.29 kg/m3	62.70 kg/m3	ASTM C143	Rev. Obra
Arena 2	0.00 kg/m3		Arena 2	0.00 kg/m3	0.00 kg/m3	0.00 kg/m3	ASTM C143	Rev. Retemp.
Grava3/4 Conhsa	996.96 kg/m3	0.359 m3	Grava3/4 Conhsa	60.13 kg/m3	0.31 kg/m3	60.13 kg/m3	ASTM C231	% Aire
Grava 2	0.00 kg/m3	0.000 m3	Grava 2	0.00 kg/m3	0.00 kg/m3	0.00 kg/m3	ASTM C138	% Aire
Aire	0 kg/m3	0.020 m3	FXR	101 mL			ASTM C138	Peso Unitario
FXR	1680 mL		DT	50 mL			ASTM C403	Fraguado Inicial
DT	413 mL		Total Agua añadida	8.24 kg		146.3 kg	ASTM C403	Fraguado Final
Peso Vol. Teorico	2437.925kg/m3	1.000 m3	Rendimiento Real [m3]			#DIV/0!	#DIV/0!	
Correccion Concreto M3			0.000000			Datos Concreto Endurecido		
Rendimiento Relativo		Corrección [Desu]	Corrección [Desu]	Id	Edad	Resistencia	Promedio	% F'c
Relacion A/C	0.0491		Relacion A/C	#DIV/0!	NA			
Cemento	#DIV/0!	#DIV/0!	Cemento	#DIV/0!	NA		#DIV/0!	#DIV/0!
Agua	#DIV/0!	#DIV/0!	Agua	#DIV/0!	Vigas de Campo	7 dias		
Arena/Conhsa	#DIV/0!	#DIV/0!	Arena/Conhsa	#DIV/0!	Vigas de Campo	7 dias	psi	0%
Arena 2	#DIV/0!	#DIV/0!	Arena 2	#DIV/0!	Vigas de Campo	14 dias		
Grava3/4 Conhsa	#DIV/0!	#DIV/0!	Grava3/4 Conhsa	#DIV/0!	Vigas de Campo	14 dias	psi	0%
Grava 2	#DIV/0!	#DIV/0!	Grava 2	#DIV/0!	Vigas de Campo	28 dias		
Aire	0.0 kg/m3	0.020 m3	Aire	#DIV/0!	Vigas de Campo	28 dias	psi	0%
FXR	#DIV/0!		FXR	#DIV/0!				
DT	#DIV/0!		DT	#DIV/0!				
Peso Vol. Teorico	#DIV/0!	#DIV/0!	Peso Vol. Teorico	#DIV/0!				
Observaciones:								
Contenido de grumos: Alto Erucción: No existe Textura: Buena Bombeabilidad: N/A								
Recomendaciones para ajustar mezcla:								
(x) _____ Revisó: Javier Garcia				(x) _____ Elaboró: Christian Cartagena				

Ilustración 19 – Formato de Diseño de Mezcla Prueba de Laboratorio

Fuente: (Lazarus & Lazarus, 2019)

29) Formato de Informe de ruptura de cilindros o vigas: La Ilustración 20 se utiliza para llevar el control de todos los cilindros y vigas de concreto realizados. En este se escribe la fecha en la cual se elaboró el espécimen y la fecha en la cual se debe realizar la ruptura. Se lleva un control mecánico de estos ya que en ella también se escribe el valor que da la ruptura en libras y en PSI. Así mismo, se lleva un control físico colocando el peso y el tipo de falla que presentan los especímenes de estudio.

Proyecto: **UNIREC**
Fecha: **sábado, 07 de diciembre de 2019**

Constructor: **UNIREC**
Laboratorio: **LAZAD**

# de Testigo	Fecha de Elaboracion	Lectura (lb)	Resistencia (Psi)	Fecha de Ruptura	Diseño de Mezcla (Psi)	Aditivo	Oz/100 lbs cem	Revenimiento (pulg)	Edad (días)	%	Observaciones
1	30/11/2019	24630	2.119	7/12/2019	4000	FXR/DI		4 1/4	7	53%	CONTROL CEMENTO GU
2	30/11/2019	25200	2.005	7/12/2019	4000	FXR/DI		4 1/4	7	50%	CONTROL CEMENTO GU
3	30/11/2019	28380	2.258	7/12/2019	4000	FXR/DI		4 1/4	7	56%	CONTROL CEMENTO GU
4	30/11/2019	27720	2.204	7/12/2019	4000	FXR/DI		4 1/4	7	55%	0.90KG CEMENTO GU
5	30/11/2019	25840	2.059	7/12/2019	4000	FXR/DI		4 1/4	7	51%	0.90KG CEMENTO GU
6	30/11/2019	28970	2.305	7/12/2019	4000	FXR/DI		4 1/4	7	58%	0.90KG CEMENTO GU
7	30/11/2019	24910	1.982	7/12/2019	4000	FXR/DI		5 1/4	7	50%	1.20KG CEMENTO GU
8	30/11/2019	27480	2.203	7/12/2019	4000	FXR/DI		5 1/4	7	55%	1.20KG CEMENTO GU
9	30/11/2019	27420	2.182	7/12/2019	4000	FXR/DI		5 1/4	7	55%	1.20KG CEMENTO GU



Tipo 1



Tipo 3



Tipo 4



Tipo 5



Tipo 6

200 mt. Al este de

cón. San Pedro Sula, Honduras. Tel: 565-8882, Fax: 565-8424. Email: laboratorio-eps@lazarus.hn

TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN

Ilustración 20 – Informe de ruptura de cilindros o vigas

Fuente: (Lazarus & Lazarus, 2019)

4.3.2. TÉCNICAS

4.3.2.1. ASTM C136-14

Según (American Society for Testing and Materials, 1898) para dar comienzo se debe de secar la muestra de agregado a una temperatura constante de 110°C con una tolerancia de $\pm 5^\circ\text{C}$. Luego se seleccionan los tamices con las respectivas aperturas según las especificaciones a analizar colocándolas en un orden descendente desde la parte superior hasta la inferior. Se debe de limitar la cantidad de material que se verterá en los tamices para que todas las partículas tengan igual oportunidad de pasar por las aperturas. Para evitar la sobrecarga de material en un tamiz se recomienda lo siguiente: dividir la muestra en partes más pequeñas de manera que se tamice cada parte individualmente y utilizar tamices con un área efectiva mayor para recibir mayor cantidad de muestra. Se agita por un periodo suficiente tal que, después de haberse completado, no más del 1% por masa del material retenido en cada tamiz no pase al siguiente por un minuto de agitado. Para un tamizado manual se recomienda lo siguiente: se sostiene el tamiz individual, acompañado de una cubierta y un tamiz fondo, en una posición inclinada levemente con una mano. Se choca el lado del tamiz contra la mano libre con un movimiento ascendente a una razón de 150 veces por minuto, se gira el tamiz a un sexto de revolución repitiéndose el procedimiento.

Se determina la cantidad de muestra que hay en cada tamiz individualmente teniendo una sumatoria de muestra cercana a la original. Sin embargo, si difieren en un 0.3%, en base a la muestra original, los resultados no serán aceptados.

4.3.2.2. *ASTM C33-08*

Los resultados obtenidos del análisis granulométrico, de la normativa ASTM C136-14, se comparan con los valores de la Tabla 7 de los porcentajes pasados por cada tamiz para agregados gruesos y finos para determinar si estas cumplen con los estándares internacionales que se requiere (American Society for Testing and Materials, 1898).

4.3.2.3. *ASTM C566-19*

Según (American Society for Testing and Materials, 1898) se comienza secándose una muestra húmeda en un contenedor que será apropiado para la fuente de calor a utilizarse, evitándose la pérdida de partículas. Si se calienta rápido puede causar que las partículas exploten, haciendo que haya pérdidas de masa. Por esta razón, se recomienda que la fuente de calor desprenda de manera controlada. Se revuelve el agregado durante el secado para acelerar el proceso y evitar puntos de sobrecalentamiento. El secado está completo una vez que el calentado no provoque un cambio del 0.1% de la masa secada. Luego, se determina el peso de la muestra seca después de haberse enfriado el contenedor de manera que no dañe la balanza.

4.3.2.4. *ASTM C40-04*

Según (American Society for Testing and Materials, 1898) se comienza llenándose una botella de vidrio hasta el nivel de 130 ml con la muestra de agregado fino, la cual debe tener un valor de 450 g. Luego, se agrega la solución de hidróxido de sodio hasta que el volumen del agregado fino y el líquido sean de 200 ml. Se agita hasta saturar la muestra de material para dejarla reposar por 24 horas. Al finalizar el tiempo se utiliza la comparación con los vidrios de color estándar para definir con mayor precisión el color del líquido. Si la muestra sometida a este procedimiento sobrepasa el nivel aceptable se asume que el agregado fino contiene materia orgánica perjudicial.

4.3.2.5. *ASTM C29-17*

Según (American Society for Testing and Materials, 1898) se comienza introduciendo el agregado en el molde en su estado suelto, llenándolo por medio de una pala desde una altura de no más de 2" de la parte superior del molde hasta llegar a rebosar. Se nivela la superficie con una varilla metálica teniendo el cuidado de no hacerlo bruscamente para evitar compactar el estado suelto de la muestra. Luego, se determinan los pesos del molde con el agregado para proseguir con los respectivos cálculos.

Según (American Society for Testing and Materials, 1898) se comienza introduciendo el agregado en el molde llenándolo en tres capas de igual altura. Cada capa se debe de compactar, con la ayuda de la varilla metálica, aplicando 25 golpes distribuidos uniformemente por la superficie de la capa lo cual en total supondrá un total de 75 golpes. En cada capa, después de haber dado los golpes respectivos con la varilla, se le da tres golpes por fuera del molde con un mazo de hule en los cuatro lados del molde. Se llena el recipiente hasta rebosarlo nivelándose de tal forma que ninguna partícula sobresalga de la parte superior del molde. Luego, se determinan los pesos del molde con el agregado para proseguir con los respectivos cálculos.

4.3.2.6. *ASTM C127-15*

Según (American Society for Testing and Materials, 1898) para dar comienzo se debe de secar la muestra de agregado a una temperatura constante de 110°C con una tolerancia de $\pm 5^\circ\text{C}$. La muestra no se secará ya que la gravedad específica será utilizada para la dosificación del concreto, en el cual la muestra estará en su condición naturalmente húmeda. Posteriormente, se sumerge el agregado en agua a temperatura ambiente durante un periodo de 24 horas con una tolerancia de ± 4 horas. Se rueda la muestra en una tela absorbente hasta que se elimine la capa de agua visible que hay en el agregado teniendo el cuidado de evitar la evaporación del agua que hay dentro de los poros de los agregados. Se determina la masa de la muestra en la condición superficie saturada con superficie seca. Después, se coloca la muestra en un recipiente inmerso en agua a $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ para determinar su masa aparente en agua. Se debe procurar que el recipiente se sumerja a una profundidad suficiente para cubrirlo, donde el alambre que sostenga el recipiente deba de ser despreciable para evitar posibles efectos en el pesaje. Por último, se

debe de secar la muestra de agregado a una temperatura constante de 110°C con una tolerancia de $\pm 5^\circ\text{C}$ enfriándose a temperatura ambiente de 1 a 3 horas, o hasta que se haya alcanzado una temperatura lo suficientemente cómoda para trabajar.

4.3.2.7. *ASTM C128-15*

Según (American Society for Testing and Materials, 1898) para dar comienzo se debe de secar la muestra de agregado a una temperatura constante de 110°C con una tolerancia de $\pm 5^\circ\text{C}$ encima de una pana o recipiente. Se deja reposar hasta llegar a obtener una temperatura cómoda para manejar la muestra. Posteriormente, se sumerge el agregado en agua a temperatura ambiente durante un periodo de 24 horas con una tolerancia de ± 4 horas. Se retira el agua de la muestra de tal manera que no exista la pérdida de partículas finas para extenderla en una superficie no absorbente y exponerla al aire. Se realiza la prueba de superficie húmeda donde se procede a colocar el molde en una superficie plana y no absorbente con su diámetro mayor en la parte inferior. Se llena el molde con la muestra hasta sobrellenarlo en su parte superior. Una vez obtenido esto se enrasa para remover el material adicional del molde. Luego, se sostiene el molde con los dedos mientras que se apisona levemente 25 veces procurando hacerlo a una altura de 5 mm por encima de la parte superior del molde. Se levanta el molde de manera vertical y se analiza el estado de la arena. Si la arena tiene humedad esta va a retener la forma del molde. Si hay un ligero derrumbe entonces se ha llegado a la condición de saturado con superficie seca. Si existe un derrumbe total se procede a mezclar con agua para repetirse el proceso de nuevo. Se llena el picnómetro con agua y con 500 g con una tolerancia de ± 10 g de muestra preparada como se explicó anteriormente. Se llena hasta el 90% de su capacidad volumétrica. Se agita el picnómetro girándola de manera que elimine burbujas de aire visibles durante 15 minutos. Después de eliminarse las burbujas de aire se procede a retirar la muestra del picnómetro para secarse en un horno a una temperatura constante de 110°C con una tolerancia de $\pm 5^\circ\text{C}$. Por último, se determina la masa del picnómetro llenado a su capacidad calibrada.

4.3.2.8. *ASTM C131-01*

Según (American Society for Testing and Materials, 1898) para dar comienzo se debe de preparar la muestra fraccionándola de acuerdo con una de las gradaciones proporcionadas anotándose su

peso previo al ensayo. Luego, se coloca la muestra y la respectiva carga en la máquina de Los Ángeles, haciéndola girar a una velocidad de 30 a 33 rev/min durante 500 revoluciones. Posteriormente, se extrae el material de la máquina para separarla con el tamiz No. 12 de acuerdo con la normativa ASTM C136. Se determina la masa retenida dentro del tamiz para proseguir con los respectivos cálculos.

4.3.2.9. *ASTM C192-07*

Según (American Society for Testing and Materials, 1898) se procede a engrasar los moldes de los cilindros para evitar que el concreto se adhiera. Luego, se pesan los diferentes elementos calculado de la dosificación para introducirse a la mezcladora respetando el siguiente orden: los agregados gruesos y finos, cemento, y un porcentaje del agua con el aditivo. Se revuelve en la mezcladora con un periodo de oscilación de 2 minutos. Una vez pasado este lapso, se introducen en los moldes metálicos para vigas y cilindros. Los cilindros de concreto se llenan en tres capas del volumen del molde dando 25 golpes en la superficie de la capa de forma en espiral dándose, luego, 3 golpes en cuatro lados del cilindro con un martillo de hule. Se repite el proceso para las restantes dos capas dejándose un exceso de concreto en la última capa para evitar que el concreto quede por debajo del lado superior del molde metálico. Las vigas de concreto se llenan en dos capas del volumen del molde dando 72 golpes en la superficie de la capa de forma en espiral dándose, luego, 3 golpes en sus dos lados cortos y 9 golpes en los costados largos de la viga con un martillo de hule. Se repite el proceso para la capa restante. Se enrasa la superficie y se deja reposar entre 18 – 24 horas antes de desmoldar para luego proceder con el proceso de curado los cuales se dictan en esta investigación.

4.3.2.10. *ASTM C39-18*

Según (American Society for Testing and Materials, 1898) los cilindros deben de ensayarse en su condición húmeda, posterior al curado, antes de aplicar la carga compresiva. El curado dependerá de la edad que tenga la muestra. Donde el tiempo de curado comienza desde la fecha de elaboración hasta la fecha de ruptura. Se coloca el cilindro de tal manera que esté alineada con los bloques inferiores y superiores. Estos bloques deben de estar limpios antes de ensayarse para evitar que la carga no se distribuya de manera uniforme a la superficie del cilindro. Se verifica que

la lectura de la máquina esté en cero. Se procede a aplicar la carga de manera uniforme a una razón de 35 ± 7 PSI/s. Sin embargo, durante la primera fase de carga del cilindro se permite una razón más rápida a la mencionada anteriormente procurando no cargarlo de manera brusca. Se deja de aplicar la carga hasta que la lectura de la máquina esté disminuyendo o hasta que el espécimen de concreto genere un tipo de falla bien definida. Se anota la carga y el tipo de falla que se obtenga. Si la falla obtenida del cilindro no se aproxima a alguna proporcionado por la norma se recomienda generar el dibujo y describir el patrón de falla.

4.3.2.11. *ASTM C78-02*

Según (American Society for Testing and Materials, 1898) las vigas deben de ensayarse en su condición húmeda, posterior al curado, antes de aplicar la carga. El espécimen se centra en la máquina de manera que quede alineada con la fuerza aplicada. Estos bloques deben de estar limpios antes de ensayarse para evitar que la carga no se distribuya de manera uniforme a la superficie de la viga. Se verifica que la lectura de la máquina esté en cero. Se procede a aplicar la carga de manera uniforme entre 125 a 175 PSI/min procurando no cargarlo de manera brusca. Se deja de aplicar la carga hasta que la lectura de la máquina esté disminuyendo o hasta que el espécimen de concreto genere un tipo de falla bien definida. Se anota la carga y el tipo de falla que se obtenga. Dependiendo de la falla se tomará la decisión de calcular el módulo de rotura de la viga.

4.4. MATERIALES

- 1) Agregado Fino: La arena será proporcionada CONHSA PAYHSA para las mezclas en Lazarus y Lazarus, respectivamente, en el municipio de San Pedro Sula para efectos de esta investigación. Serán aquellas partículas que pasarán por el tamiz 3/8" y retenidos hasta el tamiz No. 200. La calidad de estos materiales se validará con las normativas ASTM C136-14, C33-08 y C128-15. Estos agregados deben de presentar una leve cantidad de materia orgánica la cual se verificará por medio de la ASTM C-40.
- 2) Agregado Grueso 3/4": La grava será proporcionada por CONHSA PAYHSA, San Pedro Sula para efectos de esta investigación. La calidad de estos materiales se validará con las

normativas ASTM C136-05, C33-03 y 127-15. Estos agregados deben de presentar una buena capacidad ante las cargas abrasivas la cual se verificará por medio de la ASTM C-131.

- 3) Cemento Portland Tipo GU: este material proveniente de CENOSA el cual cumple con los requisitos de la normativa ASTM C1157-08. "Su uso en concreto incluye pavimentos, pisos, edificios en concreto armado, puentes, tubería, productos de concreto prefabricado y otras aplicaciones donde se usa el cemento tipo I" (Kosmatka, 2004, p. 49). A diferencia del cemento tipo I, este obtiene las resistencias a largo plazo.
- 4) Agua: Se utilizará agua potable para la elaboración del concreto el cual tendrá como objetivo reaccionar con el cemento y lograr una homogeneidad en el concreto. "El agua deberá ser limpia y libre de cualquier tipo de contaminantes tales como el aceite, sales o contenido orgánico" (*Quality of Water for Concrete Construction and its Specification*, 2011).
- 5) Fibra Textil de Llanta Reciclada (FTLR): Es una fibra sintética hidrofóbica proveniente de la llanta con un diámetro promedio de 30 μm vista en un microscopio a una magnificación de 40 proporcionada por la RECYCLE S. de R.L., San Pedro Sula así como se ilustra en la Ilustración 21 e Ilustración 22. Cabe resaltar que la empresa recicladora provee dos tipos de grosores de FTLR, sin embargo, se decidió utilizar la fibra más gruesa para realizar la mezcla con LAZARUS Y LAZARUS.

Las fibras consisten en su gran mayoría de poliéster, una fibra sintética muy utilizada que se fabrica a partir de productos químicos derivados del petróleo o del gas natural, que miden aproximadamente 3 a 5 mm de longitud. Por otra parte, la capa superficial de algunas de las fibras está escarificadas, y las inclusiones de residuo de caucho que se encuentran unidas a la fibra contienen sulfato. El caucho tiene un poder calorífico de 7480 kcal/kg mientras que el poliéster de 4985 kcal/kg.



Ilustración 21 – Fibra Textil de Lanta Reciclada Fina

Fuente: Propia



Ilustración 22 – FTLR a 40x en sustancia salina

Fuente: Propia



Ilustración 23 – Fibra Textil de Llantia Reciclada Gruesa

Fuente: Propia

6) Admix DT: "Aditivo de concreto fluidificante, retardador de fragüe y reductor de agua de medio rango diseñado para atender las demandas de la industria del concreto premezclado. Sus propiedades le permiten retener la trabajabilidad por mucho tiempo sin necesidad de agregar agua" (*LLCMS32-Admix-DT-rev01.pdf*, s. f.)

7) Admix FXL:

Como lo afirma (*LLCMS34-Hyper-Admix-FXL-rev01.pdf*, s. f.):

Aditivo hiperfluidificante de concreto de última generación, a base de las resinas más modernas de policarboxilato que se utilizan para producir concretos autoconsolidables. Estos concretos minimizan la necesidad de vibrado y ofrecen acabados de concreto visto con un mínimo de imperfecciones. Asimismo, su potencial de alta reducción de agua le permite generar concretos de muy alto desempeño y resistencia.

8) Hidróxido de Sodio: este compuesto químico hecho en Suecia para su uso en la ASTM C40-04 obtenido del frasco hermético con código CAS: No. 1310-73-2 del laboratorio de Ingeniería Civil en UNITEC, San Pedro Sula. Se debe de tener cuidado al utilizarse ya que es dañino al inhalarse, puede provocar quemaduras severas, puede ser fatal si se ingiere y puede reaccionar violentamente con agua ácidos según (*Hidroxido_de_sodio.pdf*, s. f.).

4.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

Al haber identificado el enfoque de investigación, las variables dependientes como las independientes en función de las preguntas de investigación, y las hipótesis, se prosigue definiendo la población y la muestra de estudio para obtener los resultados de los ensayos a realizar.

4.5.1. POBLACIÓN

“La población de estudio es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra, y que cumple con una serie de criterios predeterminados” (Arias-Gómez, Villasís-Keever, & Miranda-Novales, 2016, p. 202). Es decir, una población es el conjunto total de individuos sobre el cual tiene un interés en obtener conclusiones y acerca de la cual quieren hacer inferencias. Se determinó que la población estudio para el presente proyecto consiste en 18 testigos de cilindro de 0.20 m de altura con un diámetro de 0.10 m y 12 vigas prismáticas simples de 6"x6"x21" (0.15m x0.15m x0.525m). Por lo que la población de estudio total será de 30 especímenes.

4.5.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA

La muestra o tamaño de muestra es la parte específica de la población a la que se tiene acceso y sobre la cual se realizan las mediciones planteadas desde un principio. En el caso del proyecto de investigación “Análisis De Propiedades Mecánicas Del Concreto Hidráulico Con Fibras Textiles De Llantas Recicladas En San Pedro Sula, 2019”, el tamaño de la muestra es igual a la población. De acuerdo con la norma del ACI 318-05 en el inciso 5.6.4.2, una prueba de resistencia será el promedio de las resistencias de mínimo dos cilindros de 6" x 12" o tres cilindros de 4" x 8" hechos de la misma muestra de concreto y probados a los 28 días o a la edad de prueba designada para la determinación de f'_c . Se ha decidió realizar 3 tipos de mezclas, mezcla control, mezcla con 0.90 y 1.20 kg/m³ de FTLR.

Para cada tipo de mezcla se realizarán 3 cilindros a probar a dos edades determinadas para el ensayo a las cuales se le realizará un análisis estadístico. Los cilindros tendrán un tamaño de 4"x8". Según la norma anteriormente mencionada en dicha sección, realizar pruebas de ruptura a

especímenes con las medidas descritas, generan un nivel de confianza superior en un 20% que las pruebas a dos cilindros de 6"x12".

Se harán 6 vigas simples por diseño de mezcla de concreto con la finalidad de hacer dos rupturas a los 7 y 28 días de edad. Al tener dos rupturas de viga para cada mezcla, se podrá realizar un análisis estadístico para las vigas también.

De tal manera, la muestra consiste en 30 especímenes en total, de los cuales 18 de estos son testigos cilíndricos y 12 son vigas simples.

Tabla 18 - Muestra de Testigos Cilíndricos con FTLR Gruesa

kg/m³ de Fibra	7 días	28 días
Control (0)	3	3
0.90 kg/m ³	3	3
1.20 kg/m ³	3	3
TOTAL	9	9

Fuente: Propia

Tabla 19 - Muestra de Vigas Simples con FTLR Gruesa

kg/m³ de Fibra	7 días	28 días
Control (0)	2	2
0.90 kg/m ³	2	2
1.20 kg/m ³	2	2
TOTAL	6	6

Fuente: Propia

Para corroborar la información brindada en el texto en la Tabla 18 y en la Tabla 19 se desglosa detalladamente la muestra con la respectiva cantidad de fibra textil de llanta reciclada a adicionar en cada diseño de mezcla y los días a los cuales se realizará la ruptura de cada uno.

4.5.2.1. *Parámetros Muestrales*

Los cilindros y vigas simples elaboradas para el ensayo deberán cumplir con los siguientes parámetros:

- 1) Ser elaborados previamente en moldes según la norma ASTM C-192.
- 2) Pasar por el proceso de curado en una pila correctamente en base a la norma ASTM C-192

- 3) No tener golpes, grietas o fracturas ocasionadas por un mal cuidado o transporte de estas.
- 4) Los cilindros deben cumplir con las medidas establecidas de 0.20 m de altura y 0.10 m de diámetro. Las vigas simples deben cumplir con las medidas de 6"x6"x21" (0.15m x0.15m x0.53m).

De no cumplir con dichos parámetros el espécimen será descartado y no será ensayado como parte de la muestra.

4.5.2.2. *Desarrollo de nomenclatura para muestras*

Para poder identificar cada uno de los especímenes realizados, se desarrolló una nomenclatura para las muestras. La nomenclatura consiste 6 caracteres alfanuméricos, EXDD-PP.

La letra E es el tipo de espécimen, siendo C un testigo cilíndrico y una V una viga prismática simple. X se representa por medio de una A para la primera ruptura y B para la segunda ruptura del mismo grupo de estudio. DD se representará por medio de números ya que es a la edad a la cual se hará la ruptura del espécimen ya sea 07 o 28. Y, por último, SS la cantidad de fibra a adicionar a la mezcla.

Por ejemplo, para tener una mejor comprensión de lo dicho anteriormente, un espécimen con la nomenclatura CA07-90 es equivalente a la primera ruptura a los 7 días de un cilindro con una adición de fibra de 0.90 kg/m^3 de mezcla.

En la Ilustración 24 se puede visualizar una representación de los mencionados anteriormente para poder obtener una mejor comprensión de la nomenclatura desarrollada.

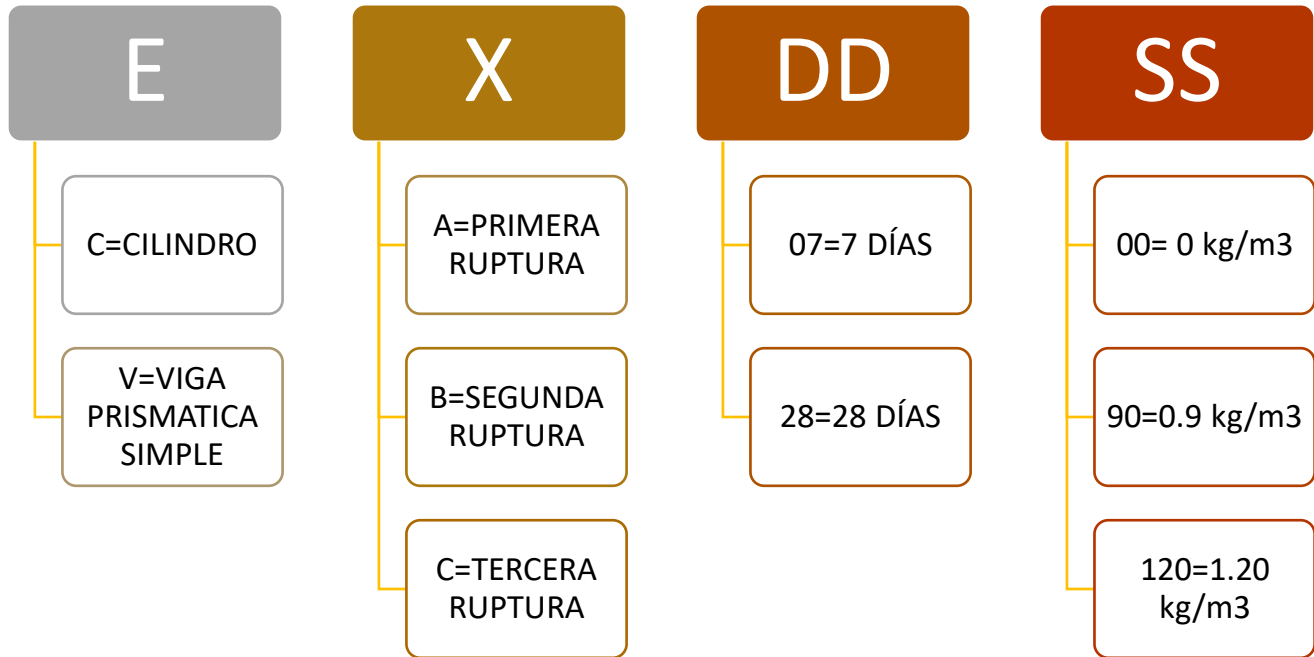


Ilustración 24 - Diagrama de nomenclatura de muestras

Fuente: Propia

4.6. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

El enfoque por utilizar en la investigación es de tipo cuantitativo. Esto se debe a que se analizará el comportamiento del concreto bajo diferentes condiciones y se obtendrán datos para comparar con las hipótesis establecidas.

4.6.1. ELEMENTOS DEL ESTUDIO

Para saber que estructura se debe seguir en la investigación es de gran importancia determinar el tipo de diseño. Una vez determinado el tipo de diseño se tiene un orden para el proceso y así se obtienen resultados adecuados para analizar. A continuación, se presentan los elementos del respectivo diseño en la Ilustración 25



Ilustración 25 – Tabla de elementos de la investigación

Fuente: Propia

4.6.1.1. *Tipo de Estudio*

Se escogió un estudio experimental ya que se analizarán los efectos de variables dependientes en variables independientes. Esto lo afirma Hernández Sampieri (2010): “Los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula” (p.130).

4.6.1.2. *Tipo de Diseño*

El tipo de diseño para la investigación es el transversal o transeccional ya que se recolectarán datos en un momento dado y las variables serán analizadas según si incidencia en ese momento. En base a la investigación se estarán tomando datos para analizar las propiedades mecánicas de los especímenes a los 7 y 28 días.

4.6.1.3. *Alcance*

La investigación tendrá un alcance exploratorio debido a que es el tema de hacer concreto hidráulico adicionando una fibra para luego analizar sus propiedades tanto físicas como mecánicas es bastante nuevo a nivel mundial y en Honduras no se ha explorado. Se confirma lo anterior según Hernández Sampieri (2010): "El propósito de los diseños transeccionales exploratorios es comenzar a conocer una variable o un conjunto de variables, una comunidad, un contexto, un evento, una situación. Se trata de una exploración inicial en un momento específico" (p 155).

4.6.1.4. *Métodos*

Los métodos por utilizar durante la investigación de análisis técnico. Se obtendrán datos por medio de pruebas de laboratorio que harán referencia a las normativas ASTM y ACI para los procedimientos a seguir y para los materiales a utilizar. Siguiendo dichas normas los resultados estarán dentro de los estándares internacionales teniendo así validez es su totalidad.

4.6.1.5. *Muestra*

Se determina utilizar una muestra no probabilística puesto que la elección de los elementos a analizar no depende de probabilidad. En la investigación se analizarán todas las muestras, estas siendo vigas y cilindros, con tal estas cumplan los requisitos de aceptación propuestos. Según Hernández Sampieri (2010):

Aquí el procedimiento no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación. (p. 176)

4.7. METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN

Los resultados de las pruebas de laboratorio serán validados comparando los resultados con los parámetros establecidos por las normas ASTM. De esta manera dichos resultados tendrán validez según estándares internacionales. Por otra parte, los resultados de la rotura de los especímenes serán validados usando el método no paramétrico conocido como Prueba U de Mann-Whitney. Se utilizará este método ya que solo se tienen dos especímenes a analizar, es decir la muestra es muy pequeña comparada con la población.

4.8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Se ha desarrollado una planificación del proyecto de investigación dividiendo las actividades específicas realizadas, y por realizar, en los paquetes de trabajo que a continuación se enlistarán:

- 1) Preliminares: Dentro de esta carpeta se presentan todas aquellas actividades previas necesarias para llevar a cabo el proyecto de investigación. Tales como: Presentación de propuesta y las aprobaciones necesarias para dar inicio el trabajo en conjunto con la empresa LAZARUS Y LAZARUS.
- 2) Reuniones de Trabajo: Esta carpeta contiene las reuniones con el asesor metodológico, asesor temático, con LAZARUS Y LAZARUS y de trabajo entre los propios integrantes de este proyecto.
- 3) Presentación de Avances Fase I: Dentro de esta carpeta existen aquellas actividades donde se presentan los respectivos avances según el calendario proporcionado por el asesor metodológico de la fase I del proyecto.
- 4) Presentación de Avances Fase II: Dentro de esta carpeta existen aquellas actividades donde se presentan los respectivos avances según el calendario proporcionado por el asesor metodológico de la fase II del proyecto.
- 5) Ensayos de Laboratorio: Se exponen las fechas en las cuales se desarrolló los ensayos de laboratorio en UNITEC.
- 6) Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ LAZARUS Y LAZARUS: Esta carpeta contendrá, específicamente, las actividades para la elaboración del concreto con 0.9 y 1.20 kg/m^3 de FTLR y una mezcla control.
- 7) Ruptura de cilindros y vigas LAZARUS Y LAZARUS: Dentro de esta carpeta se contendrán las rupturas de los especímenes de concreto en las edades siguientes: 7 y 28 días.
- 8) Entrega y Presentación Final: Fechas que se hace entrega y presentación ante los miembros de la terna en UNITEC.

Por medio de la Tabla 20 se desglosan las actividades y los días en los cuales estas se llevaron a cabo para la realización del proyecto de investigación "Análisis De Propiedades Físicas Y

Mecánicas Del Concreto Hidráulico Con Fibras Textiles De Llantas Recicladas En San Pedro Sula, 2019”.

Se muestra el diagrama de Gantt en el Anexo 14 de esta investigación utilizando la aplicación Project para tener una mejor visualización del tiempo involucrado para el desarrollo del proyecto de investigación.

Tabla 20 - Cronograma de actividades

Nombre de la Tarea	Comienzo	Fin
PRELIMINARES	mié 17/7/19	jue 21/11/19
Inicio de Proyecto de Investigación Fase I	mié 17/7/19	mié 17/7/19
Presentación de Propuesta de Investigación	lun 22/7/19	lun 22/7/19
Aprobación de Proyecto	mié 7/8/19	mié 7/8/19
Inicio de Proyecto de Investigación Fase II	mié 9/10/19	mié 9/10/19
Aprobación para realizar ensayos en LAZARUS Y LAZARUS	jue 21/11/19	jue 21/11/19
REUNIONES DE TRABAJO	mié 17/7/19	jue 26/9/19
Primera Reunión de la Clase de Proyecto I	mié 17/7/19	mié 17/7/19
Reunión de trabajo	vie 9/8/19	sáb 10/8/19
Reunión con asesor estadístico	jue 26/9/19	jue 26/9/19
Reunión con asesor metodológico	mié 9/1/20	jue 9/1/20
PRESENTACIÓN DE AVANCES FASE I	mié 17/7/19	mié 28/8/19
Entrega primer avance de proyecto	mié 17/7/19	mié 17/7/19
Segundo avance de proyecto	mié 28/8/19	mié 28/8/19
PRESENTACIÓN DE AVANCES FASE II	vie 1/11/19	vie 13/12/19
Entrega primer avance de proyecto	vie 1/11/19	vie 1/11/19
Entrega segundo avance de proyecto	vie 22/11/19	vie 22/11/19
Entrega tercer avance de proyecto	vie 13/12/19	vie 13/12/19
ENSAYOS DE LABORATORIO	mié 28/8/19	jue 26/9/19
Práctica de Ensayos de Laboratorio de Granulometría, Colorimetría, Peso Volumétrico	mié 28/8/19	mié 28/8/19
Práctica de Ensayos de Laboratorio de Desgaste de Los Ángeles	jue 26/9/19	jue 26/9/19
CONCRETO f'c = 280 kg/cm² LAZARUS Y LAZARUS	sáb 30/11/19	sáb 30/11/19
Elaboración de Cilindros y Vigas Prismáticas de concreto con 0.9 kg/m ³ de FTLR Gruesa	sáb 30/11/19	sáb 30/11/19
Elaboración de Cilindros y Vigas Prismáticas de concreto con 1.20 kg/m ³ de FTLR Gruesa	sáb 30/11/19	sáb 30/11/19
Elaboración de Cilindros y Vigas Prismáticas de concreto de muestra control	sáb 30/11/19	sáb 30/11/19
RUPTURA DE CILINDROS Y VIGAS LAZARUS Y LAZARUS	sáb 7/12/19	sáb 28/12/19
Ruptura de cilindros y vigas en compresión/flexión del concreto a los 7 días	sáb 7/12/19	sáb 7/12/19
Ruptura de cilindros y vigas en compresión/flexión del concreto a los 28 días	sáb 28/12/19	sáb 28/12/19

Continuación Tabla 20...

ENTREGA Y PRESENTACIÓN FINAL	lun 7/10/19	mié 16/10/19
Entrega final de Proyecto Fase I	lun 7/10/19	lun 7/10/19
Presentación de Terna Proyecto Fase I	mié 16/10/19	mié 16/10/19

Fuente: Propia

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el capítulo a continuación se presenta el análisis de las propiedades de los agregados utilizados para el concreto de la investigación, luego la dosificación a utilizar en las tres mezclas realizadas, seguido por el análisis de las propiedades de cada mezcla independientemente, terminando con un análisis comparativo de todos los resultados obtenidos de las tres mezclas realizadas en dicha empresa.

5.1. ANÁLISIS DEL AGREGADO GRUESO

La empresa Lazarus y Lazarus realiza sus diseños de concreto hidráulico utilizando grava 3/4" y arena de CONHSA PAYHSA. A continuación, se presenta el análisis de control de calidad de estos agregados, los cuales, posteriormente, se utilizan para el diseño del concreto hidráulico.

5.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE GRAVA 3/4" CONHSA PAYHSA

A continuación, se muestra el análisis granulométrico de la grava 3/4" realizado en los laboratorios de Lazarus y Lazarus. Posteriormente, se utilizan estos valores correspondientes a las mezclas realizadas en dicha empresa.

Tabla 21 – Granulometría de la Grava 3/4" CONHSA PAYHSA

Grava 3/4" – CONHSA PAYHSA				
Tamiz No.	PRI (g)	PRA (g)	%PRA	%Pasado
1"	91.1	91.1	2.61	97.39
3/4"	551.2	642.3	18.41	81.59
3/8"	2514.7	3157	90.5	9.5
#4	265.8	3422.8	98.12	1.88
#8	6.3	3429.1	98.3	1.7
Fondo	5.4	3434.5	100	-

Fuente: (Lazarus y Lazarus, 2019)

Se utilizó la Ecuación 1 para el Peso Retenido Acumulado (PRA), la Ecuación 2 para el Porcentaje del Peso Retenido Acumulado (%PRA) y la Ecuación 3 para el Porcentaje Pasado (% Pasado). El cálculo de los valores de la Tabla 21 se presentará a continuación.

$$PRA (1") = 91.10g + 0.00g = 91.10g$$

$$PRA (3/4") = 551.20g + 91.10g = 642.30g$$

$$PRA (3/8") = 2514.70g + 642.30g = 3157.00g$$

$$PRA (\#4) = 265.8g + 3157.00g = 3422.80g$$

$$PRA (\#8) = 6.3g + 3422.80g = 3429.10g$$

$$PRA (Fondo) = 5.40g + 3429.10g = 3434.50g$$

$$\%PRA (1") = \frac{91.10g}{3434.50g} * 100 = 2.61\%$$

$$\%PRA (3/4") = \frac{642.30g}{3434.50g} * 100 = 18.41\%$$

$$\%PRA (3/8") = \frac{3157.00g}{3434.50g} * 100 = 90.50\%$$

$$\%PRA (\#4) = \frac{3422.80g}{3434.50g} * 100 = 98.12\%$$

$$\%PRA (\#8) = \frac{3429.10g}{3434.50g} * 100 = 98.30\%$$

$$\%PRA (Fondo) = \frac{3434.50g}{3434.50g} * 100 = 100\%$$

$$\%Pasado (1") = 100\% - 2.61\% = 97.39\%$$

$$\%Pasado (3/4") = 100\% - 18.41\% = 81.59\%$$

$$\%Pasado (3/8") = 100\% - 90.50\% = 9.5\%$$

$$\%Pasado (\#4) = 100\% - 98.12\% = 1.88\%$$

$$\%Pasado (\#8) = 100\% - 98.30\% = 1.7\%$$

$$\%Pasado (Fondo) = 100\% - 100\% = 0\%$$

En base a los resultados anteriores se procede a calcular el Módulo de Finura de la grava 3/4" de CONHSA con la Ecuación 4.

$$MF (3/4") = \frac{2.61 + 18.41 + 90.50 + 98.12 + 98.30 + 100 + 100 + 100 + 100}{100} = 7.079$$

Se procede a realizar la comparación de la granulometría de la grava con la requerida por la normativa ASTM C33-03 el cual presenta valores mínimos y máximos de %Pasado para verificar

que el agregado grueso sea de calidad. Estos valores fueron presentados en la sección Teorías de Sustento en la Tabla 7.

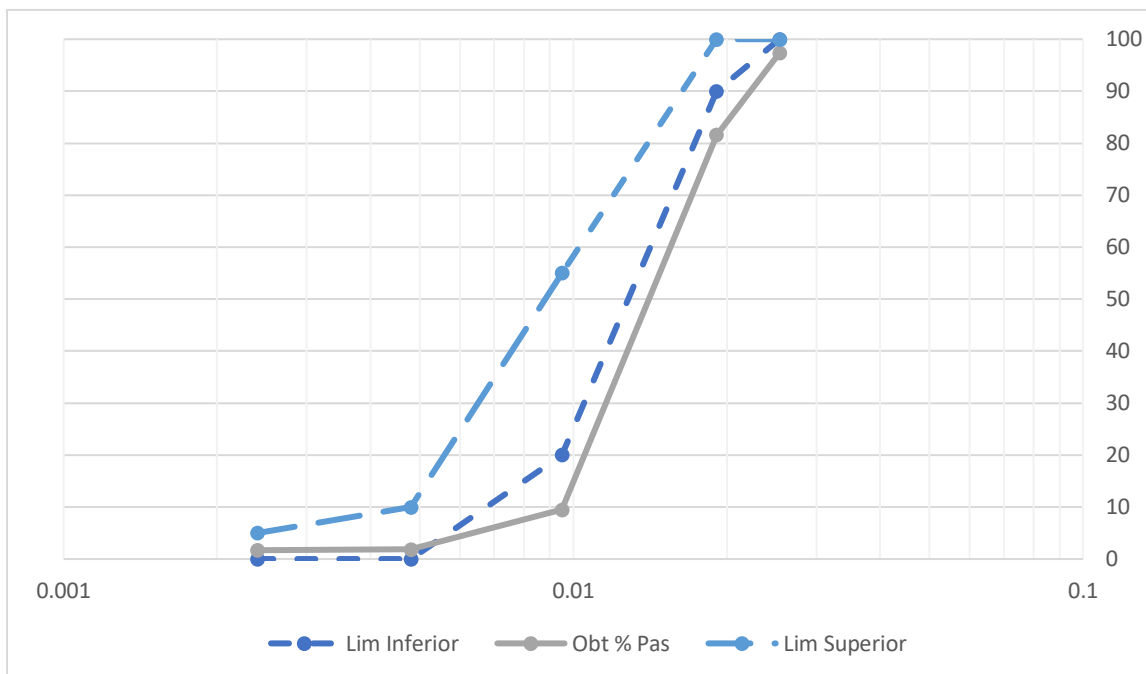


Ilustración 26 – Granulometría de Grava 3/4" (L&L) CONHSA PAYHSA Vs ASTM C33-03

Fuente: (Lazarus y Lazarus, 2019)

Según la Ilustración 26 se observa que el agregado grueso de 3/4" de CONHSA está por debajo las especificaciones que brinda la normativa. En otras palabras, se recomienda mejorar la granulometría para que el diseño de mezcla sea óptimo. Sin embargo, por las limitantes de tiempo y material no se realiza la combinación granulométrica, se procede a utilizar solamente la grava 3/4".

5.1.2. PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO DE GRAVA 3/4" CONHSA PAYHSA

Tabla 22 – Pesos Compactados y Suelos de Grava 3/4" CONHSA PAYHSA

Peso Unitario Suelto y Compactado – Grava 3/4"			
No. De Ensayo	1	2	3
Wmaterial Suelto (kg)	10.46	10.51	10.52
Wmaterial Compactado (kg)	11.44	11.34	11.38

Fuente: (Lazarus y Lazarus, 2019)

Con los valores de la Tabla 22 se procede a calcular el peso volumétrico suelto y compactado de la grava 3/4" en kg/m³ usando los resultados de los tres ensayos realizados en Lazarus y Lazarus. El molde utilizado para realizar dicho ensayo presenta un volumen de 0.0070822 m³, el cual fue proporcionado por los laboratoristas en la empresa.

$$PVS(Grava\ 3/4") = \frac{10.46\ kg + 10.51\ kg + 10.52\ kg}{3} = 1482.549\ \frac{kg}{m^3}$$

$$PVC(Grava\ 3/4") = \frac{11.44\ kg + 11.34\ kg + 11.38\ kg}{3} = 1608.253\ \frac{kg}{m^3}$$

5.1.3. GE Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE GRAVA 3/4" CONHSA PAYHSA

Tabla 23 – GE y Porcentaje de Absorción de Grava 3/4" CONHSA PAYHSA

Descripción	Muestra 1
A. Wmuestra seca en Horno (g)	3854
B. Wmuestra S.S.S. (g)	3895
C. Wmuestra húmeda (g)	2952
D. Gravedad Específica (GE)	2.78
E. Porcentaje de Absorción (abs%)	1.07

Fuente: (Lazarus y Lazarus, 2019)

A continuación, se presenta el cálculo de los valores presentados en la Tabla 23 utilizando la Ecuación 9 para obtener la gravedad específica del agregado y la Ecuación 10 para obtener el porcentaje de absorción del agregado.

$$D. GE(Grava\ 3/4") = \frac{3895\ g}{3854\ g - 2452\ g} = 2.78$$

$$abs\%(Grava\ 3/4") = \frac{3895\ g - 3854\ g}{3854\ g} * 100\% = 1.07\%$$

5.1.4. ANÁLISIS DE DESGASTE DE GRAVA 3/4" CONHSA PAYHSA

Según la granulometría dada en la Tabla 21 se realiza la comparación con la Tabla 9 para verificar el tipo de gradación que la grava 3/4" tendrá. Como se obtuvo más pesaje en los tamices 3/4" y 3/8" se asume que habrá una gran concentración en el tamiz de 1/2" lo cual hace que se utilice la gradación tipo B.

Tabla 24 – Análisis de Desgaste de la Grava 3/4" CONHSA PAYHSA

Descripción	Muestra
Peso de Tara + Muestra 1 (g)	2691.2
Peso de Tara 1 (g)	190.2
Peso de Tara + Muestra 2 (g)	2500.84
Peso de Tara 2 (g)	212.3
Peso de Muestra (g)	5001.84
No. De Esferas	11
Peso de Tara + Muestra Tamiz No. 12 (g)	3335.7
Peso de Tara 3 (g)	190.2
Peso de Muestra Tamiz No. 12 (g)	3145.5
Peso de Muestra Perdida (g)	1856.34
Porcentaje de Desgaste	37.11%

Fuente: Propia

De acuerdo con los resultados obtenidos de la Tabla 24 se concluye que la grava tiene una pérdida contra cargas abrasivas del 37.11%. A continuación, se presentan los cálculos anteriores.

$$W_{muestra} = (2691.2g - 190.2g) + (2500.84g - 212.3g) = 5001.84g$$

$$W_{muestra\ tamiz\ No.\ 12} = 3335.7g - 190.2g = 3145.5g$$

$$Desgaste\% = \frac{3145.5g}{5001.84g} * 100\% = 37.11\%$$

Según la normativa ASTM se admite un máximo de pérdida de masa del 50%, comparándose con el 37.11% del agregado grueso, se observa que cumple con el estándar de la normativa ASTM.

5.2. ANÁLISIS DEL AGREGADO FINO

5.2.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ARENA CONHSA PAYHSA

La empresa de Lazarus y Lazarus realiza sus diseños de concreto hidráulico utilizando arena de un solo proveedor, este siendo CONHSA PAYHSA. A continuación, se presenta el análisis de control de calidad del agregado fino el cual, posteriormente, se utiliza para el diseño del concreto hidráulico.

Tabla 25 – Granulometría de la Arena CONHSA PAYHSA

Arena – CONHSA PAYHSA				
Tamiz No.	PRI (g)	PRA (g)	%PRA	%Pasado
3/8"	-	-	-	100.00
#4	2.8	2.8	0.28	99.72
#8	130	132.8	13.24	86.76
#16	169.8	302.6	30.19	69.81
#30	231.5	534.1	53.29	46.71
#50	270	804.1	80.23	19.77
#100	168.1	972.2	97	3
#200	28.7	1000.9	98.87	1.13
Fondo	1.30	1002.2	100	-

Fuente: (Lazarus y Lazarus, 2019)

Se utilizó la Ecuación 1 para el Peso Retenido Acumulado (PRA), la Ecuación 2 para el Porcentaje del Peso Retenido Acumulado (%PRA) y la Ecuación 3 para el Porcentaje Pasado (% Pasado). El cálculo de los valores de la Tabla 25 se presentará a continuación.

$$PRA (\#4) = 2.80g + 0.00g = 2.80g$$

$$PRA (\#8) = 130.00g + 2.80g = 132.80g$$

$$PRA (\#16) = 169.80g + 132.0g = 302.60g$$

$$PRA (\#30) = 231.50g + 302.60g = 534.10g$$

$$PRA (\#50) = 270.00g + 534.10g = 804.10g$$

$$PRA (\#100) = 168.10g + 804.10g = 972.20g$$

$$PRA (\#200) = 28.70g + 972.20g = 1000.90g$$

$$PRA (Fondo) = 1.30g + 1000.90g = 1002.20g$$

$$\%PRA (\#4) = \frac{2.80g}{1002.20g} * 100 = 0.28\%$$

$$\%PRA (\#8) = \frac{132.80g}{1002.20g} * 100 = 13.24\%$$

$$\%PRA (\#16) = \frac{302.60g}{1002.20g} * 100 = 30.19\%$$

$$\%PRA (\#30) = \frac{534.10g}{1002.20g} * 100 = 53.29\%$$

$$\%PRA (\#50) = \frac{804.10g}{1002.20g} * 100 = 80.23\%$$

$$\%PRA (\#100) = \frac{972.20g}{1002.20g} * 100 = 97.00\%$$

$$\%PRA (\#200) = \frac{1000.90g}{1002.20g} * 100 = 98.87\%$$

$$\%PRA (Fondo) = \frac{1002.20g}{1002.20g} * 100 = 100\%$$

$$\%Pasado (\#4) = 100\% - 0.28\% = 99.72\%$$

$$\%Pasado (\#8) = 100\% - 13.24\% = 86.76\%$$

$$\%Pasado (\#16) = 100\% - 30.19\% = 69.81\%$$

$$\%Pasado (\#30) = 100\% - 53.29\% = 46.71\%$$

$$\%Pasado (\#50) = 100\% - 80.23\% = 19.77\%$$

$$\%Pasado (\#100) = 100\% - 97.00\% = 3.00\%$$

$$\%Pasado (\#200) = 100\% - 98.87\% = 1.13\%$$

$$\%Pasado (Fondo) = 100\% - 100\% = 0.00\%$$

En base a los resultados anteriores se procede a calcular el Módulo de Finura de la arena de CONHSA PAYHSA con la Ecuación 5.

$$MF (Arena) = \frac{0.28 + 13.24 + 30.19 + 53.29 + 80.23 + 97}{100} = 2.74$$

Se procede a realizar la comparación de la granulometría de la grava con la requerida por la normativa ASTM C33-03 el cual presenta valores mínimos y máximos de %Pasado para verificar que el agregado grueso sea de calidad. Estos valores fueron presentados en la sección Teorías de Sustento en la Tabla 7.

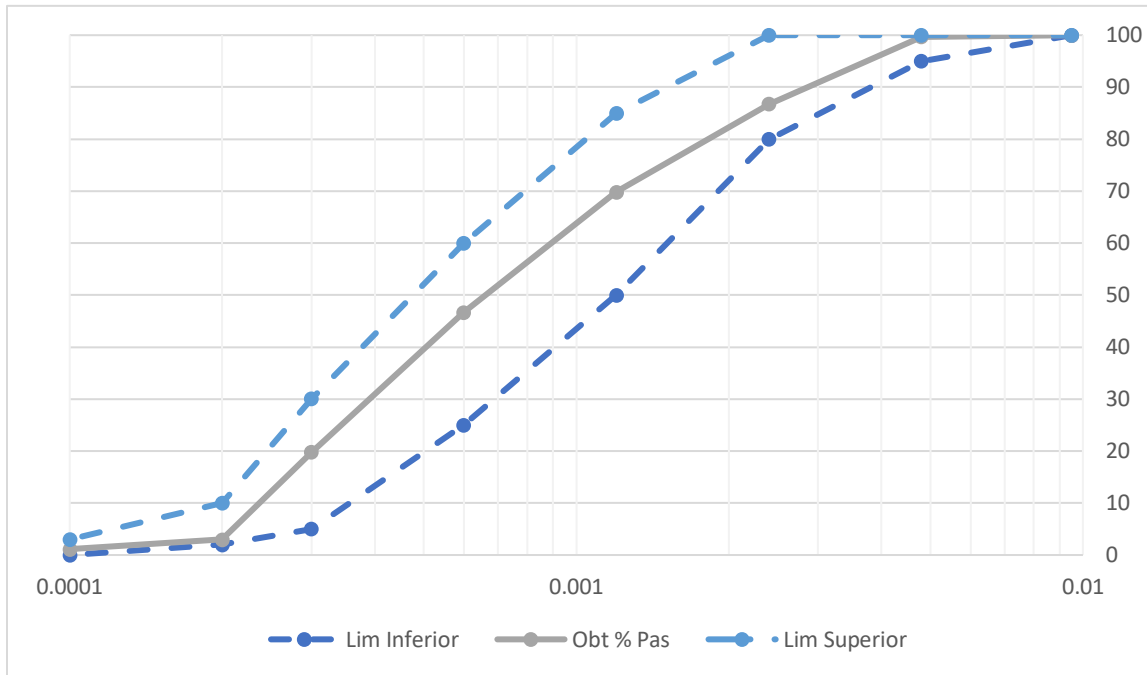


Ilustración 27 – Granulometría de Arena CONHSA PAYHSA Vs ASTM C33-03

Fuente: (Lazarus y Lazarus, 2019)

Según la Ilustración 27 se observa que el agregado fino de CONHSA PAYHSA está dentro de las especificaciones que brinda la normativa. En otras palabras, no se procede a realizar alguna combinación granulométrica.

5.2.2. PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO DE LA ARENA CONHSA PAYHSA

Tabla 26 – Peso Volumétrico Suelto y Compactado de la Arena CONHSA PAYHSA

Peso Unitario Suelto y Compactado – Arena CONHSA PAYHSA			
No. De Ensayo	1	2	3
Wmaterial Suelto (kg)	10.46	10.51	10.52
Wmaterial Compactado (kg)	11.44	11.34	11.38

Fuente: (Lazarus y Lazarus, 2019)

Con los valores de la Tabla 26 se procede a calcular el peso volumétrico suelto y compactado de la arena en kg/m^3 usando los resultados de los tres ensayos realizados en Lazarus y Lazarus. El molde utilizado para realizar dicho ensayo presenta un volumen de 0.0070822 m^3 , el cual fue proporcionado por los laboratoristas en la empresa.

$$PVS(Arena) = \frac{\frac{10.98 \text{ kg} + 10.99 \text{ kg} + 10.99 \text{ kg}}{3}}{0.0070822 \text{ m}^3} = 1551.757 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$PVC(Arena) = \frac{\frac{11.76 \text{ kg} + 11.77 \text{ kg} + 11.78 \text{ kg}}{3}}{0.0070822 \text{ m}^3} = 1662.395 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

5.2.3. GE Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE LA ARENA

Tabla 27 – GE y Porcentaje de Absorción de la Arena CONHSA PAYHSA

Descripción	Muestra 1
A. Wmuestra seca en Horno (g)	491.8
B. W Picnómetro + agua (g)	1439.8
C. W Picnómetro + agua + S.S.S. (g)	1749.5
S. Wmuestra S.S.S.	500
D. Gravedad Específica (GE)	2.63
E. Porcentaje de Absorción (abs%)	1.67

Fuente: (Lazarus y Lazarus, 2019)

A continuación, se presenta el cálculo de los valores presentados en la Tabla 27 utilizando la Ecuación 11 para obtener la gravedad específica del agregado y la Ecuación 12 para obtener el porcentaje de absorción del agregado.

$$D. GE(Arena) = \frac{500 \text{ g}}{1439.8 \text{ g} + 500 \text{ g} - 1749.5 \text{ g}} = 2.63$$

$$abs\%(Arena) = \frac{1439.8 \text{ g} - 491.8 \text{ g}}{491.8 \text{ g}} * 100\% = 1.67\%$$

5.2.4. COLORIMETRÍA DE LA ARENA CONHSA PAYHSA

Se realizó la Colorimetría de la Arena utilizando el procedimiento de la ASTM C40 explicado en las técnicas de esta investigación. Usando el colorímetro Gardner y la muestra de arena luego de estar 24 horas sumergida en la solución de Hidróxido de Sodio al 3% se procede a comparar los colores de la muestra obteniendo la gradación en la Ilustración 28. Se concluye que el nivel de materia orgánica, según el colorímetro Gardner, es del segundo nivel haciendo que esta arena sea adecuada para el concreto.

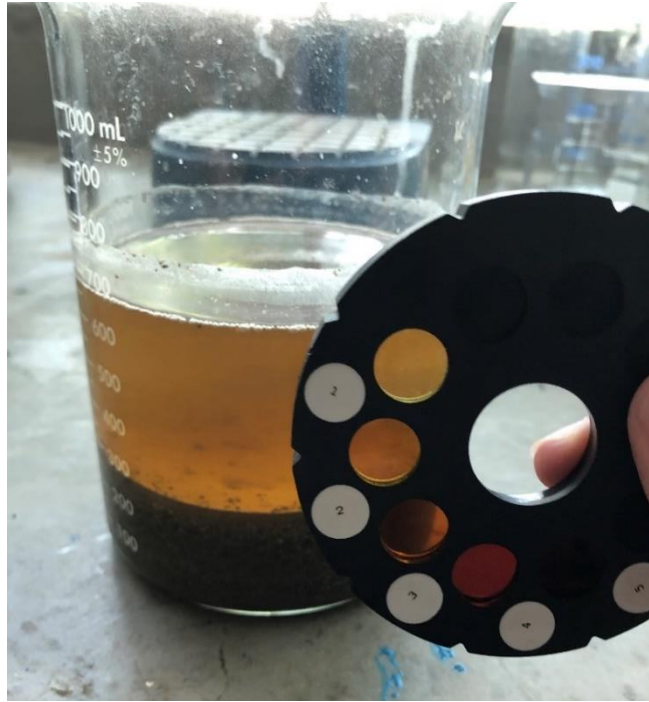


Ilustración 28 – Análisis de Colorimetría de la Arena

Fuente: Propia

5.3. DISEÑO DE MEZCLAS LAZARUS Y LAZARUS

5.3.1. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Para efectos de esta investigación se realizarán pruebas de concreto con las siguientes especificaciones. La resistencia de diseño del concreto será de 4,000 PSI (281 kg/cm²) con un revenimiento deseado de 7 1/2". El cemento por utilizar tiene un peso volumétrico de 1414 kg/m³ y una gravedad específica de 2.96.

A continuación, se presentará la siguiente información del agregado grueso. Se utilizará un tamaño máximo de árido de grava 3/4". Este agregado grueso de CONHSA tiene un peso volumétrico compactado de 1608 kg/m³ con una gravedad específica de 2.78 y un porcentaje de absorción de 1.07%. La información del contenido de humedad para hacer la corrección de agua en el diseño se presentará en cada mezcla debido a que esta información cambia por las condiciones del entorno.

Para las dos mezclas en estudio, se utilizarán valores de 0.90 kg/m³ y 1.20 kg/m³ de FTLR. Dichos valores se obtienen en base a la cantidad de la masa de cemento a utilizar en la mezcla. Para el diseño desarrollado, se considera una dosificación de 280 kg de cemento para un metro cúbico de concreto. Se utilizarán porcentajes de 0.30% y 0.40% de FTLR por la masa del cemento. Los porcentajes que se determinaron resultan entonces en 0.90 kg/m³ y 1.20 kg/m³ de FTLR.

“En la práctica actual de la construcción a la matriz de concreto se añaden fibras discontinuas en volúmenes relativamente bajos, usualmente en porcentajes menores a 2%, aunque lo más común es que varíe entre 0.1 y 0.7% (Mendoza, Aire & Dávila, 2011, p. 36).

A continuación, se presentará la siguiente información del agregado fino. Esta arena presenta un módulo de finura de 2.7, un peso volumétrico compactado de 1662 kg/m³, una gravedad específica de 2.78 y un porcentaje de absorción de 2.63%. La información del contenido de humedad para hacer la corrección de agua en el diseño se presentará en cada mezcla debido a que esta información cambia por las condiciones del entorno.

5.3.2. PROCESO DE DISEÑO

Con la ayuda de la Tabla 12 se encuentra la relación agua/cemento que tendrá la mezcla en base a la resistencia de diseño que tiene el concreto, siendo esta de 4000 PSI, y el tipo de exposición a la cual se hallará el espécimen. Se decide utilizar una relación agua/cemento (a/c) de 0.492.

Se procede a calcular la cantidad de agua por peso de concreto requerida mediante la Ecuación 17 utilizando el peso propuesto del cemento y la relación agua/cemento.

$$W_w = 0.492 * 280 \frac{kg}{m^3} = 137.72 \frac{kg}{m^3}$$

La cantidad de agregado grueso se estima utilizando la Tabla 14 utilizando el módulo de finura de la arena de CONHSA y el TMA de 3/4", explicado anteriormente.

$$W_g = 0.62 \frac{m^3}{m^3} * 1608 \frac{kg}{m^3} = 996.96 \frac{kg}{m^3}$$

Con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso calculados, la masa restante deberá de estar compuesto por el agregado fino y el pequeño porcentaje de aire dentro. Este se definirá utilizando el método del Volumen Total.

Se utilizará como referencia la Tabla 13 según el TMA y revenimiento de diseño, explicados anteriormente, para obtener el porcentaje de aire de 2%. Para los cálculos posteriores con la Ecuación 20, la Ecuación 21, la Ecuación 22, la Ecuación 23, la Ecuación 24 y la Ecuación 25 se usará un peso específico del agua de 1000 kg/m^3 para obtener los volúmenes de los aglomerantes del concreto y determinar el peso de la arena mediante el Método del Volumen Total.

$$V_w = \frac{159.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.1377 \text{ m}^3$$

$$V_c = \frac{280 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2.96 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.0946 \text{ m}^3$$

$$V_g = \frac{996.96 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2.78 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.3586 \text{ m}^3$$

$$V_a = 2\% * 1 = 0.02 \text{ m}^3$$

$$V_a = 1 \text{ m}^3 - 0.0946 \text{ m}^3 - 0.1377 \text{ m}^3 - 0.3586 \text{ m}^3 - 0.02 \text{ m}^3 = 0.3891 \text{ m}^3$$

$$W_a = 0.3891 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} * 2.63 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1023.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

El proveedor de los aditivos será el encargado de proporcionar la dosificación a la hora de mezclar el concreto. Se procede a calcular la cantidad de aditivos a utilizar por peso de cemento con la Ecuación 32.

$$W(FXR) = \frac{6 \text{ ml}}{\text{kg}} * 280 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1680 \text{ ml}$$

$$W(DT) = \frac{3 \text{ ml}}{\text{kg}} * 280 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 840 \text{ ml}$$

A continuación, se presentan los valores obtenidos anteriormente en la Tabla 28 donde habrá que aplicarles las correcciones de agua. Este siguiente paso estará explicado posteriormente para cada mezcla específica.

Tabla 28 – Tabla Resumen Mezcla Base Lazarus y Lazarus

Descripción	Valor por Peso sin corregir
Cemento (kg/m ³)	280
Arena (kg/m ³)	1023.25
Grava 3/4" (kg/m ³)	996.96
Agua (kg/m ³)	137.72
Admix FXL (ml/m ³)	1680
Admix DT (ml/m ³)	840

Fuente: Propia

5.3.3. DISEÑO DE MEZCLA CONTROL LAZARUS Y LAZARUS

5.3.3.1. Correcciones de Agua

Los contenidos de humedades para el día de esta mezcla fueron de 1.60% para la grava 3/4" y 3.80% para el agregado fino. Se procede a realizar las correcciones de agua con los porcentajes de absorción y humedad de cada agregado insertándolos en la Ecuación 26, la Ecuación 27 y la Ecuación 28 para luego corregir su peso mediante la Ecuación 29, la Ecuación 30 y la Ecuación 31.

$$\text{absorción}(3/4") = 996.96 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1.07\% = 10.6675 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{absorción}(arena) = 1023.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1.67\% = 17.0883 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{humedad}(3/4") = 996.96 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1.60\% = 15.9514 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{humedad}(arena) = 1023.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 3.60\% = 36.837 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{diferencia}(3/4") = 15.9514 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 10.6675 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 5.2839 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{diferencia}(arena) = 36.837 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 15.9514 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 20.8856 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{diferencia total} = 5.2839 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 20.8856 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 26.1695 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$W'g(3/4") = 996.96 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 5.2839 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1002.244 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$W'a = 1023.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 20.8856 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1044.136 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$W'w = 137.72 \frac{kg}{m^3} - 26.2695 \frac{kg}{m^3} = 111.451 \frac{kg}{m^3}$$

5.3.3.2. Dosificación Final

Se hará un diseño para 0.06 m³ de concreto para abastecer la cantidad de cilindros y vigas especificadas anteriormente en la investigación. Se utilizará la Ecuación 33 para cada elemento y obtener la cantidad específica de estas que hay que introducir a la mezcladora y la Ecuación 34 para obtener la cantidad de fibra dentro de la mezcla.

$$W_c = 280 \frac{kg}{m^3} * 0.06 m^3 = 16.8 kg$$

$$W'g(3/4") = 1002.244 \frac{kg}{m^3} * 0.06 m^3 = 60.13 kg$$

$$W'a = 1044.136 \frac{kg}{m^3} * 0.06 m^3 = 62.65 kg$$

$$W'w = 111.451 \frac{kg}{m^3} * 0.06 m^3 = 6.69 kg$$

$$W(FXR) = 1680 ml * 0.06 m^3 = 101 ml$$

$$W(DT) = 840 ml * 0.06 m^3 = 50 ml$$

A continuación, se presentan los valores obtenidos anteriormente en la Tabla 29 donde se ha aplicado las correcciones de agua.

Tabla 29 – Tabla Resumen Mezcla Control Lazarus y Lazarus

Descripción	Valor por Peso Corregido	Valor de Diseño (kg)
Cemento (kg/m ³)	280	16.8
Arena (kg/m ³)	1044.136	62.65
Grava 3/4" (kg/m ³)	1002.244	60.13
Agua (kg/m ³)	11.451	6.69
Fibra Textil de Llanta Reciclada (0.0 kg/m ³)	0	0
Admix FXL (ml/m ³)	1680	101
Admix DT (ml/m ³)	840	50

Fuente: Propia

Estos valores se introducirán en la mezcladora siguiendo el procedimiento de la normativa ASTM 192-07 para la elaboración y curado de los especímenes de concreto.

5.3.4. DISEÑO DE MEZCLA CON 0.9 KG/M³ DE FTLR GRUESA

Esta mezcla se realizó el mismo día que la mezcla control por lo que los contenidos de humedad son los mismos. A continuación, se calcula la cantidad de FTRL gruesa a utilizar.

$$W(FTLR) = 0.9 \frac{kg}{m^3} * 0.06 m^3 = 0.05 kg$$

A continuación, se presentan los valores obtenidos anteriormente en la donde se ha aplicado las correcciones de agua.

Tabla 30 – Tabla Resumen Mezcla con 0.9 kg/m³ de FTLR Gruesa

Descripción	Valor por Peso Corregido	Valor de Diseño (kg)
Cemento (kg/m ³)	280	16.8
Arena (kg/m ³)	1044.136	62.65
Grava 3/4" (kg/m ³)	1002.244	60.13
Agua (kg/m ³)	11.451	6.69
Fibra Textil de Llanta Reciclada (0.9 kg/m ³)	0.9	0.05
Admix FXL (ml/m ³)	1680	101
Admix DT (ml/m ³)	840	50

Fuente: Propia

Estos valores se introducirán en la mezcladora siguiendo el procedimiento de la normativa ASTM 192-07 para la elaboración y curado de los especímenes de concreto.

5.3.5. DISEÑO DE MEZCLA CON 1.20 KG/M³ DE FTLR GRUESA

Esta mezcla se realizó el mismo día que la mezcla control por lo que los contenidos de humedad son los mismos. A continuación, se calcula la cantidad de FTRL gruesa a utilizar.

$$W(FTLR) = 1.2 \frac{kg}{m^3} * 0.06 m^3 = 0.07 kg$$

A continuación, se presenta un resumen con los valores de diseño correspondientes a esta mezcla en la Tabla 31 donde se ha aplicado las correcciones de agua.

Tabla 31 – Tabla Resumen Mezcla con 1.2 kg/m³ de FTLR Gruesa

Descripción	Valor por Peso Corregido	Valor de Diseño (kg)
Cemento (kg/m ³)	280	16.8
Arena (kg/m ³)	1044.136	62.65
Grava 3/4" (kg/m ³)	1002.244	60.13

Continuación Tabla 31...

Agua (kg/m ³)	11.451	6.69
Fibra Textil de Llantilla Reciclada (1.2 kg/m ³)	1.2	0.07
Admix FXL (ml/m ³)	1680	101
Admix DT (ml/m ³)	840	50

Fuente: Propia

Estos valores se introducirán en la mezcladora siguiendo el procedimiento de la normativa ASTM 192-07 para la elaboración y curado de los especímenes de concreto.

5.4. MEZCLA CONTROL LAZARUS Y LAZARUS

5.4.1. REVENIMIENTO

Para esta mezcla no se utilizó ninguna cantidad de FTLR. Esta mezcla será utilizada para conocer las variaciones que la cantidad de FTLR puede causar en una mezcla de concreto. A pesar de no utilizar FTLR en esta mezcla, los parámetros de diseño para el revenimiento se mantuvieron iguales que las mezclas anteriores, estos valores siendo de 5 y 7 ½ pulgadas. En la Ilustración 29 se observa la prueba de revenimiento realizada para la mezcla control.



Ilustración 29 – Prueba de revenimiento de la mezcla control

Fuente: Propia

Midiendo la diferencia que hay desde la varilla de compactación hasta el concreto, se concluyó que el revenimiento para esta mezcla era de 6 ¼" pulgadas. Este valor fue aceptado, pues se encontraba dentro de los parámetros de diseño de la mezcla. Afirmando así, que la consistencia de este concreto era aceptable.

5.4.2. ANÁLISIS MECÁNICO

5.4.2.1. Resistencia a la Compresión

Para las rupturas realizadas a los 7 días de edad se obtuvieron las siguientes cargas a máxima a la compresión: 26,630 libras, 25,200 libras y 28,380 libras. Por medio de la Ecuación 14 se prosigue a calcular la resistencia en PSI.

$$f'c = \frac{4 * 26,630}{\pi * 6^2} = 2119 \text{ PSI}$$

$$f'c = \frac{4 * 25,200}{\pi * 6^2} = 2005 \text{ PSI}$$

$$f'c = \frac{4 * 28,380}{\pi * 6^2} = 2258 \text{ PSI}$$

Se puede observar en los resultados, que los tres cilindros probados alcanzaron el 50% de la resistencia a compresión de diseño.

Se realizaron rupturas a los 28 días de edad y se obtuvieron las siguientes cargas a máxima a la compresión: 37,240 libras, 37,090 libras y 37,430 libras. Por medio de la Ecuación 14 se prosigue a calcular la resistencia en PSI.

$$f'c = \frac{4 * 37,240}{\pi * 6^2} = 2964 \text{ PSI}$$

$$f'c = \frac{4 * 37,090}{\pi * 6^2} = 2952 \text{ PSI}$$

$$f'c = \frac{4 * 37,430}{\pi * 6^2} = 2979 \text{ PSI}$$

Se puede observar en los resultados, que los tres cilindros probados alcanzaron el 74% de la resistencia a compresión de diseño.

Con los valores de cada cilindro obtenido, se realizó la Tabla 32, para presentar de manera ordenada y resumida los valores obtenidos en las lecturas.

Tabla 32 - Tabla de Resumen de Cilindros para Mezcla Control

Cilindro	Edad (días)	Resistencia a Compresión (PSI)	Porcentaje de Resistencia (%)
CA07-00	7	2119	53
CB07-00	7	2005	50
CC07-00	7	2258	56
CA28-00	28	2964	74
CB28-00	28	2952	74
CC28-00	28	2979	74

Fuente: Propia

A continuación, en la Ilustración 30, se presenta la curva en función de la resistencia a compresión para poder observar la tendencia de los resultados obtenidos de la mezcla control para este nuevo análisis.

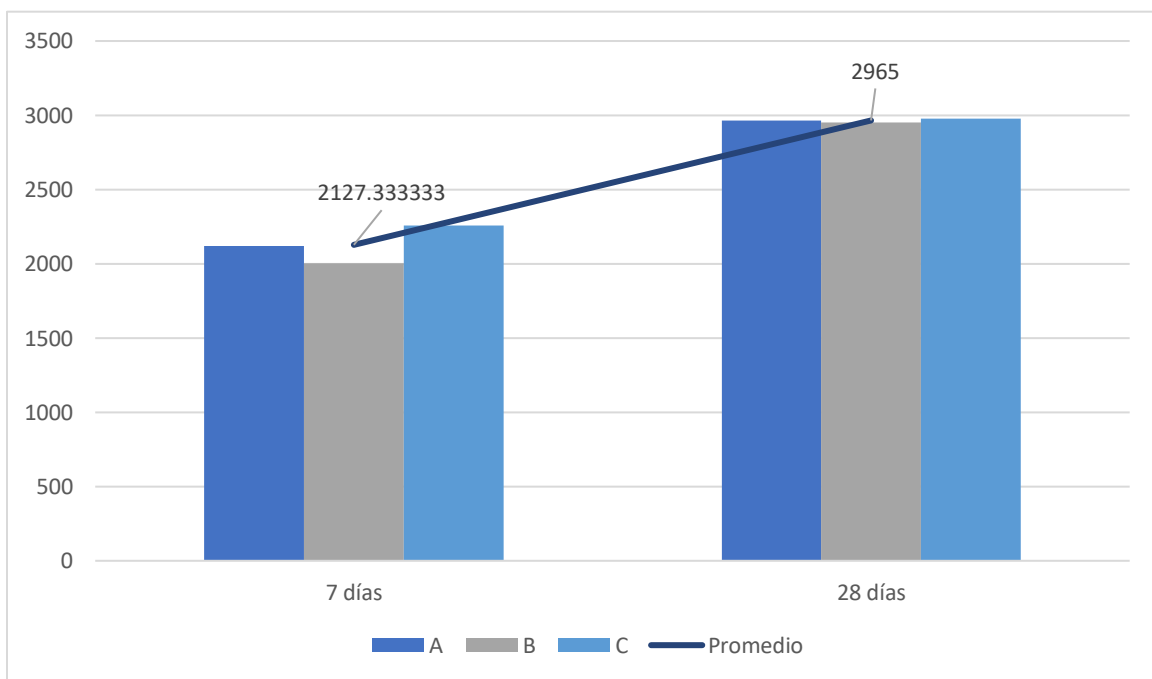


Ilustración 30 – Resumen f'c mezcla control

Fuente: Propia

5.4.2.2. Módulo de Ruptura

Para el ensayo del MR, la mezcla control soportó cargas máximas de 3910 y 4030 libras a los 7 días de edad. Utilizando la Ecuación 15 se calcula el módulo de ruptura de ambos especímenes.

$$MR = \frac{3910 * 18}{6 * 6^2} = 326 \text{ PSI}$$

$$MR = \frac{4030 * 18}{6 * 6^2} = 336 \text{ PSI}$$

El valor de módulo de ruptura igual a 326 PSI equivale al 59% de la resistencia de diseño (550 PSI).

El valor de módulo de ruptura igual a 336 PSI equivale al 61% de la resistencia de diseño (550 PSI).

Tras haberse completado los 28 días de edad, se realizaron las rupturas de las vigas determinadas, para las cuales se obtuvieron los siguientes valores: 4670 libras y 4500 libras. Utilizando la Ecuación 15 se calcula el módulo de ruptura de ambos especímenes.

$$MR = \frac{4670 * 18}{6 * 6^2} = 389 \text{ PSI}$$

$$MR = \frac{4500 * 18}{6 * 6^2} = 375 \text{ PSI}$$

El valor de módulo de ruptura igual a 389 PSI equivale al 71% de la resistencia de diseño (550 PSI).

El valor de módulo de ruptura igual a 375 PSI equivale al 68% de la resistencia de diseño (550 PSI).

Posteriormente, se tomaron los valores de los módulos de ruptura y se colocaron en la Tabla 33 para analizarlas.

Tabla 33 - Tabla de Resumen de Vigas para Mezcla Control

Viga	Edad (días)	Módulo de Ruptura (PSI)	Porcentaje (%)
VA07-00	7	326	59
VB07-00	7	336	61
VA28-00	28	389	71
VB28-00	28	375	68

Fuente: Propia

En la Ilustración 31, se puede observar el comportamiento del MR obtenido de los especímenes a los 7 y 28 días de edad para la mezcla control.

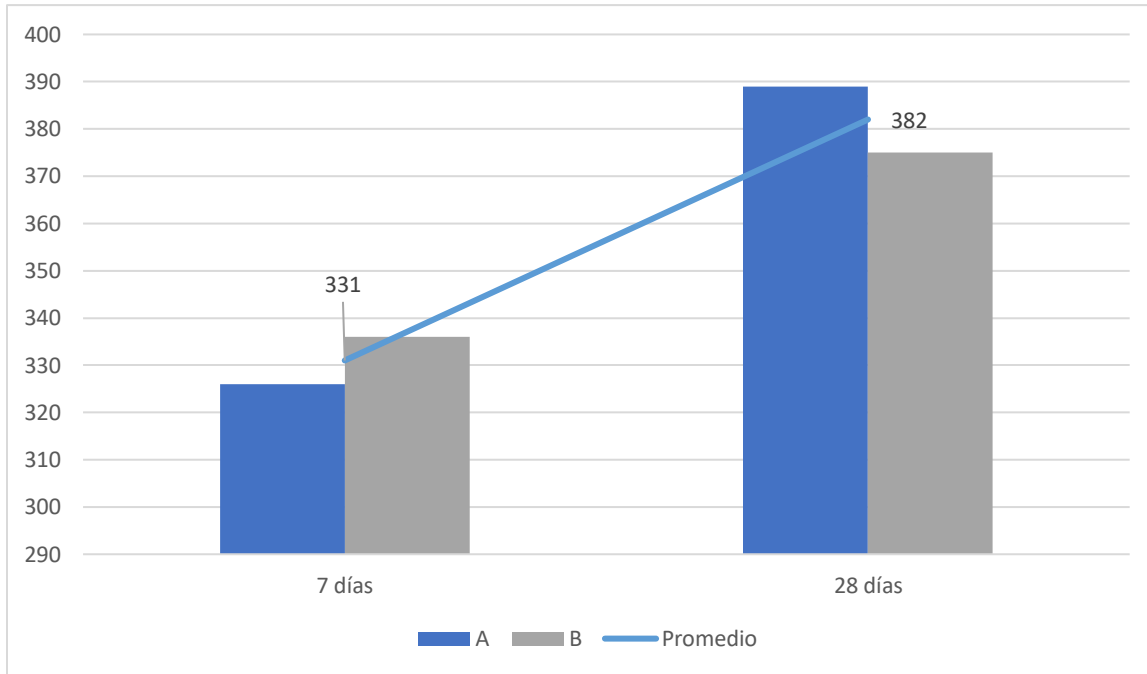


Ilustración 31 – Resumen MR mezcla control

Fuente: Propia

5.5. MEZCLA DE CONCRETO HIDRÁULICO CON 0.90 KG/M³ DE FTLR GRUESA

5.5.1. REVENIMIENTO

Para esta segunda mezcla todas las condiciones se mantuvieron igual a excepción de la cantidad de fibra a utilizar. Por esta razón se hizo un rediseño de la mezcla, para conocer si esa variación cambiase los parámetros de la mezcla. Los límites del revenimiento se mantuvieron constantes, estos siendo nuevamente entre 5 a 7 ½ pulgadas. En la Ilustración 32, se observa la medición del revenimiento de esta mezcla.



Ilustración 32 – Prueba de revenimiento con 0.9 kg/m³ FTLR Gruesa

Fuente: Propia

Midiendo la diferencia que hay desde la varilla de compactación hasta el concreto, se concluyó que el revenimiento para esta mezcla era de 6 ¼" pulgadas. Este valor aceptado se encontraba dentro de los parámetros de diseño de la mezcla. Afirmando así, que la consistencia de este concreto era aceptable.

5.5.2. ANÁLISIS MECÁNICO

5.5.2.1. Resistencia a la Compresión

Para las rupturas realizadas a los 7 días de edad se obtuvieron las siguientes cargas a máxima a la compresión: 27,720 libras, 25,860 libras y 28,970 libras. Por medio de la Ecuación 14 se prosigue a calcular la resistencia en PSI.

$$f'c = \frac{4 * 27,720}{\pi * 6^2} = 2206 \text{ PSI}$$

$$f'c = \frac{4 * 25,860}{\pi * 6^2} = 2058 \text{ PSI}$$

$$f'c = \frac{4 * 28,970}{\pi * 6^2} = 2305 \text{ PSI}$$

Se puede observar en los resultados, que los tres cilindros probados alcanzaron el 50% de la resistencia a compresión de diseño.

Para las rupturas realizadas a los 28 días de edad, se obtuvieron cargas a máxima a la compresión de 33,760 libras, 34,850 libras y 35,200 libras. Por medio de la Ecuación 14 se prosigue a calcular la resistencia en PSI.

$$f'c = \frac{4 * 33,760}{\pi * 6^2} = 2687 \text{ PSI}$$

$$f'c = \frac{4 * 34,850}{\pi * 6^2} = 2773 \text{ PSI}$$

$$f'c = \frac{4 * 35,200}{\pi * 6^2} = 2801 \text{ PSI}$$

Con los valores de cada cilindro obtenido, se realizó la Tabla 34, para presentar de manera ordenada y resumida los valores obtenidos en las lecturas.

Tabla 34 - Tabla de Resumen de Cilindros con 0.90 k/m³ de FTLR Gruesa

Cilindro	Edad (días)	Resistencia a Compresión (PSI)	Porcentaje de Resistencia (%)
CA07-90	7	2206	55
CB07-90	7	2058	51
CC07-90	7	2305	58
CA28-90	28	2687	67
CB28-90	28	2773	69
CC28-90	28	2801	70

Fuente: Propia

Con los resultados obtenidos anteriormente, se realizó la Ilustración 33 en donde se observan los aumentos de resistencia que se van obteniendo a las diferentes edades de este concreto.

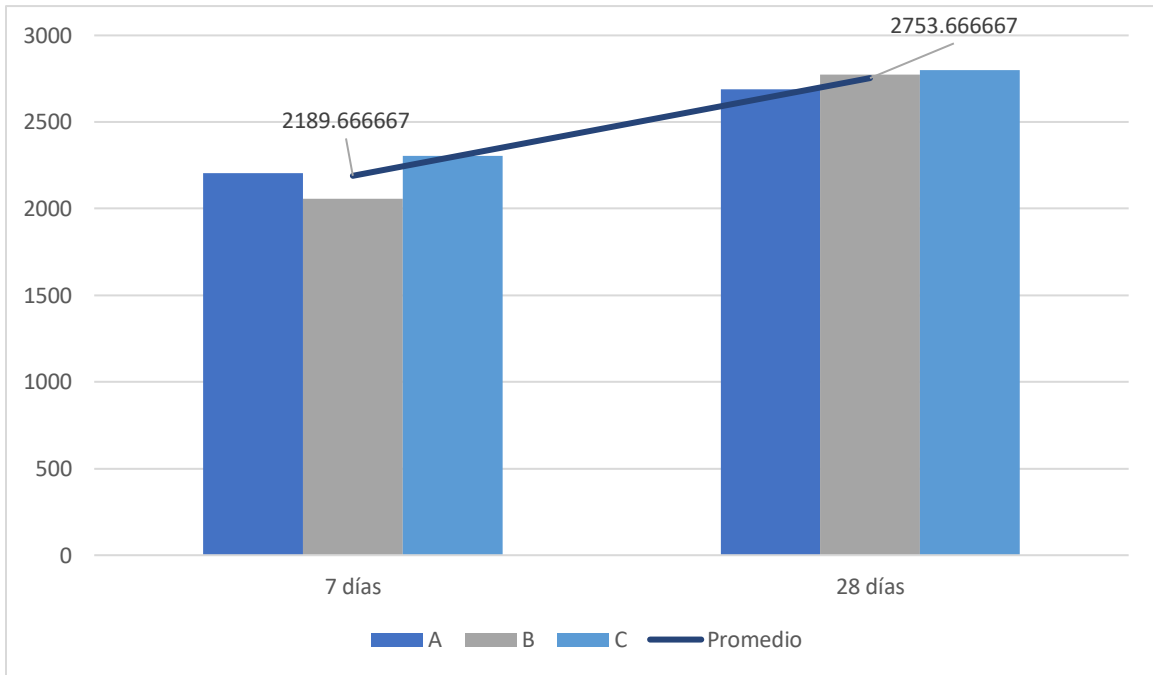


Ilustración 33 – Resumen f'c mezcla con 0.9 kg/m³ de FTLR Gruesa

Fuente: Propia

5.5.2.2. Módulo de Ruptura

Para este ensayo, la mezcla con adición de 0.90 kg/m³ de fibra soportó cargas máximas 3390 y 3690 libras a los 7 días de edad. Utilizando la Ecuación 15 se calcula el módulo de ruptura de ambos especímenes.

$$MR = \frac{3390 * 18}{6 * 6^2} = 283 \text{ PSI}$$

$$MR = \frac{3690 * 18}{6 * 6^2} = 308 \text{ PSI}$$

El valor de módulo de ruptura igual a 283 PSI equivale al 51% de la resistencia de diseño (550 PSI).

El valor de módulo de ruptura igual a 308 PSI equivale al 56% de la resistencia de diseño (550 PSI).

A los 28 días de edad, los especímenes de la mezcla soportaron cargas máximas de 4410 y 4790 libras. Utilizando la Ecuación 15 se calcula el módulo de ruptura de ambos especímenes.

$$MR = \frac{4410 * 18}{6 * 6^2} = 368 \text{ PSI}$$

$$MR = \frac{4790 * 18}{6 * 6^2} = 399 \text{ PSI}$$

El valor de módulo de ruptura igual a 368 PSI equivale al 67% de la resistencia de diseño (550 PSI).

El valor de módulo de ruptura igual a 399 PSI equivale al 73% de la resistencia de diseño (550 PSI).

Posteriormente, se tomaron los valores de los módulos de rupturas y se colocaron en la Tabla 35 para analizarlas.

Tabla 35 - Tabla de Resumen de Vigas con 0.90 k/m³ de FTLR Gruesa

Viga	Edad (días)	Módulo de Ruptura (PSI)	Porcentaje (%)
VA07-90	7	283	51
VB07-90	7	308	56
VA28-90	28	368	67
VB28-90	28	399	73

Fuente: Propia

De igual forma, utilizando los diferentes resultados obtenidos para esta mezcla, se realizó la Ilustración 34 para visualizar la tendencia que tuvieron los resultados en estas dos edades con esta cantidad de fibra.

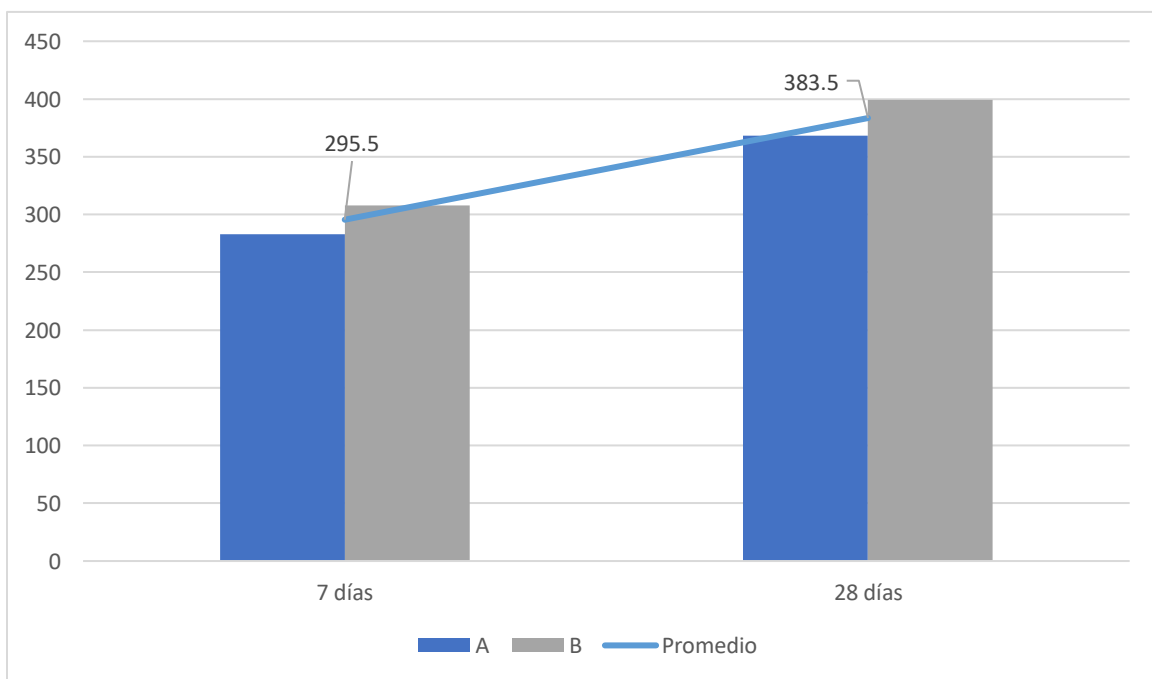


Ilustración 34 – Resumen MR mezcla con 0.9kg/m³ de FTLR Gruesa

Fuente: Propia

5.5.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con la información recopilada de esta mezcla con 0.90 kg/m^3 de FTLR y la mezcla control se procede a realizar un análisis estadístico para validar los resultados. Se aplicará la prueba de Mann-Whitney ya que se trata de una prueba no paramétrica la cual no sigue un comportamiento de normalidad, siendo perfecta para el análisis de muestras pequeñas. Se usó el programa estadístico MINITAB 2018 para aplicar el método estadístico, comparando la resistencia a compresión y módulo de ruptura de la mezcla con 0.90 kg/m^3 y la mezcla control, exponiendo el procedimiento desglosado posteriormente.

5.5.3.1. Mann-Whitney: C07-00 vs C07-90

En esta parte del análisis estadístico se hará una comparación, de las rupturas a los 7 días, entre la mezcla con 0.90 kg/m^3 y la mezcla control, teniendo una nomenclatura de C07-90 y C07-00, respectivamente. Se extraen los resultados del programa obteniendo la información expuesta en la Ilustración 35.

Mann-Whitney: C07-00; C07-90

Método

η_1 : mediana de C07-00

η_2 : mediana de C07-90

Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
C07-00	3	2119
C07-90	3	2206

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
-53	(-300; 200)	91.91%

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Valor W	Valor p
9.00	0.663

Ilustración 35 – Mann-Whitney: C07-00 vs C07-90

Fuente: MINITAB 2018

Se puede observar que la mediana de la mezcla control, 2119 PSI, fue menor al de la mezcla con 0.90 kg/m^3 , 2206 PSI donde la diferencia para ser iguales fue de -53 PSI dentro de un intervalo de -300 a 200 de posibles diferencias que se pueden obtener si se realizan otras pruebas, con una confianza del 91.91%. Se obtuvo un valor de significancia "P", siendo este de 0.663, para una muestra de 3 especímenes, mayor que 0.05, por lo tanto, no hay suficiente información estadística suficiente para concluir que la diferencia no es diferente de 0 aceptando la hipótesis nula.

5.5.3.2. *Mann-Whitney: C28-00 vs C28-90*

En esta parte del análisis estadístico se hará una comparación, de las rupturas a los 28 días, entre la mezcla con 0.90 kg/m^3 y la mezcla control, teniendo una nomenclatura de C28-90 y C28-00, respectivamente. Se extraen los resultados del programa obteniendo la información expuesta en la Ilustración 36.

Mann-Whitney: C28-00; C28-90

Método

η_1 : mediana de C28-00
 η_2 : mediana de C28-90
Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
C28-00	3	2964
C28-90	3	2773

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
191	(151; 292)	91.91%

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Valor W	Valor p
15.00	0.081

Ilustración 36 – Mann-Whitney: C28-00 vs C28-90

Fuente: MINITAB 2018

Se puede observar que la mediana de la mezcla control, 2964 PSI, fue mayor al de la mezcla con 0.90 kg/m³, 2773 PSI donde la diferencia para ser iguales fue de 191 PSI dentro de un intervalo de 151 a 292 de posibles diferencias que se pueden obtener si se realizan otras pruebas, con una confianza del 91.91%. Se obtuvo un valor de significancia "P", siendo este de 0.081, para una muestra de 3 especímenes, mayor que 0.05, por lo tanto, no hay suficiente información estadística suficiente para concluir que la diferencia no es diferente de 0 aceptando la hipótesis nula.

5.5.3.3. *Mann-Whitney: V07-00 vs V07-90*

En esta parte del análisis estadístico se hará una comparación, de las rupturas a los 7 días, entre la mezcla con 0.90 kg/m³ y la mezcla control, teniendo una nomenclatura de V07-90 y V07-00, respectivamente. Se extraen los resultados del programa obteniendo la información expuesta en la Ilustración 37.

Mann-Whitney: V07-00; V07-90

Método

η_1 : mediana de V07-00
 η_2 : mediana de V07-90
Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
V07-00	2	331.0
V07-90	2	295.5

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
35.5	(18; 53)	75.47%

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Valor W	Valor p
7.00	0.245

Ilustración 37 – Mann-Whitney: V07-00 vs V07-90

Fuente: MINITAB 2018

Se puede observar que la mediana de la mezcla control, 331 PSI, fue mayor al de la mezcla con 0.90 kg/m³, 295.5 PSI donde la diferencia para ser iguales fue de 35.5 PSI dentro de un intervalo de 18 a 53 de posibles diferencias que se pueden obtener si se realizan otras pruebas, con una

confianza del 75.47%. Se obtuvo un valor de significancia "P", siendo este de 0.245, para una muestra de 2 especímenes, mayor que 0.05, por lo tanto, no hay suficiente información estadística suficiente para concluir que la diferencia no es diferente de 0 aceptando la hipótesis nula.

5.5.3.4. Mann-Whitney: V28-00 vs V28-90

En esta parte del análisis estadístico se hará una comparación, de las rupturas a los 28 días, entre la mezcla con 0.90 kg/m³ y la mezcla control, teniendo una nomenclatura de V28-90 y V28-00, respectivamente. Se extraen los resultados del programa obteniendo la información expuesta en la Ilustración 38.

Mann-Whitney: V28-00; V28-90

Método

η_1 : mediana de V28-00
 η_2 : mediana de V28-90
 Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
V28-00	2	382.0
V28-90	2	383.5

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
-1.5	(-24; 21)	75.47%

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Valor W	Valor p
5.00	1.000

Ilustración 38 – Mann-Whitney: V28-00 vs V28-90

Fuente: MINITAB 2018

Se puede observar que la mediana de la mezcla control, 382 PSI, fue menor al de la mezcla con 0.90 kg/m³, 383.5 PSI donde la diferencia para ser iguales fue de -1.5 PSI dentro de un intervalo de -24 a 21 de posibles diferencias que se pueden obtener si se realizan otras pruebas, con una confianza del 75.47%. Se obtuvo un valor de significancia "P", siendo este de 1.0, para una muestra

de 2 especímenes, mayor que 0.05, por lo tanto, no hay suficiente información estadística suficiente para concluir que la diferencia no es diferente de 0 aceptando la hipótesis nula.

5.6. MEZCLA DE CONCRETO HIDRÁULICO CON 1.20 KG/M³ DE FTLR GRUESA

5.6.1. REVENIMIENTO

Para esta tercer y última mezcla todas las condiciones se mantuvieron igual a excepción de la cantidad de fibra a utilizar. Por esta razón se hizo un rediseño de la mezcla, para conocer si esa variación cambiase los parámetros de la mezcla. Los límites del revenimiento se mantuvieron constantes, estos siendo nuevamente entre 5 a 7 ½ pulgadas.

El revenimiento para esta mezcla era de 5¼" pulgadas. Este valor fue aceptado, pues se encontraba dentro de los parámetros de diseño de la mezcla. Afirmando así, que la consistencia de este concreto era aceptable.

5.6.2. ANÁLISIS MECÁNICO

5.6.2.1. Resistencia a la Compresión

Para las rupturas realizadas a los 7 días de edad se obtuvieron las siguientes cargas a máxima a la compresión: 24,910 libras, 27,680 libras y 27,420 libras. Por medio de la Ecuación 14 se prosigue a calcular la resistencia en PSI.

$$f'c = \frac{4 * 24,910}{\pi * 6^2} = 1982 \text{ PSI}$$

$$f'c = \frac{4 * 27,680}{\pi * 6^2} = 2203 \text{ PSI}$$

$$f'c = \frac{4 * 27,420}{\pi * 6^2} = 2182 \text{ PSI}$$

Se puede observar en los resultados, que los tres cilindros probados alcanzaron el 50% de la resistencia a compresión de diseño.

Para las rupturas realizadas a los 28 días de edad se obtuvieron las siguientes cargas a máxima a la compresión: 25,110 libras, 35,940 libras y 36,250 libras. Por medio de la Ecuación 14 se prosigue a calcular la resistencia en PSI.

$$f'c = \frac{4 * 25,110}{\pi * 6^2} = 2794 \text{ PSI}$$

$$f'c = \frac{4 * 35,940}{\pi * 6^2} = 2860 \text{ PSI}$$

$$f'c = \frac{4 * 35,940}{\pi * 6^2} = 2885 \text{ PSI}$$

Se puede observar en los resultados, que los tres cilindros probados alcanzaron el 70% de la resistencia a compresión de diseño.

Con los valores de cada cilindro obtenido, se realizó la Tabla 36, para presentar de manera ordenada y resumida los valores obtenidos en las lecturas.

Tabla 36 - Tabla de Resumen de Cilindros con 1.20 k/m³ de FTLR Gruesa

Cilindro	Edad (días)	Resistencia a Compresión (PSI)	Porcentaje de Resistencia (%)
CA07-120	7	1982	50
CB07-120	7	2203	55
CC07-120	7	2182	55
CA28-120	28	2794	70
CB28-120	28	2860	72
CC28-120	28	2885	72

Fuente: Propia

En la Ilustración 39, se presenta la curva de carga máxima de los valores obtenidos de la prueba de resistencia a compresión para esta mezcla con 0.9kg/m^3 de fibra gruesa para poder visualizar de mejor manera la tendencia de estos resultados.

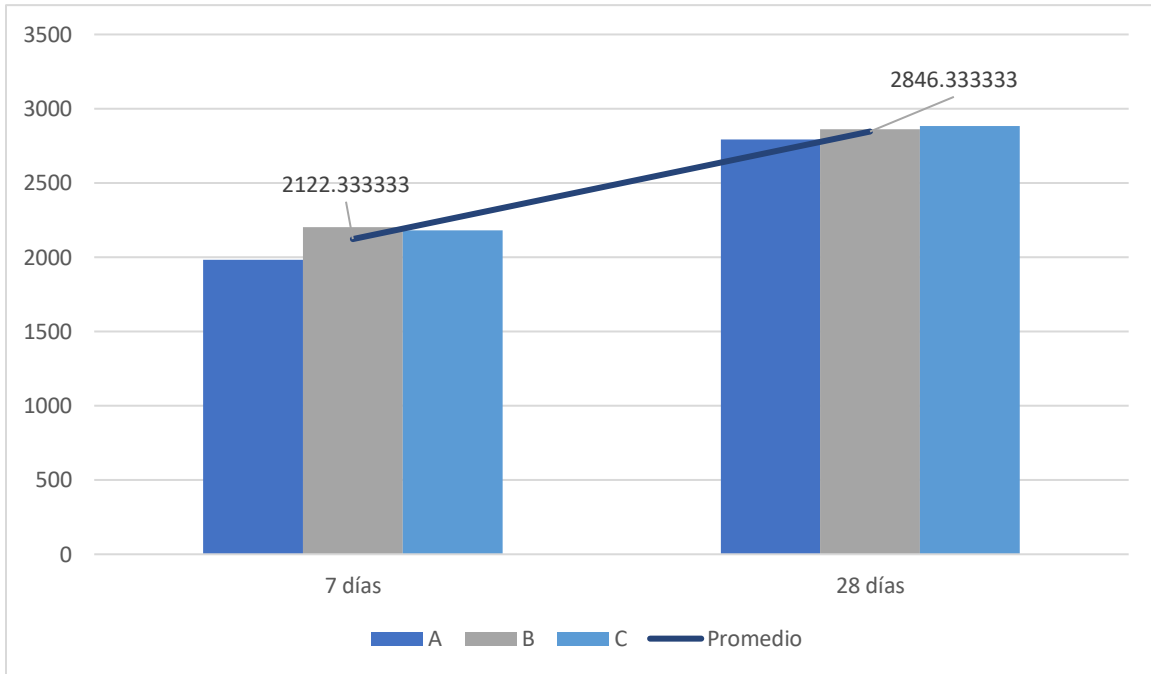


Ilustración 39 – Resumen $f'c$ mezcla con 1.20kg/m^3 de FTLR Gruesa

Fuente: Propia

5.6.2.2. Módulo de Ruptura

Para este ensayo, la tercera mezcla soportó cargas máximas de 3990 y 3610 libras a los 7 días de edad. Utilizando la Ecuación 15 se calcula el módulo de ruptura de ambos especímenes.

$$MR = \frac{3990 * 18}{6 * 6^2} = 333 \text{ PSI}$$

$$MR = \frac{3610 * 18}{6 * 6^2} = 301 \text{ PSI}$$

El valor de módulo de ruptura igual a 333 PSI equivale al 60% de la resistencia de diseño (550 PSI).

El valor de módulo de ruptura igual a 301 PSI equivale al 55% de la resistencia de diseño (550 PSI).

Por último, a los 28 días de edad, se tomó la resistencia de las vigas de dicha mezcla. Esta soportó cargas máximas de 4710 y 4540 libras. Utilizando la Ecuación 15 se calcula el módulo de ruptura de ambos especímenes.

$$MR = \frac{4710 * 18}{6 * 6^2} = 393 \text{ PSI}$$

$$MR = \frac{4540 * 18}{6 * 6^2} = 378 \text{ PSI}$$

El valor de módulo de ruptura igual a 393 PSI equivale al 71% de la resistencia de diseño (550 PSI).

El valor de módulo de ruptura igual a 378 PSI equivale al 69% de la resistencia de diseño (550 PSI).

Posteriormente, se tomaron los valores de los módulos de ruptura y se colocaron en la Tabla 37 para analizarlas.

Tabla 37 - Tabla de Resumen de Vigas con 1.20 k/m³ de FTLR Gruesa

Viga	Edad (días)	Módulo de Ruptura (PSI)	Porcentaje (%)
VA07-120	7	333	60
VB07-120	7	301	55
VA28-120	28	393	71
VB28-120	28	378	69

Fuente: Propia

En la Ilustración 40, a continuación, se presenta la curva representando los módulos de ruptura obtenidos en las rupturas para los 7 y 28 días.

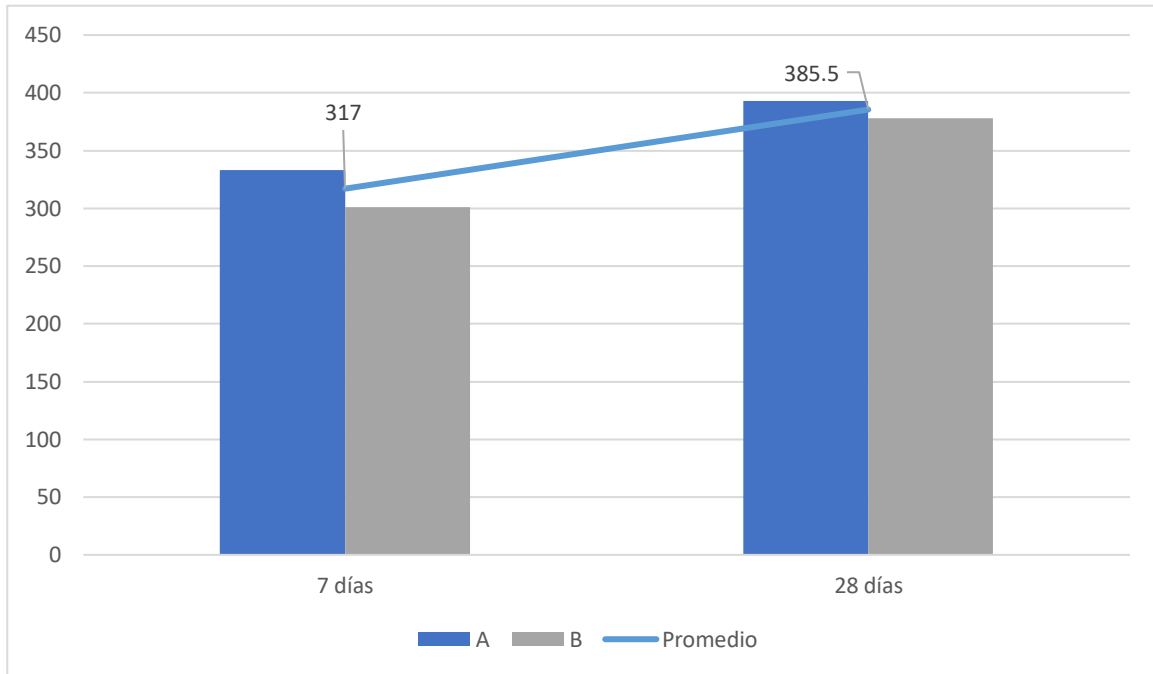


Ilustración 40 – Resumen MR mezcla con 1.20 kg/m³ de FTLR Gruesa

Fuente: Propia

5.6.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con la información recopilada de esta mezcla con 1.20 kg/m³ de FTLR y la mezcla control se procede a realizar un análisis estadístico para validar los resultados. Se aplicará la prueba de Mann-Whitney ya que se trata de una prueba no paramétrica la cual no sigue un comportamiento de normalidad, siendo perfecta para el análisis de muestras pequeñas. Se usó el programa estadístico MINITAB 2018 para aplicar el método estadístico, comparando la resistencia a compresión y módulo de ruptura de la mezcla con 1.20 kg/m³ y la mezcla control, exponiendo el procedimiento desglosado posteriormente.

5.6.3.1. Mann-Whitney: C07-00 vs C07-120

En esta parte del análisis estadístico se hará una comparación, de las rupturas a los 7 días, entre la mezcla con 1.20 kg/m³ y la mezcla control, teniendo una nomenclatura de C07-120 y C07-00, respectivamente. Se extraen los resultados del programa obteniendo la información expuesta en la Ilustración 41.

Mann-Whitney: C07-00; C07-120

Método

η_1 : mediana de C07-00
 η_2 : mediana de C07-120
Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
C07-00	3	2119
C07-120	3	2182

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
23	(-198; 276)	91.91%

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Valor W	Valor p
11.00	1.000

Ilustración 41 – Mann-Whitney: C07-00 vs C07-120

Fuente: MINITAB 2018

Se puede observar que la mediana de la mezcla control, 2119 PSI, fue menor al de la mezcla con 1.20 kg/m³, 2182 PSI donde la diferencia para ser iguales fue de 23 PSI dentro de un intervalo de -198 a 276 de posibles diferencias que se pueden obtener si se realizan otras pruebas, con una confianza del 91.91%. Se obtuvo un valor de significancia "P", siendo este de 1.0, para una muestra de 3 especímenes, mayor que 0.05, por lo tanto, no hay suficiente información estadística suficiente para concluir que la diferencia no es diferente de 0 aceptando la hipótesis nula.

5.6.3.2. Mann-Whitney: C28-00 vs C28-120

En esta parte del análisis estadístico se hará una comparación, de las rupturas a los 28 días, entre la mezcla con 1.20 kg/m³ y la mezcla control, teniendo una nomenclatura de C28-120 y C28-00, respectivamente. Se extraen los resultados del programa obteniendo la información expuesta en la Ilustración 42.

Mann-Whitney: C28-00; C28-120

Método

η_1 : mediana de C28-00
 η_2 : mediana de C28-120
Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
C28-00	3	2964
C28-120	3	2860

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
104	(67; 185)	91.91%

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Valor W	Valor p
15.00	0.081

Ilustración 42 – Mann-Whitney: C28-00 vs C28-120

Fuente: MINITAB 2018

Se puede observar que la mediana de la mezcla control, 2964 PSI, fue mayor al de la mezcla con 1.20 kg/m³, 2860 PSI donde la diferencia para ser iguales fue de 104 PSI dentro de un intervalo de 67 a 185 de posibles diferencias que se pueden obtener si se realizan otras pruebas, con una confianza del 91.91%. Se obtuvo un valor de significancia "P", siendo este de 0.081, para una muestra de 3 especímenes, mayor que 0.05, por lo tanto, no hay suficiente información estadística suficiente para concluir que la diferencia no es diferente de 0 aceptando la hipótesis nula.

5.6.3.3. Mann-Whitney: V07-00 vs V07-120

En esta parte del análisis estadístico se hará una comparación, de las rupturas a los 7 días, entre la mezcla con 1.20 kg/m³ y la mezcla control, teniendo una nomenclatura de V07-120 y V07-00, respectivamente. Se extraen los resultados del programa obteniendo la información expuesta en la Ilustración 43.

Mann-Whitney: V07-00; V07-120

Método

η_1 : mediana de V07-00
 η_2 : mediana de V07-120
Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
V07-00	2	331
V07-120	2	317

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
14	(-7; 35)	75.47%

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Valor W	Valor p
6.00	0.699

Ilustración 43 – Mann-Whitney: V07-00 vs V07-120

Fuente: MINITAB 2018

Se puede observar que la mediana de la mezcla control, 331 PSI, fue mayor al de la mezcla con 1.20 kg/m³, 317 PSI donde la diferencia para ser iguales fue de 14 PSI dentro de un intervalo de -7 a 35 de posibles diferencias que se pueden obtener si se realizan otras pruebas, con una confianza del 75.47%. Se obtuvo un valor de significancia "P", siendo este de 0.699, para una muestra de 2 especímenes, mayor que 0.05, por lo tanto, no hay suficiente información estadística suficiente para concluir que la diferencia no es diferente de 0 aceptando la hipótesis nula.

5.6.3.4. Mann-Whitney: V28-00 vs V28-120

En esta parte del análisis estadístico se hará una comparación, de las rupturas a los 28 días, entre la mezcla con 1.20 kg/m³ y la mezcla control, teniendo una nomenclatura de V28-120 y V28-00, respectivamente. Se extraen los resultados del programa obteniendo la información expuesta en la Ilustración 44.

Mann-Whitney: V28-00; V28-120

Método

η_1 : mediana de V28-00
 η_2 : mediana de V28-120
Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
V28-00	2	382.0
V28-120	2	385.5

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
-3.5	(-18; 11)	75.47%

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Valor W	Valor p
4.00	0.699

Ilustración 44 – Mann-Whitney: V28-00 vs V28-120

Fuente: MINITAB 2018

Se puede observar que la mediana de la mezcla control, 382 PSI, fue menor al de la mezcla con 1.20 kg/m³, 385.5 PSI donde la diferencia para ser iguales fue de -3.5 PSI dentro de un intervalo de -18 a 11 de posibles diferencias que se pueden obtener si se realizan otras pruebas, con una confianza del 75.47%. Se obtuvo un valor de significancia "P", siendo este de 0.699, para una muestra de 2 especímenes, mayor que 0.05, por lo tanto, no hay suficiente información estadística suficiente para concluir que la diferencia no es diferente de 0 aceptando la hipótesis nula.

5.7. GRÁFICAS COMPARATIVAS DE LOS RESULTADOS

Posteriormente, al haber obtenido los resultados y haber realizado un análisis estadístico de estos, se prosiguió a desarrollar tablas de resumen de los resultados de cada mezcla de concreto, para poder observar de manera objetiva la variación y comportamiento de los resultados. De esta manera, se contestan las preguntas de investigación y se concluye.

5.7.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MEZCLAS LAZARUS Y LAZARUS

5.7.1.1. Resistencia a Compresión a 7 días de Edad

Se presenta en la Tabla 38, la resistencia a compresión y el porcentaje de la resistencia alcanzado de cada mezcla a los 7 días de edad. Cabe resaltar que, para las pruebas de compresión a los 7 días de edad, se realizó ruptura de tres cilindros por mezcla, esto para poder llevar a cabo un análisis estadístico de los resultados.

Tabla 38 – Resistencia a la compresión a 7 días Lazarus

Cilindro	Cantidad de Fibra (kg/m ³)	Edad (días)	Resistencia a Compresión (PSI)	Porcentaje de Resistencia (%)
CA07-90	0.9	7	2206	55
CB07-90	0.9	7	2058	51
CC07-90	0.9	7	2305	58
CA07-120	1.2	7	1982	50
CB07-120	1.2	7	2203	55
CC07-120	1.2	7	2182	55
CA07-00	0	7	2119	53
CB07-00	0	7	2005	50
CC07-00	0	7	2258	56

Fuente: Propia

Se visualizarán las rupturas hechas a los 7 días de edad, resumidas en la Tabla 38, en la Ilustración 45, comparándose los resultados de las diferentes mezclas diseñadas.

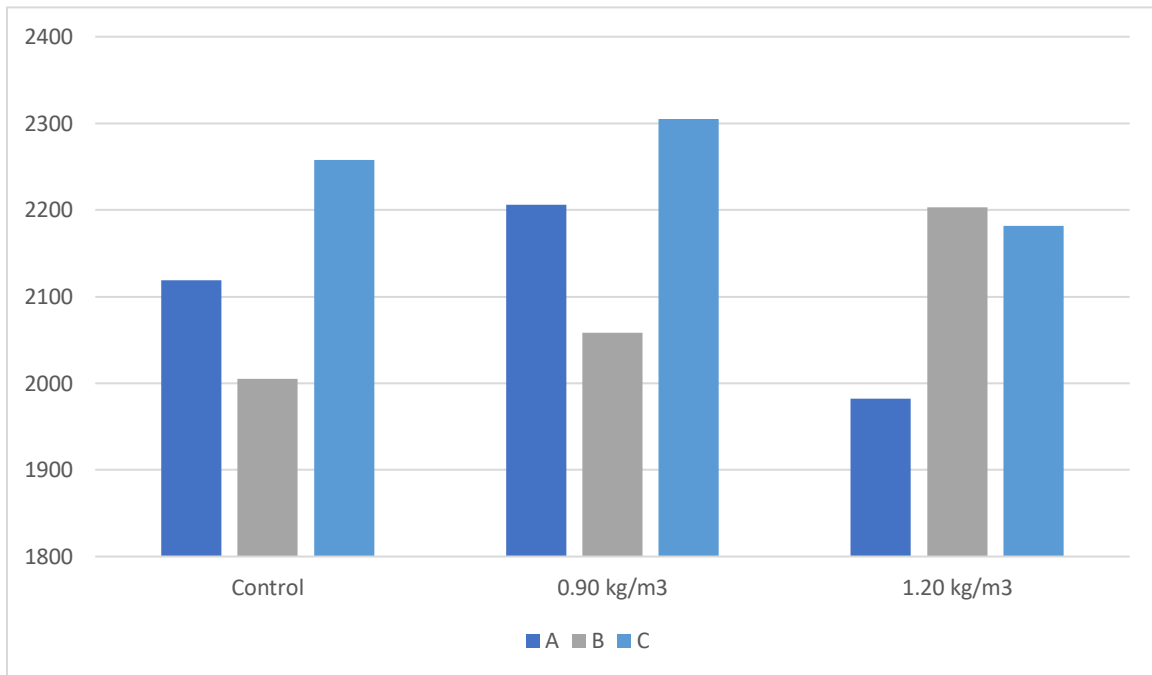


Ilustración 45 – Gráfica comparativa de resistencia a compresión 7 días Lazarus

Fuente: Propia

Se puede observar, en la Ilustración 45, que el mayor valor se presentó en la mezcla de concreto con 0.9 kg/m³ de FTLR en el testigo cilíndrico C. El segundo valor más alto se presenta en la mezcla control en el testigo C.

5.7.1.2. Resistencia a Compresión a 28 días de Edad

Así mismo, se presenta en la Tabla 39, la resistencia a compresión y el porcentaje de la resistencia alcanzado de cada mezcla a los 28 días de edad.

Tabla 39 – Resistencia a la compresión a 28 días Lazarus

Cilindro	Cantidad de Fibra (kg/m ³)	Edad (días)	Resistencia a Compresión (PSI)	Porcentaje de Resistencia (%)
CA28-90	0.9	28	2687	67
CB28-90	0.9	28	2773	69
CC28-90	0.9	28	2801	70
CA28-120	1.2	28	2794	70
CB28-120	1.2	28	2860	72
CC28-120	1.2	28	2885	72

Continuación Tabla 39...

CA28-00	0	28	2964	74
CB28-00	0	28	2952	74
CC28-00	0	28	2979	74

Fuente: Propia

Se visualizarán las rupturas realizadas a los 28 días de edad, resumidas en la Tabla 39, en la Ilustración 46, comparándose los resultados de las diferentes mezclas diseñadas.

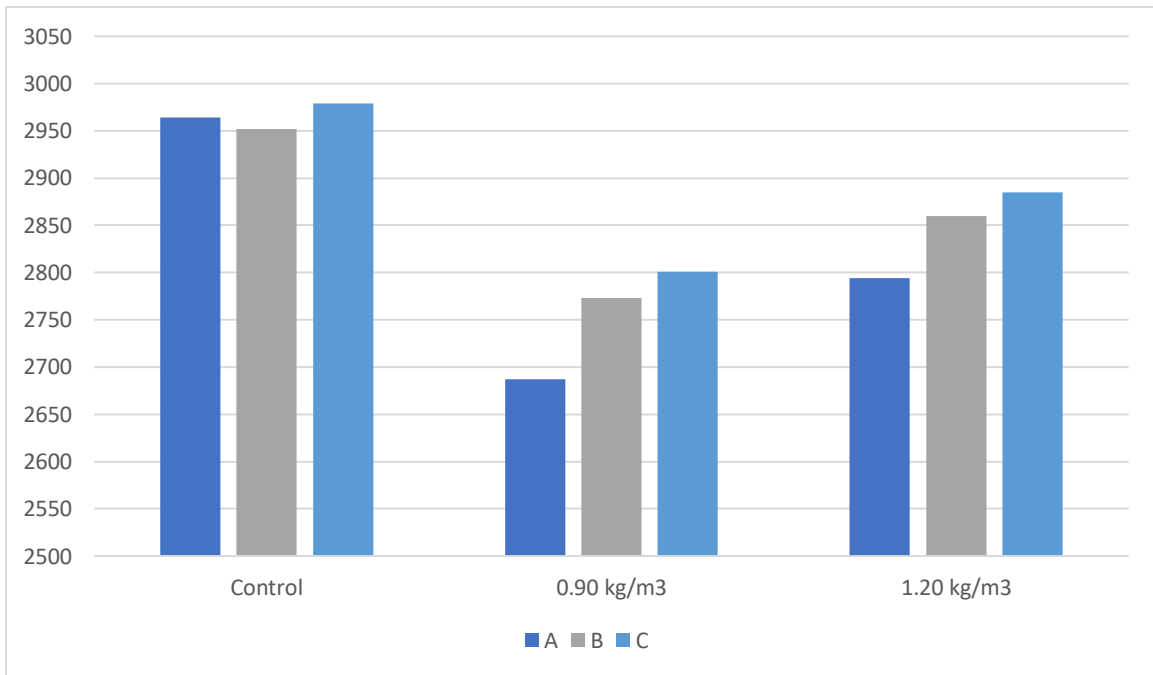


Ilustración 46 – Gráfica comparativa de resistencia a compresión 28 días Lazarus

Fuente: Propia

Se observa, en la Ilustración 46, que se obtuvo una mejor resistencia a la compresión en la mezcla control para los tres testigos cilíndricos. Por otro lado, la mezcla con 1.20 kg/m³ de FTLR obtuvo el segundo valor más alto, sin embargo, está considerablemente por debajo de la mezcla control. La mezcla con 0.9 kg/m³ de FTLR, a pesar de presentar resultados sobresalientes a una edad de 7 días, obtuvo los valores más bajos.

5.7.1.3. Comparación de Curva de Resistencia a Compresión

En la Tabla 40, se resumen los resultados obtenidos a 7 y 28 días de edad de los testigos cilíndricos, con su resistencia a compresión en PSI.

Tabla 40 – Resumen de resultados de resistencia compresión Lazarus

Edad (días)	Resistencia a Compresión Mezcla Control (PSI)	Resistencia a Compresión 0.9 kg/m ³ FTLR (PSI)	Resistencia a Compresión 1.20 kg/m ³ FTLR (PSI)
7	2119	2206	1982
7	2005	2058	2203
7	2258	2305	2182
28	2964	2687	2794
28	2952	2773	2860
28	2979	2801	2885

Fuente: Propia

Igualmente, con los resultados resumidos en la Tabla 40, se realizó una gráfica para poder hacer un análisis comparativo por medio de una mejor visualización de la variación de las resistencias a compresión obtenidas, de acuerdo con cada mezcla de concreto hidráulico diseñado (v. Ilustración 47).

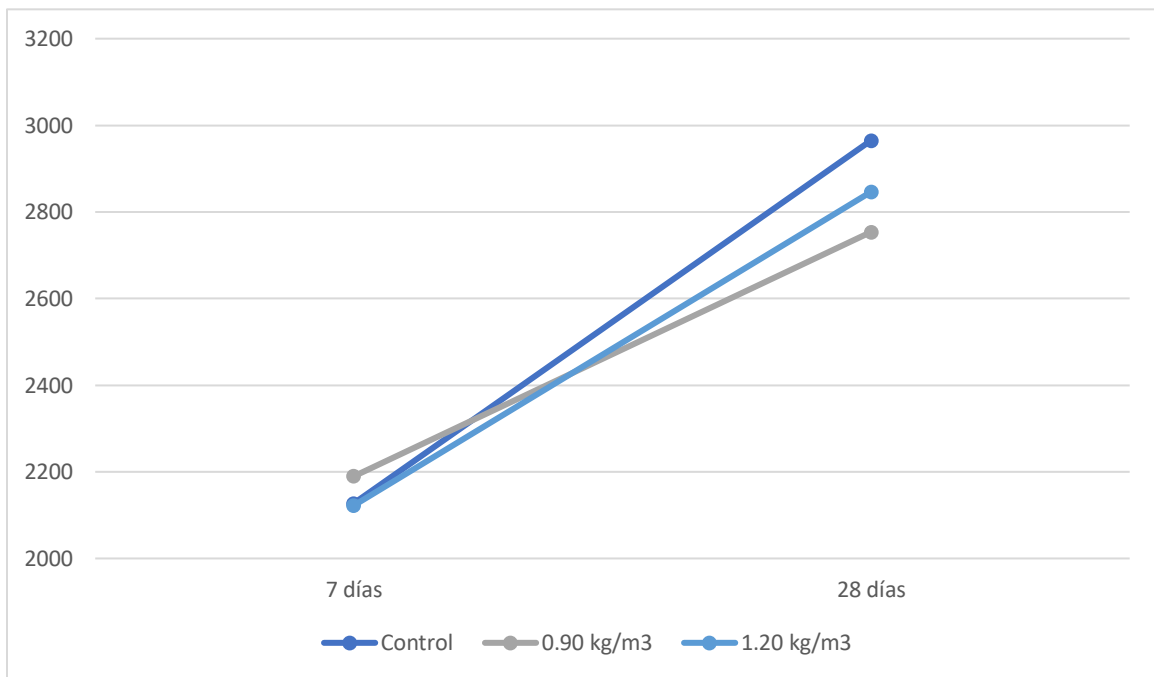


Ilustración 47 - Curva comparativa de resistencia a compresión Lazarus

Fuente: Propia

Se puede observar que la mezcla que tuvo el mejor comportamiento y alcanzó la mayor resistencia a compresión hasta los 28 días de edad fue la mezcla control. Esta superó los resultados a compresión de las mezclas restantes, los cuales contenían una cantidad de FTLR. Sin embargo, la mezcla con FTLR que sobresale de las demás es la de 1.20 kg/m³ de FTLR, pero, sin superar la resistencia de la mezcla control. Sin embargo, cabe mencionar que los valores resultantes se encuentran dentro de un rango cercano y que la mezcla control superó la mezcla con 1.20 kg/m³ de FTLR por solamente 94 PSI.

5.7.2. MÓDULO DE RUPTURA MEZCLAS LAZARUS Y LAZARUS

5.7.2.1. *Módulo de Ruptura a 7 días de Edad*

A continuación, en la Tabla 41, se puede observar el módulo de ruptura que se presentó en cada viga a los 7 días de edad. Por medio de esta, se puede hacer una comparación del módulo de ruptura alcanzado. En la columna final de la tabla, se colocó el porcentaje de MR de cada espécimen.

Tabla 41 – Módulo de Ruptura a 7 días Lazarus

Cilindro	Cantidad de Fibra (kg/m³)	Edad (días)	Resistencia a Compresión (PSI)	Porcentaje (%)
VA28-90	0.9	7	283	51
VB28-90	0.9	7	308	56
VA28-120	1.2	7	333	60
VB28-120	1.2	7	301	55
VA28-00	0	7	326	59
VB28-00	0	7	336	61

Fuente: Propia

Con los datos de la Tabla 41, se realizó la Ilustración 48, la cual muestra la comparación de los módulos de rupturas obtenidas a los 7 días de edad de las vigas para las diferentes mezclas realizadas en Lazarus y Lazarus.

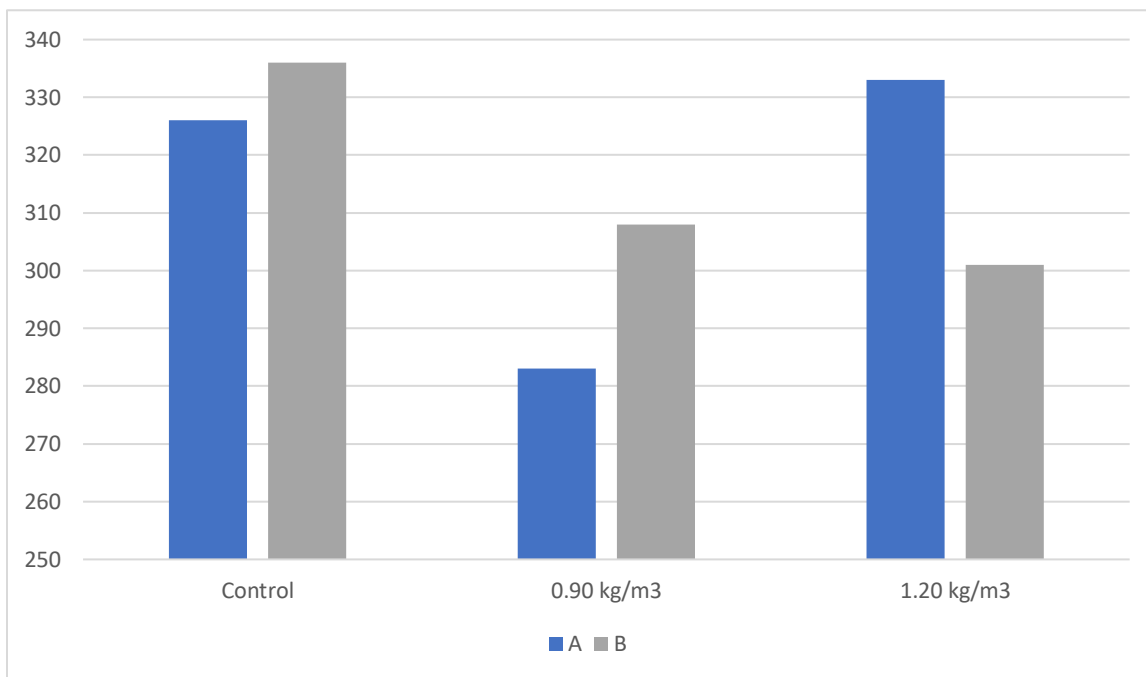


Ilustración 48 – Gráfica comparativa MR 7 días

Fuente: Propia

Se puede observar en la Ilustración 48 que la mezcla control presentó el mayor MR que las demás. Sin embargo, la mezcla con 1.20 kg/m³ de FTLR obtuvo un valor cercano al del control. Por otro lado, la mezcla con 0.90 kg/m³ presenta índices de no lograr un resultado sobresaliente.

5.7.2.2. Módulo de Ruptura a 28 días de Edad

La Tabla 42 muestra la comparación del módulo de ruptura a los 28 días de edad de cada mezcla de concreto. Así mismo, se calculó el porcentaje de resistencia equivalente de la resistencia de diseño (550 PSI). Se puede observar en dicha tabla que todos los cilindros ensayados alcanzaron más del 65% de la resistencia esperada.

Tabla 42 – Módulo de Ruptura 28 días Lazarus

Cilindro	Cantidad de Fibra (kg/m ³)	Edad (días)	Módulo de Ruptura (PSI)	Porcentaje (%)
VA28-90	0.9	28	368	67
VB28-90	0.9	28	399	73
VA28-120	1.2	28	393	71

Continuación Tabla 42...

VB28-120	1.2	28	378	69
VA28-00	0	28	389	71
VB28-00	0	28	375	68

Fuente: Propia

Por último, en la Ilustración 49, se presenta una gráfica comparativa de los módulos de rupturas alcanzados por los testigos prismáticos a los 28 días de edad.

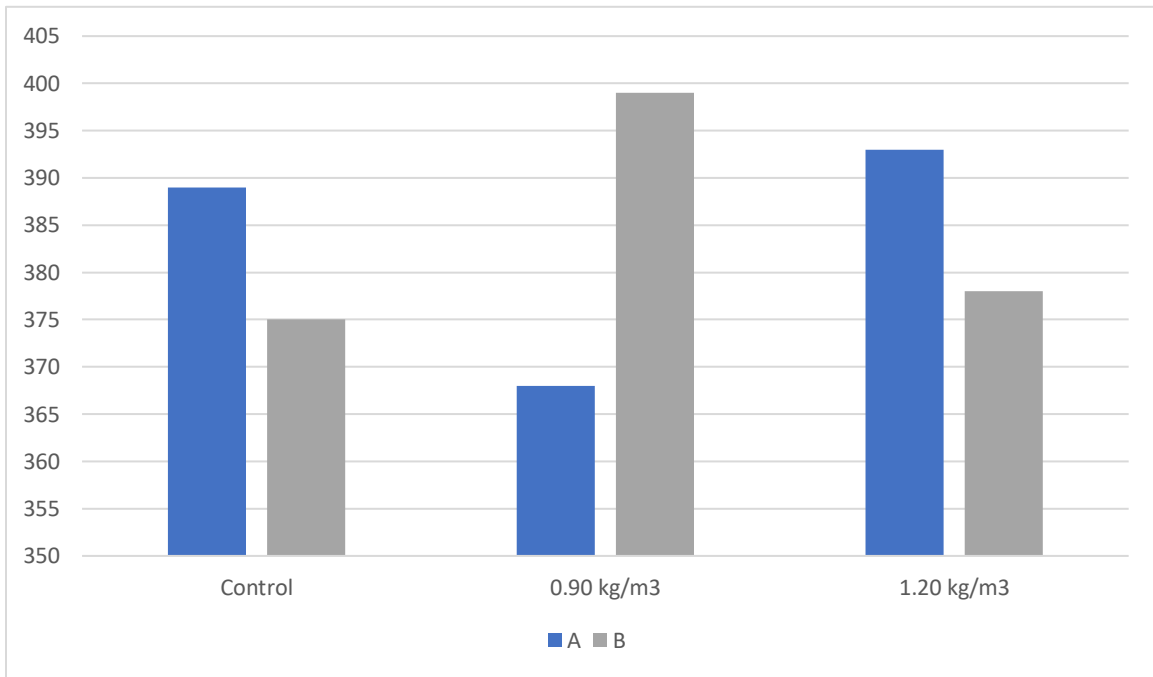


Ilustración 49 – Gráfica comparativa MR 28 días

Fuente: Propia

En la Ilustración 49 se puede observar que la mezcla con 0.90 kg/m³ de FTLR obtuvo el mejor resultado de todos los especímenes de concreto. Esto a pesar de haber presentado resultados bajos a una edad de 7 días.

5.7.2.3. Comparación de Curva del Módulo de Ruptura

A continuación, se muestra por medio de la Tabla 43, un resumen global de los módulos de rupturas obtenidos en las pruebas anteriores los 7 y 28 días de edad.

Tabla 43 – Resumen Módulo de Ruptura Lazarus

Edad (días)	Módulo de Ruptura Mezcla Control (PSI)	Módulo de Ruptura 0.9 kg/m ³ FTLR (PSI)	Módulo Ruptura 1.20 kg/m ³ FTLR (PSI)
7	326	283	333
7	336	308	301
28	389	368	393
28	375	399	378

Fuente: Propia

Igualmente, con los resultados de resumidos en la Tabla 43, se realizó una gráfica para poder hacer un análisis comparativo por medio de una mejor visualización de la variación de los módulos de ruptura obtenidas, de acuerdo con cada mezcla de concreto hidráulico en estudio (v. Ilustración 50).

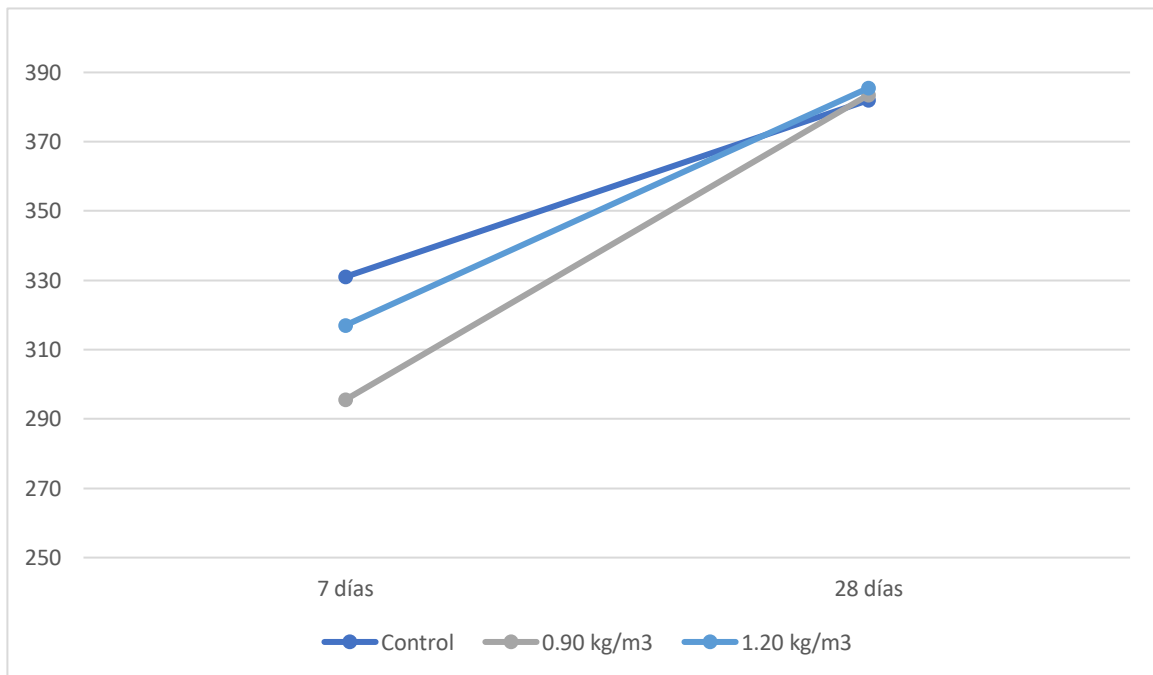


Ilustración 50 - Curva comparativa MR Lazarus

Fuente: Propia

Tras realizar dicha curva comparativa, se puede observar que, para el análisis del módulo de ruptura, la mezcla con 1.20 kg/m³ de FTLR fue la que obtuvo el MR más alto, a comparación de las restantes. Sin embargo, la diferencia que tiene este valor alto con las demás puede considerarse despreciable, así como se aprecia en la Ilustración 50.

CONCLUSIONES

- 1) Una vez analizados los resultados del módulo de ruptura (MR), se observó que a los 7 días de edad la adición de FTLR no generó un incremento en la resistencia del concreto que superara los resultados de la mezcla control. Sin embargo, a los 28 días de edad la adición de 0.90 kg/m³ de FTLR generó un incremento en la resistencia del concreto de un 2% en comparación a la mezcla control. La mezcla con 1.20 kg/m³ de FTLR también superó la mezcla control, pero solamente por un 0.72%. Con la información anterior se contesta la primera pregunta de investigación y las hipótesis formuladas en el capítulo II y IV, respectivamente, se aceptan las hipótesis de investigación Hi₃ y Hi₄.
- 2) Se analizaron los resultados de la ruptura de los cilindros y se encontraron las diferencias de resistencia a compresión (f'c) que se expondrán a continuación. A los 7 días de edad la mezcla con 0.90 kg/m³ superó la resistencia de la mezcla control por un 2%. No obstante, a los 28 días de ruptura, ninguna de las mezclas con FTLR alcanzó los 2979 PSI, obtenidos de la mezcla control, teniendo estas 2801 y 2885 PSI para las mezclas con 0.90 y 1.20 kg/m³ de FTLR, respectivamente. Con la información anterior se contesta la segunda pregunta de investigación y las hipótesis formuladas en el capítulo II y IV, respectivamente, se aceptan las hipótesis nulas Ho₁ y Ho₂.
- 3) Las propiedades mecánicas del concreto fueron evaluadas en base a la cantidad de FTLR utilizada. Dado esto, se concluye que ninguna de las cantidades utilizadas de FTLR causó un cambio significativo en cuanto al módulo de ruptura. La mezcla con adición de 0.90 kg/m³ de FTLR obtuvo el mayor resultado de módulo de ruptura a los 28 días de edad, aunque este incrementó el MR por solo un 2% en comparación a la mezcla control. Así mismo, la mezcla con adición de 1.20 kg/m³ de FTLR superó la mezcla control por 0.72%. Dicho lo anterior, el porcentaje óptimo de adición será de 0.90 kg/m³ de FTLR ya que generó el mayor incremento del módulo de ruptura.
- 4) Los valores obtenidos fueron analizados en cuanto a las resistencias a compresión. En esta parte del análisis, se concluyó que la cantidad de FTLR que se agregó en cada una de las mezclas no mejoró la resistencia a la compresión del concreto. Dado estos resultados, ninguna

cantidad representa una mejora en el concreto hidráulico al momento de ser sometido a compresión.

- 5) Se aproximó el costo de 1 m³ de concreto convencional 4000 PSI, con la dosificación utilizada para la investigación desarrollada, tiene un costo unitario total de L. 2,975.49. El concreto con adición de 0.90 kg/m³ de FTLR tiene un costo unitario total de L. 3,055.84, esto significa un aumento de L. 80.35, es decir, un 2.74% en base al concreto convencional. El concreto con adición de 1.20 kg/m³ de FTLR tiene un costo unitario total de L. 3,082.62, esto significa un aumento de L. 107.13, es decir, un 3.65% en base al concreto convencional. Es un valor despreciable para los beneficios de mayor resistencia, a largo plazo.

RECOMENDACIONES

- 1) Ya que la fibra no provee un valor agregado significativo en las mezclas, en base a los resultados obtenidos, no se recomienda utilizar fibra textil de llanta reciclada con el propósito de mejorar las propiedades de resistencia a compresión del concreto.
- 2) En referencia con la norma ACI 318, que establece un número mínimo de tres testigos de concreto para cilindros de 4"x 8", se recomienda disponer de más moldes metálicos para elaborar una cantidad considerable de especímenes, para aumentar el porcentaje de confianza a la hora de realizar el análisis estadístico, ya que teniendo una mayor muestra se puede decir con certeza que la población actuará o tendrá su mismo comportamiento.
- 3) Para efectos de obtener una mayor información del comportamiento mecánico de un concreto con este tipo de adiciones, es recomendable realizar un estudio al concreto ante cargas abrasivas, fuego y control de fisuras para realizar un análisis físico del concreto con FTLR en base a las normativas ACI que exponen el procedimiento a seguir para este tipo de pruebas en futuras investigaciones. Así mismo, realizar un análisis plástico del concreto con FTLR para completar el comportamiento mecánico de este tipo de mezcla.
- 4) Se recomienda determinar en futuras investigaciones un método empírico para limpiar el material, dado que cabe la posibilidad que la fibra textil de llanta reciclada limpia, en comparación a la utilizada que contiene partículas de caucho, podría generar cambios en las propiedades mecánicas óptimos.
- 5) En referencia a los resultados obtenidos del módulo de ruptura en las diferentes mezclas, se recomienda analizar la adición de FTLR en diferentes cantidades muy cercanas por debajo de 1.20 y encima de 0.90 kg/m³ para aproximar la cantidad óptima de fibra que mejore el MR del concreto.

APLICABILIDAD

Al culminar la investigación en cuestión, se analizaron los resultados obtenidos de acuerdo con las mezclas de concreto que se realizaron. Este concreto cumple con los requisitos, características y propiedades que se necesitan para producir concreto con una resistencia a la compresión de 4000 PSI y un módulo de ruptura de 550 PSI. El concreto producido no genera un ahorro económico dado que a este se le adiciona fibra textil de llanta reciclada sin reducir o sustituir la cantidad de agregados utilizados en la mezcla control. A continuación, se detalla el análisis de producción del concreto mediante fichas de costo.

Tabla 44 – Ficha de costo de concreto 4000 PSI

FICHA DE COSTO					
PROYECTO: ANALISIS DE CONCRETO HIDRAULICO CON FIBRA TEXTIL DE LLANTA RECICLADA EN SPS, 2019					
FECHA: ENERO 2020					
DESCRIPCIÓN: CONCRETO 4000 PSI					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL
1.00	Materiales				
1.01	CEMENTO PORTLAND TIPO GU	saco	6.59	L 190.00	L. 1,251.76
1.02	ARENA COHNSA PAYSA	m3	0.66	L 391.00	L. 257.83
1.03	FLETE ARENA	m3	0.66	L 100.00	L. 65.94
1.04	GRAVA DE 3/4" COHNSA PAYSA	m3	0.67	L 310.50	L. 208.80
1.05	FLETE GRAVA 3/4"	m3	0.67	L 100.00	L. 67.25
1.06	ADITIVO FXR	cubeta	0.09	L 2,218.40	L. 196.93
1.07	ADITIVO DT	cubeta	0.04	L 1,074.18	L. 47.68
1.08	AGUA	m3	0.13	L 15.79	L. 2.06
SUB TOTAL MATERIALES					L. 2,098.25
2.00	Mano de Obra			LPS/M3	
2.01	OPERADOR DE MAQUINARIA	und	1.00	L 41.25	L. 41.25
2.02	CARGADOR DE AGREGADOS	und	4.00	L 41.25	L. 165.00
2.03	ACARREADOR	und	1.00	L 41.25	L. 41.25
SUB TOTAL MANO DE OBRA					L. 247.50
3.00	Herramientas y Equipo				
3.01	HERRAMIENTA MENOR	%MO	5%	L 247.50	L. 12.38
3.02	MEZCLADORA	m3	1.00	L 65.90	L. 65.90
3.03	GASOLINA	galón	0.66	L 84.29	L. 55.55
SUB TOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO					L. 133.82
COSTO DIRECTO TOTAL					L. 2,479.57
% INDIRECTOS					20%
COSTO INDIRECTO TOTAL					L. 495.91
COSTO UNITARIO TOTAL					L. 2,975.49

Fuente: Propia

Se puede observar en la Tabla 44 el desglose del costo de los materiales, de la mano de obra, y de las herramientas utilizadas para producir un metro cúbico de concreto común. El costo de este dio un valor resultante de L. 2,975.49 al haberle agregado un costo indirecto del 20% al costo directo total.

Se prosigue a calcular el costo unitario total de un metro cúbico de concreto 4000 PSI con adición de 0.90 kg/m³ de FTLR en la Tabla 45.

Tabla 45 – Ficha de costo de concreto 4000 PSI con 0.90 kg/m³ FTLR

FICHA DE COSTO						
PROYECTO: ANALISIS DE CONCRETO HIDRAULICO CON FIBRA TEXTIL DE LLANTA RECICLADA EN SPS, 2019						
FECHA: ENERO 2020						
DESCRIPCIÓN: CONCRETO 4000 PSI CON 0.90 KG/M3 FTLR						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL	
1.00	Materiales					
1.01	CEMENTO PORTLAND TIPO GU	saco	6.59	L 190.00	L. 1,251.76	
1.02	ARENA COHNSA PAYSА	m3	0.66	L 391.00	L. 257.83	
1.03	FLETE ARENA	m3	0.66	L 100.00	L. 65.94	
1.04	GRAVA DE 3/4" COHNSA PAYSА	m3	0.67	L 310.50	L. 208.80	
1.05	FLETE GRAVA 3/4"	m3	0.67	L 100.00	L. 67.25	
1.06	ADITIVO FXR	cubeta	0.09	L 2,218.40	L. 196.93	
1.07	ADITIVO DT	cubeta	0.04	L 1,074.18	L. 47.68	
1.08	FIBRA TEXTIL DE LLANTA RECICLADA	kg	0.90	L 74.40	L. 66.96	
1.09	AGUA	m3	0.13	L 15.79	L. 2.06	
SUB TOTAL MATERIALES						L. 2,165.21
2.00	Mano de Obra					
2.01	OPERADOR DE MAQUINARIA	und	1.00	L 41.25	L. 41.25	
2.02	CARGADORES DE AGREGADOS	und	4.00	L 41.25	L. 165.00	
2.03	ACARREADOR	und	1.00	L 41.25	L. 41.25	
SUB TOTAL MANO DE OBRA						L. 247.50
3.00	Herramientas y Equipo					
3.01	HERRAMIENTA MENOR	%MO	5%	L 247.50	L. 12.38	
3.02	MEZCLADORA	m3	1.00	L 65.90	L. 65.90	
3.03	GASOLINA	galón	0.66	L 84.29	L. 55.55	
SUB TOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						L. 133.82
COSTO DIRECTO TOTAL						L. 2,546.53
% INDIRECTOS						20%
COSTO INDIRECTO TOTAL						L. 509.31
COSTO UNITARIO TOTAL						L. 3,055.84

Fuente: Propia

Como se puede observar en la Tabla 45, el costo unitario final del concreto 4000 PSI con 0.90 kg/m³ de FTLR es de L. 3,055.84. La adición de 0.90 kg/m³ de FTLR incrementa el valor del concreto común por L. 80.35.

Finalmente, se calcula mediante una ficha de costo, el precio del concreto 4000 PSI con 1.20 kg/m³ de FTLR. Se presenta el desglose de los materiales, mano de obra y herramienta considerados en la Tabla 46.

Tabla 46 – Ficha de costo de concreto 4000 PSI con 1.20 kg/m³ FTLR

FICHA DE COSTO					
PROYECTO: ANALISIS DE CONCRETO HIDRAULICO CON FIBRA TEXTIL DE LLANTA RECICLADA EN SPS, 2019					
FECHA: ENERO 2020					
DESCRIPCIÓN: CONCRETO 4000 PSI CON 1.20 KG/M3 FTLR					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL
1.00	Materiales				
1.01	CEMENTO PORTLAND TIPO GU	saco	6.59	L 190.00	L. 1,251.76
1.02	ARENA COHNSA PAYSA	m3	0.66	L 391.00	L. 257.83
1.03	FLETE ARENA	m3	0.66	L 100.00	L. 65.94
1.04	GRAVA DE 3/4" COHNSA PAYSA	m3	0.67	L 310.50	L. 208.80
1.05	FLETE GRAVA 3/4"	m3	0.67	L 100.00	L. 67.25
1.06	ADITIVO FXR	cubeta	0.09	L 2,218.40	L. 196.93
1.07	ADITIVO DT	cubeta	0.04	L 1,074.18	L. 47.68
1.08	FIBRA TEXTIL DE LLANTA RECICLADA	kg	1.20	L 74.40	L. 89.28
1.09	AGUA	m3	0.13	L 15.79	L. 2.06
SUB TOTAL MATERIALES					L. 2,187.53
2.00	Mano de Obra				
2.01	OPERADOR DE MAQUINARIA	und	1.00	L 41.25	L. 41.25
2.02	CARGADORES DE AGREGADOS	und	4.00	L 41.25	L. 165.00
2.03	ACARREADOR	und	1.00	L 41.25	L. 41.25
SUB TOTAL MANO DE OBRA					L. 247.50
3.00	Herramientas y Equipo				
3.01	HERRAMIENTA MENOR	%MO	5%	L 247.50	L. 12.38
3.02	MEZCLADORA	m3	1.00	L 65.90	L. 65.90
3.03	GASOLINA	galón	0.66	L 84.29	L. 55.55
SUB TOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO					L. 133.82
COSTO DIRECTO TOTAL					L. 2,568.85
% INDIRECTOS					20%
COSTO INDIRECTO TOTAL					L. 513.77
COSTO UNITARIO TOTAL					L. 3,082.62

Fuente: Propia

En base al cálculo desarrollado, la adición de 1.20 kg/m³ de FTLR a la mezcla de concreto, genera un aumento en el costo del concreto de L. 107.13 al compararlo al concreto común. El costo unitario total de esta mezcla es de L. 3,082.62.

Tomando como referencia las conclusiones de esta investigación, la relación costo-beneficio no es significativo para estructuras que están a flexión. Por dicho motivo, no hay una razón viable que respalde la adición de FTLR a un concreto convencional. Sin embargo, se pueden usar en estructuras de obra gris de menor escala y aquellas diseñadas a flexión tales como: aceras, bordillos, pavimentos, escaleras y pasos peatonales. No se podría aplicar esta adición a estructuras que estén exclusivamente diseñadas a compresión.

BIBLIOGRAFÍA

Adam Equipment EBL 4602e Balance 4600g x 0.01g—Adam Equipment USA. (s. f.).

Recuperado 30 de septiembre de 2019, de

<https://www.adamequipment.com/es/ebl-4602e-es>

American Concrete Society. (1904). *ACI Standards*.

American Society for Testing and Materials. (1898). *ASTM Standards*.

Bagueta o Varilla de Agitación » TP - Laboratorio Químico. (s. f.). TP - Laboratorio Químico.

Recuperado 26 de septiembre de 2019, de

<https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e->

[instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/bagueta-o-varilla-de-agitacion.html](https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/bagueta-o-varilla-de-agitacion.html)

C09 Committee. (s. f.-a). *Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete.*

ASTM International. https://doi.org/10.1520/C0143_C0143M

C09 Committee. (s. f.-b). *Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption*

of Fine Aggregate. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/C0128-15>

C09 Committee. (s. f.-c). *Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.*

ASTM International. https://doi.org/10.1520/C0136_C0136M-14

Cinta métrica—EcuRed. (s. f.). Recuperado 26 de septiembre de 2019, de

https://www.ecured.cu/Cinta_m%C3%A9trica#Metro_de_carpintero

Contaminación por predios usados como basureros en San Pedro Sula. (s. f.). Diario El Heraldito. Recuperado 13 de enero de 2020, de <https://www.laprensa.hn/honduras/sanpedrosula/742069-98/contaminación-por-predios-usados-como-basureros-en-san-pedro-sula>

COTECNO. (s. f.). Matraz para gravedad específica (Chapman) -H-3460—COTECNO. *COTECNO | Equipamiento Científico | Prospecciones, Auscultación, Geofísica, Ingeniería.* Recuperado 29 de septiembre de 2019, de <https://www.cotecno.cl/nuestros-productos/frasco-de-gravedad-especifica-chapman/>

Daniel, J. I., Gopalaratnam, V. S., & Galinat, M. A. (s. f.). *Reported by ACI Committee 544.* 66.

Hernandez Sampieri, R. (2010). *Metodología de la Investigación* (6.ª ed.). McGRAW-HILL.

Hidroxido de sodio.pdf. (s. f.). Recuperado 25 de septiembre de 2019, de http://iio.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/hidroxido_de_sodio.pdf

Hormigonera | Construpedia, enciclopedia construcción. (s. f.). Recuperado 26 de septiembre de 2019, de <https://www.construmatica.com/construpedia/Hormigonera>

Kosmatka, S. H. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto.* Portland Cement Association.

LLCMS32-Admix-DT-rev01.pdf. (s. f.). Recuperado 25 de septiembre de 2019, de
<http://lazarushn.com/descargas/LLCMS32-Admix-DT-rev01.pdf>

LLCMS34-Hyper-Admix-FXL-rev01.pdf. (s. f.). Recuperado 25 de septiembre de 2019, de
<http://lazarushn.com/descargas/LLCMS34-Hyper-Admix-FXL-rev01.pdf>

Mazo de goma: Características a tener en cuenta en su elección - Blog. (2017, junio 13).
Blog de soluciones integrales para el suministro industrial de la empresa.
<https://blog.bextok.com/mazo-de-goma-caracteristicas/>

Onuaguluchi, O., & Banthia, N. (2019). *Valor agregado de reuso de fibra textil de llantas usados en aplicaciones estructurales basadas en cemento.*

Paleta de Albañil—EcuRed. (s. f.). Recuperado 26 de septiembre de 2019, de
https://www.ecured.cu/Paleta_de_Alba%C3%B1il

Parra, A., & Parra, M. (2007). *Comportamiento del Concreto Hidráulico con adiciones de Fibra.*
<https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://www.construaprende.com/pdf/comportamiento-concreto-hidraulico-adiciones-fibra.pdf>

Picnómetro—EcuRed. (s. f.). Recuperado 26 de septiembre de 2019, de
<https://www.ecured.cu/Picn%C3%B3metro>

Quality of Water for Concrete Construction and its Specification. (2011, noviembre 20). The Constructor. <https://theconstructor.org/practical-guide/construction-water-qualityspecification/6012/>

¿Qué es Excel y para qué sirve? • Excel Total. (2011, enero 1). *Excel Total*. <https://exceltotal.com/que-es-excel/>

Redes. (2017, mayo 4). Los neumáticos tardan 1000 años en desaparecer de la naturaleza ¿Usted que hace con ellos? *Puro Motor*. <https://www.puromotor.com/industria/los-neumaticos-tardan-1000-anos-desaparecer-la-naturaleza-usted/>

Rodríguez, E. (2018). *Crean artículos sustentables con llantas usadas*. <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Crean-articulos-sustentables-con-llantas-usadas-20181203-0056.html>

Termómetro » TP - Laboratorio Químico. (s. f.). Recuperado 26 de septiembre de 2019, de <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/termometro.html>

ANEXOS

Anexo 1 – Consideraciones Técnicas de la Norma ASTM C29

a) En estado suelto (o peso volumétrico suelto PVS)

Este procedimiento se utiliza para agregados que tengan un tamaño máximo nominal menor o igual 1 ½" (37.5 mm), básicamente se introduce el agregado en el molde seleccionado en su estado suelto, llenándolo por medio de una cuchara o pala a una altura que no exceda de 2" por encima del borde superior del molde hasta que el material rebose el molde; teniendo el cuidado de evitar en la medida de lo posible la segregación. A continuación se nivela la superficie con una regla enrasadora (en agregado fino o grueso) teniendo el cuidado de no presionar mucho para no compactar ligeramente su estado suelto o nivelando directamente con los dedos (en agregado grueso) de forma tal que ninguna pieza se proyecte o balancee los huecos en la superficie por debajo del borde del recipiente. A continuación se determinan los pesos del molde con el agregado y del peso del molde solo (con una precisión de al menos 0.1 lb o 0.05 kg) y se procede a realizar la serie de cálculos (con las unidades consistentes) como se muestra a continuación:

$$PVS=(G_1-T)/V \text{ ó } (G_1-T)\times(1/V) = (G_1-T)\times F \quad \text{Ec. 3-3}$$

Donde:

PVS = Peso volumétrico suelto en lb/pie³ o kg/m³.
G₁ = Peso del agregado suelto más molde en lb o kg
T = Peso del molde en lb o kg
V = Volumen del molde en pie³ o m³

Nota: El valor de peso volumétrico suelto debe reportarse con una precisión de 1 lb/pie³ o 10 kg/m³ y deben hacerse al menos 2 determinaciones y verificar que la desviación estándar (1s) con un solo operador no exceda de 0.88 lb/pie³ (14 kg/m³).

Si desea conocer el valor de densidad total pero en estado saturado superficialmente seco (SSS) y se dispone del valor de absorción respectivo obtenido por medio de los procedimientos descritos en ASTM C 127 o C 128, puede determinarse la densidad total en condición SSS con la siguiente expresión:

$$PVS_{SSS}=PVS\times(1+A/100) \quad \text{Ec. 3-4}$$

Donde:

PV_{SSS} = Peso volumétrico suelto en condición saturado superficialmente seco (SSS) en lb/pie³ o kg/m³.
A = Absorción, en %

b) En estado compacto

Para determinar el contenido de vacíos se requiere el valor de gravedad específica obtenida de acuerdo a los procedimientos descritos en ASTM C-127 o C 128 según corresponda y se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de vacíos} = 100 \times (S\gamma_{\text{agua}} - PVS) / (S\gamma_{\text{agua}}) \quad \text{Ec. 3-5}$$

Donde:

% de vacíos = Porcentaje de vacíos, en %.

S = Gravedad específica del agregado (adimensional)

γ_{agua} = Densidad del agua, 62.3 lb/pie³ o 998 kg/m³

permitir que la varilla toque el fondo del recipiente. A continuación se llena el recipiente a dos tercios de su altura, se vuelve a nivelar y varillar (para la segunda y tercera capa se procura aplicar golpes vigorosos pero de forma tal que la varilla no penetre la capa anterior), finalmente se llena el recipiente hasta rebosarlo y se varilla de la forma descrita anteriormente. Se nivela la superficie del agregado con los dedos o regla enrasadora de tal forma que ninguna partícula del agregado grueso sobresalga, balancee lo huecos por debajo del borde del recipiente. A continuación se determinan los pesos del molde con el agregado y del peso del molde solo (con una precisión de al menos 0.1 lb o 0.05 kg) y se procede a realizar la serie de cálculos (con las unidades consistentes) como se muestra a continuación:

$$PVV = (G_v - T) / V \text{ ó } (G_v - T) \times (1/V) = (G_v - T) \times F \quad \text{Ec. 3-6}$$

Donde:

PVV = Peso volumétrico varillado en lb/pie³ o kg/m³.

G_v = Peso del agregado varillado más molde en lb o kg

T = Peso del molde en lb o kg

V = Volumen del molde en pie³ o m³

Anexo 2 – Requerimientos de Granulometría para el Agregado Grueso ASTM C33-06

TABLE 2 Grading Requirements for Coarse Aggregates

Size Number	Nominal Size (Sieves with Square Openings)	Amounts Finer than Each Laboratory Sieve (Square-Openings), Mass Percent													
		100 mm (4 in.)	90 mm (3½ in.)	75 mm (3 in.)	63 mm (2½ in.)	50 mm (2 in.)	37.5 mm (1½ in.)	25.0 mm (1 in.)	19.0 mm (¾ in.)	12.5 mm (½ in.)	9.5 mm (¾ in.)	4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)	300 µm (No.50)
1	90 to 37.5 mm (3½ to 1½ in.)	100	90 to 100	...	25 to 60	...	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...	...	...
2	63 to 37.5 mm (2½ to 1½ in.)	...	...	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...	...	...
3	50 to 25.0 mm (2 to 1 in.)	...	...	...	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...	...
357	50 to 4.75 mm (2 in. to No. 4)	...	...	...	100	95 to 100	...	35 to 70	...	10 to 30	...	0 to 5	...	...	...
4	37.5 to 19.0 mm (1½ to ¾ in.)	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...
467	37.5 to 4.75 mm (1½ in. to No. 4)	...	...	...	...	100	95 to 100	...	35 to 70	...	10 to 30	0 to 5	...	...	...
5	25.0 to 12.5 mm (1 to ½ in.)	...	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	0 to 10	0 to 5	...	...	...	...
56	25.0 to 9.5 mm (1 to ¾ in.)	...	...	...	...	...	100	90 to 100	40 to 85	10 to 40	0 to 15	0 to 5	...	...	...
57	25.0 to 4.75 mm (1 in. to No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 to 100	...	25 to 60	...	0 to 10	0 to 5	...	...
6	19.0 to 9.5 mm (¾ to ¾ in.)	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	0 to 5	...	...	...
67	19.0 to 4.75 mm (¾ in. to No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	...	20 to 55	0 to 10	0 to 5	...	...
7	12.5 to 4.75 mm (½ in. to No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	40 to 70	0 to 15	0 to 5	...	...
8	9.5 to 2.36 mm (¾ in. to No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 to 100	10 to 30	0 to 10	0 to 5	...
89	9.5 to 1.18 mm (¾ in. to No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	5 to 30	0 to 10	0 to 5
9 ^A	4.75 to 1.18 mm (No. 4 to No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 to 100	10 to 40	0 to 10	0 to 5

^A Size number 9 aggregate is defined in Terminology C125 as a fine aggregate. It is included as a coarse aggregate when it is combined with a size number 8 material to create a size number 89, which is a coarse aggregate as defined by Terminology C125.

C33/C33M – 08

Anexo 3 – Procedimiento ASTM C39-18



(specimen dimension method) or 7.4.2 (submerged weighing method). For either method, use a balance or scale that is accurate to within 0.3 % of the mass being measured.

7.4.1 Remove any surface moisture with a towel and measure the mass of the specimen. Measure the length of the specimen to the nearest 1 mm [0.05 in.] at three locations spaced evenly around the circumference. Compute the average length and record to the nearest 1 mm [0.05 in.].

7.4.2 Remove any surface moisture with a towel and determine the mass of the specimen in air. Submerge the specimen in water at a temperature of $23.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ [$73.5 \pm 3.5^\circ\text{F}$] for 15 ± 5 sec. Then, determine the apparent mass of the specimen while submerged under water.

7.5 When density determination is not required and the length to diameter ratio is less than 1.8 or more than 2.2, measure the length of the specimen to the nearest 0.05 D.

8. Procedure

8.1 Compression tests of moist-cured specimens shall be made as soon as practicable after removal from moist storage.

8.2 Test specimens shall be kept moist by any convenient method during the period between removal from moist storage and testing. They shall be tested in the moist condition.

8.3 Tolerances for specimen ages are as follows:

Test Age ^A	Permissible Tolerance
24 h	± 0.5 h
3 days	± 2 h
7 days	± 6 h
28 days	± 20 h
90 days	± 2 days

^AFor test ages not listed, the test age tolerance is $\pm 2.0\%$ of the specified age.

8.3.1 Unless otherwise specified by the specifier of tests, for this test method the test age shall start at the beginning of casting specimens.

8.4 *Placing the Specimen*—Place the lower bearing block, with the hardened face up, on the table or platen of the testing machine. Wipe clean the bearing faces of the upper and lower bearing blocks, spacers if used, and of the specimen. If using unbonded caps, wipe clean the bearing surfaces of the retainers and center the unbonded caps on the specimen. Place the specimen on the lower bearing block and align the axis of the specimen with the center of thrust of the upper bearing block.

NOTE 11—Although the lower bearing block may have inscribed concentric circles to assist with centering the specimen, final alignment is made with reference to the upper bearing block.

8.4.1 *Zero Verification and Block Seating*—Prior to testing the specimen, verify that the load indicator is set to zero. In cases where the indicator is not properly set to zero, adjust the indicator (Note 12). After placing the specimen in the machine but prior to applying the load on the specimen, tilt the movable portion of the spherically seated block gently by hand so that the bearing face appears to be parallel to the top of the test specimen.

NOTE 12—The technique used to verify and adjust load indicator to zero will vary depending on the machine manufacturer. Consult your owner's manual or compression machine calibrator for the proper technique.

8.4.2 *Verification of Alignment When Using Unbonded Caps*—If using unbonded caps, verify the alignment of the specimen after application of load, but before reaching 10 % of the anticipated specimen strength. Check to see that the axis of the cylinder does not depart from vertical by more than 0.5° (Note 13) and that the ends of the cylinder are centered within the retaining rings. If the cylinder alignment does not meet these requirements, release the load, and carefully recenter the specimen. Reapply load and recheck specimen centering and alignment. A pause in load application to check cylinder alignment is permissible.

NOTE 13—An angle of 0.5° is equal to a slope of approximately 1 mm in 100 mm [$1/8$ inches in 12 inches]

8.5 *Rate of Loading*—Apply the load continuously and without shock.

8.5.1 The load shall be applied at a rate of movement (platen to crosshead measurement) corresponding to a stress rate on the specimen of 0.25 ± 0.05 MPa/s [35 ± 7 psi/s] (see Note 14). The designated rate of movement shall be maintained at least during the latter half of the anticipated loading phase.

NOTE 14—For a screw-driven or displacement-controlled testing machine, preliminary testing will be necessary to establish the required rate of movement to achieve the specified stress rate. The required rate of movement will depend on the size of the test specimen, the elastic modulus of the concrete, and the stiffness of the testing machine.

8.5.2 During application of the first half of the anticipated loading phase, a higher rate of loading shall be permitted. The higher loading rate shall be applied in a controlled manner so that the specimen is not subjected to shock loading.

8.5.3 Make no adjustment in the rate of movement (platen to crosshead) as the ultimate load is being approached and the stress rate decreases due to cracking in the specimen.

8.6 Apply the compressive load until the load indicator shows that the load is decreasing steadily and the specimen displays a well-defined fracture pattern (Types 1 to 4 in Fig. 2). For a testing machine equipped with a specimen break detector, automatic shut-off of the testing machine is prohibited until the load has dropped to a value that is less than 95 % of the peak load. When testing with unbonded caps, a corner fracture similar to a Type 5 or 6 pattern shown in Fig. 2 may occur before the ultimate capacity of the specimen has been attained. Continue compressing the specimen until the user is certain that the ultimate capacity has been attained. Record the maximum load carried by the specimen during the test, and note the type of fracture pattern according to Fig. 2. If the fracture pattern is not one of the typical patterns shown in Fig. 2, sketch and describe briefly the fracture pattern. If the measured strength is lower than expected, examine the fractured concrete and note the presence of large air voids, evidence of segregation, whether fractures pass predominantly around or through the coarse aggregate particles, and verify end preparations were in accordance with Practice C617/ C617M or Practice C1231/C1231M.

9. Calculation

9.1 Calculate the compressive strength of the specimen as follows:

SI units:

Anexo 4 – Procedimiento ASTM C40-04

8. PROCEDIMIENTO

8.1 Llenar una botella de vidrio hasta el nivel de aproximadamente 130 mL (4 ½ Onzas fluidas) (US) con la muestra del agregado fino a ser ensayado (Ver terminología NTG 41006 (C 125).

8.2 Agregar la solución de hidróxido de sodio hasta que el volumen del agregado fino y el líquido indicados después de su agitación, sea de aproximadamente 200 mL (7 Onzas fluidas) (US).

8.3 Taponar la botella, agitar vigorosamente hasta saturar la muestra de material y luego dejarla reposar por 24 horas.

9. DETERMINACIÓN DEL VALOR DEL COLOR

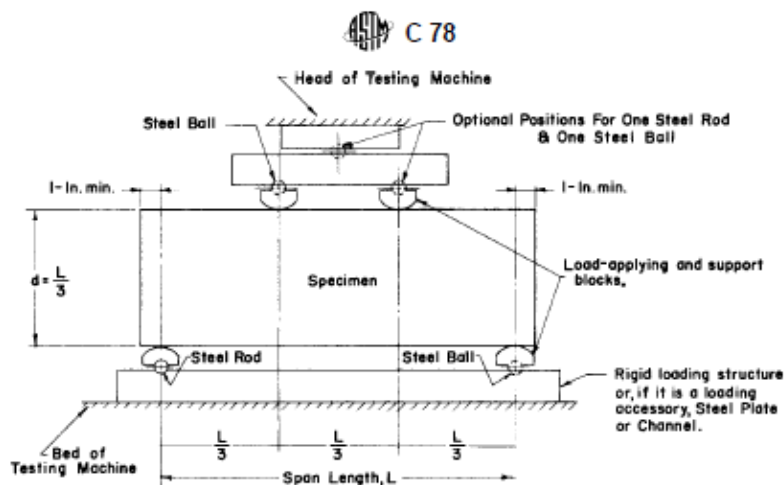
9.1 Procedimiento de la solución de color estándar. Al finalizar el período de reposo de 24 h, llenar una botella de vidrio hasta aproximadamente la marca de 75 mL con una solución fresca, de color estándar preparada no más de 2 h previas, como se prescribe en 5.2. Poner la botella con la muestra de ensayo y la botella con la solución de color estándar, lado a lado y comparar el color de luz transmitida a través del líquido que está sobre la muestra, con el color de la luz transmitida por la solución de color estándar. Registrar si el color del líquido que está sobre la muestra es más claro más oscuro o igual al color de la solución de color estándar.

9.2 Procedimiento de los vidrios de color estándar. Para definir con mayor precisión el color del líquido sobrenadante de la muestra de ensayo, se deben usar cinco vidrios de colores estándar con los siguientes colores:

No. de color estándar Gardner	No. Placa Orgánica
5	1
8	2
11	3 (Max. Permisible)
14	4
16	5

Se debe usar la comparación como se describe en 9.1 excepto que se informa el color de placa orgánica más parecida al color del líquido sobrenadante sobre la muestra de ensayo. Al utilizar este procedimiento, no es necesario preparar la solución de color estándar.

Anexo 5 – Procedimiento ASTM C78-02



NOTE 1—This apparatus may be used inverted. If the testing machine applies force through a spherically seated head, the center pivot may be omitted, provided one load-applying block pivots on a rod and the other on a ball.

NOTE 2—1 in. = 25.4 mm.

FIG. 1 Diagrammatic View of a Suitable Apparatus for Flexure Test of Concrete by Third-Point Loading Method

contact with the rod or ball by means of spring-loaded screws that hold them in contact with the pivot rod or ball. The uppermost bearing plate and center point ball in Fig. 1 may be omitted when a spherically seated bearing block is used, provided one rod and one ball are used as pivots for the upper load-applying blocks.

5. Testing

5.1 The test specimen shall conform to all requirements of Test Method C 42 or Practices C 31 or C 192 applicable to beam and prism specimens and shall have a test span within 2 % of being three times its depth as tested. The sides of the specimen shall be at right angles with the top and bottom. All surfaces shall be smooth and free of scars, indentations, holes, or inscribed identification marks.

5.2 The technician performing the flexural strength test should be certified as an ACI Technician—Grade II, or by an equivalent written and performance test program.

NOTE 1—The testing laboratory performing this test method may be evaluated in accordance with Practice C 1077.

6. Procedure

6.1 Flexural tests of moist-cured specimens shall be made as soon as practical after removal from moist storage. Surface drying of the specimen results in a reduction in the measured flexural strength.

6.2 When using molded specimens, turn the test specimen on its side with respect to its position as molded and center it on the support blocks. When using sawed specimens, position the specimen so that the tension face corresponds to the top or bottom of the specimen as cut from the parent material. Center the loading system in relation to the applied force. Bring the load-applying blocks in contact with the surface of the specimen at the third points and apply a load of between 3 and 6 % of the estimated ultimate load. Using 0.004 in. (0.10 mm) and 0.015 in. (0.38 mm) leaf-type feeler gages, determine whether

any gap between the specimen and the load-applying or support blocks is greater or less than each of the gages over a length of 1 in. (25 mm) or more. Grind, cap, or use leather shims on the specimen contact surface to eliminate any gap in excess of 0.004 in. (0.10 mm) in width. Leather shims shall be of uniform 1/4 in. (6.4 mm) thickness, 1 to 2 in. (25 to 50 mm) width, and shall extend across the full width of the specimen. Gaps in excess of 0.015 in. (0.38 mm) shall be eliminated only by capping or grinding. Grinding of lateral surfaces should be minimized inasmuch as grinding may change the physical characteristics of the specimens. Capping shall be in accordance with the applicable sections of Practice C 617.

6.3 Load the specimen continuously and without shock. The load shall be applied at a constant rate to the breaking point. Apply the load at a rate that constantly increases the extreme fiber stress between 125 and 175 psi/min (0.86 and 1.21 MPa/min) until rupture occurs. The loading rate is calculated using the following equation:

$$r = Sbd^2/L \quad (1)$$

where:

r = loading rate, lb/min (MN/min),

S = rate of increase in extreme fiber stress, psi/min (MPa/min),

b = average width of the specimen, in. (mm),

d = average depth of the specimen, in. (mm), and

L = span length, in. (mm).

7. Measurement of Specimens After Test

7.1 To determine the dimensions of the specimen cross section for use in calculating modulus of rupture, take measurements across one of the fractured faces after testing. For each dimension, take one measurement at each edge and one at the center of the cross section. Use the three measurements for each direction to determine the average width and the average depth. Take all measurements to the nearest 0.05 in. (1 mm). If

Anexo 6 – Procedimiento ASTM C127-07

8. Procedimiento

8,1 Secar la muestra de prueba en el horno a un peso constante a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, enfriar en aire a temperatura ambiente durante 1 a 3 h para muestras de ensayo de 37,5 mm (1 1/2-in.) Tamaño nominal máximo, o más largo para los tamaños más grandes hasta que el agregado se ha enfriado a una temperatura que es cómoda de manejar (aproximadamente 50°C). Posteriormente sumergir el agregado en agua a temperatura ambiente durante un período de 24 ± 4 h.

8,2 Cuando los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) son para utilizarse en la dosificación de mezclas de concreto en el que los agregados estarán en su condición naturalmente húmeda, el requisito en 8,1 para el secado inicial es opcional, y, si las superficies de las partículas en la muestra se han mantenido constantemente húmedas hasta la prueba, el requisito del 8,1 para 24 ± 4 h de remojo es también opcional.

NOTA 3- Los valores para la absorción y la densidad relativa (gravedad específica) (SSD) puede ser significativamente mayor para el agregado que no se ha secado al horno antes de sumergirlo para el mismo agregado tratado de acuerdo con 8.1. Esto es cierto para las partículas mayores de 75 mm, ya que el agua puede no ser capaz de penetrar en los poros hasta el centro de la partícula en el periodo de remojo prescrito.

8,3 Retirar la muestra de prueba desde el agua y rodar en un paño absorbente grande hasta que se eliminan todas las películas visibles de agua. Limpie las partículas más grandes individualmente. Se permite una corriente de aire en movimiento para ayudar en la operación de secado. Tener cuidado para evitar la evaporación del agua de los poros de agregados durante la operación de secado de la superficie. Determinar la masa de la muestra de ensayo en la condición de superficie saturada seca. Registre éste y todas las subsiguientes masas con una precisión de 0,5 g ó 0,05% de la masa de la muestra, lo que sea mayor.

8,4 Después de la determinación de la masa en el aire, inmediatamente coloque la muestra de ensayo de superficie saturada seca en el recipiente de la muestra y determinar su masa aparente en agua a $23 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$. Tener cuidado para quitar todo el aire antes de determinar su masa, agitando el recipiente mientras se está inmerso.

NOTA 4-La diferencia entre la masa de aire y la masa cuando la muestra se sumerge en agua es igual a la masa de agua desplazada por la muestra.

NOTA 5-El recipiente debe sumergirse a una profundidad suficiente para cubrirlo y la muestra de prueba, mientras que se determina la masa aparente en el agua. El alambre de suspensión del recipiente debe ser de tamaño más pequeño, para minimizar los posibles efectos de una longitud variable sumergida.

8,5 Secar la muestra de prueba en el horno hasta un peso constante a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, enfriar en aire a temperatura ambiente de 1 a 3 h, o hasta que el agregado se ha enfriado a una temperatura que es cómoda de manejar (aproximadamente 50°C), y determinar la masa.

Anexo 7 – Procedimiento ASTM C128-15

9. Procedure

9.1 Test by either the gravimetric procedure in 9.2 or the volumetric procedure in 9.3. Make all determinations of mass to 0.1 g.

9.2 Gravimetric (Pycnometer) Procedure:

9.2.1 Partially fill the pycnometer with water. Introduce into the pycnometer 500 ± 10 g of saturated surface-dry fine aggregate prepared as described in Section 8, and fill with additional water to approximately 90 % of capacity. Agitate the pycnometer as described in 9.2.1.1 (manually) or 9.2.1.2 (mechanically).

9.2.1.1 Manually roll, invert, or agitate the pycnometer (or use a combination of these actions) to eliminate visible air bubbles.

NOTE 3—About 15 to 20 min are normally required to eliminate the air bubbles by manual methods. Dipping the tip of a paper towel into the pycnometer has been found to be useful in dispersing the foam that sometimes builds up when eliminating the air bubbles. Optionally, a small amount of isopropyl alcohol may be used to disperse the foam.

9.2.1.2 Mechanically agitate the pycnometer by external vibration in a manner that will not degrade the sample. A level of agitation adjusted to just set individual particles in motion is sufficient to promote de-airing without degradation. A mechanical agitator shall be considered acceptable for use if comparison tests for each six-month period of use show variations less than the acceptable range of two results (d2s) indicated in Table 1 from the results of manual agitation on the same material.

9.2.2 After eliminating all air bubbles, adjust the temperature of the pycnometer and its contents to 23.0 ± 2.0 °C if necessary by partial immersion in circulating water, and bring the water level in the pycnometer to its calibrated capacity. Determine the total mass of the pycnometer, specimen, and water.

9.2.3 Remove the fine aggregate from the pycnometer, dry in the oven to constant mass at a temperature of 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F), cool in air at room temperature for $1 \pm \frac{1}{2}$ h, and determine the mass.

9.2.4 Determine the mass of the pycnometer filled to its calibrated capacity with water at 23.0 ± 2.0 °C.

9.3 Volumetric (Le Chatelier Flask) Procedure:

9.3.1 Fill the flask initially with water to a point on the stem between the 0 and the 1-mL mark. Record this initial reading with flask and contents within the temperature range of 23.0 ± 2.0 °C. Add 55 ± 5 g of fine aggregate in the saturated surface-dry condition (or other measured quantity as necessary). After all fine aggregate has been introduced, place the stopper in the flask and roll the flask in an inclined position, or gently whirl it in a horizontal circle so as to dislodge all entrapped air, continuing until no further bubbles rise to the surface (Note 4). Take a final reading with the flask and contents within 1 °C of the original temperature.

NOTE 4—A small measured amount (not to exceed 1 mL) of isopropyl alcohol may be used to eliminate foam appearing on the water surface. The volume of alcohol used must be subtracted from the final reading (R_2).

9.3.2 For determination of the absorption, use a separate 500 ± 10 -g portion of the saturated surface-dry fine aggregate, dry to constant mass, and determine the dry mass.

Anexo 8 – Descripción de Aparatos ASTM C131-01

Copyright © ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

6. Aparatos

6.1 **Máquina Los Angeles** - Se debe emplear una máquina Los Angeles, que cumpla con todas las características esenciales del diseño ilustrado en la Figura 1. La máquina consiste en un cilindro de acero hueco, cerrado en ambos extremos y de las dimensiones señaladas en la Fig.1. El cilindro debe tener un diámetro interior de 711 ± 5 mm ($28 \pm 0,2$ pulg) y una longitud interna de 508 ± 5 mm ($20 \pm 0,2$ pulg). El cilindro debe estar montado sobre ejes cortos que no se introduzcan dentro de él, de tal forma que le permita girar con el eje en una posición horizontal dentro de una tolerancia en la inclinación de 1 en 100. El cilindro debe contar con una abertura para introducir la muestra de ensayo. Esta abertura debe tener una cubierta, hermética al polvo, ajustada con pernos que la mantengan en su lugar. La cubierta debe estar diseñada de manera de conservar el contorno cilíndrico de la superficie interior a menos que se coloque una placa de tal manera que la carga no caiga sobre la cubierta, o entre en contacto con ella durante el ensayo. Se debe montar una placa de acero removible de toda la longitud del cilindro, que se proyecte hacia el interior 89 ± 2 mm ($3,5 \pm 0,1$ pulg), de tal forma que un plano centrado entre las caras anchas coincida con el plano axial del cilindro. Esta placa debe tener un cierto espesor y estar montada de manera que, mediante el uso de pernos u otro medio adecuado, quede firme y rígida (Nota 2). La placa debe ubicarse de manera que la muestra y las esferas de acero no impacten ni se aproximen a la abertura ni a la cubierta. La distancia entre la placa y la abertura, medida a lo largo de la circunferencia externa del cilindro en la dirección de rotación, no debe ser menor a 1270 mm (50 pulg). Inspeccione periódicamente la placa para determinar que no se haya inclinado en sentido longitudinal ni de su posición normal radial normal con respecto al cilindro. Si se encuentran ambas condiciones, repare o reemplace la placa antes de realizar el siguiente ensayo.

Nota 2 - Se prefiere el uso de una placa de acero resistente a desgaste, rectangular en la sección transversal y montada en forma independiente de la cubierta. Sin embargo, se puede usar una placa que consista en una sección de ángulo perfilado montada adecuadamente en el interior de la placa de la cubierta, siempre que la dirección de rotación sea tal que la carga sea capturada en la cara externa del ángulo.

6.1.1 La máquina debe ser accionada y balanceada de manera que mantenga una velocidad periférica uniforme (Nota 3). Si el ángulo es usado como placa la dirección de rotación deberá ser tal que la carga sea captada en la superficie externa del ángulo.

Nota 3 - El amarre o deslizamiento en el mecanismo impulsor es muy posible que proporcione resultados de ensayos que no sea duplicados por otras máquinas Los Angeles que produce velocidades periféricas constantes.

6.2 **Tamices** - que cumplan con la Especificación E 11.

6.3 **Balanzas** - Una balanza o pesa con una precisión dentro de 0,1% de la carga de ensayo sobre el rango exigido por este método de ensayo.

6.4 **Carga** - La carga consiste en esferas de acero que promedien unos 46,8 mm (1 27/32 pulg) de diámetro aproximadamente. Cada esfera debe tener una masa entre 390 y 445 g. (Nota 4).

6.4.1 La carga, dependiendo de la granulometría de la muestra de ensayo, según se describe en la Sección 8, debe ser:

Granulometría	Nº de esferas	Masa de la carga, g.
A	12	5.000 ± 25
B	11	4.584 ± 25
C	8	3.330 ± 20
D	6	2.500 ± 15

Nota 4 - Se pueden encontrar rodamientos de acero de 46,0 mm (1 13/16 pulg) y 47,6 mm (1 7/8 pulg) de diámetro, con una masa de aproximadamente 400 y 440 g respectivamente. También se pueden encontrar las esferas de acero de 46,8 mm (1 27/32 pulg) de diámetro, con una masa de aproximadamente de 420 g. La carga puede consistir en una mezcla de estos tamaños, conforme a la tolerancia de la masa descrita en 6.4 y 6.4.1.

Anexo 9 – Procedimiento ASTM 143-12

7. Procedure

7.1 Dampen the mold and place it on a rigid, flat, level, moist, nonabsorbent surface, free of vibration, and that is large enough to contain all of the slumped concrete. It shall be held firmly in place during filling and perimeter cleaning by the operator standing on the two foot pieces or by a clamping arrangement to a base plate as described in 5.1. From the sample of concrete obtained in accordance with Section 6, immediately fill the mold in three layers, each approximately one third the volume of the mold (See Note 5). Place the concrete in the mold using the scoop described in 5.4. Move the scoop around the perimeter of the mold opening to ensure an even distribution of the concrete with minimal segregation.

NOTE 5—One third of the volume of the slump mold fills it to a depth of 2 $\frac{3}{8}$ in. [70 mm]; two thirds of the volume fills it to a depth of 6 $\frac{1}{8}$ in. [160 mm].

7.2 Rod each layer 25 times uniformly over the cross section with the rounded end of the rod. For the bottom layer, this will necessitate inclining the rod slightly and making approximately half of the strokes near the perimeter, and then progressing with vertical strokes spirally toward the center. Rod the bottom layer throughout its depth. For each upper layer, allow the rod to penetrate through the layer being rodded and into the layer below approximately 1 in. [25 mm].

7.3 In filling and rodding the top layer, heap the concrete above the mold before rodding is started. If the rodding operation results in subsidence of the concrete below the top edge of the mold, add additional concrete to keep an excess of concrete above the top of the mold at all times. After the top layer has been rodded, strike off the surface of the concrete by means of a screeding and rolling motion of the tamping rod. Continue to hold the mold down firmly and remove concrete from the area surrounding the base of the mold to preclude interference with the movement of slumping concrete. Remove the mold immediately from the concrete by raising it carefully in a vertical direction. Raise the mold a distance of 12 in. [300 mm] in 5 ± 2 s by a steady upward lift with no lateral or torsional motion. Complete the entire test from the start of the filling through removal of the mold without interruption and complete it within an elapsed time of 2 $\frac{1}{2}$ min.

7.4 Immediately measure the slump by determining the vertical difference between the top of the mold and the displaced original center of the top surface of the specimen. If a decided falling away or shearing off of concrete from one side or portion of the mass occurs (Note 6), disregard the test and make a new test on another portion of the sample.

NOTE 6—If two consecutive tests on a sample of concrete show a falling away or shearing off of a portion of the concrete from the mass of the specimen, the concrete probably lacks necessary plasticity and cohesiveness for the slump test to be applicable.

Anexo 10 – Control de calidad del Agregado Grueso



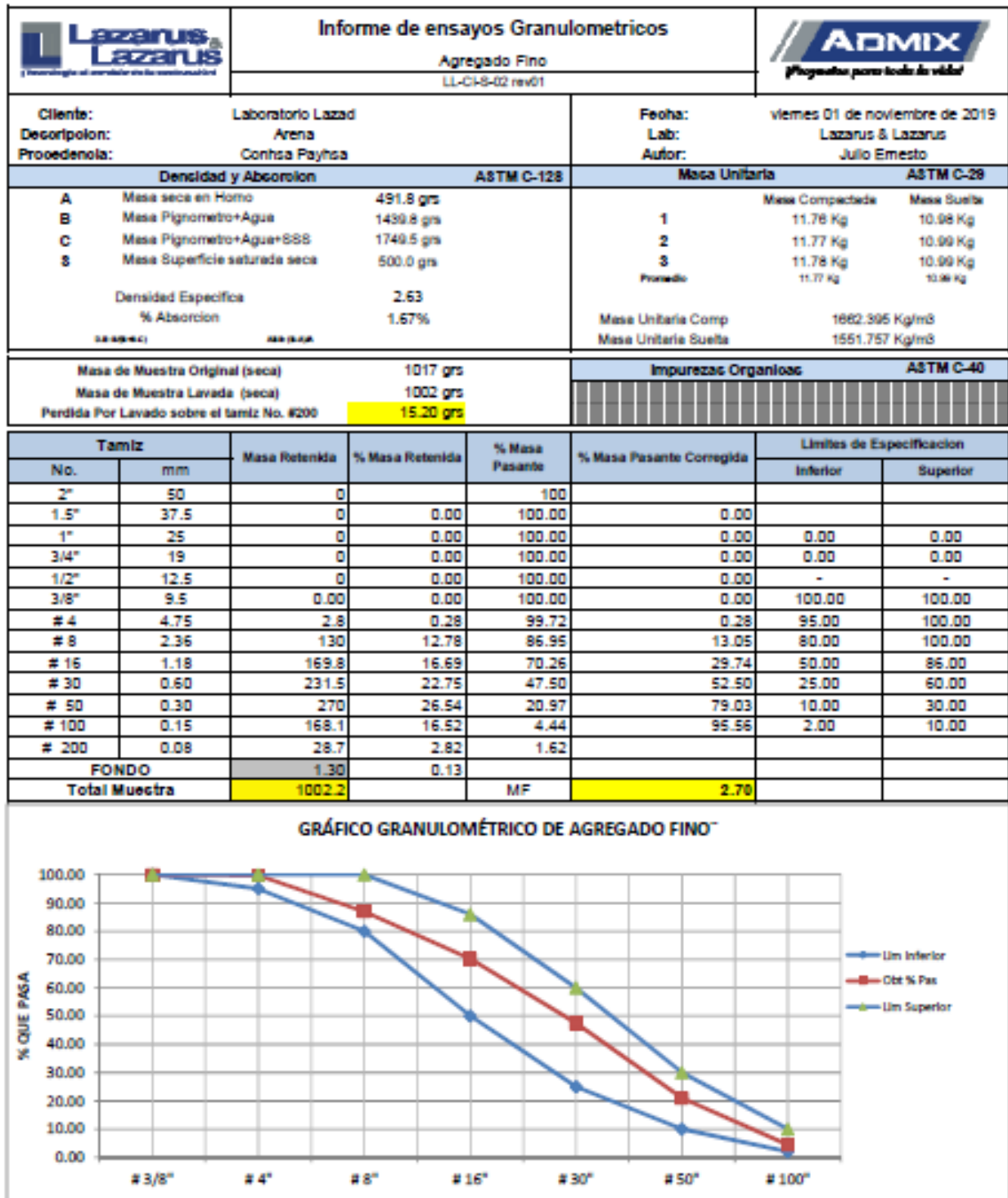
		Informe de ensayos Granulometricos Agregado Grueso LL-CI-S-02 rev01					
Cilente: Laboratorio Lazad Descripcion: Grava 3/4" Procedencia: Concha Payhua		Fecha: viernes 01 de noviembre de 2019 Lab: Lazarus & Lazarus Autor: JULIO ERNESTO					
Densidad y Absorción			ASTM C-127				
A	Mesa seca en horno	3854 grs					
B	Mesa Superficie saturada seca	3895 grs					
C	Mesa saturada en agua	2452 grs					
Densidad Especifica		2.78					
% Absorción		1.07%					
Masa Unitaria			ASTM C-29				
			1	Mesa Compactada	Mesa Suelta		
			2	11.44 Kg	10.48 Kg		
			3	11.34 Kg	10.51 Kg		
			Promedio	11.38 Kg	10.52 Kg		
Mesa Unitaria Comp			1808.253 Kg/m ³				
Mesa Unitaria Suelta			1482.540 Kg/m ³				
Masa de Muestra Original (seca) 3488.10 grs Masa de Muestra Lavada (seca) 3434.50 grs Perdida Por Lavado sobre el tamiz No. #200 53.60 grs			Carac Fracturadas				
			ASTM D-6821				
Tamiz		Masa Retenida	% Masa Retenida	% Masa Pasante	% Masa Pasante Corregida	Límites de Especificación	
No.	mm					Inferior	Superior
2"	50	0		100			
1.5"	37.5	0	0.00	100.00	0.00		
1"	25	91.1	2.61	97.39	2.61	100.00	100.00
3/4"	19	551.2	15.80	81.59	18.41	90.00	100.00
1/2"	12.5	0	0.00	81.59	18.41		
3/8"	9.5	2514.7	72.09	9.49	90.51	25.00	60.00
# 4	4.75	265.8	7.62	1.87	98.13	0.00	10.00
# 8	2.36	6.3	0.18	1.69	98.31	0.00	5.00
# 16	1.18	0	0.00	1.69	98.31		
# 30	0.60	0	0.00	1.69	98.31		
# 50	0.30	0	0.00	1.69	98.31		
# 100	0.15	0	0.00	1.69	98.31		
# 200	0.08	0	0.00	1.69			
FONDO		5.40	0.15				
Total Muestra		3434.50		MF	7.20		



GRÁFICO GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO 3/4"

Tamiz	Lím Inferior (%)	Obt % Pas (%)	Lím Superior (%)
# 1"	97.39	97.39	100.00
# 3/4"	81.59	81.59	100.00
# 3/8"	9.49	9.49	55.12
# 4"	1.87	1.87	18.41
# 8"	1.69	1.69	5.00

Anexo 11 – Control de calidad del Agregado Fino



Anexo 12 – Diseño del concreto 4000 PSI Lazarus y Lazarus

		Diseño de Mezcla Prueba de Laboratorio LL-CI-5-01 rev02							
Cliente:	UNITEC			Lugar:	Laboratorio Admix San Pedro Sula.				
Proyecto:	Agregados de Conhsa Payhsa			Fecha:	30/11/2019				
Especificaciones			Datos de Materiales		Fuente		G.E		
Resistencia (f'c)	4000 psi	281kg/cm2	Cemento	GU			2.96		
Factor de seguridad		Kg/cm2	Agua				1.00		
Resistencia Fc diseño	4000 psi	281kg/cm2	Aditivos		Fuente		G.E		
Relacion A/C	0.049		Aditivo 1	FXR			1.14		
Tam. Max Ag	0.75 pulg	19mm	Aditivo 2	DT			1.12		
Revenimiento deseado	7.50 pulg	19.05cm	Agregados		Fuente		G.E		
Dosificación Agua	137.7 Lts	36Gal	Arena 1	Arena/Conhsa			2.63		
%Aire(Ag)	2.00%	20Lts	Arena 2						
Modulo Finura	2.70		Grava 1	Grava3/4 Conhsa			2.78		
Valor K	0.620		Grava 2				0.00		
Diseño Teorico			.060m3		Dosificación Bache Practico		Datos de Concreto Fresco		
Materiales	Peso Seco	Vol. Solido Seco	Materiales	Bache Peso (humedo)	Agua Net. Contrib.	Bache Ajustado	ASTM C1064	Temperatura	
Cemento	280.00 kg/m3	0.095 m3	Cemento	16.80 kg/m3	0.00 kg/m3	16.80 kg/m3	ASTM C143	2.74	
Agua	137.72 kg/m3	0.138 m3	Agua	6.64 kg/m3	0.00 kg/m3	6.64 kg/m3	ASTM C143	Rev. c/aditivo	
Arena/Conhsa	1023.25 kg/m3	0.3890667	Arena/Conhsa	62.70 kg/m3	1.29 kg/m3	62.70 kg/m3	ASTM C143	Rev. Obra	
Arena 2	0.00 kg/m3		Arena 2	0.00 kg/m3	0.00 kg/m3	0.00 kg/m3	ASTM C143	Rev. Retemp.	
Grava3/4 Conhsa	996.96 kg/m3	0.359 m3	Grava3/4 Conhsa	60.13 kg/m3	0.31 kg/m3	60.13 kg/m3	ASTM C231	% Aire	
Grava 2	0.00 kg/m3	0.000 m3	Grava 2	0.00 kg/m3	0.00 kg/m3	0.00 kg/m3	ASTM C138	% Aire	
Aire	0 kg/m3	0.020 m3	FXR	101 mL			ASTM C138	Peso Unitario	
FXR	1680 mL		DT	50 mL			ASTM C403	Fraguado Inicial	
DT	413 mL		Total Agua añadida		8.24 kg	146.3 kg	ASTM C403	Fraguado Final	
Peso Vol. Teorico	2437.925kg/m3	1.000 m3	Rendimiento Real [m3]		#jDIV/0!	Sobranje (-) o Adición (+) de agua			
Correccion Concreto M3			0.000000		Datos Concreto Endurecido				
Rendimiento Relativo			Corregido (SSD)		Id	Edad	Resistencia	Promedio	% F'c
Relacion A/C	Corrección (Seco)	Volumen (seco)	Relacion A/C	#jDIV/0!		NA		#jDIV/0!	#jDIV/0!
Cemento	#jDIV/0!	#jDIV/0!	Cemento	#jDIV/0!		NA			
Agua	#jDIV/0!	#jDIV/0!	Agua	#jDIV/0!	Vigas de Campo	7 dias		psi	0%
Arena/Conhsa	#jDIV/0!	#jDIV/0!	Arena/Conhsa	#jDIV/0!	Vigas de Campo	7 dias			
Arena 2	#jDIV/0!	#jDIV/0!	Arena 2	#jDIV/0!	Vigas de Campo	14 dias		psi	0%
Grava3/4 Conhsa	#jDIV/0!	#jDIV/0!	Grava3/4 Conhsa	#jDIV/0!	Vigas de Campo	14 dias			
Grava 2	#jDIV/0!	#jDIV/0!	Grava 2	#jDIV/0!	Vigas de Campo	28 dias		psi	0%
Aire	0.0 kg	0.020 m3	Aire	#jDIV/0!	Vigas de Campo	28 dias			
FXR	#jDIV/0!		FXR	#jDIV/0!					
DT	#jDIV/0!		DT	#jDIV/0!					
Peso Vol. Teorico	#jDIV/0!	#jDIV/0!	Peso Vol. Teorico	#jDIV/0!					
Observaciones:									
Contenido de gruesos:Alto Exudacion: No existe Textura: Bueno Bombeabilidad: N/A Recomendaciones para ajustar mezcla:									

Anexo 13 – Hoja de calibración de la máquina ASTM C78 y ASTM C39

LL-CI-R-10
Versión 2

Hoja: No. _ 1 de 3



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PARA PRENSA DE
COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO**

No. **20191206**

Máquina: **TESTMARK CM 3000-LXI**

ID del Equipo: **080914H**

Carga Indicada: **LBF**

Ente calibrador: **LAZARUS & LAZARUS**

Dirección del ente calibrador:

200 METROS AL ESTE DE POSTA DE PEAJE DEL BOULEVARD DEL SUR, ZONA INDUSTRIAL CHAMELECON. SAN PEDRO SULA, CORTES, HONDURAS

Técnico Calibrador:

EDGARDO SORTO	
Nombre	Firma

Tipo de trabajo realizado: Calibración:
Verificación:
Ajuste:

Lugar y fecha de la ejecución de los trabajos:

FECHA: 06 DE DICIEMBRE 2019
Cliente: LAZARUS Y LAZARUS

Trazabilidad:

Método utilizado para la calibración: Normas ASTM C-39, E-4, E-74.	Equipo utilizado para la calibración Load Cell System S/N: 16743
Límites de error permitidos (Incertidumbre) ±1% de la carga aplicada	Calibrado y/o certificado por: Technical Associated Services

Condiciones ambientales adversas para la calibración:

Ninguna

Controles aplicados: Ninguno

Verificación de calibración (Como se encontró)

Lectura Celda de Carga (Lbs)	Lectura máquina (Lbs)	Error(lbs)	% Error
3,000.00	3,090.00	90.00	3.00
10,000.00	10,200.00	200.00	2.00
50,000.00	51,110.00	1,110.00	2.22
100,000.00	102,520.00	2,520.00	2.52
150,000.00	153,210.00	3,210.00	2.14
200,000.00	205,400.00	5,400.00	2.70
250,000.00	256,360.00	6,360.00	2.54

Verificación de calibración (Como se dejó)

Corrida #1:

Lectura Celda de Carga (Lbs)	Lectura máquina (Lbs)	Error(lbs)	% Error
3,000.00	3,020.00	20.00	0.67
10,000.00	10,090.00	90.00	0.90
50,000.00	50,120.00	120.00	0.24
100,000.00	100,450.00	450.00	0.45
150,000.00	150,350.00	350.00	0.23
200,000.00	200,670.00	670.00	0.34
250,000.00	251,840.00	1,840.00	0.74

Corrida #2:

Lectura Celda de Carga (Lbs)	Lectura máquina (Lbs)	Error(lbs)	% Error
3,000.00	3,020.00	20.00	0.67
10,000.00	10,070.00	70.00	0.70
50,000.00	50,110.00	110.00	0.22
100,000.00	100,440.00	440.00	0.44
150,000.00	150,350.00	350.00	0.23
200,000.00	200,660.00	660.00	0.33
250,000.00	251,820.00	1,820.00	0.73

Conclusión:

¿Está la máquina dentro de los rangos permitidos por la ASTM C-39?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>
	No	<input type="checkbox"/>

Observaciones:

La fecha de la próxima calibración será 08 de Diciembre del 2020 siempre y cuando no moviéndose de lugar, se cambie dial o transductor



Firma del Técnico

Instrucciones de llenado:

- 1- El número de calibración estará dado por: el número de la calibración precedido por un cero, un guión y seguidamente el ID del equipo. Ejemplo: 01 - 80,031.00.
- 2- El número de hoja estará dado por: el número de calibración precedido por el cero, un guión y seguidamente, el número de hoja ejemplo: 01 - 1.
- 3- El nombre del equipo es según está nombrado en el Formulario de identificación de Equipos de la empresa.
- 4- El ID del equipo será el número de identificación dado en el Formulario de identificación de Equipos.

- 5- Los valores escritos en la tabla de resultados deben ir acompañados de sus unidades respectivas (ejemplo: lbs, Kg, etc.) a excepción de el porcentaje de error.

Definiciones:

Calibración:

Conjunto de operaciones e intervenciones que tiene como finalidad determinar los errores de un instrumento de medición donde se expresa de la siguiente manera $E = I + A$ donde $E =$ error, $I =$

Verificación:

Comprobación de que un equipo se encuentra dentro de los márgenes de uso y que su incertidumbre de medida se encuentra dentro de los límites prefijados.

Ajuste:

Operación destinada a llevar a un instrumento de medición a un funcionamiento y exactitud adecuada para su utilización.



Firma del Técnico

Anexo 14 – Diagrama de Gantt

