



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE
UN HORMIGÓN CON LA ADICIÓN DE FIBRAS DE BANANA
MODIFICADA CON CAL O HIDRÓXIDO DE SODIO, APLICANDO LA
NORMATIVA ACI-544, ASTM C1116-1116M.”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

CHRISTOPHER GUILLERMO CHÁVEZ GONZABAY
MILDRED GABRIELA PANCHANA SALINAS

TUTOR:

ING. RAUL ANDRES VILLAO VERA, MS.c

LA LIBERTAD, ECUADOR

2024-2

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y
FLEXIÓN DE UN HORMIGÓN CON LA ADICIÓN DE
FIBRAS DE BANANA MODIFICADA CON CAL O
HIDRÓXIDO DE SODIO, APLICANDO LA NORMATIVA
ACI-544, ASTM C1116-1116M**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

**CHRISTOPHER GUILLERMO CHÁVEZ GONZABAY
MILDRED GABRIELA PANCHANA SALINAS**

TUTOR:

ING. RAUL ANDRES VILLAO VERA, MS.c

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



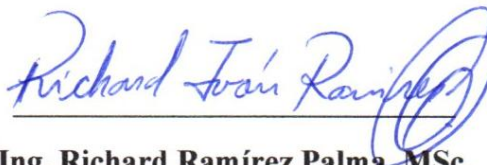
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, PhD.
DIRECTOR DE CARRERA



Ing. Raúl Villao Vera, MSc.
DOCENTE TUTOR



Ing. Luis Pérez Panchez, MSc.
DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Richard Ramírez Palma, MSc.
DOCENTE UIC

DEDICATORIA

*Dedico estas líneas en primer lugar a Dios por guiarme y darme la sabiduría necesaria
para enfrentar cada etapa de mi vida.*

*Con orgullo dedico a mi familia: Mi padre Cesar Chávez quien me inspiro a luchar por
mis sueños. A mi madre Yadira Gonzabay quien me aconsejo y motivo en los momentos
más difíciles. A mi hermana Genesis Chávez por apoyarme en el proceso y ser parte de
cada uno de mis logros.*

*A mis amigos, quienes con cada consejo y compañía hicieron esta carrera universitaria
más llevadera.*

*A mi compañera de tesis por la disposición, colaboración y esfuerzo conjunto para
lograr esta meta.*

Christopher Chávez Gonzabay.

Dedicado a Dios por brindarme salud y resiliencia, porque con su sabiduría colocó a cada una de las personas adecuadas a mi vida durante este proceso de formación profesional.

Dirijo este proyecto de investigación a mis padres John y Mildre por ser una fuente primordial en mi vida, por sus esfuerzos, paciencia, incentivo y amor para que logre culminar esta etapa.

A mis familiares y amigos que siempre estuvieron brindándome su apoyo para no desistir y seguir a delante, en especial a mi tío José Panchana y mi primo hermano Eduardo Manuel Salinas.

A mi compañero de tesis por aceptar compartir la experiencia, por su gran paciencia y dedicación para culminar este proyecto.

Mildred Panchana Salinas.

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “Evaluación de la resistencia a compresión y flexión de un hormigón con la adición de fibras de banana modificada con cal o hidróxido de sodio, aplicando la normativa ACI-544, ASTM C1116-116M” elaborado por los estudiantes Christopher Guillermo Chávez Gonzabay, Mildred Gabriela Panchana Salinas, egresados de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 2 % de la valoración permitida. Se adjunta reporte de similitud.



Ing. Raúl Andrés Villao Vera, MSc

C.I.: 092420429

DOCENTE TUTOR

Tesis_Christopher_Chavez_- _Mildred_Panchana

2%
Textos sospechosos

1% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas

< 1% Idiomas no reconocidos

4% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: Tesis_Christopher_Chavez_-
_Mildred_Panchana.docx
ID del documento: e5fc0f4e0462c98a8ba9f88d1007042534530bcd
Tamaño del documento original: 248,23 kB
Autores: []

Depositante: RAUL ANDRES VILLAO VERA
Fecha de depósito: 18/11/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 18/11/2024

Número de palabras: 14.999
Número de caracteres: 91.367

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Idoc.pub Nte Inen 856 2010 Determinación De La Densidad Y Absorción Del Árido F... https://idoc.pub/documents/nte-inen-856-2010-determinacion-de-la-densidad-y-absorcion-del-arido-f... 1 fuente similar	1%		Palabras idénticas: 1% (191 palabras)
2	repositorio.uta.edu.ec https://repositorio.uta.edu.ec/bitstreams/92bce8eb-963d-4a9c-a279-c73e1364af0f/download 8 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (94 palabras)
3	Documento de otro usuario #3d0a83 El documento proviene de otro grupo 6 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (83 palabras)
4	repositorio.upse.edu.ec Repositorio Universidad Estatal Península de Santa Elena: ... https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/11592 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (54 palabras)
5	TESIS ALTAMIRANO - GONZALEZ.docx TESIS ALTAMIRANO - GONZALEZ #e1a23e El documento proviene de mi grupo 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (43 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.salusplay.com Técnicas de muestreo https://www.salusplay.com/apuntes/apuntes-metodologia-de-la-investigacion-tema-4-tecnicas-d...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
2	repositorio.upse.edu.ec Tesis de Ingeniería Civil https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/18467?locale-attribute=es	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)
3	ve.scielo.org Aplicación de métodos de curado y su influencia en la resistencia a la ... https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1856-95602022000100035&lng=es	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
4	Documento de otro usuario #58ec2d El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)
5	dspace.ucacue.edu.ec Repositorio de Investigación Universidad Católica de Cuenca... https://dspace.ucacue.edu.ec/statistics/items/769e2a33-5cb3-45b7-826b-b06a90cad008	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (18 palabras)

VALIDACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

CERTIFICO

Que, he revisado el trabajo de Integración Curricular de título: **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN HORMIGÓN CON LA ADICIÓN DE FIBRAS DE BANANA MODIFICADA CON CAL O HIDRÓXIDO DE SODIO, APLICANDO LA NORMATIVA ACI-544, ASTM C1116-1116M**, elaborado por los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Estatal Península de Santa Elena: **CHRISTOPHER GUILLERMO CHÁVEZ GONZABAY Y MILDRED GABRIELA PANCHANA SALINAS**, previo a la obtención del título de Ingenieros.

Que, he realizado las observaciones pertinentes en los ámbitos de la gramática, ortografía y puntuación del documento, mismas que han sido acogidas proactivamente por los mencionados señores, corroborando así, que han sido introducidos los ajustes correspondientes en el trabajo en mención.

Por lo expuesto, autorizo a los peticionarios, hacer uso de este certificado como a bien convengan.

Atentamente,



PhD. MARIANA MEDINA SUÁREZ

Licenciada en Ciencias de la Educación
Magister en Diseño y Evaluación de Modelos Educativos
Doctora en Educación
Registro Senescyt 1050-14-86052912
Teléfono: 0986380800
e-mail: marianoem1@hotmail.com

La Libertad, a los 11 días del mes de noviembre del 2024

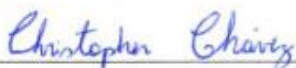
DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Christopher Guillermo Chávez Gonzabay – Mildred Gabriela Panchana Salinas, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado **“Evaluación de la resistencia a compresión y flexión de un hormigón con la adición de fibras de banana modificada con cal o hidróxido de sodio, aplicando la normativa ACI-544, ASTM C1116-116M”**, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de mi autoría.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,

AUTORES



Christopher Guillermo Chávez Gonzabay

Autor de Tesis

C.I. 2400031130



Mildred Gabriela Panchana Salinas

Autor de Tesis

C.I. 2400026098

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Villao Vera Raúl Andrés, MSc.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo **“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN HORMIGÓN CON LA ADICIÓN DE FIBRAS DE BANANA MODIFICADA CON CAL O HIDRÓXIDO DE SODIO, APLICANDO LA NORMATIVA ACI-544, ASTM C1116-1116M”** previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil elaborado por los estudiantes **CHRISTOPHER GUILLERMO CHAVEZ GONZABAY Y MILDRED GABRIELA PANCHANA SALINAS**, egresados de la carrera de Ingeniería Civil, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR



Ing. Raúl Villao Vera, MSc.

C.I.: 0924204290

AGRADECIMIENTOS

Agradeciendo primeramente a Dios, porque sin duda alguna sin él no hubiera sido posible haber llegado hasta aquí, a nuestros padres por ser nuestra fuente de apoyo principal, por confiar en nosotros y motivarnos a obtener nuestro título profesional durante nuestros periodos universitarios.

De misma manera agradecemos a nuestro tutor de tesis Ing. Raúl Villao Vera, a nuestro docente colaborador el Ing. Richard Ramírez, quienes gracias a sus enseñanzas nos guiaron en la elaboración de este proyecto de investigación.

Agradecemos a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por permitir formarnos como profesionales, a los másteres que conforman la Directiva de la Carrera de Ingeniería Civil y a cada uno de los docentes que conocimos durante nuestra formación académica porque gracias a su paciencia, consejos y transmitirnos sus conocimientos pudimos culminar esta etapa.

Al laboratorista Roger Magallanes por su colaboración en el desarrollo de nuestros ensayos efectuados en el laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfalto de la Facultad Ciencias de la Ingeniería.

A nuestros amigos, compañeros y conocidos que estuvieron brindando su apoyo en muchos aspectos de forma desinteresada durante todo este tiempo.

Chávez, Christopher & Panchana, Mildred.

CONTENIDO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	v
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	viii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	ix
AGRADECIMIENTOS.....	x
CONTENIDO.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xvii
LISTA DE TABLAS.....	xix
RESUMEN	xxiii
ABSTRACT	xxiv
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.2 ANTEDECENTES	3
1.3 HIPÓTESIS.....	7
1.3.1 Hipótesis general.	7
1.3.2 Hipótesis Específicas.....	7
1.4 OBJETIVOS	8
1.4.1 Objetivo General.....	8
1.4.2 Objetivos Específicos.	8
1.5 ALCANCE.....	9
1.6 VARIABLES	9
1.6.1 Variables Dependiente.....	9
1.6.2 Variable Independiente.....	9

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1 HORMIGÓN.....	10
2.2 HORMIGÓN DE PESO NORMAL	10
2.3 COMPONENTES DEL HORMIGÓN	10
2.3.1 Cemento.....	10
2.3.2 Cemento Portland.	11
2.3.3 Agua.....	12
2.3.4 Relación Agua/Cemento.....	13
2.3.5 Agregado Fino.	13
2.3.6 Agregado Grueso.....	14
2.4 HORMIGONES CON FIBRAS NATURALES.....	16
2.4.1 Fibras Naturales.....	16
2.4.2 Propiedades mecánicas de fibras naturales.....	17
2.4.3 Banano.....	18
2.4.4 Pseudotallo.....	18
2.4.5 Fibra de pseudotallo de banano.	18
2.4.6 Composición química de la fibra de pseudotallo de banano.	19
2.4.7 Composición mecánica y física de la fibra del pseudotallo del banano.	19
2.4.8 Proceso de extracción de la fibra del Pseudotallo de banano.	20
2.4.9 Tratamiento de fibra.	20
2.4.10 Desechos Agroindustriales.	22
2.5 MÉTODO ACI.....	22
2.6 ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONO DE ABRAMS	27
2.7 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN	27
2.7.1 Resistencia a compresión.....	27
2.7.2 Resistencia a la flexión.....	27

CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	28
3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	29
3.1.1 Tipo.....	29
3.1.2 Nivel	29
3.2 MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	30
3.2.1 Método.....	30
3.2.2 Enfoque.....	30
3.2.3 Diseño.....	30
3.3 METODOLOGÍA DEL O.E1: DISEÑAR UN HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRAULICO CON FIBRA DE BANANO TRATADA CON CAL O HIDRÓXIDO DE SODIO EN DISTINTOS PORCENTAJES DE FIBRA 0.5%, 1.0%, 1.5% COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO, CONSIDERANDO LONGITUDES DE 5 Y 10 cm.....	32
3.4 METODOLOGÍA DEL O.E2: COMPARAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS APLICADOS A LA MEZCLA PATRÓN CON LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS QUÍMICOS, LONGITUDES Y PORCENTAJES DE FIBRA PARA DEFINIR QUE DOSIFICACION ES MAS EFICIENTE.....	33
3.5 METODOLOGÍA DEL O.E3: ANALIZAR SI LA APLICACIÓN DE FIBRA DE BANANO CON LA DOSIFICACIÓN ADECUADA QUE BENEFICIA LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN JUSTIFICA SU COSTO-BENEFICIO.....	34
3.6 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	34
3.6.1 Población.....	34
3.6.2 Muestra.....	35
3.6.3 Muestreo.....	35
3.7 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	36
3.8 EJECUCIÓN, ELABORACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS.....	37

3.8.1 Agregados gruesos y finos.....	37
3.8.2 Cemento.....	45
3.8.3 Fibras de banano.....	45
3.8.4 Contenido de humedad de la fibra de banano.....	47
3.8.5 Porcentaje de absorción de la fibra.....	47
3.8.6 Agua.....	48
3.9 ELABORACIÓN DE DISEÑOS PARA LOS DIFERENTES DISEÑOS DE HORMIGÓN.	48
3.10 ENSAYOS DE REVENIMIENTO DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO.	53
3.11 ELABORACIÓN DE PROBETAS DE HORMIGÓN	53
3.12 ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	54
3.13 ELABORACIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN	55
3.14 ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN EN VIGAS	56
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	59
4.1 RESULTADOS DEL ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y VARILLADO DE LOS AGREGADOS (NTE INEN 858)	59
4.1.1 Peso volumétrico suelto del agregado fino y grueso.	59
4.1.2 Peso volumétrico varillado del agregado grueso.....	60
4.2 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO. (NTE INEN 696).....	60
4.2.1 Granulometría del agregado grueso.....	60
4.2.2 Granulometría del agregado fino.....	61
4.3 RESULTADOS DE DENSIDAD Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTE INEN 856, 2010) Y GRUESO (NTE INEN 857)	62
4.3.1 Densidad y absorción del agregado grueso.	62
4.3.2 Densidad y absorción del agregado fino.....	63

4.4	RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO Y GRUESO (NTE INEN 862)	63
4.4.1	Contenido de humedad del agregado grueso.	63
4.4.2	Contenido de humedad del agregado fino.	64
4.5	RESULTADOS DE DESEMPEÑO Y RESISTENCIA A PROBETAS CILÍNDRICAS EVALUADAS A COMPRESIÓN CON DOSIFICACIÓN $F'_c = 210$ Kg/cm ² (NTE INEN 1573)	64
4.5.1	Muestra Patrón de $f'_c = 210$ Kg/cm ²	65
4.5.2	Muestra $F'_c = 210$ kg/cm ² con 0.5% de fibra de banana tratada con Hidróxido de sodio (NaOH) de longitud 5 cm, como reemplazo parcial de arena	66
4.5.3	Muestra $F'_c = 210$ kg/cm ² con 0.5% de fibra de banana tratada con Hidróxido de sodio de longitud de 10 cm, como reemplazo parcial de arena	67
4.5.4	Muestra $F'_c = 210$ kg/cm ² con 0.5% de fibra de banana tratada con Cal de longitud 5 cm, como reemplazo parcial de arena	68
4.5.5	Muestra $F'_c = 210$ kg/cm ² con 0.5% de fibra de banana tratada con Cal de longitud 10 cm, como reemplazo parcial de arena	69
4.5.6	Muestra $F'_c = 210$ kg/cm ² con 1% de fibra de banana tratada con Hidróxido de sodio de longitud 5 cm, como reemplazo parcial de arena.	70
4.5.7	Muestra $F'_c = 210$ kg/cm ² con 1% de fibra de banana tratada con Hidróxido de sodio de longitud de 10 cm, como reemplazo parcial de arena	71
4.5.8	Muestra $F'_c = 210$ kg/cm ² con 1% de fibra de banana tratada con Cal de longitud 5 cm, como reemplazo parcial de arena	72
4.5.9	Muestra $F'_c = 210$ kg/cm ² con 1% de fibra de banana tratada con Cal de longitud 10 cm, como reemplazo parcial de arena	73
4.5.10	Muestra $F'_c = 210$ kg/cm ² con 1.5% de fibra de banana tratada con Hidróxido de sodio de longitud 5 cm, como reemplazo parcial de arena.	74
4.5.11	Muestra $F'_c = 210$ kg/cm ² con 1.5% de fibra de banana tratada con Hidróxido de sodio de longitud de 10 cm, como reemplazo parcial de arena	75

4.5.12 Muestra $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 1.5% de fibra de banana tratada con Cal de longitud 5 cm, como reemplazo parcial de arena	76
4.5.13 Muestra $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 1.5% de fibra de banana tratada con Cal de longitud 10 cm, como reemplazo parcial de arena	77
4.5.14 Resistencia promedio a los 7 días – longitud 5 cm.....	78
4.5.15 Resistencia promedio a los 7 días – longitud 10 cm.....	78
4.5.16 Resistencia promedio a los 14 días – longitud 5 cm.....	79
4.5.17 Resistencia promedio a los 14 días – longitud 10 cm.....	80
4.5.18 Resistencia promedio a los 28 días – longitud 5 cm.....	81
4.5.19 Resistencia promedio a los 28 días – longitud 10 cm.....	81
4.5.20 Resumen de los resultados a compresión a los 7,14,28 días de curado.....	82
4.6 RESULTADOS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN EN VIGAS	87
4.6.1 Resultados generales obtenidos para los distintos tipos de dosificación con fibra de pseudotallo de banano	87
4.6.2 Resumen de resultados de los porcentajes y longitudes evaluadas.	88
4.7 ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO	89
4.8 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	94
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
5.1 CONCLUSIONES	97
5.2 RECOMENDACIONES	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
ANEXOS.....	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	<i>Diagrama de diseño metodológico</i>	28
Figura 2	<i>Tamices utilizados para granulometría del agregado grueso</i>	39
Figura 3	<i>Peso de la muestra para granulometría agregado grueso</i>	39
Figura 4	<i>Inmersión del agregado grueso</i>	41
Figura 5	<i>Eliminación de exceso de agua del agregado grueso</i>	41
Figura 6	<i>Ensayo de D.S.S.S para el agregado fino</i>	42
Figura 7	<i>Ensayo de cono para determinar el estado de absorción del agregado fino</i>	42
Figura 8	<i>Tratamiento con NaOH</i>	46
Figura 9	<i>Fibra seca tratada con NaOH</i>	46
Figura 10	<i>Tratamiento de fibra con cal</i>	47
Figura 11	<i>Fibra seca tratada con cal</i>	47
Figura 12	<i>Porciones de materiales para mezcla</i>	52
Figura 13	<i>Añadiendo fibra a la mezcla</i>	52
Figura 14	<i>Ensayo de Revenimiento</i>	53
Figura 15	<i>Toma de medida del revenimiento</i>	53
Figura 16	<i>Elaboración de probetas cilíndricas</i>	54
Figura 17	<i>Curado de cilindros de hormigón</i>	54
Figura 18	<i>Ensayo de cilindros a compresión</i>	55
Figura 19	<i>Toma de resultados de rotura</i>	55
Figura 20	<i>Elaboración de vigas</i>	56
Figura 21	<i>Peso de viga desmoldada</i>	56
Figura 22	<i>Ensayo a flexión de vigas</i>	58
Figura 23	<i>Toma de datos de rotura de viga</i>	58
Figura 24	<i>Curva granulométrica del agregado grueso</i>	61
Figura 25	<i>Curva granulométrica del agregado fino</i>	62
Figura 26	<i>Comparación de resistencias alcanzadas a los 7,14,28 días para porcentajes de 0.5%, 1 %, 1.5 % con la muestra patrón para fibra tratada con NaOH longitud 5 cm</i>	83

Figura 27 Comparación de resistencias alcanzadas a los 7,14,28 días para porcentajes de 0.5%, 1 %, 1.5 % con la muestra patrón para fibra tratada con CAL longitud 5 cm	84
Figura 28 Comparación de resistencias alcanzadas a los 7,14,28 días para porcentajes de 0.5%, 1 %, 1.5 % con la muestra patrón para fibra tratada con NaOH longitud 10 cm	85
Figura 29 Comparación de resistencias alcanzadas a los 7,14,28 días para porcentajes de 0.5%, 1 %, 1.5 % con la muestra patrón para fibra tratada con CAL longitud 10 cm	86
Figura 30 Curva resistencia vs Edad para fibras con longitud 5 cm	86
Figura 31 Curva Resistencia vs Edad para fibras longitud 10 cm	87
Figura 32 Comparación de módulo de rotura de las vigas evaluadas a los 28 días ..	89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>Análisis granulométrico del agregado fino</i>	14
Tabla 2 <i>Análisis granulométrico para agregados gruesos</i>	15
Tabla 3 <i>Propiedades mecánicas de fibras naturales.</i>	17
Tabla 4 <i>Composición química de la fibra</i>	19
Tabla 5 <i>Propiedades mecánicas y físicas de la fibra</i>	19
Tabla 6 <i>Requisitos de resistencia a compresión cuando no se disponen de datos estadísticos</i>	23
Tabla 7 <i>Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción</i>	23
Tabla 8 <i>Requisitos aproximados de agua mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximo de agregado</i>	24
Tabla 9 <i>Correlación entre agua/cemento y la resistencia a la compresión</i>	25
Tabla 10 <i>Relaciones agua/cemento máximas permisibles para concreto sujeto a exposiciones severas</i>	25
Tabla 11 <i>Volumen de agregado grueso (m³) por volumen unitario de concreto</i>	26
Tabla 12 <i>Cálculos tentativos del peso volumétrico del concreto fresco</i>	26
Tabla 13 <i>Operacionalización de Variables</i>	36
Tabla 14 <i>Dosificación de muestra patrón, muestra con fibras tratada con NaOH y muestras tratadas de Cal con longitudes de 5 y 10 cm para ambos tratamientos.</i>	51
Tabla 15 <i>Determinación de la masa unitaria suelta del agregado fino</i>	59
Tabla 16 <i>Determinación de la masa unitaria suelta del agregado grueso</i>	59
Tabla 17 <i>Determinación de la masa unitaria compactada del agregado grueso</i>	60
Tabla 18 <i>Análisis granulométrico del agregado grueso</i>	60
Tabla 19 <i>Análisis granulométrico del agregado fino</i>	61
Tabla 20 <i>Determinación de densidad y porcentaje de absorción del agregado grueso</i>	62
Tabla 21 <i>Determinación de densidad y porcentaje de absorción del agregado fino</i> ...	63
Tabla 22 <i>Determinación del contenido de humedad del agregado grueso</i>	63
Tabla 23 <i>Determinación de contenido de humedad del agregado fino</i>	64
Tabla 24 <i>Días de curado y cantidad de cilindros evaluados para cada muestra</i>	64

Tabla 25 <i>Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra patrón de $f'c=210$ kg/cm²</i>	65
Tabla 26 <i>Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de $f'c=210$ kg/cm² con 0.5 % de fibra de banana tratada con NaOH de longitud 5 cm</i>	66
Tabla 27 <i>Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de $f'c=210$ kg/cm² con 0.5 % de fibra de banana tratada con NaOH de longitud 10 cm</i>	67
Tabla 28 <i>Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de $f'c=210$ kg/cm² con 0.5 % de fibra de banana tratada con Cal de longitud 5 cm</i>	68
Tabla 29 <i>Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de $f'c=210$ kg/cm² con 0.5 % de fibra de banana tratada con Cal de longitud 10 cm</i>	69
Tabla 30 <i>Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de $f'c=210$ kg/cm² con 1 % de fibra de banana tratada con NaOH de longitud 5 cm</i>	70
Tabla 31 <i>Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de $f'c=210$ kg/cm² con 1 % de fibra de banana tratada con NaOH de longitud 10 cm</i>	71
Tabla 32 <i>Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de $f'c=210$ kg/cm² con 1 % de fibra de banana tratada con Cal de longitud 5 cm</i>	72
Tabla 33 <i>Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de $f'c=210$ kg/cm² con 1 % de fibra de banana tratada con Cal de longitud 10 cm</i>	73
Tabla 34 <i>Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de $f'c=210$ kg/cm² con 1.5 % de fibra de banana tratada con NaOH de longitud 5 cm</i>	74

Tabla 35 <i>Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de $f'c=210$ kg/cm² con 1.5 % de fibra de banana tratada con NaOH de longitud 10 cm</i>	75
Tabla 36 <i>Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de $f'c=210$ kg/cm² con 1.5 % de fibra de banana tratada con Cal de longitud 5 cm</i>	76
Tabla 37 <i>Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de $f'c=210$ kg/cm² con 1.5 % de fibra de banana tratada con Cal de longitud 10</i>	77
Tabla 38 <i>Resistencia a los 7 días para $f'c=210$ kg/cm² con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Cal.....</i>	78
Tabla 39 <i>Resistencia a los 7 días para $f'c=210$ kg/cm² con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Hidróxido de sodio.....</i>	78
Tabla 40 <i>Resistencia a los 7 días para $f'c=210$ kg/cm² con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Cal.</i>	79
Tabla 41 <i>Resistencia a los 7 días para $f'c=210$ kg/cm² con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Hidróxido de sodio.</i>	79
Tabla 42 <i>Resistencia a los 14 días para $f'c=210$ kg/cm² con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Cal.</i>	79
Tabla 43 <i>Resistencia a los 14 días para $f'c=210$ kg/cm² con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Hidróxido de sodio.....</i>	80
Tabla 44 <i>Resistencia a los 14 días para $f'c=210$ kg/cm² con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Cal.</i>	80
Tabla 45 <i>Resistencia a los 14 días para $f'c=210$ kg/cm² con distintos de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Hidróxido de sodio.....</i>	80
Tabla 46 <i>Resistencia a los 28 días para $f'c=210$ kg/cm² con distintos de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Cal.</i>	81
Tabla 47 <i>Resistencia a los 28 días para $f'c=210$ kg/cm² con distintos de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Hidróxido de sodio.</i>	81
Tabla 48 <i>Resistencia a los 28 días para $f'c=210$ kg/cm² con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Cal.</i>	82

Tabla 49 Resistencia a los 28 días para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Hidróxido de sodio.	82
Tabla 50 Resumen de los resultados a compresión a los 7,14,28 días de curado para porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5% de reemplazo de arena por fibra de banano tratada con hidróxido de sodio de longitud 5 cm.	82
Tabla 51 Resumen de los resultados a compresión a los 7,14,28 días de curado para porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5% de reemplazo de arena por fibra de banano tratada con CAL de longitud 5 cm.	83
Tabla 52 Resumen de los resultados a compresión a los 7,14,28 días de curado para porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5% de reemplazo de arena por fibra de banano tratada con hidróxido de sodio de longitud 10 cm.	84
Tabla 53 Resumen de los resultados a compresión a los 7,14,28 días de curado para porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5% de reemplazo de arena por fibra de banano tratada con CAL de longitud 10 cm.	85
Tabla 54 Datos de separación, ancho, alto, carga máxima, módulo de rotura para muestra patrón, 0.5 % de fibra tratada con cal de longitud 5 cm y 0.5 % de fibra tratada con hidróxido de sodio. a los 28 días de curado evaluadas a flexión	88
Tabla 55 Resumen de resultados del módulo de rotura para las muestras evaluadas a los 28 días	88
Tabla 56 Análisis de precios unitario de hormigón patrón de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	91
Tabla 57 Análisis de precios unitario de hormigón patrón de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con 0.5% de fibra tratada con cal de longitud 5	92
Tabla 58 Análisis de precios unitario de Hormigón patrón de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con 0.5% de fibra tratada con hidróxido de sodio de longitud 10 cm	93

“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN
DE UN HORMIGÓN CON LA ADICIÓN DE FIBRAS DE BANANA
MODIFICADA CON CAL O HIDRÓXIDO DE SODIO, APLICANDO
LA NORMATIVA ACI-544, ASTM C1116-116M.”

Autor: Chávez Gonzabay Christopher Guillermo

Panchana Salinas Mildred Gabriela

Tutor: Ing. Villao Vera Raúl, MSc.

RESUMEN

Este proyecto de investigación implementó adición de fibra de banano tratadas con Cal o hidróxido de sodio (NaOH) en una mezcla de hormigón, para mejorar sus propiedades mecánicas, se utilizaron longitudes de 5 y 10 cm añadidos en porcentajes de 0.5%, 1.0%, 1.5% para alcanzar una resistencia mayor a 210 kg/cm² a 28 días de curado. Se realizaron ensayos a los agregados siguiendo las normativas NEC y ASTM, se diseñó una mezcla de concreto basándose en el método ACI 211. Los cilindros ensayados con el tratamiento de NaOH y Cal para 0.5% de fibra incrementaron la resistencia a compresión hasta un 16.66%, mientras que con 1% y 1.5% disminuyeron hasta un 40.41%. Los resultados a flexión para ambos tratamientos incorporando el 0.5% de fibra incremento su resistencia hasta un 8.38% con relación a la muestra patrón. En conclusión, los mejores resultados a compresión fueron para el tratamiento con NaOH y Cal de 0.5% de fibra con longitud de 10 y 5 cm alcanzando una resistencia de 249.37 kg/cm² y 254.52 kg/cm² respectivamente. También se realizó un análisis de precio unitario donde se determinó que el costo por m³ incrementó un 15.6% debido al tratamiento de la fibra.

PALABRAS CLAVE: *macrofibra de banano, hormigón, resistencia a compresión, Hidróxido de Sodio, Hidróxido de Cal.*

**“EVALUATION OF THE COMPRESSION AND FLEXURAL
RESISTANCE OF A CONCRETE WITH THE ADDITION OF BANANA
FIBERS MODIFIED WITH LIME OR SODIUM HYDROXIDE,
APPLYING THE ACI-544 STANDARD, ASTM C1116-116M”**

Autor: Chávez Gonzabay Christopher Guillermo

Panchana Salinas Mildred Gabriela

Tutor: Ing. Villao Vera Raúl, MSc.

ABSTRACT

This research project implemented the addition of banana fiber treated with Lime and sodium hydroxide (NaOH) in a concrete mixture, to improve its mechanical properties, lengths of 5 and 10 cm added in percentages of 0.5%, 1.0%, 1.5% to achieve a resistance greater than 210 kg/cm² at 28 days of curing. Tests were carried out on the aggregates following NEC and ASTM standards, a concrete mix was designed based on the ACI 211 method. The cylinders tested with the treatment of NaOH and Lime for 0.5% fiber increased the compressive strength up to 16.66%, while with 1% and 1.5% they decreased to 40.41 %. The flexural results for both treatments incorporating 0.5% fiber increased its resistance up to 8.38 % in relation to the standard sample. In conclusion, the best compression results were for the treatment with NaOH and Cal of 0.5% fiber with a length of 10 and 5 cm, reaching a resistance of 249.37 kg/cm² and 254.52 kg/cm² respectively. A unit price analysis was also carried out where it was determined that the cost per m³ increased by 15.6% due to the treatment of the fiber.

KEYWORDS: *Banana macrofibers, concrete, compression resistance, Sodium Hydroxide, Lime Hydroxide.*

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El hormigón, es ampliamente utilizado en entornos urbanos y rurales, siendo fundamental en la construcción moderna. Su versatilidad, solidez y resistencia lo han establecido como la opción preferida en proyectos de infraestructura, edificaciones y obras de ingeniería civil, dado que su composición se puede adaptar a las necesidades de las obras (Ferrol, 2024). Sin embargo, la industria de la construcción produce un gran porcentaje de contaminación, contribuyendo al 23% de la contaminación atmosférica, 40% de la contaminación al agua potable y 50% de residuos en vertederos (Dobrowolska, 2021).

Por otro lado, la planta de banano es un recurso natural que no es explotado de la manera correcta por los agricultores, pues es cortada una vez que produce el racimo generando desechos agrícolas, provocando la contaminación de suelos, aguas subterráneas, un incremento de bacterias y enfermedades por su descomposición abierta sin control alguno (Haro Velaseguí, Borja Arévalo, & Triviño Bloisse, 2017). De ahí surge la pregunta que da lugar a este trabajo de investigación ¿Evaluar la resistencia a compresión y flexión de un hormigón con la adición de fibras de banano?

Esta investigación tiene el propósito de evaluar y comparar el desempeño de hormigones reforzados con fibras de origen vegetal, previamente tratadas por procesos químicos que ayudan a mejorar las características físicas y químicas de la fibra, con la finalidad de incorporarla a la mezcla dotando un mayor beneficio y desempeño mecánico al hormigón, contribuyendo de esta manera a utilizar recursos agroindustriales que suelen ser considerado desechos luego de haber cumplido su vida útil. La investigación se realizó en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, ubicada en el cantón La Libertad, Provincia de Santa Elena en el laboratorio de suelos, hormigones y asfalto, siguiendo normas vigentes en el país como la NEC, ACI Y ASTM, que establecen procesos, requisitos mínimos de seguridad y calidad que deben cumplir los materiales que se utilizan en los distintos procesos constructivos.

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En los últimos 75 años con respecto al campo de la tecnología del hormigón ha tenido un avance importante, siendo el uso de aditivos en las mezclas uno de los campos principales de estudio, porque con el correcto uso se puede obtener grandes beneficios como aumentar la vida útil de las estructura y hormigones con altos desempeños. Lo que ha permitido la evolución para mejorar la resistencia a las que pueden someterse estos hormigones, se debe al incremento de sus propiedades mecánicas siempre y cuando se utilicen los materiales como cemento, arena y piedras en sus debidas proporciones, incluyendo superplastificantes reductores de agua de alto rango, cenizas volantes, micro sílice y nano sílice.

Este tipo de hormigón posee un porcentaje superior a un hormigón tradicional y ofrece flexibilidad de diseño y ahorro de costos, a su vez nos permite mejorar la respuesta sísmica estructural con miembros más pequeños con menores refuerzos de acero y costos de fundición (Jesús Gómez Hermoso, 1998).

En Ecuador para disminuir la contaminación que genera esta industria, surgió la iniciativa de incorporar material de residuo vegetal al hormigón con el fin de examinar si incrementa o beneficia las características físicas y mecánicas del concreto, también ha existido gran interés de desarrollar estos tipos de hormigones de alta resistencia los cuales tienen aditivos incorporados en su mezcla en las debidas proporciones que no excedan el 5%. Los principales sectores utilizados son: edificaciones en zonas sísmicas altas, centrales hidroeléctricas, pavimentos y obras de infraestructura en general (Cabrera, 2015).

En base a lo expuesto y considerando que el uso de materiales orgánicos que son considerados desechos puedan ser aprovechados, la presente investigación tiene como propósito: estudiar y evaluar un hormigón modificado añadiendo una base de pseudotallo de banano previamente tratado con cal y otras muestras con hidróxido de sodio, a su vez optimizar el uso en forma de macrofibras para un diseño de mezcla con el fin de mejorar la resistencia a la compresión del hormigón, dando a conocer los beneficios que nos puede ofrecer este tipo de material y ver si es realmente factible su uso en grandes proporciones.

1.2 ANTEDECENTES

En la actualidad el incremento de problemas ambientales con la finalidad de reducir el impacto climático que generan los residuos vegetales posterior a una cosecha y mejorar las características de un hormigón alternativo sostenible, resistente a compresión y flexión, el uso de fibras en materiales de construcción se remonta años antes de la aparición del cemento Portland I, cuando las antiguas civilizaciones utilizaban materiales de fácil acceso como pasto, fique, junco y pelo animal para evitar la fisuración y mejorar la resistencia a la tensión de materiales conglomerantes, específicamente del adobe, la tapia pisada y los morteros de cal, sumado a las múltiples investigaciones realizadas para aditivos de hormigón buscando mejorar sus propiedades físicas y químicas, dando soluciones eco amigables disminuyendo el uso de materiales convencionales áridos y derivados de petróleo.

En el ámbito internacional, (Mendoza, y otros, 2023) basado en el “Análisis experimental de los efectos de la fibra de plátano como refuerzo de hormigón”. Esta investigación tuvo como objetivo analizar el uso de la fibra de banano como refuerzo para el hormigón en el cual se incorporó en porcentajes de 0.5%, 1.0%, 1.5% como sustituto parcial del agregado fino, con el fin de mejorar las propiedades mecánicas. Se evaluó la trabajabilidad de la mezcla de hormigón con fibras de plátano mediante pruebas L-Box y U-Box y se encontró que la incorporación de fibras no afectó significativamente la trabajabilidad de la mezcla. Por lo tanto, el uso de fibras naturales de plátano en el hormigón puede proporcionar soluciones de construcción rentables, respetuosas con el medio ambiente y reciclables. El estudio tuvo como resultado que las muestras con un 1% y 1.5% de fibra obtuvieron una mayor resistencia tanto a compresión y flexión a los 14 y 28 días mayor que un hormigón estándar. Este hallazgo sugiere que aumentar el contenido de fibra de plátano es beneficioso para mejorar la resistencia y la durabilidad del hormigón, aunque puede dar como resultado un desarrollo más lento de la resistencia en edad temprana.

(Afriz & Ali, 2021) plantea en el estudio “Efecto de la fibra de banano en las propiedades de flexión del hormigón reforzado con fibra para la construcción

sostenible”. Los materiales reforzados naturales, es decir, la fibra de plátano, tienen el potencial de mejorar las propiedades mecánicas del hormigón. Las fibras de plátano se añaden con una longitud de 5 centímetros para preparar el hormigón. Se han llevado a cabo experimentos para determinar las propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibra de plátano. Este estudio concluye que el BFRC ha mejorado sus propiedades, lo que favorece su demanda para ser utilizado a nivel mundial. El BFRC debe optimizarse con diferentes relaciones de diseño de mezcla (es decir, longitud de fibras, relación de diseño de contenido de mezcla, relación agua-cemento, etc.) para su aplicación en proyectos de construcción.

(Sakthivel, S; Parameswari, R; Gomathi, M; Sangeetha, S., 2019) expresa en “Investigación experimental sobre concreto con fibra de plátano y sustitución parcial de cemento por ceniza de hoja de plátano”, tuvo como objetivo elaborar un hormigón con reemplazo parcial del cemento por ceniza de hoja de plátano y con la adición del 0.2% de fibra de plátano. Se observó cómo trabaja el hormigón en estado fresco, a su vez ensayos a compresión y tracción para ver si alcanza una resistencia superior a un hormigón tradicional. Al final del estudio se concluye que con la adición de ceniza de hoja de plátano sustituyendo parcialmente al cemento aumenta la resistencia del 2% al 6% ensayados en cilindros a compresión, a su vez añadir 0.2% de fibra de banano aumenta la resistencia a tracción del hormigón.

Como menciona (Elbehiry, y otros, Comportamiento de vigas de hormigón reforzadas con barras de fibra de plátano., 2020, pág. 10), se llegó a la conclusión que la fibra de plátano tiene un alto contenido celulósico, la cual hace que sea idónea para aplicar como material de construcción, Los resultados de resistencia a flexión de las vigas a las que se les aplicó mostraron que las barras de fibras de plátano como refuerzo contribuyeron en un 25% a su resistencia que en comparación al hormigón simple, la resistencia del hormigón no tiene efecto sobre la carga última de fallo de las vigas modificadas con barras de fibras de plátano.

(Colqui & Mauricio, 2021) en Diseño de concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ adicionando fibra del pseudotallo de plátano para mejorar su comportamiento mecánico, describió sobre las mejoras que podría tener el hormigón de 210 kg/cm^2 con la adición de fibras del pseudotallo de plátano y analizar su comportamiento

mecánico, se determinó que al adicionar en un porcentaje superior a 1% con una longitud de 4 cm mejora la resistencia a la compresión y otorga una mejor trabajabilidad con respecto a un hormigón sin adición de fibra, este hormigón presenta un aumento en la resistencia a compresión de un 6% mientras que en la resistencia a la flexión un incremento de 1.5% con respecto a un concreto patrón, también se pudo evidenciar que al incrementar el porcentaje de fibra aumenta su revenimiento.

En su investigación “Efecto de las fibras de plátano sobre la resistencia a la compresión y flexión de bloques de tierra comprimida” (Marwan & Nasim, 2016) se ensayaron bloques de 12 cm x 12 cm x 9 cm para la prueba de compresión, estas fueron probadas de acuerdo con la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) internacional C67-07 estudiando un total de 35 bloques bajo carga de compresión uniaxial, en promedio, las muestras reforzadas con fibras de 50 mm tuvieron un mejor desempeño, tanto en resistencia a la flexión como a compresión, en comparación con las muestras no reforzadas y las muestras reforzadas con diferentes variaciones de fibras de 25 mm, los valores más altos de resistencia a la flexión y a compresión se registraron en el refuerzo con fibras de 50 mm y 0.35% de contenido de fibra en peso. Los resultados con las fibras tratadas de 50 mm fueron las que tuvieron mejor desempeño en este estudio. En comparación con las muestras no reforzadas, las muestras reforzadas con fibras de 50 mm al 0.35% en peso fueron 94% y 77% más altas, en términos de resistencia a flexión y a la compresión, respectivamente.

En el ámbito nacional, se puede analizar la tesis de (Caizaguano & Gabriela, 2020) acerca de “Caracterización del hormigón con fibras naturales del raquis de la palma africana de aceite y la estopa del coco”. Investigación que tuvo como objetivo caracterizar la adición de fibras de naturales del raquis de la palma africana (fibra de palma) y de la estopa de coco (torzales), bajo las normas INEN y la ASTM. Estas fibras fueron sometidos a un tratamiento con el propósito de mejorar su resistencia a la alcalinidad del cemento, se utilizó fibras de 1.5 pulgadas y 0.31 mm de diámetro para la palma y torzales de 0.83 mm para coco. Los resultados de este estudio determinaron que el hormigón con adición de 2% de torzales de coco presenta mejores propiedades en sus esfuerzos a la compresión, resistencia a la tracción,

módulo de rotura en flexión de vigas y módulo de elasticidad estático en relación al de adición de 2% de fibra de palma.

De acuerdo con (Castillo Jaramillo & Farinango Quilumbaquín, 2019) en la investigación realizada en la ciudad de Quito sobre “Durabilidad del hormigón de yute”, tenía como objetivo estudiar la durabilidad relacionándola directamente con la vida útil de las estructuras. Esta investigación incorpora variables como la resistencia, el peso unitario, módulo de elasticidad, absorción, porosidad factores claves para determinar la durabilidad. Se fabricaron 40 probetas de hormigón patrón y 60 probetas adicionando fibra de yute, un 60 % de las muestras se sometieron a ciclos de inmersión de una solución de sulfato de sodio, luego de los 28 días de curado, los resultados obtenidos demostraron que la presencia de sulfato de sodio, influye en las propiedades mecánicas del hormigón afectando de manera directa a los que incluyen fibra, mientras que para las que no tienen fibra la resistencia aumenta un 11.41%.

En la ciudad de Cuenca (Naranjo Urgiles & Rodas Torres, 2023) en su investigación “Análisis de las propiedades mecánicas del hormigón de $F'c$ 210 kg/cm² incorporando diferentes porcentajes de fibras naturales de zanahoria y banano”. Tenían como objetivo determinar y analizar si las fibras de banano y zanahoria mejoraban la resistencia a compresión al ser añadidas a la mezcla. Se elaboraron 117 cilindros con una dosificación de 210 kg/cm², incluyendo porcentajes de 0.4%, 1.0%, 1.6%, 3.0%, que fueron evaluados a los 7, 14 y 28 días. Se obtuvo resultados positivos para el porcentaje de 1.6% de zanahoria y 0.4% para la fibra de banano los cuales obtuvieron un incremento en su resistencia. Los autores concluyeron que el uso de fibra de zanahoria es el óptimo a utilizar, dado que el incremento es de 29.1% con relación a la muestra patrón.

A nivel local no se registran investigaciones que hayan estudiado la incorporación de fibra de banano en una mezcla de hormigón, sin embargo, existen estudios con un enfoque similar descritos a continuación:

(Altamirano Espinoza & González Lindao, 2024) acerca de “Evaluación y análisis de concreto ecológico con adición de fibras recicladas de tereftalato de polietileno” investigación que tuvo como objetivo evaluar el comportamiento mecánico del

concreto ecológico utilizando fibras de PET recicladas como reemplazo parcial del árido fino. Se realizaron diversas dosificaciones con distintos porcentajes de PET (2%, 3% Y 4%) para evaluar la resistencia a compresión y flexión de las mezclas, a su vez realizando un análisis del costo de producción por m³. Los resultados de este estudio demostraron que a menor cantidad de PET su resistencia estructural aumenta, siendo el 2% el que mayor resistencia alcanzó, sin embargo, el costo de producción aumenta un 8% debido al tratamiento de las fibras recicladas. Finalmente, los autores concluyen que la incorporación de fibras PET en el hormigón ecológico no solo es viable desde el punto de vista técnico, sino también beneficiosa en términos de sostenibilidad ambiental.

(Bazán González & Holguín Vera, 2021) en su investigación acerca de “Evaluación del desempeño de pavimentos rígidos incorporando en su diseño fibra de coco” teniendo como objetivo evaluar el módulo de rotura a hormigones de resistencia $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$, $f'_c=350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'_c=420 \text{ kg/cm}^2$ con porcentajes que oscilan entre el 0.5% y 2.5% de fibra natural. Los resultados demostraron que el porcentaje óptimo de fibra de coco es de 2.5% incrementado su módulo de rotura un 22%. Finalmente concluyen que a pesar de que exista un incremento en relación al hormigón tradicional, el beneficio que se logra justifica este tipo de mezcla.

1.3 HIPÓTESIS

1.3.1 Hipótesis general.

Una vez encontrado la longitud y el porcentaje adecuado de macrofibras para agregar a la mezcla de hormigón, esta mejorará sus propiedades mecánicas necesarias para evaluar y obtener resultados favorables.

1.3.2 Hipótesis Específicas.

H.E.1. Una de las combinaciones establecidas proporcionará el aumento de la resistencia del hormigón, debido a la capacidad de las fibras para mejorar la mezcla de concreto.

H.E.2. Las muestras tratadas con cal y las tratadas con NaOH reflejarán mejoras en el hormigón con respecto al hormigón patrón debido a las propiedades que le brindan los tratamientos químicos.

H.E.3. La aplicación de la macrofibra dotará mejoras en los estados del hormigón lo que respaldará su uso debido a la durabilidad y rendimiento que esta brindará al hormigón.

1.4 OBJETIVOS

Se plantearon los siguientes objetivos generales y específicos para este proyecto de investigación.

1.4.1 Objetivo General.

Evaluar la resistencia a compresión y flexión de un hormigón con la adición de macrofibra de banano modificado con cal o hidróxido de sodio, aplicando Normativa ACI-544, ASTM C1116/C1116M.

1.4.2 Objetivos Específicos.

O.E.1. Diseñar un hormigón de cemento hidráulico con fibra de banano tratada con cal o hidróxido de sodio, en distintos porcentajes de fibra 0.5%, 1.0% y 1.5% como reemplazo parcial del agregado fino, considerando longitudes de 5 y 10 cm.

O.E.2. Comparar los resultados obtenidos de los ensayos aplicados a la mezcla patrón con los distintos tratamientos químicos, longitudes y porcentajes de macrofibra para definir que dosificación es más eficiente.

O.E.3. Analizar si la aplicación de macrofibra de banano con la dosificación adecuada que beneficia la resistencia del hormigón justifica su costo-beneficio.

1.5 ALCANCE

Este estudio está orientado a evaluar los hormigones con el uso de macrofibra extraída del tallo de banano. Esta será modificada con cal y otras muestras con hidróxido de sodio con el fin de mejorar sus propiedades, para que puedan ser incorporadas en una mezcla de hormigón.

Se evaluarán porcentajes de 0.5 %, 1.0 %, 1.5 % con longitudes de 5 y 10 centímetros que serán integradas a la mezcla, se realizarán probetas cilíndricas para ensayos a compresión los cuales serán evaluados a los 7, 14 y 28 días de curado, para ensayos a tensión se tomará en cuenta el mejor resultado de los ensayos a compresión con el porcentaje y longitud adecuado tanto de cal como de hidróxido de sodio.

No se consideran ensayos que permitan evaluar durabilidad, impermeabilidad, contenido de aire y retracción hidráulica, ensayos que definen también al hormigón, tampoco se analizará la corrosión ni los ataques de otras sustancias químicas.

1.6 VARIABLES

1.6.1 Variables Dependiente.

Incrementar la resistencia a la compresión y flexión de un hormigón $F'(c) = 210 \text{ kg/cm}^2$ en base de un cemento portland tipo I.

1.6.2 Variable Independiente.

Dosificación con la incorporación de las macrofibras del pseudotallo de banano modificado con cal o con hidróxido de sodio en relación con el peso del agregado fino.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 HORMIGÓN

De acuerdo con (Diseño de estructuras de hormigon armado NEC, 2015) define como hormigón a la mezcla de cemento Pórtland o cualquier cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. Según (Perez & Merino, 2020), el concreto lleva combinación de cemento, agregados áridos como la grava y arena, el agua y en ocasiones se recurre aditivos que modifican sus características, según su variación de sus diferentes componentes puede ser hormigón ligero, hormigón normal y hormigón pesado.

2.2 HORMIGÓN DE PESO NORMAL

El (Diseño de estructuras de hormigon armado NEC, 2015) define al hormigón de peso normal al que contiene agregados que cumplan con lo especificado en la ASTM C33 (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, 2003, pág. 1), esta norma define los requisitos granulométricos y calidad de los agregados finos y gruesos (diferentes de los agregados livianos o pesados) estas especificaciones también pueden ser usadas para definir la calidad de los agregados y tamaño máximo nominal, entre otros requerimientos de granulometría.

2.3 COMPONENTES DEL HORMIGÓN

2.3.1 Cemento.

(ACI 116, 2012) define como cemento a la mezcla de compuesta por yeso calcinado finamente molido, anhidro, cuyo fraguado es acelerado por la adición de otros materiales. (CEMEX, 2023) señala al cemento como el material más utilizado en la construcción al rededor del mundo, aportando propiedades útiles y deseables

cómo, resistencia a la compresión, durabilidad y estética para sus distintos tipos de aplicación, siendo este un polvo fino que se obtiene de la calcinación a 1.450 °C de una mezcla de piedra caliza, arcilla y mineral de hierro, siendo el producto del proceso de calcinación el Clinker principal ingrediente del cemento que es molido finamente con yeso y otros aditivos químicos para producir cemento.

2.3.2 Cemento Portland.

Desde el punto de vista de (PROMAT HOME CENTER) El cemento Portland es un componente clave en el ámbito de la construcción, conocido por su durabilidad, resistencia y múltiples aplicaciones. Este posee propiedades hidráulicas únicas, fragua y se endurece con la adición de agua, dicha reacción química se debe al efecto entre el agua y los compuestos de silicato de calcio, entre otros que componen al cemento.

Como menciona (CANDO), se identifican 5 categorías diferentes de cemento portland cada una con sus características físicas y químicas distintivas:

- a) **Tipo I.** El cemento normal, el que todos conocemos, usado en la construcción de obras de hormigón en general, viviendas, estructuras, etc. Se utiliza cuando las especificaciones de construcción no indican el uso de otro tipo de cemento. Libera más calor de hidratación que otros tipos de cemento.
- b) **Tipo II.** Tiene una resistencia media a los ataques de sulfatos y se utiliza en obras de construcción en general y en construcciones expuestas a la acción moderada de los sulfatos o que requieren un calor de hidratación moderado, cuando así este consignado en las especificaciones de construcción. Para lograr estas características se regulan la cantidad máxima de silicato y aluminato tricálcicos. Por lo general es el cemento utilizado en la realización de tuberías de hormigón y puentes.
- c) **Tipo III.** Este desarrolla una alta resistencia en un tiempo menor, en 7 días tiene la misma resistencia que un concreto tipo I o II en 28 días. Para

lograr este rápido fraguado se aumentan las cantidades de silicato y aluminato tricálcicos. Este cemento desprende grandes cantidades de calor por lo que no es recomendable para chorreas masivas. Se utiliza por ejemplo para la construcción de elementos prefabricados o construcciones de emergencia.

d) **Tipo IV.** Es un cemento de secado lento por lo que no genera gran cantidad de calor de hidratación siendo ideal para chorreas masivas que no requieran una alta resistencia inicial. Para lograr esto se regulan las cantidades de silicato y aluminato tricálcicos. Es utilizado en estructuras de hormigón muy grandes, como los diques.

e) **Tipo V.** Este cemento se usa en la construcción de elementos y obras que necesiten una resistencia elevada al ataque concentrado de sulfatos y álcalis. Para lograr esto se reduce la cantidad de aluminato tricálcico ya que este es el componente más vulnerable a los sulfatos. Se utiliza por ejemplo en la construcción de alcantarillas, canales de conducción e infraestructuras portuarias.

2.3.3 Agua.

De acuerdo con (Diseño de estructuras de hormigón armado NEC, 2015, pág. 104), el agua es uno de los principales componentes del hormigón, que al combinarse químicamente con el cemento provoca una mezcla aglutinante con el árido, manteniéndolas unidas proporcionando en gran medida la resistencia y demás propiedades mecánicas del hormigón.

El agua que se emplea para la mezcla debe estar libre de impurezas, materiales orgánicos, químicos u otras sustancias nocivas, debe cumplir con las disposiciones de la norma (ASTM C1602, 2022). Este líquido importante en la mezcla del hormigón cumple funciones relevantes desde mantener hidratada la mezcla, posibilita la correcta adhesión de los componentes que conforman al hormigón y acorde con la cantidad aplicada permitirá la trabajabilidad en el momento que se coloque la mezcla a su sitio.

2.3.4 Relación Agua/Cemento.

Como mencionan (Cordero, Cárdenas, & Rojas, 2019), se define como relación agua-cemento para un conjunto determinado de materiales y condiciones, la resistencia del concreto es determinada por la cantidad neta de agua usada por cantidad de cemento, esta no toma en cuenta la absorción de los agregados. Las diferentes formas de calcular la relación agua-cemento dependen del tamaño del agregado, la gradación, textura, forma, resistencia y rigidez de las partículas, también las diferencias en los tipos de cementos y fuentes, el contenido de aire y aditivos que afecten el proceso de hidratación (Cárdenas, Cordero, & Rojas, 2019). En esta investigación se debe tomar en cuenta la relación agua/cemento como un punto importante dado la capacidad de absorción que tiene la fibra, si este proceso no se controla de manera adecuada, afectara de manera directa a la mezcla y al agua que se debe incorporar.

2.3.5 Agregado Fino.

De acuerdo a (Tahsina) la arena es un material esencial en la ingeniería, especialmente en las construcciones de hormigón, donde se emplea como agregado fino. Está compuesta principalmente de sílice (cuarzo) y puede clasificarse como arcillosa, silícea o calcárea, dependiendo de su composición. Las arenas naturales se originan por la erosión de rocas, principalmente cuarcita, y varían en tamaño y calidad según el grado de erosión. Sus granos pueden presentar formas afiladas, angulares o redondeadas.

Según (ASTM C-33, 2003), considera que el agregado fino estará compuesto por arena natural, arena manufacturada o una mezcla de ambas.

- a) **Análisis granulométrico.** De acuerdo con la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA (NTE INEN 872, 2011, pág. 3), establece los límites en los que debe ser graduado los áridos finos como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1*Análisis granulométrico del agregado fino*

Tamiz (NTN INEN 154)	Porcentaje que pasa (%)
9.5 mm	100
4.75 mm	95 a 100
2.36 mm	80 a 100
1.18 mm	50 a 85
600 µm	25 a 60
300 µm	5 a 30
150 µm	0 a 10

Nota: Límites para el análisis granulométrico de agregado fino de acuerdo con la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA (NTE INEN 872, 2011) .

2.3.6 Agregado Grueso.

Con base en LA NORMA (ASTM C-33, 2003), señala que el agregado grueso debe estar compuesto por grava, grava triturada, piedra triturada, escoria de altos hornos enfriada al aire u hormigón de cemento hidráulico triturado o una combinación de estos, cumpliendo con los requisitos establecidos.

- a) **Análisis granulométrico.** De acuerdo con la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA (NTE INEN 872), el agregado grueso debe cumplir con el tamaño especificado en la tabla 2 no obstante, se permite el uso de áridos que no cumplan estrictamente con los criterios granulométricos, siempre que el árido propuesto haya sido evaluado mediante pruebas previas de desempeño que demuestren resultados satisfactorios.

Tabla 2

Análisis granulométrico para agregados gruesos

Número de tamaño	Tamaño nominal (Tamices con aberturas cuadradas) (mm)	Porcentaje acumulado en masa que debe pasar cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas)													
		100mm	90mm	75mm	63mm	50mm	37.5mm	25mm	19mm	12.5mm	9.5mm	4.75mm	2.36mm	1.18mm	300 µm
1	de 90 a 37.5	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5						
2	de 63 a 37.5			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5						
3	de 50 a 25				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
357	de 50 a 4.75				100	95 a 100		37 a 70		10 a 30					
4	de 37.5 a 19					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5				
467	de 37.5 a 4.75					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5			
5	de 25 a 12.5						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5				
56	de 25 a 9.5						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5			
57	de 25 a 4.75						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5		
6	de 19 a 9.5							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5			
67	de 19 a 4.75							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5		
7	de 12.5 a 4.75								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
8	de 9.5 a 2.36									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	de 9.5 a 1.18										100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9a	de 4.75 a 1.18											100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

Nota: Requerimientos de gradación de áridos gruesos según la NORMA TECNICA ECUATORIANA (NTE INEN 872, 2011, pág. 6)

2.4 HORMIGONES CON FIBRAS NATURALES

Como menciona (Batallas, y otros, 2024), la adición de fibras naturales al hormigón promete prácticas de construcción sostenibles, aprovechando la abundancia de fibras naturales disponibles, se puede adoptar un enfoque para crear mezclas de concretos ecológicos para comprender como las diversas fibras naturales influyen en las propiedades mecánicas del concreto como la tenacidad (comportamiento post-pico) que es relacionado con la resistencia ante fenómenos de compresión, tracción, siendo esencial para formular mezclas efectivas y sustentables.

Usualmente, la fibra de acero proporciona una buena resistencia a la tracción del hormigón, en la búsqueda de encontrar un material alternativo y ecológico, las fibras de acero pueden ser reemplazadas por fibras naturales, en su mayoría fibras naturales recolectadas de semillas, hojas, líber o frutos, tal como argumenta (Guerrero, y otros, 2011, pág. 80).

Las fibras vegetales son filamentos lignocelulósicos compuestos de células largas y delgadas de esclerenquima, que se encuentran formando parte de las plantas y que cumplen funciones específicas dentro de ellas, como las de dar soporte, dureza y rigidez a los tejidos vegetales. Aprovechando estas características se pretende mejorar las propiedades mecánicas del hormigón, reduciendo agrietamientos y deformaciones (Pedraza Abril, 2019).

2.4.1 Fibras Naturales.

Las fibras naturales presentan ciertas ventajas frente a las fibras sintéticas, tales, como su bajo costo de producción, ligereza, menos desgaste de los equipos de procesamiento y la posibilidad de lograr mejores acabados superficiales (Cifuentes & Cifuentes, 2019).

Se caracteriza por ser de origen biológico, ya sea de origen vegetal o animal. Las fibras de origen vegetal son filamentos o microfibras que forman parte de las diversas estructuras de las plantas, desempeñando funciones específicas como proporcionar soporte, dureza y rigidez. Estas fibras naturales están compuestas

principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina. (Caizaguano & Gabriela, 2020).

Estos componentes poseen las siguientes características:

- a) **Celulosa:** es insoluble y presenta una gran resistencia a la hidrólisis ácida (ESIN Consultora S.A., 2014, pág. 9).
- b) **Hemicelulosa:** posee baja resistencia a la hidrólisis y generalmente contienen algunos restos de azúcares (ESIN Consultora S.A., 2014, pág. 9).
- c) **Lignina:** es sumamente insoluble, incluso en ácido sulfúrico (ESIN Consultora S.A., 2014, pág. 9).

2.4.2 Propiedades mecánicas de fibras naturales.

Todas las fibras utilizadas como refuerzo deben poseer propiedades mecánicas adecuadas para ser efectivas en combinación con el cemento. En los últimos 30 años, investigadores de varios países han mostrado un gran interés en recopilar información sobre estas fibras naturales (Baquerizo Perez & Lazo Palomino, 2019).

Tabla 3

Propiedades mecánicas de fibras naturales.

Tipos de fibra	Longitud mm	Diámetro mm	Densidad Absoluta gr/cm ³	Módulo de Elasticidad Gpa	Resistencia Última a flexión	Elongación a la ruptura %	Absorción del agua %
Yute	1800.3	0.10-0.20	1.02-10.4	26-32	250-350	1.5-1.9	62
Lino	500	-	-	100	100	1.8-1.2	-
Bambú	2500.3	0.5-0.40	1.52	33-40	350-500	-	40-45
Caña de azúcar	50.3	0.20-0.40	1.20-1.30	14-19	170-290	-	70-75
Sisal	-	0.10-0.15	-	13-26	280-568	3 - 5	60-70
Henequén	-	0.36	140	-	91-307	2.3-7.6	163.1
Pasto de elefante	-	0.45	-	5	178	3.6	-
Plátano	-	0.43	0.298	1.4	92	5.9	2.76

Nota: Tabla tomada de la (ACI 544, 1996)

2.4.3 Banano.

La planta de banano es una hierba de gran tamaño con tallos subterráneos, de estos tallos emergen hojas, cuyas vainas envolventes forman un pseudotallo, dentro del cual se desarrolla el eje floral. Se denominan corno a estos tallos subterráneos los cuales forman una mata de crecimiento radial, produciendo hijuelos de diversas edades que floreceran cuando el tallo original desaparezca (Sabio, Salgado, Salgado, & Saenz, 1991, pág. 3).

2.4.4 Pseudotallo.

Está compuesta por vainas envolventes de las hojas, las cuales se disponen de forma helicoidal, unidas unas con otras. Esta disposición le otorga al pseudotallo una estructura tan resistente que permite mantener la planta ligeramente inclinada, soportando así tanto el peso del sistema foliar como del racimo cuando aparece. (Sabio, Salgado, Salgado, & Saenz, 1991, pág. 7). Del pseudotallo se extrae la fibra, la misma que se incorporara en la mezcla de hormigón.

2.4.5 Fibra de pseudotallo de banano.

La fibra de banano es una fibra natural novedosa que se obtiene del pseudotallo de la planta de banano. Su aspecto es comparable al de fibras naturales como la de bambú y ramio, aunque se destaca por ser más fina y fácil de hilar. Tiene características de alta resistencia, brillo, ligereza y gran capacidad de absorción de humedad, además de ser duradera y difícil de degradar (Torres, 2013).

Generalmente para mezclas de hormigón se utiliza macrofibra aquellas que su longitud es mayor a 20 mm, las cuales se pueden presentar en distintas geometrías, de forma corrugada o lisa con el fin de mejorar su anclaje y brindar un refuerzo estructural al concreto. Las fibras que presentan longitudes menores a 20 mm se denominan microfibras estas se utilizan para controlar la fisuración por contracción, mejorar la resistencia al desgaste y abrasión. La fibra se debe incorporar en la mezcla en un porcentaje adecuado, de lo contrario no proporcionara los beneficios esperados (Pinto, 2023).

2.4.6 Composición química de la fibra de pseudotallo de banano.

Químicamente la fibra de banano extraída del pseudotallo de la planta posee características que pueden aportar a la resistencia mecánica del hormigón. En la tabla 4 se puede encontrar las más importantes para el respectivo estudio.

Tabla 4

Composición química de la fibra

Características	Unidad de medida
Humedad	9.86%
Elongación	Alta
Celulosa	63-65 %
Hemicelulosa	19%
Lignina	5%

Nota: tabla tomada de (Arrieta Gonzalez & Reynaldo Rivera, 2023)

2.4.7 Composición mecánica y física de la fibra del pseudotallo del banano.

En la tabla 5 podemos encontrar las propiedades mecánicas y físicas que podrían mejorar sus propiedades y aportar resistencia al hormigón.

Tabla 5

Propiedades mecánicas y físicas de la fibra

Propiedades físicas y mecánicas de la fibra	
Diametro promedio	0.000154 m
Modulo de elasticidad	384 MPa
Resistencia a la traccion	0.02 – 0.051 MPa

Nota: Tabla tomada (Arrieta Gonzalez & Reynaldo Rivera, 2023)

2.4.8 Proceso de extracción de la fibra del pseudotallo de banano.

De acuerdo a (Delgado & Vidal, 2021), la extracción manual de fibra de banano es un procedimiento sencillo, el tiempo que toma varía según el estado de la planta y las condiciones climáticas de la región donde se lleva a cabo. Este proceso cuenta con tres etapas:

Desfibrado: se separan las capas del pseudotallo.

Extracción: Se refiere a la clasificación de los distintos tipos de fibra.

Secado: es necesario eliminar la humedad presente en la fibra, la energía solar se puede aprovechar como recurso.

2.4.9 Tratamiento de fibra.

Las fibras de banano están formadas por celulosa, hemicelulosa, lignina, pectina y ceras. Además, la celulosa es su componente principal superando el 60% en fibras como el algodón, sisal, jute, lino, entre otros (Arrieta Gonzalez & Reynaldo Rivera, 2023). Por esta razón es necesario dar un tratamiento para que no se degrade y mantenga sus propiedades mecánicas.

2.4.9.1 Hidróxido de sodio.

El hidróxido de sodio, comúnmente llamado soda cáustica, es un compuesto inorgánico con la fórmula NaOH . Se presenta como un sólido blanco e iónico, constituido por cationes de sodio (Na^+) y aniones de hidróxido (OH^-). Este compuesto actúa como una base y un álcali altamente corrosivo, capaz de descomponer proteínas a temperatura ambiente y provocar quemaduras químicas severas. Además, tiene una alta solubilidad en agua y tiende a absorber humedad y dióxido de carbono del entorno (AppliChem, 2024).

El hidróxido de sodio se emplea frecuentemente como un agente de limpieza en la industria, donde comúnmente se le llama "cáustico". Se mezcla con agua, se calienta y se utiliza para limpiar equipos de proceso, depósitos de almacenamiento, entre otros. Es eficaz para disolver aceites, grasas y residuos de origen proteico (AppliChem, 2024).

En el campo de la ingeniería civil, el hidróxido de sodio se emplea como plastificante en ciertas combinaciones de cemento. Contribuye a uniformar las mezclas, previene la separación entre la arena y el cemento, disminuye la cantidad de agua requerida y mejora la trabajabilidad del producto final, sea en mortero, yeso o concreto (AppliChem, 2024).

Además de su poder como limpiador, la soda cáustica también es fundamental en la industria papelera, donde se utiliza en el proceso de fabricación de papel para disolver la lignina y separar las fibras de celulosa. Esto contribuye a la producción de papel de alta calidad y a la optimización de los recursos naturales (Amoquimicos, 2024).

Otra aplicación destacada de la soda cáustica es en la industria textil, donde se emplea en el proceso de mercerización del algodón. Este tratamiento químico le confiere al tejido propiedades como mayor brillo, resistencia y capacidad de absorción, mejorando así su calidad y durabilidad (Amoquimicos, 2024).

2.4.9.2 Cal.

La cal es una sustancia alcalina de color blanco o blanco grisáceo que al contacto con el agua, se hidrata o se apaga, desprendiendo calor, es un desinfectante que no libera contaminantes. Puede aplicarse tanto en espacios interiores como exteriores, permitiendo la regulación de la humedad. Una fachada recubierta con cal será resistente al agua de lluvia. Además, la cal posee una alta capacidad de adhesión, debido a estas cualidades, actualmente se emplea cada vez más en la producción de cementos, morteros adhesivos y otros usos (PREVOR , 2023).

La cal, especialmente la cal hidratada, se utiliza en la limpieza de fibras naturales para descomponer impurezas y mejorar el rendimiento de los procesos de tintura. Su naturaleza alcalina ayuda a neutralizar la acidez y facilitar la apertura de las fibras, permitiendo una mejor absorción de colorantes y tratamientos.

2.4.10 Desechos Agroindustriales.

En las plantaciones de banano, cuando los cultivos llegan al final de su vida útil, comienza un proceso que muchas veces pasa desapercibido, dejando un impacto importante en el medio ambiente. Tras la cosecha, se corta el pseudotallo, la parte robusta de la planta que es responsable de sostener al banano mientras crece. Este pseudotallo, que constituye el mayor volumen de los residuos generados, no recibe el tratamiento adecuado.

En vez de aprovecharse, termina acumulándose en los campos o cerca de las fuentes de agua, contaminando tanto el suelo como el agua. Con un 27.4% de fibra insoluble, un 27.3% de almidón y un 15.1% de humedad, estos residuos pueden alterar las propiedades del suelo, cuando se dejan cerca de ríos o arroyos, su presencia puede deteriorar la calidad del agua, haciéndola inadecuada tanto para el consumo humano como para uso agrícola (Delgado & Vidal, 2021).

2.5 MÉTODO ACI

El método se refiere a una determinada serie de procedimientos y recomendaciones para el diseño y elaboración de mezclas de concreto u hormigón, garantizando su calidad, resistencia y durabilidad. Este método es el más utilizado en la industria de la construcción como una guía estandarizada para lograr una proporción óptima de los componentes que conforman el concreto, determinando paso a paso la forma de calcular las proporciones y cantidades adecuadas de cada uno de los materiales basados en el diseño que busca su mejor resistencia, trabajabilidad y durabilidad.

En ACI (Weymouth; Fuller; Bolomey; Faury, 2006), menciona que en el diseño de mezclas intervienen variables que determinan el comportamiento, desde su inicio,

el proceso de mezclado, fraguado y endurecido hasta su madurez. Por estas razones surgen métodos especiales que ayudan a mejorar unas variables y obtener hormigones calificados.

a) Procedimiento para diseño de mezclas según el método ACI 211.1

Para determinar la resistencia promedio (f'_c), se parte de la resistencia específica, si no se disponen de datos estadísticos se utiliza la tabla 6.

Tabla 6

Requisitos de resistencia a compresión cuando no se disponen de datos estadísticos

Resistencia específica f'_c (MPa)	Resistencia media requerida f'_{cr} (MPa)
< 21	$f'_c + 7.0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_c + 8.5$
> 35	$1.10 f'_c + 5.0$

Donde:

f'_c es Resistencia específica a la compresión del hormigón (MPa)

Nota: tomado de la NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCION

De acuerdo con el tipo de construcción se elige el asentamiento o revenimiento según la tabla 7.

Tabla 7

Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción

Tipos de construcción	Revenimiento(cm)	
	Máximo*	Mínimo
Muros de subestructura sencillas, zapatas, muros y cajones de cimentación.	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificios	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5

Nota: *Pueden incrementarse en 2.5 cm cuando los métodos de compactación no sean mediante vibrado. (ACI 211.1-91) Tabla 6.3.1

Según la norma de diseño estructural, sugiere que el tamaño nominal máximo (TNM) del agregado grueso sea accesible y económico, siempre que cumpla con las dimensiones y características especificadas. A través del ensayo de granulometría podemos determinar el TMN.

En la Tabla 8 desarrollada según (ACI 211.1-91, 1997), se establece el volumen unitario de agua o agua de diseño requerido para la mezcla de concreto sin aire incluido. Esta cantidad se determina en función del asentamiento o revenimiento y del tamaño nominal máximo del agregado grueso, obtenido a partir del ensayo de granulometría.

Tabla 8

Requisitos aproximados de agua mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximo de agregado

Tamaño máximo de la grava (mm)								
Revenimiento(cm)	9.5	12.5	19	25	38	50	75	150
concreto sin aire incluido								
2.5 -> 5	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 -> 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15 -> 17.5	243	228	216	202	190	178	160	----
Aire atrapado aprox. (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
2.5 -> 5	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 -> 10	202	193	184	175	165	157	133	119
15 -> 17.5	216	205	197	174	174	166	154	----
Promedio recomendado de aire a incluir según el tipo de exposición (%)								
Exposición Ligera	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	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Nota: tomada de (ACI 211.1-91). Tabla 6.3.3

Dependiendo la resistencia a compresión requerida a los 28 días se define la relación agua/cemento de acuerdo con la tabla 9 ya sea con aire incluido o sin aire incluido. Si el hormigón estará expuesto a condiciones severas

como estar en constante exposición al mar, congelación o deshielos, se escoge las relaciones agua/cemento máximo permitidas en la tabla 10.

Tabla 9

Correlación entre agua/cemento y la resistencia a la compresión

Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm ²)	Relación agua/cemento (a partir del peso)	
	concreto sin aire incluido	concreto con aire incluido
420	0.41	---
350	0.48	0.4
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Nota: tomado de (ACI 211.1-91). Tabla 6.3.4 (a)

Tabla 10

Relaciones agua/cemento máximas permisibles para concreto sujeto a exposiciones severas

Tipos de estructura	Estructura continua o frecuentemente mojada y expuesta a congelación y deshielo	Estructura expuesta al agua de mar o sulfatos
Secciones esbeltas y secciones con menos de 3 cm	0.45	0.40
Resto de estructuras	0.50	0.45

Nota: tomada de (ACI 211.1-91). Tabla 6.3.4 (b)

El factor cemento se calcula dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua/cemento seleccionado según las especificaciones. Posteriormente, el contenido de agregado grueso por metro cúbico se determina en función del tamaño máximo nominal del agregado y el módulo de finura del agregado fino, en este caso la arena conforme a lo indicado en la Tabla 11.

Tabla 11*Volumen de agregado grueso (m³) por volumen unitario de concreto*

Tamaño máximo del agregado grueso (mm)	Módulo de finura de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota: tomado de (ACI 211.1-91). Tabla 6.3.6

Para determinar el contenido de agregado fino, se resta 1 a la suma de los volúmenes absolutos de los agregados. El peso del agregado fino se obtiene multiplicando su volumen absoluto por el peso sólido, lo que permite obtener los valores de diseño. Es necesario ajustar las proporciones por la humedad del agregado para asegurar que los valores sean adecuados para su uso en obra. La Tabla 12 presenta un cálculo preliminar del peso volumétrico del concreto fresco.

Tabla 12*Cálculos tentativos del peso volumétrico del concreto fresco*

Tamaño máximo del agregado grueso (mm)	Peso volumétrico tentativo del concreto (kg/m³)	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
9.5	0.50	0.48
12.5	0.59	0.57
19	0.66	0.64
25	0.71	0.69
37.5	0.75	0.73
50	0.78	0.76
75	0.82	0.80
150	0.87	0.85

Nota: Tomado del (ACI 211.1-91). Tabla 6.3.7.1

2.6 ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONO DE ABRAMS

Como señala Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 1578, 2010), para la determinación del asentamiento una mezcla fresca de hormigón se vierte en un molde con forma de cono truncado y se compacta usando una varilla. Luego se retira el molde, permitiendo que el hormigón se asiente. Posteriormente, se mide la distancia vertical entre la altura inicial y el punto más alto del centro desplazado de la superficie del hormigón tras su deformación, este valor se conoce como el asentamiento del hormigón.

2.7 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN

2.7.1 Resistencia a compresión.

Este ensayo está basado en Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 1573, 2010), que consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados o núcleos de hormigón de cemento hidráulico, a una velocidad controlada dentro de un rango establecido, hasta que el espécimen falle. La resistencia a la compresión se determina dividiendo la carga máxima alcanzada durante la prueba por el área de la sección transversal del espécimen.

2.7.2 Resistencia a la flexión.

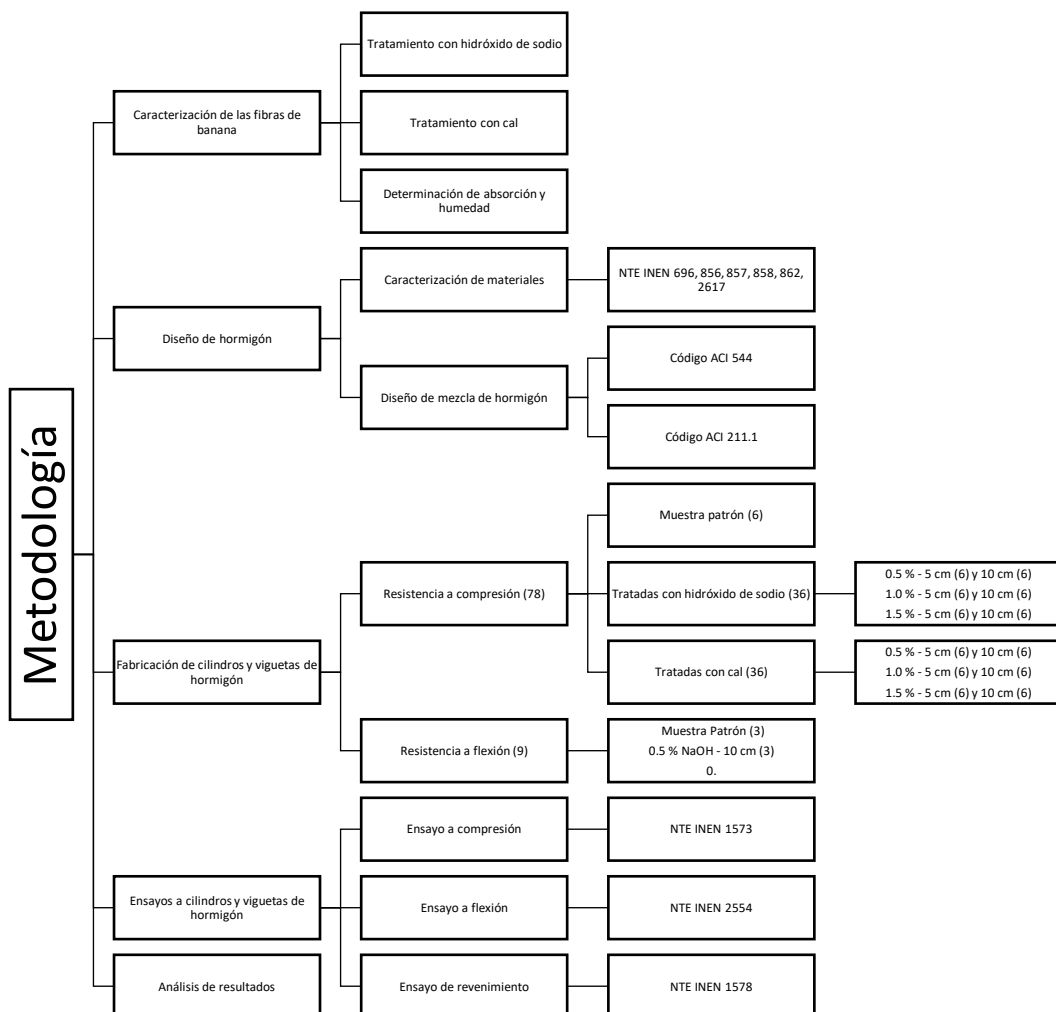
La Norma Técnica Ecuatoriana para la determinación de la resistencia a la flexión del hormigón establece que una viga de hormigón simple, apoyada de manera libre en sus extremos, se somete a una carga en los tercios de su luz libre hasta que el espécimen se rompa, la carga se aplica de forma continua y sin impacto a una velocidad constante. La resistencia a la flexión se calcula utilizando el módulo de rotura, de acuerdo con las fórmulas establecidas en esta norma (NTE INEN 2554, 2011).

CAPITULO III: METODOLOGÍA

Este capítulo describirá la metodología aplicada en esta investigación, abarcando desde la caracterización de los materiales hasta el análisis de los resultados, siguiendo parámetros y lineamientos establecidos por las normativas aplicables a este proyecto. Se establecerán los diseños y ensayos realizados sobre el hormigón con fibras de origen natural, evaluando sus propiedades en estado fresco y su desempeño mecánico en estado endurecido a los 7, 14 y 28 días a compresión y para ensayos a flexión a 28 días de curado.

Figura 1

Diagrama de diseño metodológico



3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Tipo.

El tipo de investigación determinará los pasos a seguir del estudio y guía para el investigador, las técnicas y métodos que se puedan emplear, el punto de los tipos de investigación será importante en la metodología presentando el enfoque de este (Guevara, Verdesoto, & Castro, 2020).

De este modo como menciona (Lifeder, 2020), el tipo de investigación experimental comprende la preparación de un medio controlado o semi controlado donde el investigador manipula una o más variables para buscar obtener resultados deseados. Los laboratorios son los lugares donde se conducen los experimentos, también fuera de él se pueden lograr siempre y cuando el investigador aplique algo que genere una respuesta en los componentes involucrados, todo este proceso generará información con la cual se da la respuesta al problema.

3.1.2 Nivel.

Como menciona (Supo, 2023), la clasificación de los niveles determina una línea de investigación continua de puntos en la misma, cada uno de estos puntos representa a un estudio, de manera que una línea de investigación encuentra un problema y termina con el planteamiento de su solución.

El nivel explicativo, son estudios que plantean relaciones de causalidad, la estadística no satisface para completar los objetivos, por lo que aparecen los criterios de causalidad donde el experimento es el criterio más importante, aunque no indispensable para llegar a una conclusión.

De acuerdo con (Hernandez Sampieri, 2014), los estudios explicativos van más allá de caracterizar conceptos o fenómenos que estudian, están dirigidos a responder las causas de los eventos y fenómenos físicos sociales. Como su nombre lo indica se centran en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan 2 o más variables.

3.2 MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 Método.

Los métodos de investigación localizan y delimitan un problema, recolectando datos importantes para generar hipótesis que sean probadas o respaldadas. De esta forma se pueden tomar las decisiones más acordes al caso de estudio (Guevara, Verdesoto, & Castro, 2020).

Empleando las palabras de (Valbuena Castro, 2015), toda ciencia deductiva presenta su metodología, esta parte de una referencia, subsiguientemente se plantean las hipótesis necesarias y se derivan de ellas otros teoremas, posterior se llega a la observación acumulando datos que sirvan para confirmar o rechazar las hipótesis, por último, se procede a la confirmación o elimina aquella predicción planteada por la teoría. Desde el punto de vista de este método, se avoca el estudio de un fenómeno haciendo uso de una teoría u otra sea propia o no, sin embargo, esta debe ser evaluada sometiendo a prueba predicciones observacionales conocidas como consecuencias deductivas.

3.2.2 Enfoque.

Como menciona (Hernandez Sampieri, 2014), el enfoque cuantitativo es un conjunto de procesos secuencial y probatorio, utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías.

3.2.3 Diseño.

Citando a (Velázquez, 2024), la investigación experimental es cualquier investigación realizada con un enfoque científico, donde un conjunto de variables se mantiene constantes, mientras que el otro conjunto de variables se mide como sujeto de experimento, es importante para una investigación de este tipo establecer la causa y el efecto de un fenómeno. El propósito de emplear un diseño

experimental es obtener conclusiones acerca de un problema de investigación estudiado bajo un marco conceptual establecido.

a) *Diseño experimental.*

Este diseño se realizó para evidenciar la opción más factible de fibra a incorporar, donde se realizaron 6 probetas con la mezcla patrón, 36 muestras con Cal y 36 con Hidróxido de sodio en porcentajes de 0.5 %, 1.0 % y 1.5 % como sustituto parcial del agregado fino, con la finalidad de modificar favorablemente la composición mecánica a compresión del hormigón convencional, para flexión se realizaron 3 vigas para cada diseño, como la mezcla patrón y los diseños con las resistencias más altas a compresión.

Para esta investigación se realizaron la totalidad de 78 probetas en forma de cilindros con diámetro de 15 cm y alto 30 cm, aplicando cemento de uso general (Holcim-GU), se determinó la cantidad de cada elemento que incorporan la mezcla de hormigón de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ como muestra patrón, para realizar los respectivos ensayos que permitan evaluar la resistencia a compresión y para flexión se elaboraron 9 vigas cuyas dimensiones son de 500 mm de largo por 150 mm de ancho.

b) *Metodología del diseño.*

- Selección de materia prima, agregado grueso y fino que se utilizarán en las probetas cilíndricas y vigas de hormigón.
- Elaboración de ensayos, análisis granulométrico, peso volumétrico, porcentaje de absorción y humedad de materiales de los agregados finos y gruesos.
- Diseño y dosificación del hormigón convencional por el método (ACI 211.1-91, 1997) y diseño del concreto con la adición de fibras tratadas con cal y otras con hidróxido de sodio añadidos en distintos porcentajes

mediante (ACI 544, 1996) Y ASTM C1116/C1116M que establecen especificaciones y requisitos en el uso de estos materiales.

- Elaboración de ensayos del concreto para evaluar el revenimiento y resistencia a la compresión y flexión.

3.3 METODOLOGÍA DEL O.E1: DISEÑAR UN HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRAULICO CON FIBRA DE BANANO TRATADA CON CAL O HIDROXIDO DE SODIO EN DISTINTOS PORCENTAJES DE FIBRA 0.5%, 1.0%, 1.5% COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO, CONSIDERANDO LONGITUDES DE 5 Y 10 cm

El diseño de dosificaciones de un hormigón de primera se realizó la caracterización de los agregados, determinando mediante ensayos la idoneidad de los mismos cumpliendo con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), con el método ACI 211.1 se estipuló cantidades aplicables de cada material según el diseño, como también siguiendo ACI-544 menciona que, en reemplazo parcial no debe exceder el 5%, este caso se sustituirá el agregado fino con relación a los porcentajes de fibras incorporadas tratadas con cal o con hidróxido de sodio.

Para la caracterización de los agregados realizados de acuerdo con NTE INEN a los áridos fino y grueso se le realiza un “Análisis granulométrico” mediante NTE INEN 696, el cual consiste en distribuir acorde a su tamaño las partículas que componen al agregado, otros de los ensayos serán: “Determinación de la densidad, gravedad específica y absorción del árido” - NTE INEN 857 para el agregado grueso y para el agregado fino – NTE INEN 856, también se realizarán ensayos para conocer el “Peso volumétrico en condición suelta y compactada” mediante NTE INEN 858, se “Estipulará el contenido de humedad total” - NTE INEN 862, cada uno de los procesos aplicados, para el agregado grueso y para el agregado fino siguiendo los reglamentos previamente mencionados que serán explicados paso a paso en el inciso 3.8.

Para el diseño de hormigón siguiendo las especificaciones de la normativa ACI 211.1 con la ayuda de una hoja de cálculo Excel se determinaron las cantidades aplicables a usar de cada uno de los elementos que lo componen, para asegurar el diseño óptimo, por consiguiente, para la adición de fibras de banano se consideró los lineamientos establecidos en ACI-544 así como el porcentaje de añadido de fibra al hormigón que no exceda el límite propuesto.

3.4 METODOLOGÍA DEL O.E2: COMPARAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS APLICADOS A LA MEZCLA PATRÓN CON LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS QUÍMICOS, LONGITUDES Y PORCENTAJES DE FIBRA PARA DEFINIR QUE DOSIFICACIÓN ES MÁS EFICIENTE

Después del proceso de curado a 7, 14 y 28 días, se realizaron los ensayos a compresión en la prensa hidráulica siguiendo las especificaciones de NTE INEN - 1573 como: la toma de medidas de los diámetros, altura con un calibrador y pesadas en una báscula momento después de ser retiradas de la piscina, a las muestras ejecutadas se le aplicaron cargas máximas progresivamente para conocer la resistencia que pueden soportar, este proceso se realizó a las muestras patrón y cada uno de los diferentes diseños con adición de fibras, los resultados obtenidos servirán para conocer el efecto que produce la aplicación de fibras naturales al hormigón en sus diferentes edades de curado, permitiendo identificar qué porcentaje proporciona mejor resistencia al concreto, estos procesos serán detallados en el inciso 3.12. Una vez definido el porcentaje y longitud con los resultados que presentaron mayor resistencia a compresión en el hormigón se elaboraron vigas para conocer si también incrementa su resistencia a flexión.

Establecidos los resultados se pudo evidenciar que al incorporar fibras previamente tratadas en un 0.5% como reemplazo parcial del agregado fino, añadido al hormigón dotaron mejor resistencia tanto a flexión como compresión en comparación al diseño de un hormigón convencional, los resultados se representan gráficamente en las figuras 29, 30, 31.

3.5 METODOLOGÍA DEL O.E3: ANALIZAR SI LA APLICACIÓN DE FIBRA DE BANANO CON LA DOSIFICACIÓN ADECUADA QUE BENEFICIA LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN JUSTIFICA SU COSTO-BENEFICIO

En este objetivo se examinarán las características reflejadas en el hormigón con la adición de fibras como la trabajabilidad, consistencia y fraguado del hormigón que no se vio afectada con la incorporación de estas, este proceso evidenció que la mejor dosificación que dota de mayor resistencia fue la de añadido de cal con 0.5% de longitud de fibra 5 cm y con el tratamiento de hidróxido de sodio en mismo porcentaje con longitud 10 cm, su costo de producción se verá afectado en este caso por el tratamiento aplicado a las fibras con químicos.

Se elaborarán Análisis de Precio Unitario (APU) por metro cúbico (m³) para el hormigón patrón y para las muestras modificadas de los mejores diseños antes mencionados, comparando si el valor de incremento monetario en relación con la mezcla patrón supera un porcentaje de costo con relación al beneficio de aumento de resistencia que proporciona la incorporación de fibra a la mezcla de hormigón justificando el costo adicional como una inversión de responsabilidad ambiental.

3.6 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.6.1 Población.

Desde el punto de vista de (Hernandez Sampieri, 2014), una población es el conjunto de todos los casos que concuerden con una serie de especificaciones. Citando a (Robledo, 2004), define como población una cantidad total de casos que cumple con una serie predeterminada de criterios, por lo que cuando se menciona población no solo se refiere de forma exclusiva a seres humanos, sino que también se puede referir a historias de un hospital determinado, escuelas de enfermería, instituciones, etc.

En esta tesis la población es el estudio de hormigones de uso convencional y hormigones con adición de fibras naturales.

3.6.2 Muestra.

Desde el punto de vista de (Pineda, Luz de Alvarado, & Hernández, 1994), es un subconjunto parte del universo o población en el que se llevará a cabo la investigación con el fin posterior de generalizar los hallazgos al todo. También se define una muestra probabilística como aquella que es extraída de una población de tal manera que todo miembro de la que lo conforma tenga una probabilidad conocida de estar incluido en la muestra.

Para este proyecto investigativo se realizó 78 cilindros de muestra, donde estaban incluidos los cilindros de mezcla patrón y los doce diseños de dosificación con adición de fibras, los cilindros tenían medidas de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto, también se fundieron 9 vigas para evaluar a flexión con los resultados de las dosificaciones que presentaron mayor resistencia a compresión y vigas con la muestra patrón, estas cumplían las dimensiones de 15 cm de largo, 15 cm de altura y 15 cm de espesor.

3.6.3 Muestreo.

Empleando palabras de (Robledo, 2004), muestreo se refiere al proceso de selección de una parte o subconjunto de la población para que represente al conjunto, por tanto, una muestra es una parte o subconjunto de la población que mediante las técnicas estadísticas nos permiten a partir de los datos muestrales inferir resultados a la población.

La selección de este muestreo se condicionó a dos tratamientos químicos aplicados a la fibra proveniente del pseudotallo de banano, como el tratamiento con hidróxido de calcio (cal) o el curado con hidróxido de sodio (NaOH), se evaluaron en medidas de 5 y 10 cm de largo para la fibra, así como también en los porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5% en integración de fibra al hormigón como sustituto parcial del agregado fino.

3.7 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 13

Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensi ones	Indicadores	escala
variable independiente Longitud y porcentajes de fibra tratada con cal e hidróxido de sodio	La fibra de banana tratada con Cal o hidróxido de sodio demuestra que mejora la superficie externa de la pared celular, a su vez genera rugosidad en la fibra al eliminar lignina, ceras y aceite. Lo que permite generar una mejor superficie de contacto con los agregados. (Arrieta Gonzalez & Reynaldo Rivera, 2023)	la fibra de banano debe cumplir con las especificaciones según la NTE-INEN 2874 de acuerdo con la trabajabilidad y el ACI - 544 para sus longitudes permitidas	Fibra	Fibra Naturales	% en peso cm en longitud
Variable dependiente Incrementar la resistencia a compresión de un hormigón f 'c=210 kg/cm²	La principal propiedad mecánica del hormigón es su capacidad para resistir cargas de compresión, es decir, su capacidad para soportar fuerzas que tienden a aplastarlo o comprimirlo. La resistencia a la flexión del hormigón se refiere a su capacidad para resistir fuerzas de tracción distribuidas, donde se aplica una carga en el centro de esta hasta que se produce la rotura.	se determina mediante los ensayos de laboratorio de acuerdo con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 858, INEN 696, INEN 856, INEN 862, INEN 2554. se usa el método ACI 211.1 para el diseño de la mezcla siguiendo cada uno de sus requerimientos.	Resistenc ia del hormigó n Mezcla del hormigó n Compon ente del concreto	Compresión Tensión Agregado Fino Agregado Grueso Agua Cemento	Kg/cm² Kg/cm² Kg Kg Kg
Incrementar la resistencia a flexión de un hormigón f 'c= 210 kg/cm²					

3.8 EJECUCIÓN, ELABORACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS.

3.8.1 Agregados gruesos y finos.

Los materiales seleccionados para la elaboración de ensayos fueron de tipo grueso #25 de la cantera Huayco y el agregado fino que corresponde a la arena extraída de Bucay.

Se realizaron los siguientes ensayos al agregado grueso y fino:

- Definición del peso volumétrico de la muestra en condición suelta o compactada mediante NTE INEN 858.
- Ejecución del análisis granulométrico mediante NTE INEN 856.
- Identificación del grado de absorción y densidad del agregado grueso con NTE INEN 857 y para agregado fino con NTE INEN 856.
- Estipular el contenido de humedad total mediante NTE INEN 862.

a) ***Definición del peso volumétrico de la muestra suelta y compactada mediante NTE INEN 858***, esta forma es la más tradicional para hallar el peso volumétrico del agregado en condición suelta o compactada y calcular los vacíos entre las partículas del agregado fino, agregado grueso o de la conjunción de ambos.

Para la ejecución del ensayo de determinación de masa unitaria suelta se utilizan los materiales y equipos que se detallarán a continuación, siguiendo las especificaciones de NTE INEN 858:

- Báscula: importante que tenga una precisión de 0.1% de la carga muestra en su punto o rango de uso con pequeñas variaciones de 0.05kg

como máximo. Se contempla que el rango de uso debe ser el molde vacío y molde con el contenido de agregado o masa unitaria.

- Varilla de compactación: esta es compuesta de acero, textura lisa y recta de 16mm de diámetro y largo aproximado de 600mm, en un extremo su punta redondeada lo que favorece el ingreso de la varilla entre los agregados.
- Molde: recipiente de metal con forma cilíndrica con agarres laterales, impermeable con base recta, uniforme, de característica rígida que tolere las condiciones de uso agresivas como el varillado, tiene dimensiones aproximadas de 300mm de alto y un diámetro de 150mm.
- Cucharón: de tamaño aproximado 200mm y agarre cómodo para coger mezcla y verter en el molde cilíndrico.
- Para determinar la masa unitaria suelta se llena con el cucharón el molde hasta su rebose del agregado grueso o por encima de su límite del molde una altura no mayor a 50mm, se enrasa con una regla metálica eliminando el exceso del agregado grueso.
- Examinar el peso del molde con su contenido, anotar la cantidad del peso.

Determinación de la masa unitaria compactada suelta sigue las indicaciones establecidas en NTE INEN 858:

- Con ayuda del cucharón se coloca y llena una tercera parte del molde con el agregado grueso y se compacta dando 25 golpes con la varilla de manera distribuida sobre el cilindro, este procedimiento se repite con la segunda capa de agregado con el cuidado de que la varilla no penetre en la primera capa compactada, en la tercera capa se llena en su totalidad el molde hasta su rebose con un ligero exceso, se aplican los 25 golpes

de igual forma cuidando no invada la varilla a la segunda capa y con la ayuda de la regla metálica se enrasa, liberando los excesos.

- Se pone sobre la báscula el molde con el contenido varillado y se anotan los valores, con un pequeño margen de varianza de 0.05kg.

b) Ejecución del análisis granulométrico mediante NTE INEN 696, en este reglamento se describe la manera de obtener una distribución granulométrica de los agregados tanto del agregado grueso como del fino mediante el tamizado. En este procedimiento se determina el cribado del agregado con la finalidad de conocer si cumple el tamaño adecuado establecido en la normativa para el uso en la mezcla de hormigón.

Figura 2
*Tamices utilizados
para granulometría
del agregado grueso*



Figura 3
*Peso de la muestra
para granulometría
agregado grueso*



Para la ejecución de este ensayo se utilizan los siguientes materiales, se detalla el proceso siguiendo las especificaciones de NTE INEN 696:

- Básculas: estos elementos para usar en el ensayo de los agregados deben mostrar exactitud y claridad en los datos reflejados, estar en buen estado, poseer una precisión no mayor a 0.1% para el agregado fino y para el agregado grueso una precisión de 0.5 a 0.1%.
- Tamices: bandeja de forma redonda ensamblada con mallas y marcos de numeraciones que cumplan con los requerimientos establecidos en NTE INEN 154.

- Horno: máquina diseñada para secar suelos, asfaltos entre otros, que mantiene temperaturas uniformes de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Se coloca la muestra del agregado al horno por 24 horas.
- Selección de tamices de acuerdo con la numeración sugerida en la norma para realizar los ensayos de cada tipo de agregado, se colocan en orden descendente según su numeración por tamaño de abertura de la malla para conocer el módulo de finura del árido y el porcentaje retenido en cada uno de los tamices, posterior se agita con movimientos repetitivos durante un periodo corto.
- Para tamizar el material se coloca una cantidad considerable sobre el tamiz superior esta cantidad no debe superar el límite borde del tamiz con la finalidad que al momento del tamizado todas las partículas tengan la movilidad de ir pasando y quedando en el rango que le corresponda. Se evita exceso de material y se retira partículas superiores o que puedan deteriorar las mallas de los tamices al momento del tamizado.
- Se pesan con una báscula y registran los valores retenidos en cada tamiz, la cantidad total registrada en los tamices debe ser similar a la cantidad ingresada al inicio del proceso de tamizado, si las cantidades tienen más del 0.3% de diferencia con relación a la cantidad ingresada inicialmente los resultados no serán válidos.
- Establecidos los resultados de la granulometría se grafica la curva con los datos obtenidos del ensayo, verificando estos cumplan los parámetros para un agregado óptimo a usar en la mezcla.

c) Identificación del grado de absorción y densidad de los agregados. Agregado grueso con NTE INEN 857, establece que para definir la densidad promedio de una muestra del agregado grueso, su densidad relativa o específica y su absorción no incluye el volumen de vacíos que existe entre partículas.

Para la ejecución de este ensayo donde se obtiene el porcentaje de absorción y densidad del árido se utilizan los siguientes materiales y equipos, siguiendo paso a paso el proceso descrito en NTE INEN 857:

Figura 4
*Inmersión del
agregado grueso*



Figura 5
*Eliminación de exceso
de agua del agregado
grueso*



- Báscula: máquina para conocer la cantidad de masa que contiene un recipiente, esta puede variar 0.05% del rango. La báscula debe estar acoplada o sujeta desde el centro y equilibrado el peso en la plataforma para ser suspendida con la muestra del agregado en el agua.
- Canastilla de acero: este recipiente con aberturas de 3.35 mm o malla más fina, debe tener la capacidad de 4 a 7 litros para contener agregados gruesos con un tamaño máximo nominal de 37.5 mm o menor según sea su uso.
- Tanque de agua: este balde debe ser hermético, dentro de él se colocará la canastilla con la muestra del agregado mientras se suspende bajo de la báscula.
- Tamices: los tamices escogidos irán de acuerdo con los señalados en las especificaciones de NTE INEN 154.
- Horno: máquina de secado con temperaturas uniformes de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

- El ensayo para determinar la absorción y densidad de la muestra consiste en colocar el árido al horno en un recipiente durante 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, posterior a este tiempo se deja enfriar a temperatura ambiente en un tiempo estimado de 1 a 3 horas, si las partículas son más grandes puede demorar un poco más el proceso de enfriado, una vez fría la muestra se sumerge el agregado en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.
- Cuando el agregado está en condición humedad natural los valores de absorción y densidad relativa o gravedad específica del diseño se omite el proceso anterior o es opcional su ejecución.
- Se retira la muestra del agua, posterior se coloca los áridos sobre una tela absorbente y con la misma tela se retira el exceso de agua del agregado. Luego se determina la cantidad del agregado en condición saturada superficialmente seca en una báscula.

Para agregado fino con NTE INEN 856, este método para la determinación de la densidad promedio de la muestra en árido fino no se incluye el volumen de vacíos que existe entre las partículas, se utilizan los siguientes equipos siguiendo el proceso establecido en NTE INEN 856:

Figura 6
Ensayo de D.S.S.S
para el agregado fino



Figura 7
Ensayo de cono para
determinar el estado de
absorción del agregado fino



- Báscula: elemento utilizado en el ensayo de los agregados deben mostrar exactitud y claridad en los datos reflejados, estar en buen estado, poseer una precisión no mayor a 0.1% para el agregado fino y para el agregado grueso una precisión de 0.5 a 0.1%.

- **Picnómetro:** Puede ser un matraz u otro recipiente adecuado para realizar el ensayo, donde la muestra del agregado fino pueda ser introducida de manera fácil y el volumen contenido pueda ser legible dentro de un rango de $\pm 0,1 \text{ cm}^3$. El volumen del contenedor lleno hasta la marca debe ser por lo menos 50% mayor que el requerido para acomodar la muestra de ensayo. Para una muestra de 500g del árido fino, es adecuado utilizar un matraz o un recipiente que tenga una capacidad de 500 cm^3 , con un picnómetro adaptado en la parte superior.
- **Molde y compactador para ensayo de humedad superficial:** El molde debe tener la forma de un cono de característica metálica, además tiene las siguientes dimensiones: $40 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro interno superior, $90 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro interno en la base y $75 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de altura; el espesor del metal debe tener mínimo 0,8 mm. El compactador metálico debe tener una cara compactadora circular y plana, de $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro, y una masa de $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$.
- **Horno:** De tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme y constante de $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$.
- Se coloca la muestra en un recipiente y se mete al horno a temperatura constante mencionada anteriormente para secarla, luego se saca la muestra y se deja enfriar, después se determina el peso en ese estado y se la sumerge en agua por inmersión o por adicción de agua, hasta alcanzar una humedad mínima de 6%, posterior a eso se deja reposar por 24 horas.
- Se vierte el exceso de agua con cuidado evitando se filtre el agregado fino, luego se coloca la muestra sobre una superficie plana al ambiente, en ocasiones se mueve la arena frecuentemente para que se seque de manera uniforme. Una vez seca naturalmente la arena se realiza el ensayo con el cono truncado para determinar si aún existe agua en la muestra, si el agregado está muy húmedo la muestra se coloca a secar nuevamente al ambiente, si la muestra ha perdido mucha humedad se

coloca pequeñas cantidades de agua y revuelve, absorbe humedad la muestra por alrededor de 30 minutos, se realiza el ensayo con el cono truncado de manera repetitiva hasta determinar el inicio de la condición de superficie seca.

- Determinación de humedad superficial, se coloca el molde sobre una superficie lisa no absorbente, con su abertura mayor hacia abajo, se añade una porción de arena parcialmente seca en el molde de forma suelta hasta llenar el cono, se compacta ligeramente dando 25 golpes y se enrasa, posterior se despeja el exceso o residuo al rededor del cono, si la arena aún tiene humedad superficial, al momento de retirar el cono la arena conservará la forma del mismo, si se desmorona ligeramente indica que se ha alcanzado la condición de superficie seca.
- Ensayo gravimétrico, se agrega agua y se introduce una cantidad de 300g de arena fina saturada superficialmente con cuidado dentro del picnómetro, llenamos hasta la medida marcada en el picnómetro de 390ml, se agita suavemente para reducir las burbujas de aire visibles.
- Eliminadas las burbujas de aire, se ajusta la temperatura interna del picnómetro a $23.0^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, se anota la masa total del picnómetro con el agregado fino, posterior se vierte en un recipiente y se deja secar para determinar la masa en su nuevo estado.

d) Estipular el contenido de humedad total mediante NTE INEN 862, para este proceso de determinar el porcentaje de humedad que puede evaporarse por secado en una muestra de agregados, como lo es la humedad contenida en los poros de estos, se realiza utilizando los siguientes elementos:

- Horno: que pueda mantener la temperatura, a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Báscula: precisa, legible y con sensibilidad de 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso, con un intervalo igual al 10% de la capacidad utilizado para determinar la masa.

- Tara o recipiente para muestra: resistente a al calor de tamaño cómodo para contener la muestra.
- Cucharón: para mezclar y sostener la muestra.
- Secar la muestra en el horno por 24 horas, esta perderá una masa menor al 0.1%
- Anotar el valor de la masa reflejada en la báscula luego de haberse enfriado totalmente.

3.8.2 Cemento.

Uno de los componentes principales e importantes en una mezcla de hormigón, este debe cumplir todos los requisitos físicos especulados en la norma, para esta investigación se utilizó cemento HOLCIM siendo el cemento que cumple con las especificaciones basadas en la norma NTE INEN 2380.

Como lo describe su empresa, está compuesto de la trituración conjunta y uniforme de Clinker y minerales naturales como es la caliza de alta ley, la cual le brinda plasticidad en estado fresco, puzolana que genera una consistencia más densa con mayor durabilidad en distintas proporciones de peso al cemento.

3.8.3 Fibras de banano.

Este recurso natural es una de las fibras más resistentes en similitud con las fibras del bambú y abacá, se extrae del tronco también llamado pseudotallo de la planta que generalmente se desecha posterior a la cosecha del fruto, las fibras extraídas de esta parte de la planta gozan de propiedades beneficiosas como la resistencia a la tracción tal como se muestra en la tabla 4, lo que la hace útil para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón tanto en estado fresco y endurecido con la correcta dosificación.

Como parte del proceso de mejora de la fibra del banano se aplicaron 2 tipos de tratamientos, unos con hidróxido de sodio (NaOH) y otras muestras con hidróxido de calcio (CAL), los cuales ayudan a reforzar la durabilidad de la fibra, mejorar su adherencia a materiales compuestos como el hormigón y su comportamiento mecánico.

Citando a (Arrieta Gonzalez & Reynaldo Rivera, 2023) en “ANALISIS DEL EFECTO QUE PRODUCE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE BANANO MODIFICADAS EN EL CONCRETO HIDRAULICO”, para el tratamiento de las fibras con hidróxido de sodio, las fibras se trataron en abundante agua al 2% relación agua/volumen de NaOH, durante 1 hora a temperatura ambiente, posterior se enjuagó con agua destilada hasta quedar incolora, una vez lista la fibra se pone a secar a temperatura del entorno hasta perder su humedad.

Figura 8

Tratamiento con NaOH



Figura 9

Fibra seca tratada con NaOH



Con el tratamiento de hidróxido de calcio (CAL) se utilizó una concentración de cal al 2% en relación agua/volumen, se pesó la cantidad de cal a utilizar y se diluyó en agua destilada hasta diluirlo completamente, se sumergieron las fibras durante 30 minutos mezclando constantemente, pasado los 30 minutos del tratamiento se retiró la fibra y se lavó hasta que pierda color el agua, luego se puso a secar al ambiente hasta perder su humedad, para posterior a ello realizar el ensayo de humedad y absorción.

Figura 10

Tratamiento de fibra con cal



Figura 11

Fibra seca tratada con cal



3.8.4 Contenido de humedad de la fibra de banano.

Para determinar el contenido de humedad se tomó una muestra de la fibra tratada y se colocó posteriormente en el horno por 24 horas. La humedad es el resultado de la diferencia del peso húmedo y el peso seco.

$$\%Humedad = \frac{P_s - P_h}{P_h} * 100$$
$$\%Humedad = \frac{450 \text{ gr} - 415.2 \text{ gr}}{415.2 \text{ gr}} * 100 = 8.38\%$$

3.8.5 Porcentaje de absorción de la fibra.

Para determinar el porcentaje de absorción se tomó como referencia la investigación de (Moreno, Trujillo, & Osorio, 2007), que consiste en sumergir una muestra de fibra en agua destilada durante 24 horas. Posterior a ello se retiró y se secó el agua adherida superficialmente con una tela absorbente, obteniendo su peso en el punto de saturación, para calcular el porcentaje de absorción se utilizó la siguiente formula.

$$\%absorción = \frac{P_h - P_s}{P_s} * 100$$

$$\%absorción = \frac{5\text{ gr} - 19.83\text{ gr}}{19.83\text{ gr}} * 100 = 74.78\%$$

3.8.6 Agua.

Este líquido es primordial para la elaboración y mezcla del hormigón permitiendo se activen sus propiedades químicas que ayudan con la activación para dar resistencia a la mezcla, este elemento debe cumplir los parámetros establecidos en la norma ASTM C-1602 “Agua de mezcla para uso en la producción de hormigón de cemento hidráulico. Especificaciones”.

El uso más común de aplicación para mezclas es el agua potable y cualquier agua natural que sea de consumo, que no tenga olor ni sabor podrá utilizarse para incorporar a la mezcla sin que afecte a las propiedades mecánicas del hormigón.

3.9 ELABORACIÓN DE DISEÑOS PARA LOS DIFERENTES DISEÑOS DE HORMIGÓN

En el laboratorio de suelos de la Universidad Estatal Península de Santa Elena ubicado en la provincia del mismo nombre cantón La Libertad, se llevaron a cabo los diseños de mezclas, en los que se reemplazó un porcentaje del agregado fino por fibra de banano extraída del pseudotallo de la planta previamente modificada con cal y otras muestras con hidróxido de sodio. Se emplearon moldes cilíndricos de 300 mm de altura y 150 mm de diámetro.

Previo a la preparación de las mezclas se deben tener listo los agregados, el cemento, el agua y sustitutos en este caso la incorporación de la fibra, los cuales se pesan usando básculas de distintas capacidades, estos pesos se definen de acuerdo con la resistencia de diseño establecida.

En una concretera de medio saco de capacidad se colocan las distintas proporciones de los materiales, primero se agrega el árido grueso, a continuación, se adiciona la mitad del agua junto al agregado fino, luego se agrega la fibra y al final el cemento con el agua restante. El mezclado se realiza durante un tiempo determinado para

asegurar que todos los materiales se distribuyan de una manera homogénea, en este caso se realizó en un periodo de 3 a 5 minutos.

Para el diseño de mezcla se determina la resistencia promedio, dado que solo se conoce la resistencia de diseño y no la desviación estándar, se utilizó la tabla 6 que permite elegir una desviación estándar según la resistencia.

$$f'_{cr} = f'_c + 84$$

$$f'_{cr} = 210 \frac{kg}{cm^2} + 84$$

$$f'_{cr} = 294 \frac{kg}{cm^2}$$

Para la selección de un revenimiento se utilizó la tabla 7 según el tipo de construcción, en esta investigación se utilizó un revenimiento de 9 cm a pesar de que no se tiene planeado un uso estructural como vigas o columnas.

El contenido de agua se realiza intersecando en la tabla 8 los datos de revenimiento que es de 9 cm y el tamaño máximo nominal de 25 mm, del cual se obtiene una cantidad de agua en litros de $193 \frac{lt}{m^3}$.

Para la relación agua-cemento se utilizó la tabla 9, del cual se debe interpolar según el valor de la resistencia a compresión a los 28 días, entre los valores superiores e inferiores, para este caso sin adición de aire del cual obtenemos un valor de 0.55 el cual variará al momento de incorporar la fibra a la mezcla.

El factor cemento se obtiene dividiendo el contenido de agua para la relación agua cemento, reflejando un valor de 350.90 kg.

$$Factor\ cemento = \frac{193 \frac{lt}{m^3}}{0.55} = 350.90 \frac{kg}{m^3}$$

El agregado grueso se calcula de la interpolación con la tabla 11 según el módulo de finura obteniendo un volumen de $0.70 m^3$ el mismo que se utiliza para multiplicar con el valor del peso volumétrico varillado de 1452.21 resultó un valor de $1019.45 \frac{kg}{m^3}$

$$P. \text{AGREGADO GRUESO} = 0.70 * 1452.21$$

$$P. \text{AGREGADO GRUESO} = 1019.45 \text{ kg/m}^3$$

Cálculo de volúmenes absolutos se obtiene de la división de los pesos calculados con la gravedad específica de los materiales:

$$\text{CEMENTO} \quad 350.90/2950 = 0.1185 \text{ m}^3$$

$$\text{AGUA} \quad 193/1000 = 0.193 \text{ m}^3$$

$$\text{AIRE} \quad 1.5/100 = 0.015 \text{ m}^3$$

$$\text{A. GRUESO} \quad 1019.45/3227.09 = 0.316 \text{ m}^3$$

$$\text{SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS} = 0.643 \text{ m}^3$$

El volumen del agregado fino se determina restando el volumen absoluto menos la suma de volúmenes

$$1 - 0.643 = 0.358 \text{ m}^3$$

Finalmente, el peso del agregado fino se multiplica el volumen del agregado por el peso específico.

$$0.358 * 2647.8 = 937.17 \text{ kg}$$

Corrección por humedad

$$\text{AGREGADO FINO} = 937.17 * \left(\frac{4.52}{100} + 1 \right) = 979.35$$

$$\text{AGREGADO GRUESO} = 1019.45 * \left(\frac{0.59}{100} + 1 \right) = 1025.01$$

Agua a la mezcla

$$\text{AGREGADO FINO} = \frac{(4.52 - 2.03) * 979.35}{100} = 24.39$$

$$\text{AGREGADO AGRUESO} = \frac{(0.59 - 1.83) * 1025.01}{100} = -12.71$$

Corrección valor de agua

$$193 - (+24.39 - 12.71) = 181.33$$

Proporciones de la mezcla para un saco de cemento

Cemento, arena, piedra, agua

$$\frac{349.69}{349.69}, \frac{979.35}{349.69}, \frac{1025.01}{349.69}, \frac{181.33}{7.01} = 1; 2.8; 2.9; 25.86 \text{ lts/saco}$$

Hay que tomar en cuenta que la fibra absorbe agua y es un porcentaje que se debe agregar a la mezcla para las dosificaciones que contienen fibra.

$$0.5\% \text{ de fibra de banano} = 162.5 \text{ gr} * \left(\frac{8.38}{100} + 1 \right) = 175.74 \text{ gr}$$

$$0.5\% \text{ de fibra de banano} = \frac{(8.38 - (-74.78)) * 175.74 \text{ gr}}{100}$$

$$= 146.15 \text{ gr} \sim 0.146 \text{ lts}$$

Con esto podemos determinar que por cada 0.5% de fibra incorporado a la mezcla se le debe agregar 0.146 litros de agua, en la tabla 14 se encuentran los valores finales de agua.

Tabla 14

Dosificación para 6 probetas cilíndricas de muestra patrón, muestra con fibras tratada con NaOH y muestras tratadas de Cal con longitudes de 5 y 10 cm para ambos tratamientos.

Material	fibra 0 %	fibra 0.5 %	fibra 1 %	fibra 1.5 %
Cemento	11.75	11.75	11.75	11.75
Fibra de banano	0.00	0.16	0.32	0.49
Agregado fino	32.43	32.27	32.10	31.94
Agregado Grueso	33.83	33.83	33.83	33.83
Agua	6.12	6.26	6.552	6.69

Se detallan los siguientes diseños de mezclas en sus distintos porcentajes:

- Como primer punto se diseñó la muestra patrón sin porcentaje de adición de la fibra.
- También se realizaron los diseños correspondientes a las mezclas con porcentajes de reemplazo parcial del agregado fino en un 0.5%, 1% y 1.5% con la fibra previamente tratada con hidróxido de sodio (NaOH) de tamaño 5cm.
- Se efectuaron los diseños correspondientes a las mezclas con porcentajes de sustitución parcial del agregado fino en un 0.5%, 1% y 1.5% con la fibra previamente tratada con hidróxido de sodio (NaOH) de longitud 10 cm.
- Como en los procesos anteriores se desarrollaron el diseño de mezclas para los porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5% supliendo la fibra tratada con cal en los porcentajes mencionados al agregado fino, con la dimensión de 5 cm.
- Se realiza el diseño de mezclas para los porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5% sustituyendo parte de la arena con la fibra tratada con cal en los porcentajes mencionados al agregado fino, con medida de 10 cm.

Figura 12

Porciones de materiales para mezcla



Figura 13

Añadiendo fibra a la mezcla



3.10 ENSAYOS DE REVENIMIENTO DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO

Para este proceso se realiza el ensayo de cono de Abrams el cual se realizó en el laboratorio de la Universidad, posterior a la elaboración de los diseños de mezclas, se siguió los procesos establecidos en las especificaciones normadas en NTE INEN 1578 para los hormigones con cemento hidráulico.

Una vez realizada la mezcla de hormigón con ayuda de un cucharón se escoge parte de la muestra y se vierte dentro del cono, se harán 3 capas de similar volumen para la compactación, cada capa se le aplicará 25 golpes con la varilla que se harán de manera distribuida y uniforme, completada las 3 capas se enrasa el borde del cono eliminado el exceso, de manera seguida se alza el cono en forma vertical y se lo coloca a un costado con la varilla encima como referencia para medir con un flexómetro el asentamiento que presenta la mezcla en su estado fresco.

Figura 14

Ensayo de Revenimiento



Figura 15

Toma de medida del revenimiento



3.11 ELABORACIÓN DE PROBETAS DE HORMIGÓN

Para realizar las probetas se utilizaron los moldes cilíndricos metálicos desmontables de dimensiones de 300 mm de alto por 150 mm de diámetro, donde se vertía con el cucharón la mezcla de hormigón fresca, haciendo 3 capas de similar volumen hasta llenar el molde, por cada capa se aplicaban 25 golpes con la varilla

de forma aleatoria, después del varillado se le daban 10 golpes por fuera del cilindro con un martillo de goma en distintos puntos buscando reducir los espacios de vacíos, terminada la tercera capa se enrasa el cilindro y se usa una llana para dejar lisa la superficie, listos los cilindros de muestra se los deja reposar por 24 horas, posterior a ese tiempo de fraguado se podrán desmontar sin que pierdan su forma cilíndrica.

Retirados los cilindros de hormigón de sus moldes se le marca su fecha de elaboración, el porcentaje de fibra que se usó y la medida de la fibra, luego se colocaron los cilindros muestras dentro de la piscina de curado donde permanecieron hasta ser retiradas en periodos establecidos de 7, 14 y 28 días para su evaluación a compresión.

Figura 16

Elaboración de probetas



Figura 17

Curado de cilindros de hormigón



3.12 ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Esta práctica es de importante aplicación, mediante ella se podrá conocer los resultados de la investigación donde se realizarán los análisis respectivos verificando cumplan con la normativa vigente NTE INEN 1573 “Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico”. En este reglamento se indica que mínimo se deben realizar 2 muestras probetas por edad de curado para determinar la resistencia a compresión, en esta evaluación realizamos la cantidad de 2 probetas cilíndrica para cada tipo de diseño de mezcla de hormigón con sus

diferentes porcentajes de adición de fibras que serán evaluadas a los 7, 14 y 28 días de curado, los cilindros tienen medidas de 300 mm de alto y 150 mm de diámetro, todas las muestras deben ser evaluadas a compresión en el tiempo de tolerancia admisible establecidas.

La evaluación a compresión se efectuó en la prensa hidráulica perteneciente al LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO de la UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA, ubicado en el Cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, antes de realizar la rotura de los cilindros se anotan las medidas de cada muestra cilíndrica como su altura, diámetro y peso, luego se coloca el cilindro entre moldes metálicos cilíndricos de baja altura que sostienen almohadillas no adherente conocidos como neoprenos, se configura la máquina para roturas y empieza a ejercer presión continua hasta que el cilindro llegue a su punto máximo de resistencia o rotura, la prensa hidráulica reflejará el valor máximo de carga aplicada a la muestra ensayada.

Figura 18

Ensayo de cilindros a compresión



Figura 19

Toma de resultados de rotura



3.13 ELABORACIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN

En la elaboración de vigas se realizaron 3 muestras por cada diseño, para el caso de las que llevan incorporados fibra de banano se escogieron los diseños que tuvieron mayor resistencia a compresión, que fueron los porcentajes de 0.5 % de longitud 10 cm para hidróxido de sodio y 0.5% de longitud 5 cm para las fibras tratadas con cal.

Usando un cucharón para sujetar y verter la mezcla en los moldes de vigas cuyas dimensiones son de 500 mm de largo por 150 mm de ancho, se colocaron 2 capas de mezcla en estado fresco con similar volumen y se le aplicaron 58 golpes con la varilla de manera distribuida para cada capa, posterior a eso se dieron golpes con un martillo de goma en el exterior del molde por cada capa, buscando el asentamiento de la misma reduciendo los espacios de vacíos en el hormigón, finalizado este proceso en la segunda capa se retira el exceso de material y con ayuda de una llana se deja lisa la superficie de la viga, pasado las 24 horas de fraguado la mezcla en las vigas se retira con cuidado, se anota la fecha, porcentaje y tamaño de la fibra para luego ser sumergida en la piscina de curado durante 28 días.

En esta investigación se realizará el ensayo a compresión a los 7,14,28 dias con el fin de evaluar la resistencia a compresión del hormigón en relación al tiempo de curado. Estos hormigones deben alcanzar una resistencia mínima de carga para que cumplan con los estándares mínimos que especifica en la Norma Ecuatoriana de Construcción.

Figura 20

Elaboración de vigas



Figura 21

Peso de viga desmoldada



3.14 ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN EN VIGAS

Este procedimiento debe cumplir la norma (NTE INEN 2554) Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la flexión de hormigón utilizando una viga simple con carga en los tercios, se rota la muestra sobre un

lateral en relación con su posición original de moldeo y se alinea con los bloques de carga. El sistema de carga se ajusta de acuerdo con la fuerza aplicada, los bloques que aplican la carga se colocan en contacto con la superficie del espécimen en los puntos del tercio respecto a los soportes y se aplica una carga que varía entre el 3% y el 6% de la carga máxima estimada, este ensayo se realiza con el fin de determinar el módulo de rotura.

Con el uso de calibradores de lámina estandarizados de 0.10 mm y 0.38 mm, se verifica si existe un vacío en una longitud de 0.025 m o mayor entre la muestra y la superficie del bloque, siendo este vacío mayor o menor que el espesor de los calibradores. Las superficies de contacto de la muestra se pulen o refrentan, o se utilizan láminas de cuero para eliminar cualquier vacío o separación que supere los 0.1 mm.

La carga en el espécimen debe ser aplicada de manera continua y sin impacto, a una velocidad que aumente constantemente entre 0.86 MPa/min y 1.21 MPa/min hasta la rotura, las dimensiones de la sección transversal para el cálculo del módulo de rotura se determinan a través de una de las caras fracturadas, según la orientación del espécimen se toman tres medidas con una aproximación de 1 mm para obtener un promedio de ancho y alto.

Si se produce dentro del tercio medio de la luz libre la fractura el módulo de rotura se calcula con la siguiente formula.

$$R = PL/bd^2$$

Donde:

R = módulo de rotura MPa (psi)

P = máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo N (lbf).

L = Luz libre en mm.

b = ancho promedio del espécimen, en la fractura en mm.

d = alto promedio del espécimen, en la fractura en mm

Si la fractura se produce fuera del tercio medio de la luz libre, que no exceda el 5% de luz libre se calcula con la siguiente formula.

$$R = 3Pa/bd^2$$

Dónde:

a = distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano, medida sobre la zona de tensión de la viga, m.

Si la fractura ocurre en la zona de tensión y fuera del tercio medio de la luz libre en más del 5% de la luz libre, no se deberán tener en cuenta los resultados del ensayo.

Para determinar el nivel de aceptación luego de haber hecho el cálculo del módulo de rotura, este se hará de acuerdo al método de evaluación en esta investigación se realizó el ensayo a los tercios es decir su porcentaje de aceptación estará en un rango del 12% al 20% en relación a su resistencia máxima a compresión.

Figura 22

Ensayo a flexión de viga



Figura 23

Toma de datos de rotura de viga



CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DEL ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y VARILLADO DE LOS AGREGADOS (NTE INEN 858)

4.1.1 Peso volumétrico suelto del agregado fino y grueso.

En la tabla 15 se presentan los resultados de los ensayos de peso volumétrico suelto del agregado fino.

Tabla 15

Determinación de la masa unitaria suelta del agregado fino

AGREGADO FINO	Muestra 1
Volumen del recipiente (m ³):	0.00292
Masa suelta del material contenida en recipiente (kg):	3.42
Masa unitaria suelta (densidad supuesta): Ms(kg/m ³)	1169.34

En la tabla 16 se presentan los resultados de los ensayos de peso volumétrico suelto del agregado grueso.

Tabla 16

Determinación de la masa unitaria suelta del agregado grueso

AGREGADO GRUESO	Muestra
Volumen del recipiente (m ³):	0.00974
Masa suelta del material contenida en recipiente (kg):	12.66
Masa unitaria suelta (densidad supuesta): Ms(kg/m ³)	1300.21

4.1.2 Peso volumétrico varillado del agregado grueso.

En la tabla 17 se presentan los resultados de los ensayos de peso volumétrico suelto del agregado grueso.

Tabla 17

Determinación de la masa unitaria compactada del agregado grueso

AGREGADO GRUESO	Muestra
Volumen del recipiente (m ³):	0.00974
Masa suelta de material contenida en recipiente (kg):	14.14
Masa unitaria (densidad aparente) suelta: Mc (kg/m ³)	1452.21

4.2 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO (NTE INEN 696)

4.2.1 Granulometría del agregado grueso.

En la tabla 18 se presentan los resultados de la distribución del ensayo granulométrico del agregado grueso, en la figura 23 se representa el gráfico de la curva de distribución del agregado grueso.

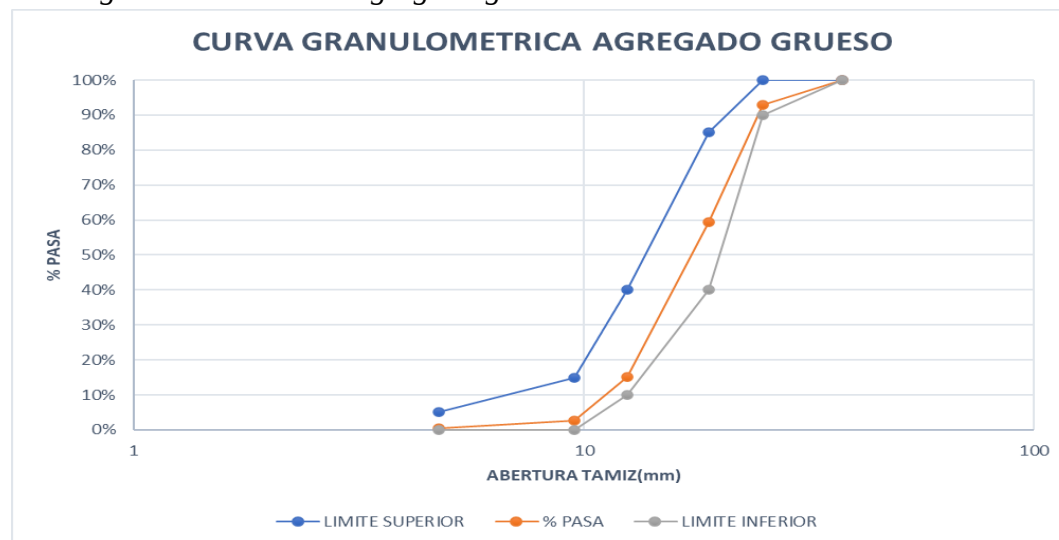
Tabla 18

Análisis granulométrico del agregado grueso

Número de Tamaño		56	Tamaño máximo nominal (mm)		25
Tamiz Nro.	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Total (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasa (%)
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	690	7.08	7.05	92.95
3/4"	19	3280	33.65	40.59	59.41
1/2"	12.5	4340	44.52	84.95	15.05
3/8"	9.5	1200	12.31	97.22	2.78
Nº4	4.75	220	2.26	99.47	0.53
Nº8	2.36	17.54	0.18	99.65	0.35
Nº16	1.18	8.3	0.00	99.73	0.27
FONDO		26	100.00	100.00	0.00
TOTAL (gr)		9781.84			
				MF	7.35

Figura 24

Curva granulométrica del agregado grueso



4.2.2 Granulometría del agregado fino.

En la tabla 19 se presentan los resultados de la distribución del ensayo granulométrico del agregado fino, en la figura 25 se representa el gráfico de la curva de distribución del agregado fino.

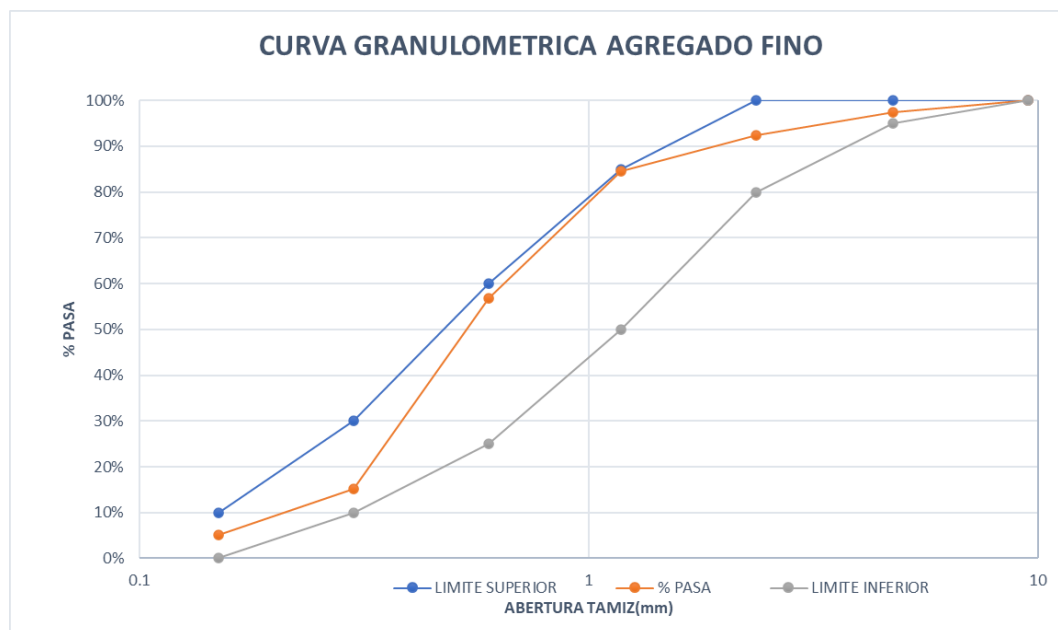
Tabla 19

Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz Nro.	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Total (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasa (%)
3/8"	9.5	0	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	47	2.61	2.61	97.39
N°8	2.36	90	5.00	7.61	92.39
N°16	1.18	140	7.78	15.39	84.61
N°30	0.6	500	27.78	43.17	56.83
N°50	0.3	750	41.67	84.83	15.17
N°100	0.15	180	10.00	94.83	5.17
FONDO		93	100.00	100.00	0.00
TOTAL (gr)		1800			
				MF	2.48

Figura 25

Curva granulométrica del agregado fino



4.3 RESULTADOS DE DENSIDAD Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTE INEN 856, 2010) Y GRUESO (NTE INEN 857)

4.3.1 Densidad y absorción del agregado grueso.

En la tabla 20 se presentan los resultados del ensayo de densidad y absorción del agregado grueso.

Tabla 20

Determinación de densidad y porcentaje de absorción del agregado grueso

AGREGADO GRUESO	Muestra
Masa de la muestra en estado S.S.S (gr):	1500
Masa de la muestra sumergida en agua (gr):	1236
Masa de la muestra seca al horno (gr):	1463.59
Densidad relativa (estado sss): D _{sss} (gr/cm ³)	3.23
Densidad relativa seca (estado seco): D _s (gr/cm ³)	2.55
Densidad relativa aparente: D (gr/cm ³)	2.73
Porcentaje de absorción (Pa)	2.49

4.3.2 Densidad y absorción del agregado fino.

En la tabla 21 se presentan los resultados del ensayo de densidad y absorción del agregado fino.

Tabla 191

Determinación de densidad y porcentaje de absorción del agregado fino

AGREGADO FINO	Muestra
Masa de la muestra seca al horno (gr):	490.07
Masa del picnómetro llenado con agua hasta la marca de calibración (gr):	663
Masa del picnómetro lleno con la muestra y agua hasta la marca de calibración (gr):	975
Masa de la muestra en estado sss (gr):	500
Densidad relativa (estado sss): D_{ss} (gr/cm ³)	2.66
Densidad relativa seca (estado seco): D_s (gr/cm ³)	2.61
Densidad relativa aparente: D (gr/cm ³)	2.75
Porcentaje de absorción: P_a (%)	2.03

4.4 RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO Y GRUESO (NTE INEN 862)

4.4.1 Contenido de humedad del agregado grueso.

En la tabla 22 se presentan los resultados del ensayo de humedad del agregado grueso.

Tabla 22

Determinación del contenido de humedad del agregado grueso

AGREGADO GRUESO	Muestra
Masa de la muestra húmeda (g):	686
Masa de la muestra seca al horno (g):	682
Humedad total (%):	0.59

4.4.2 Contenido de humedad del agregado fino.

En la tabla 23 se presentan los resultados del ensayo de humedad del agregado fino.

Tabla 203

Determinación de contenido de humedad del agregado fino

AGREGADO FINO	Muestra
Masa de la muestra húmeda (g):	485.11
Masa de la muestra seca al horno (g):	464.11
Humedad total (%):	4.52

4.5 RESULTADOS DE DESEMPEÑO Y RESISTENCIA A PROBETAS CILÍNDRICAS EVALUADAS A COMPRESIÓN CON DOSIFICACIÓN $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (NTE INEN 1573)

En la tabla 24 se indica la cantidad de cilindros evaluada para cada muestra de hidróxido de sodio (NaOH), cal y muestra patrón, a su vez los días de curado previo a la rotura de cilindros según norma (NTE INEN 1573, 2010).

Tabla 214

Días de curado y cantidad de cilindros evaluados para cada muestra

Muestras	Días de curado			Total
	7	14	28	
Muestra Patrón	2	2	2	6
0.5 % NaOH - longitud 5 cm	2	2	2	6
0.5 % NaOH - longitud 10 cm	2	2	2	6
1 % NaOH - longitud 5 cm	2	2	2	6
1 % NaOH - longitud 10 cm	2	2	2	6
1.5 % NaOH - longitud 5 cm	2	2	2	6
1.5 % NaOH - longitud 10 cm	2	2	2	6
0.5 % Cal - longitud 5 cm	2	2	2	6
0.5 % Cal - longitud 10 cm	2	2	2	6
1 % Cal - longitud 5 cm	2	2	2	6
1 % Cal - longitud 10 cm	2	2	2	6
1.5 % Cal - longitud 5 cm	2	2	2	6
1.5 % Cal - longitud 10 cm	2	2	2	6
TOTAL	26	26	26	78

4.5.1 Muestra Patrón de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

A continuación, se muestran los resultados del ensayo de las probetas cilíndricas a compresión con una resistencia de $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$. Para la muestra patrón se obtuvo un revenimiento de 9 cm. En la tabla 25 se muestra el diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio, eficiencia.

Tabla 25

Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra patrón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

N°	Fecha de vaciado	Fecha Rotura	Edad (días)	Diámetro (cm)			Altura (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Densidad (kg/m ³)	Carga (KN)	Resistencia Mpa	kg/cm ²	Resis. Promedio	Eficiencia (%)
1	20/8/24	23/10/23	7	15.20	15.20	15.20	31.50	181.46	5715.94	12.63	2209.61	232.40	13.15	134.09	134.45	64.02
2	20/8/24	23/10/23	7	15.20	15.20	15.20	31.50	181.46	5715.94	12.65	2213.81	233.60	13.22	134.81		
3	20/8/24	10/9/24	21	15.00	15.00	15.00	30.15	176.71	5327.94	12.67	2378.03	367.20	20.78	211.90	205.47	97.84
4	20/8/24	10/9/24	21	15.25	15.20	15.23	30.10	182.06	5479.88	12.71	2319.39	345.00	19.52	199.05		
5	20/8/24	17/9/24	28	15.20	15.30	15.25	30.20	182.65	5516.16	12.36	2240.69	379.60	21.48	219.04	218.17	103.89
6	20/8/24	17/9/24	28	15.10	15.30	15.20	30.20	181.46	5480.04	12.86	2345.97	376.60	21.31	217.30		

4.5.2 Muestra $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 0.5% de fibra de banana tratada con Hidróxido de sodio (NaOH) de longitud 5 cm, como reemplazo parcial de la arena.

Para la muestra se obtuvo un revenimiento de 8.5 cm. En la tabla 26 se muestra el diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de los cilindros.

Tabla 226

Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con 0.5 % de fibra de banana tratada con NaOH de longitud 5 cm

N°	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Diámetro (cm)			Altura (cm)	Área (cm ²)	Volumen. (cm ³)	Peso (kg)	Densidad (kg/m ³)	Carga (KN)	Resistencia		Resis. Promedio	Eficiencia (%)
				D1	D2	D.Prom							Mpa	kg/cm ²		
1	4/9/24	11/10/24	7	15.10	15.20	15.15	30.00	180.27	5408.00	12.55	2320.64	256.30	14.510	147.96	156.99	74.76
2	4/9/24	11/10/24	7	15.20	15.00	15.10	29.90	179.08	5354.45	12.27	2291.55	287.60	16.280	166.01		
3	4/9/24	18/9/24	14	15.20	14.90	15.05	29.90	177.89	5319.05	12.45	2340.64	329.70	18.660	190.28	195.17	92.94
4	4/9/24	18/9/24	14	14.80	14.90	14.85	30.00	173.20	5195.94	12.14	2336.44	346.70	19.620	200.07		
5	4/9/24	2/10/24	28	15.00	15.00	15.00	30.20	176.71	5336.78	12.49	2340.36	409.50	23.170	236.27	230.51	109.77
6	4/9/24	2/10/24	28	15.10	15.10	15.10	30.20	179.08	5408.17	12.54	2318.71	389.50	22.040	224.75		

4.5.3 Muestra F'c = 210 kg/cm² con 0.5% de fibra de banana tratada con Hidróxido de sodio de longitud de 10 cm, como reemplazo parcial de la arena.

Para la muestra se obtuvo un revenimiento de 8 cm. En la tabla 27 se muestra el diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de los cilindros.

Tabla 27

Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de f'c=210 kg/cm² con 0.5 % de fibra de banana tratada con NaOH de longitud 10 cm

N°	Fecha de vaciado	Fecha	Edad	Diámetro (cm)			Altura	Área	Volumen.	Peso	Densidad	Carga	Resistencia		Resis.	Eficiencia
		Rotura	(días)	D1	D2	D.Prom	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(kg)	(kg/m ³)	(KN)	Mpa	kg/cm ²	Promedio	(%)
1	3/9/24	10/9/24	7	15.15	15.10	15.13	30.15	179.67	5417.11	12.58	2322.27	312.900	17.710	181	178.80	85.14
2	3/9/24	10/9/24	7	15.10	15.20	15.15	30.40	180.27	5480.10	12.68	2313.83	306.800	17.360	177		
3	3/9/24	17/9/24	14	15.20	15.00	15.10	29.90	179.08	5354.45	12.21	2280.35	367.200	20.780	212	211.33	100.63
4	3/9/24	17/9/24	14	15.20	15.20	15.20	30.20	181.46	5480.04	12.64	2306.55	365.200	20.670	211		
5	3/9/24	1/10/24	28	15.10	15.10	15.10	30.00	179.08	5372.36	12.62	2349.06	415.800	23.530	240	249.37	118.75
6	3/9/24	1/10/24	28	15.20	15.20	15.20	30.20	181.46	5480.04	12.50	2281.00	448.100	25.380	259		

4.5.4 Muestra $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 0.5% de fibra de banana tratada con Cal de longitud 5 cm , como reemplazo parcial de la arena.

Para la muestra se obtuvo un revenimiento de 8 cm. En la tabla 28 se muestra el diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de los cilindros.

Tabla 28

Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con 0.5 % de fibra de banana tratada con Cal de longitud 5 cm

N°	Fecha de vaciado	Fecha Rotura	Edad (días)	Diámetro (cm)			Altura (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Densidad (kg/m ³)	Carga (KN)	Resistencia		Resis. Promedio	Eficiencia (%)
				D1	D2	D.Prom							Mpa	kg/cm ²		
1	4/9/24	11/9/24	7	15.20	15.20	15.20	30.10	181.46	5461.90	12.61	2308.72	260.00	14.71	150.00	145.62	69.34
2	4/9/24	11/9/24	7	15.20	15.20	15.20	30.10	181.46	5461.90	12.75	2334.35	244.70	13.85	141.23		
3	4/9/24	18/9/24	14	12.30	15.30	13.80	30.10	149.57	4502.09	12.52	2780.93	383.10	21.68	221.08	211.03	100.49
4	4/9/24	18/9/24	14	15.20	15.20	15.20	30.30	181.46	5498.19	12.69	2308.03	348.29	19.71	200.99		
5	4/9/24	2/10/24	28	15.20	15.20	15.20	30.10	181.46	5461.90	12.65	2316.04	442.60	25.04	255.34	254.522	121.20
6	4/9/24	2/10/24	28	15.20	15.20	15.20	30.20	181.46	5480.04	12.49	2279.18	439.60	24.88	253.71		

4.5.5 Muestra F'c = 210 kg/cm² con 0.5% de fibra de banana tratada con Cal de longitud 10 cm , como reemplazo parcial de la arena.

Para la muestra se obtuvo un revenimiento de 7 cm. En la tabla 29 se muestra el diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de los cilindros.

Tabla 2923

Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de f'c=210 kg/cm² con 0.5 % de fibra de banana tratada con Cal de longitud 10 cm

N°	Fecha	Fecha	Edad	Diámetro (cm)			Altura	Área	Volumen	Peso	Densidad	Carga	Resistencia		Resis.	Eficiencia
	de vaciado	Rotura	(días)	D1	D2	D.Prom	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(kg)	(kg/m ³)	(KN)	Mpa	kg/cm ²	Promedio	(%)
1	3/9/24	10/9/24	7	15.20	15.10	15.15	30.10	180.27	5426.02	12.53	2309.24	285.40	16.150	164.68	163.257	77.7415
2	3/9/24	10/9/24	7	15.10	15.10	15.10	30.30	179.08	5426.08	12.61	2323.96	280.40	15.870	161.83		
3	3/9/24	17/9/24	14	15.20	15.20	15.20	30.30	181.46	5498.19	12.33	2242.56	307.10	17.380	177.23	180.083	85.7536
4	3/9/24	17/9/24	14	15.20	15.00	15.10	29.90	179.08	5354.45	12.42	2319.57	317.10	17.940	182.94		
5	3/9/24	1/10/24	28	15.10	15.20	15.15	30.10	180.27	5426.02	12.27	2261.32	413.70	23.410	238.72	232.598	110.761
6	3/9/24	1/10/24	28	15.40	15.00	15.20	30.00	181.46	5443.75	12.75	2342.13	392.50	22.210	226.48		

4.5.6 Muestra F'c = 210 kg/cm² con 1% de fibra de banana tratada con Hidróxido de sodio de longitud 5 cm, como reemplazo parcial de la arena.

Para la muestra se obtuvo un revenimiento de 6 cm. En la tabla 30 se muestra el diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de los cilindros.

Tabla 3024

Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de f'c=210 kg/cm² con 1 % de fibra de banana tratada con NaOH de longitud 5 cm

N°	Fecha de vaciado	Fecha	Edad (días)	Diámetro (cm)			Altura (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Densidad (kg/m ³)	Carga (KN)	Resistencia		Resis. Promedio	Eficiencia (%)
				D1	D2	D.Prom							Mpa	kg/cm ²		
1	26/8/24	3/9/24	7	15.30	15.10	15.20	30.10	181.46	5461.90	12.15	2224.50	172.90	9.79	99.83	102.33	48.72
2	26/8/24	3/9/24	7	15.00	15.10	15.05	30.00	177.89	5336.84	12.00	2248.52	181.40	10.28	104.83		
3	26/8/24	10/9/24	14	15.35	15.20	15.28	30.00	183.25	5497.61	12.43	2260.98	285.80	15.04	153.37	150.00	71.42
4	26/8/24	10/9/24	14	15.10	15.15	15.13	29.90	179.67	5372.20	12.17	2265.37	254.00	14.38	146.64		
5	26/8/24	24/9/24	28	15.30	15.30	15.30	30.10	183.85	5534.00	12.38	2237.08	311.00	17.60	179.47	183.55	87.40
6	26/8/24	24/9/24	28	15.20	15.20	15.20	30.20	181.46	5480.04	12.36	2255.46	325.10	18.40	187.63		

4.5.7 Muestra F'c = 210 kg/cm² con 1% de fibra de banana tratada con Hidróxido de sodio de longitud de 10 cm, como reemplazo parcial de la arena.

Para la muestra se obtuvo un revenimiento de 5 cm. En la tabla 31 se muestra el diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de los cilindros.

Tabla 31

Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de f'c=210 kg/cm² con 1 % de fibra de banana tratada con NaOH de longitud 10 cm

N°	Fecha	Fecha	Edad	Diámetro (cm)			Altura	área	Volumen	Peso	Densidad	Carga	Resistencia		Resis.	Eficiencia
	de vaciado	Rotura	(días)	D1	D2	D.Prom	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(kg)	(kg/m ³)	(KN)	Mpa	kg/cm ²	Promedio	(%)
1	21/8/24	28/8/24	7	15.15	15.10	15.13	30.10	179.67	5408.13	12.10	2237.37	172.90	9.79	99.83	102.33	48.72
2	21/8/24	28/8/24	7	15.05	15.05	15.05	30.30	177.89	5390.21	12.10	2244.81	181.80	10.28	104.83		
3	21/8/24	11/9/24	14	15.00	15.00	15.00	30.20	176.71	5336.78	11.82	2214.82	219.10	12.40	126.45	139.29	66.33
4	21/8/24	11/9/24	14	15.10	15.20	15.15	30.20	180.27	5444.05	12.31	2261.18	263.70	14.92	152.14		
5	21/8/24	18/9/24	28	15.00	15.10	15.05	30.40	177.89	5408.00	12.13	2242.97	225.10	15.80	161.12	155.41	74.00
6	21/8/24	18/9/24	28	15.20	15.20	15.20	30.10	181.46	5461.90	12.36	2262.95	209.70	14.68	149.69		

4.5.8 Muestra $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 1% de fibra de banana tratada con Cal de longitud 5 cm, como reemplazo parcial de la arena.

Para la muestra se obtuvo un revenimiento de 6 cm. En la tabla 32 se muestra el diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de los cilindros.

Tabla 32

Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con 1 % de fibra de banana tratada con Cal de longitud 5 cm

N°	Fecha de vaciado	Fecha	Edad	Diámetro (cm)			Altura	área	Volumen	Peso	Densidad	Carga	Resistencia		Resis.	Eficiencia
		Rotura	(días)	D1	D2	D.Prom	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(kg)	(kg/m ³)	(KN)	Mpa	kg/cm ²	Promedio	(%)
1	26/8/24	3/9/24	7	15.15	15.10	15.13	30.10	179.67	5408.13	12.40	2292.84	147.40	8.340	85.04	93.712	44.62
2	26/8/24	3/9/24	7	15.50	15.50	15.50	30.30	188.69	5717.36	12.36	2161.84	177.40	10.040	102.38		
3	26/8/24	10/9/24	14	15.10	15.10	15.10	30.15	179.08	5399.22	12.33	2283.66	229.20	12.970	132.26	129.09	61.47
4	26/8/24	10/9/24	14	15.10	15.15	15.13	30.00	179.67	5390.16	12.08	2241.12	218.20	12.350	125.94		
5	26/8/24	24/9/24	28	15.20	15.30	15.25	30.20	182.65	5516.16	12.46	2258.82	313.60	17.750	181.00	176.20	83.90
6	26/8/24	24/9/24	28	15.10	15.20	15.15	30.20	180.27	5444.05	12.37	2272.21	297.10	16.810	171.41		

4.5.9 Muestra $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 1% de fibra de banana tratada con Cal de longitud 10 cm, como reemplazo parcial de la arena.

Para la muestra se obtuvo un revenimiento de 4 cm. En la tabla 33 se muestra el diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de los cilindros.

Tabla 33

Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con 1 % de fibra de banana tratada con Cal de longitud 10 cm

N°	Fecha de vaciado	Fecha	Edad	Diámetro (cm)			Altura	área	Volumen	Peso	Densidad	Carga	Resistencia		Resis.	Eficiencia
		Rotura	(días)	D1	D2	D.Prom	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(kg)	(kg/m ³)	(KN)	Mpa	kg/cm ²	Promedio	(%)
1	29/8/24	12/9/24	7	14.90	15.10	15.00	30.50	176.71	5389.79	11.76	2181.90	153.90	8.710	88.82	116.55	55.50
2	29/8/24	12/9/24	7	15.10	15.20	15.15	29.90	180.27	5389.97	11.97	2220.79	250.00	14.150	144.29		
3	29/8/24	19/9/24	14	15.00	15.00	15.00	30.00	176.71	5301.44	12.00	2263.54	237.12	13.420	136.85	143.88	68.52
4	29/8/24	19/9/24	14	15.20	15.10	15.15	30.20	180.27	5444.05	12.10	2222.61	261.51	14.800	150.92		
5	29/8/24	26/9/24	28	15.20	15.20	15.20	30.10	181.46	5461.90	12.19	2231.83	269.50	15.250	155.51	157.44	74.97
6	29/8/24	26/9/24	28	15.10	15.10	15.10	30.10	179.08	5390.27	12.20	2263.34	276.20	15.630	159.38		

4.5.10 Muestra F'c = 210 kg/cm² con 1.5% de fibra de banana tratada con Hidróxido de sodio de longitud 5 cm, como reemplazo parcial de la arena.

Para la muestra se obtuvo un revenimiento de 5 cm. En la tabla 34 se muestra el diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de los cilindros.

Tabla 34

Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de f'c=210 kg/cm² con 1.5 % de fibra de banana tratada con NaOH de longitud 5 cm

N°	Fecha	Fecha	Edad	Diámetro (cm)			Altura	área	Volumen	Peso	Densidad	Carga	Resistencia		Resis.	Eficiencia
	de vaciado	Rotura	(días)	D1	D2	D.Prom	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(kg)	(kg/m ³)	(KN)	Mpa	kg/cm ²	Promedio	(%)
1	2/9/24	9/9/24	7	15.20	15.20	15.20	30.15	181.46	5470.97	12.13	2217.16	158.30	8.50	86.68	88.61	42.19
2	2/9/24	9/9/24	7	15.10	15.10	15.10	30.20	179.08	5408.17	12.02	2222.56	156.90	8.88	90.55		
3	2/9/24	16/9/24	14	15.00	15.00	15.00	30.20	176.71	5336.78	11.73	2197.95	202.50	11.46	116.86	116.25	55.356
4	2/9/24	16/9/24	14	15.20	15.20	15.20	30.10	181.46	5461.90	12.11	2217.18	200.40	11.34	115.64		
5	2/9/24	30/9/24	28	15.10	15.10	15.10	29.90	179.08	5354.45	12.12	2263.54	184.10	10.42	106.25	126.29	60.13
6	2/9/24	30/9/24	28	15.20	15.10	15.15	30.10	180.27	5426.02	12.33	2272.38	253.50	14.35	146.33		

4.5.11 Muestra F'c = 210 kg/cm² con 1.5% de fibra de banana tratada con Hidróxido de sodio de longitud de 10 cm, como reemplazo parcial de la arena.

Para la muestra se obtuvo un revenimiento de 4 cm. En la tabla 35 se muestra el diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de los cilindros.

Tabla 35

Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de f'c=210 kg/cm² con 1.5 % de fibra de banana tratada con NaOH de longitud 10 cm

N°	Fecha	Fecha	Edad	Diámetro (cm)			Altura	área	Volumen	Peso	Densidad	Carga	Resistencia		Resis.	Eficiencia
	de vaciado	Rotura	(días)	D1	D2	D.Prom	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(kg)	(kg/m ³)	(KN)	Mpa	kg/cm ²	Promedio	(%)
1	2/9/24	9/9/24	7	15.20	15.20	15.20	30.10	181.46	5461.90	11.99	2195.21	181.00	10.24	104.42	93.05	44.30
2	2/9/24	9/9/24	7	15.15	15.30	15.23	30.10	182.06	5479.88	12.30	2244.58	141.50	8.01	81.68		
3	2/9/24	16/9/24	14	15.10	15.20	15.15	30.20	180.27	5444.05	12.20	2240.98	231.56	13.10	133.58	129.91	61.86
4	2/9/24	16/9/24	14	15.40	15.30	15.35	30.20	185.06	5588.74	12.44	2225.91	218.83	12.38	126.24		
5	2/9/24	30/9/24	28	15.10	15.10	15.10	30.10	179.08	5390.27	12.15	2254.06	316.30	17.90	182.53	162.14	77.20
6	2/9/24	30/9/24	28	15.20	15.10	15.15	30.00	180.27	5408.00	12.26	2267.01	245.70	13.90	141.74		

4.5.12 Muestra $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 1.5% de fibra de banana tratada con Cal de longitud 5 cm, como reemplazo parcial de la arena.

Para la muestra se obtuvo un revenimiento de 4 cm. En la tabla 36 se muestra el diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de los cilindros.

Tabla 36

Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con 1.5 % de fibra de banana tratada con Cal de longitud 5 cm

N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diámetro (cm)			Altura (cm)	área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Densidad (kg/m ³)	Carga (KN)	Resistencia		Resis. Promedio	Eficiencia (%)
				D1	D2	D.Prom							Mpa	kg/cm ²		
1	3/9/24	10/9/24	7	15.10	15.15	15.13	30.20	179.67	5426.10	12.76	2351.60	233.90	13.24	135.01	140.21	66.77
2	3/9/24	10/9/24	7	15.10	15.20	15.15	30.00	180.27	5408.00	12.24	2263.32	251.90	14.26	145.41		
3	3/9/24	17/9/24	14	15.00	15.20	15.10	30.20	179.08	5408.17	12.49	2309.47	257.50	14.57	148.57	154.54	73.59
4	3/9/24	17/9/24	14	15.00	14.90	14.95	30.10	175.54	5283.71	12.01	2273.03	278.20	15.74	160.50		
5	3/9/24	1/10/24	28	15.10	15.20	15.15	30.20	180.27	5444.05	12.21	2242.82	317.60	17.97	183.24	189.46	90.22
6	3/9/24	1/10/24	28	15.00	15.10	15.05	30.20	177.89	5372.42	12.44	2315.53	339.10	19.19	195.68		

4.5.13 Muestra $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 1.5% de fibra de banana tratada con Cal de longitud 10 cm, como reemplazo parcial de la arena.

Para la muestra se obtuvo un revenimiento de 3 cm. En la tabla 37 se muestra el diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de los cilindros.

Tabla 37

Diámetro, altura, área, peso, volumen, densidad, carga, resistencia por cilindros, resistencias promedio y eficiencia de las probetas de la muestra de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con 1.5 % de fibra de banana tratada con Cal de longitud 10

N°	Fecha	Fecha	Edad	Diámetro (cm)			Altura	área	Volumen	Peso	Densidad	Carga	Resistencia		Resis.	Eficiencia
	de vaciado	Rotura	(días)	D1	D2	D.Prom	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(kg)	(kg/m ³)	(KN)	Mpa	kg/cm ²	Promedio	(%)
1	2/9/24	9/9/24	7	15.30	15.20	15.25	30.00	182.65	5479.62	12.20	2226.43	135.60	7.68	78.31	70.61	33.62
2	2/9/24	9/9/24	7	15.20	15.30	15.25	30.00	182.65	5479.62	11.90	2171.68	109.00	6.17	62.92		
3	2/9/24	16/9/24	14	15.20	15.10	15.15	30.00	180.27	5408.00	11.78	2178.26	191.00	10.81	110.23	96.56	45.98
4	2/9/24	16/9/24	14	15.20	15.10	15.15	30.10	180.27	5426.02	11.95	2202.35	143.60	8.13	82.90		
5	2/9/24	30/9/24	28	15.20	15.20	15.20	30.10	181.46	5461.90	12.37	2264.78	220.00	12.45	126.96	130.01	61.91
6	2/9/24	30/9/24	28	15.10	15.20	15.15	30.20	180.27	5444.05	12.12	2226.28	230.70	13.05	133.07		

4.5.14 Resistencia promedio a los 7 días – longitud 5 cm.

Se muestran las resistencias a los 7 días en la tabla 38 y 39 para la dosificación de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para los porcentajes de 0.5 %, 1.0 %, 1.5 % de fibra con longitud 5 cm como sustituto parcial del agregado fino.

Tabla 3826

Resistencia a los 7 días para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Cal.

Porcentaje de fibra de banano	Resistencia (Kg/cm ²)		Resistencia Total	Resistencia Promedio
	1	2		
0.0%	134.09	134.81	268.90	134.45
0.5%	150.00	141.23	291.23	145.62
1.0%	102.09	85.40	187.49	93.75
1.5%	135.01	145.41	280.42	140.21

Tabla 39

Resistencia a los 7 días para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Hidróxido de sodio.

Porcentaje de fibra de banano	Resistencia (Kg/cm ²)		Resistencia Total	Resistencia Promedio
	1	2		
0.0%	134.09	134.81	268.90	134.45
0.5%	147.96	166.01	313.97	156.99
1.0%	99.83	104.83	204.66	102.33
1.5%	86.68	90.55	177.23	88.62

4.5.15 Resistencia promedio a los 7 días – longitud 10 cm.

Se muestran las resistencias a los 7 días en la tabla 40 y 41 para la dosificación de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para los porcentajes de 0.5 %, 1.0 %, 1.5 % de fibra de banano de longitud 10 cm como sustituto parcial del agregado fino.

Tabla 40

Resistencia a los 7 días para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Cal.

Porcentaje de fibra de banano	Resistencia (Kg/cm ²)		Resistencia Total	Resistencia Promedio
	1	2		
0.0%	134.09	134.81	268.90	134.45
0.5%	164.68	161.83	326.51	163.26
1.0%	88.82	144.29	233.11	116.56
1.5%	78.31	62.92	141.23	70.62

Tabla 41

Resistencia a los 7 días para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Hidróxido de sodio.

Porcentaje de fibra de banano	Resistencia (Kg/cm ²)		Resistencia Total	Resistencia Promedio
	1	2		
0.0%	134.09	134.81	268.90	134.45
0.5%	180.59	177.02	357.61	178.81
1.0%	99.83	104.83	204.66	102.33
1.5%	104.42	81.68	186.10	93.05

4.5.16 Resistencia promedio a los 14 días – longitud 5 cm.

Se muestran las resistencias a los 14 días en la tabla 42 y 43 para la dosificación de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ para los porcentajes de 0.5 %, 1.0 %, 1.5 % de fibra de banano de longitud 5 cm como sustituto parcial del agregado fino.

Tabla 42

Resistencia a los 14 días para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Cal.

Porcentaje de fibra de banano	Resistencia (Kg/cm ²)		Resistencia Total	Resistencia Promedio
	1	2		
0.0%	211.89	199.04	410.93	205.47
0.5%	221.08	200.99	422.07	211.04
1.0%	132.26	125.94	258.20	129.10
1.5%	148.57	160.50	309.07	154.54

Tabla 43

Resistencia a los 14 días para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Hidróxido de sodio.

Porcentaje de fibra de banano	Resistencia (Kg/cm ²)		Resistencia Total	Resistencia Promedio
	1	2		
0.0%	211.89	199.04	410.93	205.47
0.5%	190.28	200.07	390.35	195.18
1.0%	153.37	146.64	300.01	150.01
1.5%	116.24	115.54	231.78	115.89

4.5.17 Resistencia promedio a los 14 días – longitud 10 cm.

Se muestran las resistencias a los 14 días en la tabla 44 y 45 para la dosificación de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ para los porcentajes de 0.5 %, 1.0 %, 1.5 % de fibra de banano de longitud 10 cm como sustituto parcial del agregado fino.

Tabla 44

Resistencia a los 14 días para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Cal.

Porcentaje de macrofibra de banano	Resistencia (Kg/cm ²)		Resistencia Total	Resistencia Promedio
	1	2		
0.0%	211.89	199.04	410.93	205.47
0.5%	177.23	182.94	360.17	180.09
1.0%	136.85	150.92	287.77	143.89
1.5%	110.23	82.90	193.13	96.57

Tabla 45

Resistencia a los 14 días para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Hidróxido de sodio.

Porcentaje de fibra de banano	Resistencia (Kg/cm ²)		Resistencia Total	Resistencia Promedio
	1	2		
0.0%	211.89	199.04	410.93	205.47
0.5%	211.90	210.78	422.68	211.34
1.0%	126.45	152.14	278.59	139.30
1.5%	133.58	126.24	259.82	129.91

4.5.18 Resistencia promedio a los 28 días – longitud 5 cm.

Se muestran las resistencias a los 28 días en la tabla 46 y 47 para la dosificación de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para los porcentajes de 0.5 %, 1.0 %, 1.5 % de fibra de banano de longitud 5 cm como sustituto parcial del agregado fino.

Tabla 46

Resistencia a los 28 días para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Cal.

Porcentaje de fibra de banano	Resistencia (Kg/cm^2)		Resistencia Total	Resistencia Promedio
	1	2		
0.0%	219.03	217.30	436.33	218.17
0.5%	255.34	253.71	509.05	254.53
1.0%	181.00	171.41	352.41	176.21
1.5%	183.24	195.68	378.92	189.46

Tabla 47

Resistencia a los 28 días para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con distintos de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Hidróxido de sodio.

Porcentaje de fibra de banano	Resistencia (Kg/cm^2)		Resistencia Total	Resistencia Promedio
	1	2		
0.0%	219.03	217.30	436.33	218.17
0.5%	236.27	224.75	461.02	230.51
1.0%	179.47	187.63	367.10	183.55
1.5%	106.25	126.29	232.54	116.27

4.5.19 Resistencia promedio a los 28 días – longitud 10 cm.

Se muestran las resistencias a los 28 días en la tabla 48 y 49 para la dosificación de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para los porcentajes de 0.5 %, 1.0 %, 1.5 % de fibra de banano de longitud 10 cm como sustituto parcial del agregado fino.

Tabla 48

Resistencia a los 28 días para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Cal.

Porcentaje de fibra de banano	Resistencia (Kg/cm ²)		Resistencia Total	Resistencia Promedio
	1	2		
0.0%	219.03	217.30	436.33	218.17
0.5%	238.72	226.48	465.20	232.60
1.0%	155.51	159.38	314.89	157.45
1.5%	126.96	133.07	260.03	130.02

Tabla 49

Resistencia a los 28 días para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con distintos % de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con Hidróxido de sodio.

Porcentaje de fibra de banano	Resistencia (Kg/cm ²)		Resistencia Total	Resistencia Promedio
	1	2		
0.0%	219.03	217.30	436.33	218.17
0.5%	239.94	258.80	498.74	249.37
1.0%	145.20	155.81	301.01	150.51
1.5%	182.53	141.74	324.27	162.14

4.5.20 Resumen de los resultados a compresión a los 7, 14, 28 días de curado.

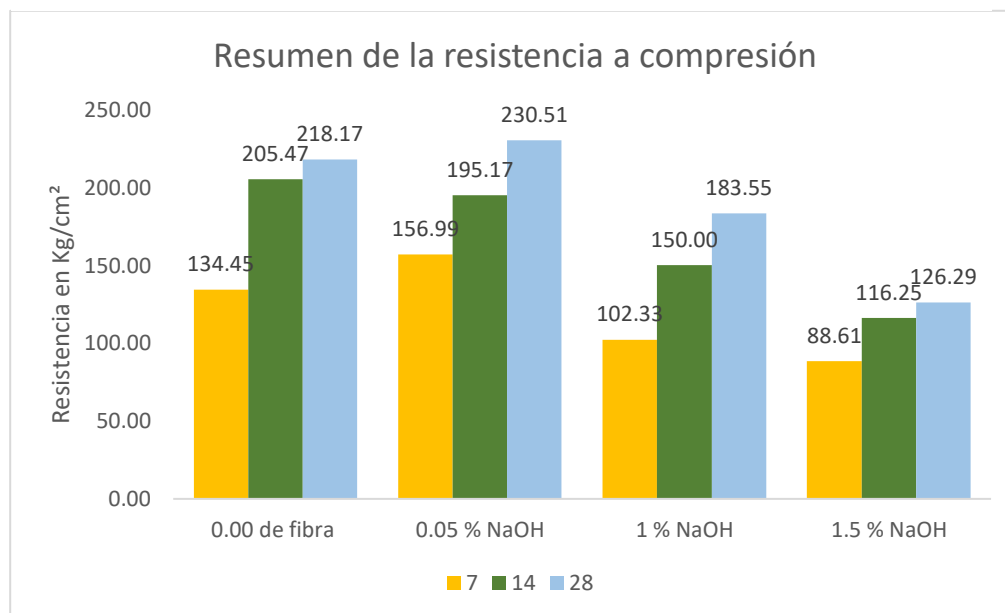
Tabla 50

Resumen de los resultados a compresión a los 7,14,28 días de curado para porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5% de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con hidróxido de sodio de longitud 5 cm.

Días de curado	Porcentaje de fibra tratadas con NaOH longitud 5 cm			
	0.00%	0.5 %	1 %	1.5 %
	Fibra	NaOH	NaOH	NaOH
7	134.45	156.99	102.33	88.61
14	205.47	195.17	150.00	116.25
28	218.17	230.51	183.55	126.29

Figura 26

Comparación de resistencias alcanzadas a los 7,14,28 días para porcentajes de 0.5%, 1 %, 1.5 % con la muestra patrón para fibra tratada con NaOH longitud 5 cm



En la figura 26 se observa que los ensayos realizados con 0.5% generan un aumento de la resistencia a compresión de 5.65 % más que la muestra patrón, mientras que para la adición de 1% y 1.5% generan una disminución del 15.87 % y 42.11 % respecto a la muestra patrón a los 28 días de curado.

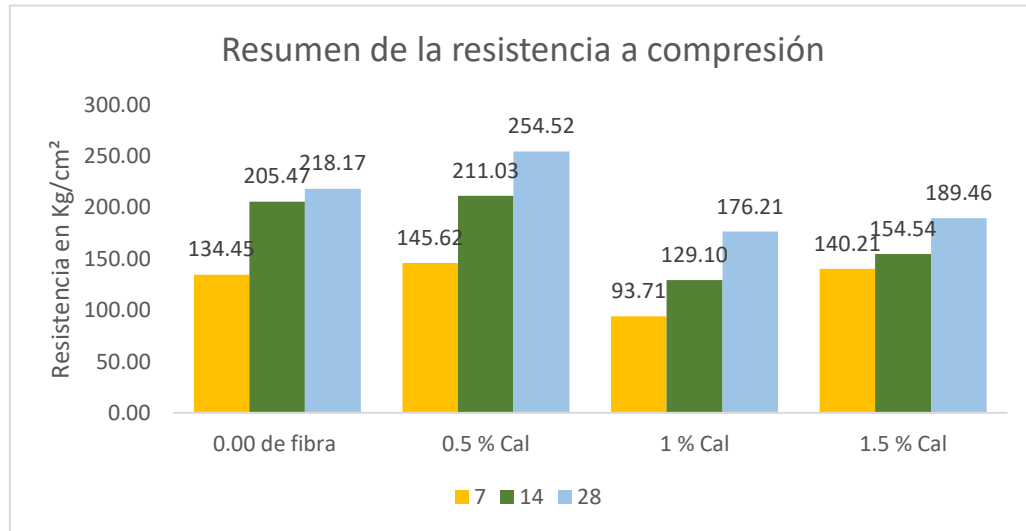
Tabla 51

Resumen de los resultados a compresión a los 7,14,28 días de curado para porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5% de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con CAL de longitud 5 cm.

Días de curado	porcentaje de fibra tratadas con CAL longitud 5 cm			
	0.00% Fibra	0.5 % Cal	1 % Cal	1.5 % Cal
7	134.45	145.62	93.71	140.21
14	205.47	211.03	129.10	154.54
28	218.17	254.52	176.21	189.46

Figura 27

Comparación de resistencias alcanzadas a los 7,14,28 días para porcentajes de 0.5%, 1 %, 1.5 % con la muestra patrón para fibra tratada con CAL longitud 5 cm



En la figura 27 se observa que los ensayos realizados con 0.5% generan un aumento de la resistencia a compresión de 16.66 % más que la muestra patrón, mientras que para la adición de 1% y 1.5% generan una disminución del 19.23% y 13.15 % respecto a la muestra patrón a los 28 días de curado.

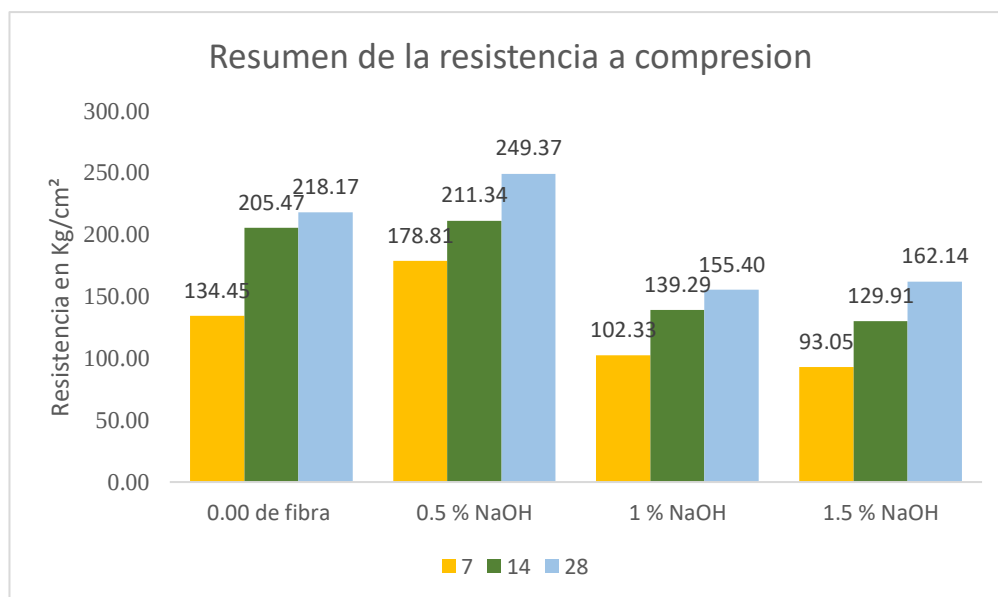
Tabla 52

Resumen de los resultados a compresión a los 7,14,28 días de curado para porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5% de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con hidróxido de sodio de longitud 10 cm.

Días de curado	porcentaje de fibra tratadas con NaOH longitud 10 cm			
	0.00	0.5 %	1 %	1.5 %
	Fibra	NaOH	NaOH	NaOH
7	134.45	178.81	102.33	93.05
14	205.47	211.34	139.29	129.91
28	218.17	249.37	155.40	162.14

Figura 28

Comparación de resistencias alcanzadas a los 7,14,28 días para porcentajes de 0.5%, 1 %, 1.5 % con la muestra patrón para fibra tratada con NaOH longitud 10 cm



En la figura 28 se observa que los ensayos realizados con 0.5% generan un aumento de la resistencia a compresión de 14.30 % más que la muestra patrón, mientras que para la adición de 1% y 1.5% generan una disminución del 28.77 % y 25.68 % respecto a la muestra patrón a los 28 días de curado.

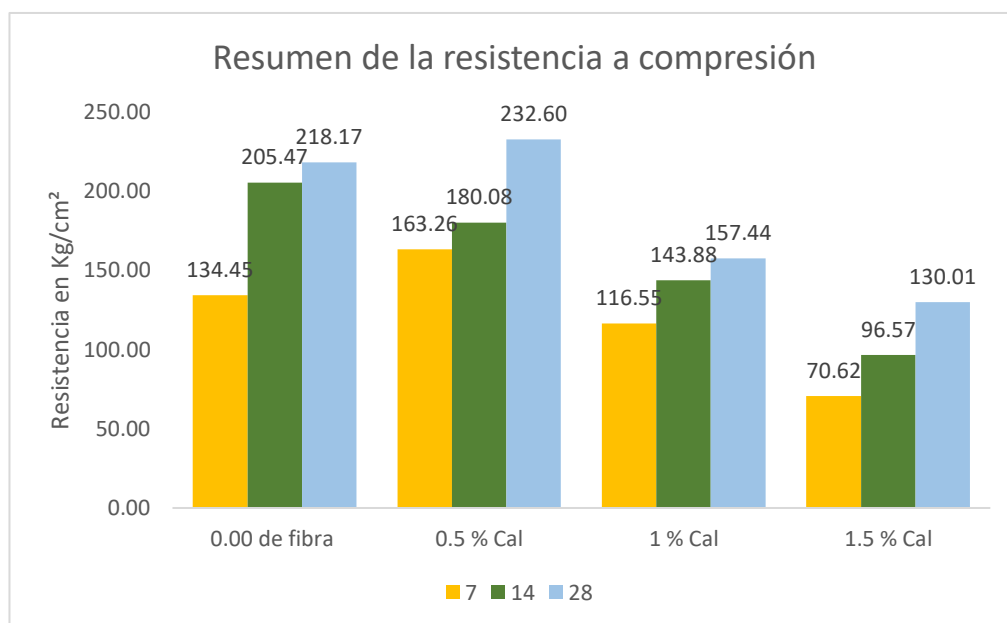
Tabla 53

Resumen de los resultados a compresión a los 7,14,28 días de curado para porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5% de reemplazo parcial de arena por fibra de banano tratada con CAL de longitud 10 cm.

Días de curado	porcentaje de fibra tratadas con CAL longitud 10 cm			
	0.00	0.5 %	1 %	1.5 %
	Fibra	Cal	Cal	Cal
7	134.45	163.26	116.55	70.62
14	205.47	180.08	143.88	96.57
28	218.17	232.60	157.44	130.01

Figura 29

Comparación de resistencias alcanzadas a los 7,14,28 días para porcentajes de 0.5%, 1 %, 1.5 % con la muestra patrón para fibra tratada con CAL longitud 10 cm



En la figura 29 se observa que los ensayos realizados con 0.5% generan un aumento de la resistencia a compresión de 6.61 % más que la muestra patrón, mientras que para la adición de 1% y 1.5% generan una disminución del 27.83% y 40.41 % respecto a la muestra patrón a los 28 días de curado.

Figura 30

Curva resistencia vs Edad para fibras con longitud 5 cm

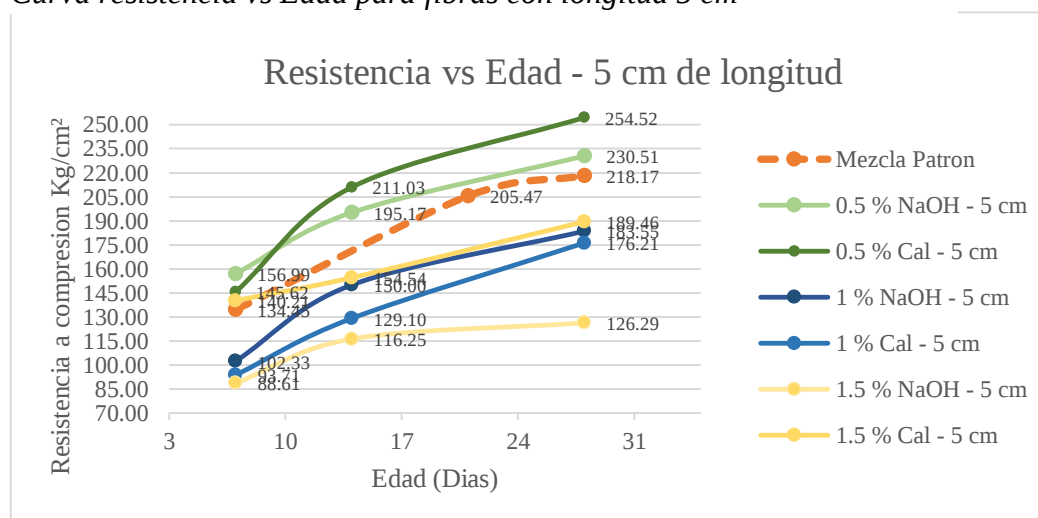
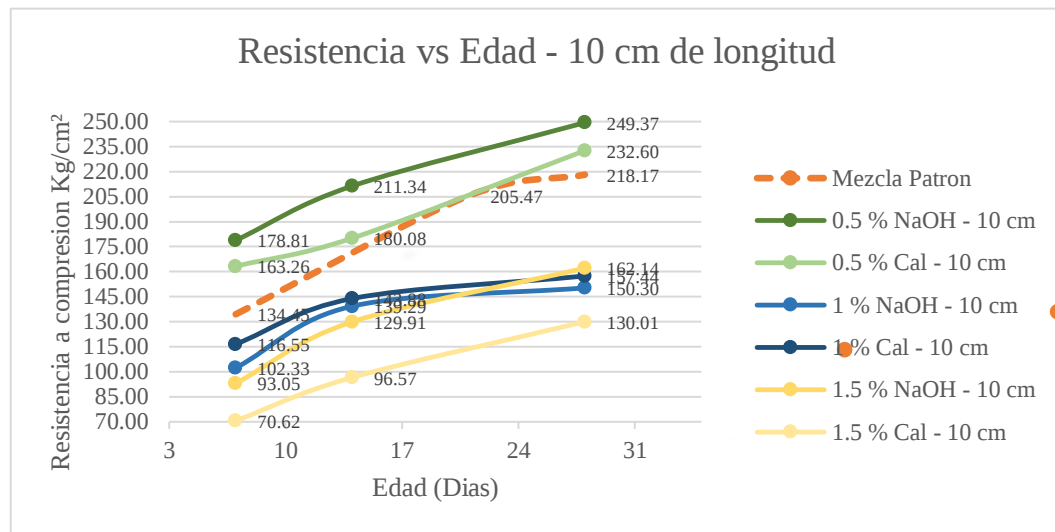


Figura 31

Curva Resistencia vs Edad para fibras longitud 10 cm



En la figura se muestran las curvas de resistencia en función de la edad para diversas muestras de hormigón con una resistencia de diseño de 210 kg/cm², las cuales contienen 0.5%, 1% y 1.5% de fibra incorporadas a la mezcla tratadas con cal e hidróxido de sodio con una longitud de 5 cm para la figura 30 y 10 cm para la figura 31, así como la muestra patrón. Los datos corresponden a edades de 7, 14 y 28 días.

4.6 RESULTADOS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN EN VIGAS

Debido al enfoque de la investigación, la resistencia a la flexión de las muestras fue calculada solo para la muestra patrón y aquella que mostraron mejores resultados a compresión, en este caso fue para el tratamiento con hidróxido de sodio en un porcentaje de 0.5% con longitud de 10 cm y para la fibra tratada con Cal fue del 0.5% con una longitud de 5 cm.

4.6.1 Resultados generales obtenidos para los distintos tipos de dosificación con fibra de pseudotallo de banana.

En la tabla 54 se muestra los datos de separación, ancho, alto, carga máxima a flexión, módulo de rotura y promedio de rotura alcanzado por las vigas a los 28

días de curado de la muestra patrón, 0.5% de fibra tratada con cal de longitud 5 cm y 0.5 % de fibra tratada con hidróxido de sodio.

Tabla 54

Datos de separación, ancho, alto, carga máxima, módulo de rotura para muestra patrón, 0.5 % de fibra tratada con cal de longitud 5 cm y 0.5 % de fibra tratada con hidróxido de sodio a los 28 días de curado evaluadas a flexión

N°	Edad	separación L(mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Carga máxima (KN)	Módulo de rotura (MPa)	Promedio módulo de rotura (MPa)
Mezcla Patrón							
1	28	450	151	150	25.32	3.35	3.46
2	28	450	152	151	27.85	3.61	
3	28	450	151	151	26.2	3.42	
0.5% de fibra tratada con hidróxido de sodio de longitud 10 cm							
1	28	450	151	150	29.33	3.88	3.72
2	28	450	152	151	27.67	3.59	
3	28	450	151	151	28.44	3.71	
0.5% de fibra tratada con Cal de longitud 5 cm							
1	28	450	151	150	28	3.71	3.75
2	28	450	152	151	27.2	3.53	
3	28	450	151	151	30.81	4.02	

4.6.2 Resumen de resultados de los porcentajes y longitudes evaluadas.

En la tabla 55 se muestra el resumen de los datos del módulo de rotura alcanzado a los 28 días para la muestra patrón, 0.5% de fibra tratada con NaOH de longitud 10 cm y 0.5% de fibra tratada con Cal con 5 cm de longitud.

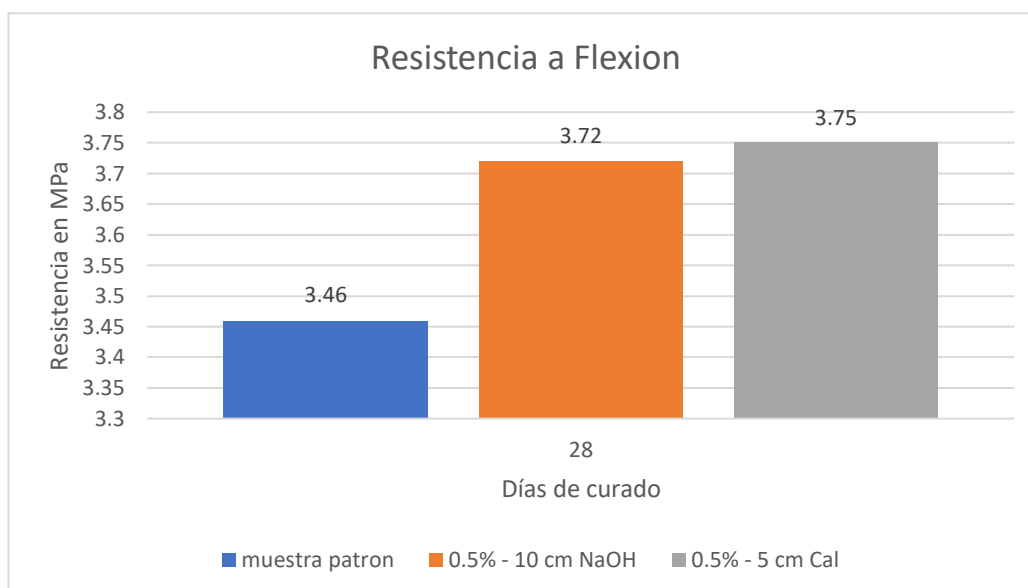
Tabla 55

Resumen de resultados del módulo de rotura para las muestras evaluadas a los 28 días

Edad (Días)	Muestra Patrón	0.5% - 10 cm NaOH	0.5% - 5 cm Cal
28	3.46	3.72	3.75

Figura 32

Comparación de módulo de rotura de las vigas evaluadas a los 28 días



De acuerdo con la Figura 32, los resultados obtenidos para la fibra tratada con hidróxido de sodio incorporada al hormigón en un 0.5% a la edad de 28 días alcanzó una resistencia de 3.72 MPa, para la combinación del 0.5% de fibra incorporada tratada con Cal de longitud 5 cm a los 28 días de edad alcanzó una resistencia de 3.75 MPa, obteniendo un incremento con relación a la muestra patrón.

4.7 ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

En este estudio de investigación se llevó a cabo un análisis de precio unitario de un metro cúbico de hormigón, utilizando cemento de uso general con una resistencia de diseño de 210 kg/cm^2 , incorporando fibra de banano como sustituto parcial de la arena en distintos porcentajes y longitudes. Se evaluaron tres casos: un 0 % de fibra que sirve como una muestra de control, un 0.5 % de fibra tratada con cal de longitud 5 cm y un 0.5 % de fibra tratada con hidróxido de sodio de longitud 10 cm, siendo los porcentajes y longitudes que mostraron mayores resistencias a compresión.

El precio comercial de los materiales corresponde a la provincia de Santa Elena lugar donde se realiza el presente estudio, el agua potable utilizada posee un costo de $\$0.60 \text{ m}^3$, la arena gruesa un costo de $\$18.50 \text{ m}^3$, el agregado grueso $\$22 \text{ el m}^3$, el saco de 50 Kg cemento Holcim de uso general tipo GU a un costo de $\$8$, el kilo

de hidróxido de sodio (NaOH) \$2 y el kilo de hidróxido de cal (CAL) tiene un costo de \$1.50.

Para la estimación económica de la fibra de banano no se tomó en cuenta el costo del tallo del banano ya que estos son considerados un desperdicio, tampoco se tomó en cuenta la mano de obra, ni equipos dado que la extracción se hizo de forma artesanal y los únicos materiales utilizados fueron una espátula y una peinilla, para los tratamientos se utilizó agua destilada, Cal y NaOH. La estimación económica incluido el proceso de extracción y tratamiento de la fibra con Cal es de \$3.69 el kilo, mientras que la fibra tratada con hidróxido de sodio fue de \$3.79 el kilo.

Para la muestra de control a los 28 días, el diseño de mezcla alcanzó una resistencia a compresión de 218.17 kg/cm^2 con un costo de \$138.39 el m^3 luego de realizar el análisis de precio unitario como especifica en la tabla 56, la combinación de 0.5% de fibra tratada con cal de 5 cm de longitud la resistencia a compresión a los 28 días alcanzó los 254.52 kg/cm^2 siendo esta la mayor resistencia alcanzada con un costo de 160.05 \$ el m^3 , la combinación de 0.5% de fibra tratada con NaOH de longitud 10 cm alcanzó una resistencia de 249.37 a los 28 días con un costo de \$ 160.65 el m^3 .

Tabla 56

Análisis de precios unitario de hormigón patrón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

TEMA:	EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN HORMIGÓN CON LA ADICIÓN DE FIBRAS DE BANANA MODIFICADA CON CAL O HIDRÓXIDO DE SODIO, APLICANDO LA NORMATIVA ACI-544, ASTM C1116-1116M.”			RUBRO No.	1	
				UNIDAD:	m³	
DETALLE:	HORMIGON DE F'C= 210 KG/CM²					
EQUIPO						
DESCRIPCION		CANTIDAD	TARIFA	REND/HORA	C.TOTAL	
Herramientas manuales (5% M.O.)		0.00	0.00	0.00	1.476	
Concretera 1 Saco		1.00	5.00	1.00	5.000	
Vibrador		1.00	5.00	1.00	5.000	
				SUBTOTAL (A)	11.476	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION		CANTIDAD	JORN. /HORA	REND. U/H	C.TOTAL	
Peón		5.000	4.14	1.00	20.700	
Albañil		2.000	4.19	1.00	8.380	
Maestro		1.000	4.42	0.10	0.442	
				SUBTOTAL (B)	29.522	
MATERIALES						
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT.	C.TOTAL	
Cemento Holcim Tipo GU saco 50 kg		Kg	349.64	0.16	55.942	
Arena Gruesa		m³	0.37	18.50	6.845	
Piedra 3/4		m³	0.31	22.00	6.810	
Agua		m³	0.19	0.60	0.114	
					69.712	
				SUBTOTAL (C)		
TRANSPORTE						
DESCRIPCION		UNIDAD	DMT	CANTIDAD	C. TRANSP.	C.TOTAL
				SUBTOTAL (D)	0.000	
		COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				110.71
		TOTAL, COSTOS INDIRECTOS				25% 27.68
		OTROS				0.00
		PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				138.39
		PRECIO UNITARIO ADOPTADO				138.39

Tabla 57

Análisis de precios unitario de hormigón patrón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 0.5% de fibra tratada con cal de longitud 5cm en reemplazo parcial de la arena

TEMA:	EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN HORMIGÓN CON LA ADICIÓN DE FIBRAS DE BANANA MODIFICADA CON CAL O HIDRÓXIDO DE SODIO, APLICANDO LA NORMATIVA ACI-544, ASTM C1116-1116M.”			RUBRO No.	2
				UNIDAD:	m³
DETALLE:	HORMIGON DE F'C= 210 KG/CM² tratada con Cal 0.5 %				
EQUIPO					
DESCRIPCION		CANTIDAD	TARIFA	REND/HORA	C.TOTAL
Herramientas manuales (5% M.O.)		0.00	0.00	0.00	1.476
Concretera 1 Saco		1.00	5.00	1.00	5.000
Vibrador		1.00	5.00	1.00	5.000
				SUBTOTAL (A)	11.476
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION		CANTIDAD	JORN. /HORA	REND. U/H	C.TOTAL
Peón		5.000	4.14	1.00	20.700
Albañil		2.000	4.19	1.00	8.380
Maestro		1.000	4.42	0.10	0.442
				SUBTOTAL (B)	29.522
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT.	C.TOTAL
Cemento Holcim Tipo GU saco 50 kg		Kg	349.64	0.16	55.942
Arena Gruesa		m³	0.35	18.50	6.503
Piedra 3/4		m³	0.31	22.00	6.810
Agua		m³	0.19	0.60	0.114
Fibra de Banano		Kg	4.79	3.69	17.675
				SUBTOTAL (C)	87.044
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	DMT	CANTIDAD	C. TRANSP.	C.TOTAL
				SUBTOTAL (D)	0.000
		COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)			128.04
		TOTAL, COSTOS INDIRECTOS 25%			32.01
		OTROS			0.00
		PRECIO CALCULADO EN DÓLARES			160.05
		PRECIO UNITARIO ADOPTADO			160.05

Tabla 58

Análisis de precios unitario de Hormigón patrón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 0.5% de fibra tratada con hidróxido de sodio de longitud 10cm en reemplazo parcial de la arena

TEMA:	EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN HORMIGÓN CON LA ADICIÓN DE FIBRAS DE BANANA MODIFICADA CON CAL O HIDRÓXIDO DE SODIO, APLICANDO LA NORMATIVA ACI-544, ASTM C1116-1116M.”			RUBRO No.	3
				UNIDAD:	m³
DETALLE:	HORMIGON DE F'C= 210 KG/CM² tratada con NaOH 0.5 %				
EQUIPO					
DESCRIPCION		CANTIDAD	TARIFA	REND/HORA	C.TOTAL
Herramientas manuales (5% M.O.)		0.00	0.00	0.00	1.476
Concretera 1 Saco		1.00	5.00	1.00	5.000
Vibrador		1.00	5.00	1.00	5.000
				SUBTOTAL (A)	11.476
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION		CANTIDAD	JORN. /HORA	REND. U/H	C.TOTAL
Peón		5.000	4.14	1.00	20.700
Albañil		2.000	4.19	1.00	8.380
Maestro		1.000	4.42	0.10	0.442
				SUBTOTAL (B)	29.522
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT.	C.TOTAL
Cemento Holcim Tipo GU saco 50 kg		Kg	349.64	0.16	55.942
Arena Gruesa		m³	0.35	18.50	6.503
Piedra 3/4		m³	0.31	22.00	6.810
Agua		m³	0.19	0.60	0.114
Fibra de Banano		Kg	4.79	3.79	18.154
				SUBTOTAL (C)	87.523
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	DMT	CANTIDAD	C. TRANSP.	C.TOTAL
				SUBTOTAL (D)	0.000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)					128.52
TOTAL, COSTOS INDIRECTOS 25%					32.13
OTROS					0.00
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES					160.65
PRECIO UNITARIO ADOPTADO					160.65

4.8 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según (España & Molina, 2013), en cuanto al tratamiento de la fibra de bagazo, primero es necesario lavar y limpiar la fibra de cualquier impureza, dejándola secar al sol durante aproximadamente 24 horas. Una vez secas, las fibras se someten a un tratamiento con hidróxido de calcio para mejorar su protección y propiedades. Las fibras se sumergen en hidróxido de calcio y se secan nuevamente por unas 24 horas antes de ser utilizadas en el hormigón.

Según (Arrieta Gonzalez & Reynaldo Rivera, 2023), el tratamiento de la fibra de banano modificada con hidróxido de sodio en una solución acuosa al 2% w/v, se debe dejar sumergida durante una hora a una temperatura de 25 °C, posterior lavar con agua destilada hasta que no presente alguna reacción de alcalinidad, una vez terminado este proceso se deja secar durante 24 horas en un horno antes de utilizarlas en el hormigón.

Para este proyecto de investigación luego de realizar la extracción de la fibra se dejó secar por 24 horas al sol, una vez seca la fibra se realizaron los cortes en las medidas utilizadas que fueron de 5 y 10 cm. Para tratar la fibra se utilizó hidróxido de cal e hidróxido de sodio, se utilizaron dos baldes en el cual se pusieron 10 litros de agua en cada uno mezclados con 200 gr del químico uno con Cal y otro con NaOH la fibra fué sumergida alrededor de 30 minutos a una hora, luego se lavó con agua hasta que no presentara alguna reacción de alcalinidad, una vez finalizado este proceso se dejó secar 24 horas al sol para poder utilizarlas en la mezcla.

(Colqui & Mauricio, 2021) en su investigación Diseño de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando fibra del pseudotallo de plátano para mejorar su comportamiento mecánico, Ate - Lima 2021, evaluaron la resistencia a flexión con la adición de pseudotallo de plátano en dosificaciones de 1.5%, 2.5% y 3.5% a los 28 días de curado. Los resultados obtenidos para la muestra patrón fue un módulo de rotura de 4.57 MPa, y para los porcentajes de fibra de 1.5%, 2.5% y 3.5% alcanzaron un módulo de rotura de 4.32, 4.42 y 3.90 MPa respectivamente, concluyendo que a mayor porcentaje de fibra la resistencia a flexión disminuye de manera negativa.

En la presente investigación solo se utilizó el diseño de la mezcla patrón y los dos diseños que mostraron una mejor resistencia a compresión en cada tratamiento, la mezcla patrón alcanzó un módulo de rotura de 3.46 MPa, para la dosificación de fibra tratada con hidróxido de sodio se utilizó el 0.5% de fibra de longitud 10 cm alcanzando un módulo de rotura de 3.72 MPa y para la fibra tratada con cal se utilizó un porcentaje de 0.5% con 5 cm de longitud con un módulo de rotura de 3.75 MPa. Los resultados obtenidos fueron positivos alcanzando un incremento de 7.5 % y 8.38 % con relación a la muestra patrón, por lo cual se puede determinar que porcentajes altos de fibra añadidos a la mezcla influye de manera negativa, y porcentajes de 0.5% aumenta de manera leve el módulo de rotura.

Para los resultados de (Baquerizo Perez & Lazo Palomino, 2019), en cuanto a ensayos de compresión, en la muestra patrón a los 28 días de curado alcanzó una resistencia de 228.95 kg/cm², las probetas que incorporaban la fibra tratada en porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5%, dieron como resultado 218.55 kg/cm², 212.12 kg/cm² y 205.11 kg/cm², dando como resultado un efecto positivo con porcentajes de 0.5% y 1% más, sin embargo, su porcentaje de incremento no es significativo.

Para esta investigación los ensayos a compresión la muestra patrón a los 28 días de curado alcanzó una resistencia de 218.17 kg/cm². Las probetas que incluían fibra tratada con hidróxido de sodio de longitud 5 cm para los porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5% registraron una resistencia de 230.51 kg/cm², 183.55 kg/cm², 126.29 kg/cm², para las de longitud 10 cm obtuvieron una resistencia de 249.37 kg/cm², 155.40 kg/cm², 162.14 kg/cm². Las probetas tratadas con Cal de longitud 5 cm a los 28 días de curado en porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5% alcanzaron una resistencia de 254.52 kg/cm², 176.21 kg/cm², 189.46 kg/cm², para las de 10 cm obtuvimos 232.60 kg/cm², 257.44 kg/cm², 130.01 kg/cm². Con los resultados obtenidos podemos determinar que el porcentaje óptimo para trabajar con fibra es de 0.5% presentando un incremento significativo hasta el 16.66 % mejorando su resistencia.

Para (Baquerizo Perez & Lazo Palomino, 2019), en su tesis titulada “Estudio del comportamiento de la resistencia del concreto F'c 210kg /cm² adicionando fibras de tallo del plátano” utilizó una adición de fibra de longitud de 6 a 12 cm en porcentajes de 0.5%, 1.0%, 1.5% como reemplazo de agregado fino, al momento

de realizar el ensayo de cono de Abrams, obtuvo un revenimiento de 10.08 cm para la mezcla patrón y 8.38 - 8.89 cm de acuerdo al aumento de fibra en la mezcla.

Esta investigación se utilizó dos longitudes de fibras evaluadas independientemente con diferentes tratamientos y porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5% con respecto al agregado fino. Para porcentajes de 0.5% el asentamiento fue de 8 a 8.5 cm, para 1.0 % de 5 a 6 cm y para 1.5% de 3 a 4 con esto podemos establecer que mientras más aumenta el porcentaje de fibra y longitud a la mezcla, la trabajabilidad del hormigón disminuye. El diseño óptimo para este estudio es una dosificación de 0.5% de fibra con una longitud de 5 o 10 cm para ambos tratamientos.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Conclusión sobre el O.E.1: El diseño de la muestra patrón sirvió como guía para las dosificaciones de hormigón con distintos porcentajes de fibra de pseudotallo de banano, lo que permitió obtener un hormigón de 210 kg/cm^2 . El porcentaje de fibra añadida se calculó en base al peso del agregado fino, siendo parcialmente sustituido de acuerdo al diseño requerido, demostrando que el añadir fibras en porcentajes de 0.5% mejora las propiedades mecánicas del hormigón.

Conclusión sobre el O.E.2: Para las pruebas de resistencia a compresión las dosificaciones del 0.5 % cumplen con los parámetros de diseño mostrando una buena trabajabilidad con asentamientos de 8 cm para ambos diseños, las muestras tratadas con cal para longitudes de 5 y 10 cm alcanzaron una resistencia a los 28 días de curado de 254.52 kg/cm^2 y 232.59 kg/cm^2 respectivamente, mientras que las muestras de fibras tratadas con NaOH mostraron resistencias de 230.5 kg/cm^2 y 249.37 kg/cm^2 para la longitud de 5 y 10 cm en relación a la resistencia patrón. Las muestras de las dosificaciones que incorporaron fibra de banano en porcentajes de 1 % y 1.5% disminuyeron su resistencia. Para las vigas ensayadas a flexión se evaluaron los mejores resultados obtenidos a los 28 días de los ensayos a compresión, el porcentaje utilizado fue de 0.5 % logrando una resistencia a flexión de 3.75 MPa para la dosificación de fibra tratada con cal de 5 cm de longitud, mientras que la dosificación de fibra tratada con hidróxido de sodio de longitud 10 cm alcanzó una resistencia a flexión de 3.72 MPa.

Con el análisis se deduce que reduce la resistencia a compresión con porcentajes de fibra de 1% y 1.5%, de longitudes de 5 y 10 centímetros, esto se debe que al ser incorporadas a la mezcla tiene un efecto negativo debido a la poca trabajabilidad que posee y al aumento de porosidad de la matriz del hormigón lo que genera una

gran cantidad de poros y micro fisuras en la interfaz matriz-fibra. Sin embargo, se determina que incorporar fibra en porcentaje de 0.5% tratada con cal o hidróxido de sodio cumple la función de eliminar lignina, ceras y aceites que cubren la superficie externa de la pared celular de la fibra generando rugosidad lo que permite una correcta adherencia sobre los demás materiales.

Conclusión sobre el O.E.3: El análisis de precio unitario mostró que al incorporar este material genera un costo adicional del 15.6 %, debido a la necesidad de realizar un tratamiento a la fibra para una correcta integración con los materiales. Sin embargo, la adición de fibras de pseudotallo de banano contribuye a la sostenibilidad al reducir la dependencia de materiales tradicionales no renovables, promoviendo prácticas de construcción más ecológicas y aprovechando residuos agrícolas que son considerados desechos.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda no usar el hormigón modificado con fibras naturales en elementos estructurales, pese a que presenta buena capacidad de carga no sustituye la función de las varillas corrugadas como refuerzo principal. No obstante, es adecuado para aplicaciones como refuerzo en taludes, pavimentos o pisos industriales. La correcta integración de las fibras en el concreto de manera distribuida mejora la ductilidad, resistencia a flexo-tracción y capacidad para absorber impactos.

Se sugiere realizar ensayos de laboratorio como la resistencia a penetración de iones de cloruro, penetración de agua bajo presión, migración de cloruros, resistividad eléctrica y capacidad de autosellado, dónde se permita conocer el desempeño de estos diseños frente a los agentes agresivos para determinar la durabilidad de hormigones modificados con macrofibras del pseudotallo de banana.

Es necesario llevar a cabo un análisis en distintos contextos y a diferentes escalas de producción para evaluar la viabilidad económica de incorporar las fibras de banana al hormigón en condiciones óptimas. A demás, se deben explorar otros métodos de procesamiento y tratamiento de las fibras que reduzcan el costo de producción sin comprometer la calidad del hormigón.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI 116. (2012). *Terminología del cemento y hormigón*
- ACI 544 1R-96. (1996). *Informe en hormigón reforzado con fibras.*
- Afraz, A., & Ali, M. (12 de Noviembre de 2021). *Efecto de la fibra de banano en las propiedades de flexión del hormigón reforzado con fibra para la construcción sostenible. Engineering Proceedings.* Obtenido de <https://www.mdpi.com/2673-4591/12/1/63>
- Altamirano Espinoza, E., & González Lindao, P. (2024). *Evaluación y análisis de concreto ecologico con adición de fibras recicladas de tereftalato de polietileno.* [Tesis de Ingenieria Civil, Universidad Estatal Peninsula De Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/11592>
- Amoquímicos. (enero de 2024). *Soda cáustica: qué es, características y precauciones.* <https://www.amoquimicos.com/noticias/caracteristicas-de-la-soda-caustica>.
- Arrieta González, E., & Reynaldo Rivera, C. (2023). *Análisis del efecto que produce la adición de fibras de banano modificadas en el concreto hidráulico.* [Tesis de Ingeniería Civil, Universidad de Cartagena]. <https://hdl.handle.net/11227/16087>
- ASTM C1602/C1602M-22. (2022). *Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete.* In Annual book of ASTM standards.
- ASTM Standard C-33-03. (2003). *Standard Specification for Concrete Aggregates* [Archivo PDF].<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/28711/5dc6edf6a9dc4b598a9b55a0d6dde265/ASTM-C33-03.pdf>
- Baquerizo Pérez, C. D., & Lazo Palomino, G. (2019). *Estudio del comportamiento de la resistencia del concreto $F'c$ 210kg /cm² adicionando fibras de tallo del plátano, Lima 2019.* (2019). [Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/52806>
- Batallas, J., Hidalgo, N., Montenegro, M., Orejuela, L., Játiva, F., & Lantsoght, E. (2024). *Estudio inicial sobre fibras naturales para su uso en mezclas de hormigón como alternativa de materiales sostenibles. ACI avnaces en*

- ciencias e ingenierías, 16, 1-12. Obtenido de <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/3159/3687>
- Bazán González, B., & Holguín Vera, J. (2021). *Evaluación del desempeño de pavimentos rígidos incorporando en su diseño fibra de coco*. [Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Estatal Península De Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6499>.
- Cabrera, M. I. (2015). *Utilización de los concretos de alta resistencia y concretos*. Quito, Ecuador.
- Caizaguano, O., & Gabriela, T. (2020). *Caracterización del hormigón con fibras naturales del raquis de la palma africana de aceite y la estopa del coco*. [Tesis de Ingeniería Civil, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21247>
- CANDO. (2024). *Cemento Portland Usos Y Tipos*. <https://bloquescando.com/cemento-portland-usos-y-tipos/>
- Cárdenas, J. A., Cordero, G. D., & Rojas, J. P. (2019). *Diseño de mezclas de concreto aplicando el Método ACI*. Universidad Francisco de Paula Santander.
- Castillo Jaramillo, M., & Farinango Quilumbaquín, C. (2019). *Durabilidad del hormigón con fibras de yute*. [Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16964>
- CEMEX LATAM. (2019). *Productos y servicios*. <https://www.cemexlatam.com/es/productos-y-servicios/productos/cemento>
- Cifuentes, W. G. & Cifuentes, E. (2019). *Propuesta de aprovechamiento de la fibra de plátano en la región del Ariari Departamento del Meta*. [Tesis de Maestría, Universidad Pontificia Bolivariana]. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/4925>.
- Colqui, T., & Mauricio, C. (2021). *Diseño de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando fibra del pseudotallo de plátano para mejorar su comportamiento mecánico, Ate - Lima 2021*. [Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/77267>
- Delgado, I., & Vidal, D. (2021). *Aprovechamiento del residuo del cultivo de banano (Musa paradisiaca, Musa sapientum y Musa acuminata) en la producción artesanal de fibra textil*. [Tesis de Ingeniería Ambiental, Escuela Superior

- Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López].
<https://repositorio.esпам.edu.ec/handle/42000/1642>
- Dobrowolska, K. (2021). *ARCHDESK. ¿Cómo afecta la construcción al medio ambiente?*. <https://archdesk.com/es/blog/como-afecta-la-construccion-al-medio-ambiente/>
- Elbehiry, A., Elnawawy, O., Kassem, M., Zaher, A., Uddin, N., & Marwan, M. (2020). *Performance of concrete beams reinforced using banana fiber bars*. ELSEVIER.<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509520300334>
- España, C., & Molina, L. (2013). Evaluación de la resistencia de una mezcla de concreto, al adicionarle fibra natural tipo bagazo de caña panelera generada en el departamento de Nariño. [Tesis de Ingeniería Civil, Universidad de Nariño]. <https://sired.udenar.edu.co/1573/>
- Ferrol, F. (15 de Abril de 2024). *Francisco Ferrol* . ¿Qué importancia tiene el hormigón en la construcción? <https://franciscoferrol.com/importancia-hormigon-en-construccion/>
- Gómez Hermoso, J. (1998). El hormigón de alta resistencia en la edificación. Tipología estructural. *Informes De La Construcción*, 50(455),5–25. <https://doi.org/10.3989/ic.1998.v50.i255.900>
- Guevara, Verdesoto, & Castro (2020) Metodologías de la investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas y de investigación-acción <http://recimundo.com/index.php/es/article/view/860>
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Education
- Lifeder. (20 de mayo de 2020). *Los 8 tipos de tesis de investigación y sus características*. <https://www.lifeder.com/tipos-tesis-investigacion/>
- Marwan, M., & Nasim, U. (2016). *Experimental analysis of Compressed Earth Block (CEB) with banana fibers resisting flexural and compression forces*. ELSEVIER.<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509516300420>
- Mendoza, A., Cayog, O., Nesperos, R., Cabanesas, A., Cortez, K., & Cabrera, F. (2023). EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF BANANA FIBER REINFORCEMENT IN CONCRETE. 9. Obtenido de https://ijariie.com/AdminUploadPdf/EXPERIMENTAL_ANALYSIS_OF_THE

[EFFECTIVENESS OF BANANA FIBER REINFORCEMENT IN CONCRETE](https://www.researchgate.net/publication/358205211-EFFECTIVENESS_OF_BANANA_FIBER_REINFORCEMENT_IN_CONCRETE)
[TE_ijariie20521.pdf?srltid=AfmBOor19vtf0My_JneFT9-psrGET4amJmoyaBdaKhGAvX7hbbN1fKI](https://www.researchgate.net/publication/358205211-EFFECTIVENESS_OF_BANANA_FIBER_REINFORCEMENT_IN_CONCRETE)

- Naranjo Urgiles, C., & Rodas Torres, P. (2023). *Análisis de las propiedades mecánicas del hormigón de $F'c$ 210kg/cm² incorporando diferentes porcentajes de fibras naturales de zanahoria y banano*. [Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Católica de Cuenca].
<https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/13788>
- Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC. (2015). *Estructuras de Hormigón Armado*. In Ecuador.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1573. (2010). *Hormigón de cemento hidráulico. determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón hidráulico*.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1578. (2010). *Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento*.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2554. (2011). *Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la flexión del hormigón. (utilizando una viga simple con carga en los tercios)*.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 696. (2011). *áridos. análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso*.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 856. (2010). *Áridos. determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino*.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 857. (2010). *Áridos. determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso*.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 858. (2010). *Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos*.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 862. (2011). *Áridos para hormigón. determinación del contenido total de humedad*.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 872. (2011). *Áridos para hormigón. Requisitos*.
- PanReac AppliChem ITW Reagents. (2024). *Sodio Hidróxido solución 50% p/p*.
<https://www.itwreagents.com/iberia/es/product/sodio-hidroxido-solucion-50-pp-/192404>

- Pedraza Abril, C. G. (2019). *Caracterización de la fibra del pseudo tallo de plátano como refuerzo y desarrollo de un material compuesto para fabricación de tejas. Duitama*. [Tesis de Diseñador Industrial. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/2768>
- Perez, J., & Merino, M. (28 de Febrero de 2020). *Definicion de hormigón*. <https://definicion.de/hormigon/>
- Pineda, B., Luz de Alvarado, E., & Hernández, F. (1994). *Metodologia de la investigación: Manual para el desarrollo de personal de salud*. (<https://iris.paho.org/handle/10665.2/3132>).
- PREVOR . (15 de junio de 2023). *Cal, Riesgo químico y prevención*. <https://www.prevor.com/es/cal-riesgo-quimico-y-prevencion/>
- PROMAT HOME CENTER. *¿Qué es el cemento Portland y cuáles son sus ventajas?*. <https://www.promart.pe/blog/que-es-el-cemento-portland>
- Robledo, M. (2004). *Población de estudio y muestreo en la investigación*. [Archivo PDF].<https://www.nureinvestigacion.es/OJS/index.php/nure/article/view/205/187>
- Sabio, C., Salgado, C., salgado, V., & Saenz, V. (1991). *Manual del cultivo de banano*. Escuela Agrícola Panamericana.
- Sakthivel, S; Parameswari, R; Gomathi, M; Sangeetha, S. (2019). EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON CONCRETE WITH BANANA FIBER AND PARTIAL REPLACEMENT OF CEMENT BY BANANA LEAF ASH. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 1-4.
- Supo, J. (02 de Abril de 2023). *Bioestadístico Niveles de investigación*. <https://bioestadistico.com/niveles-de-investigacion>
- Torres, K. (2013). *Experimentación tecnológica de la fibra de banano aplicada en el diseño de objetos*. [Tesis de diseñadora de objetos, Universidad de Azuay]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/2641>
- Valbuena Castro, R. E. (2015). *La Investigación Científica Avanzada*. Maracaibo: ISBN.<https://es.slideshare.net/slideshow/la-investigacion-cientifica-avanzada-primer-edicion-2015/64030196>
- Velázquez, A. (2024). *QuestionPro. Investigación experimental: Qué es, tipos y cómo realizarla* <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-experimental/>

ANEXOS

Anexo 1

Tamices utilizados para granulometría del agregado grueso



Anexo 2

Tamizado manual del agregado grueso



Anexo 3

Saturación de muestra del agregado grueso



Anexo 4

Reducción del exceso de agua del agregado grueso para la D.S.S.S.



Anexo 5

*tamices utilizados para
granulometría del agregado
fino*



Anexo 6

*taras según la clasificación de las muestras
retenidos en cada tamiz*



Anexo 7

Separación de capas de la fibra



Anexo 8

Proceso de extracción de fibra



Anexo 9

Eliminación de impurezas



Anexo 10

*Fibra lista para secar previo
tratamiento*



Anexo 11

Fibra de banano seca luego de la extracción natural



Anexo 12

proceso de cortado de fibra según longitud a utilizar 5 cm o 10 cm



Anexo 13

Fibra sumergida en los respectivos tratamientos químicos



Anexo 14

Lavado de la fibra con agua destilada hasta que no tenga color



Anexo 15

Fibra tratada con hidróxido de cal (CAL)



Anexo 16

Fibra tratada con hidróxido de sodio (NaOH)



Anexo 17

Peso de fibra antes de sumergir



Anexo 18

Peso de fibra Saturada



Anexo 19

Pesos para la dosificación de hormigón



Anexo 20

Incorporación de la fibra en la mezcla de hormigón



Anexo 21

Ensayo de revenimiento



Anexo 22

Vaciado de hormigón en probetas cilíndricas



Anexo 23

Golpeo de cilindros para eliminar vacíos de la mezcla



Anexo 24

Probetas cilíndricas fundidas incorporando 0.5 % de fibra tratada con NaOH de longitud 5 y 10 cm



Anexo 25

Probetas cilíndricas en proceso de curado



Anexo 26

Vigas en proceso de curado



Anexo 27

Medición de diámetros de cilindros



Anexo 28

Ensayo a compresión



Anexo 29

Ensayo a tensión



Anexo 30

Toma de medidas luego de ensayo a tensión



Anexo 31

Desalojo de escombros luego de rotura



Anexo 32

Desalojo de escombros luego de rotura



Anexo 33

Ensayo de las muestras de agregado grueso y fino

AGREGADO GRUESO					
PESO VOLUMÉTRICO SUELTO			PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO		
VOLUMEN	0.00973688	m3	VOLUMEN	0.00973688	m3
P.V.S + RECIPIENTE	23.6	kg	P.V.V + RECIPIENTE	25.08	kg
RECIPIENTE	10.94	kg	RECIPIENTE	10.94	kg
PESO	12.66	kg	PESO	14.14	kg
P.V.S	1300.21	kg/m3	P.V.V	1452.21	kg/m3
DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (D.S.S.S)					
P.S.S.S.			2000	gr	
W(canastilla + material)			3240	gr	
W(canastilla sumergida + material)			2243	gr	
W(canastilla sumergida + material) - W(canastilla)			997	gr	
VOLUMEN			10386.89	cm3	
D.S.S.S.			3.25	gr/cm3	
			3249.75	kg/m3	
PESO GRAVA SATURADA (gr)				PESO GRAVA SECA (gr)	
2000				1964.33	
AGUA DESALOJADA				% Absorción	
35.67				1.82	

AGREGADO FINO						
PESO VOLUMÉTRICO SUELTO			DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA			
VOLUMEN	0.00292472	m3	P.S.S.S.		500	gr
P.V.S + RECIPIENTE	7.84	kg	LECTURA INICIAL		200	gr
RECIPIENTE	4.42	kg	LECTURA FINAL		391	gr
PESO	3.42	kg	W Desalojado		191	gr
P.V.S	1169.34	kg/m3	V Desalojado		191	cm3
D.S.S.S.				2.62	gr/cm3	2617.80
PESO ARENA SATURADA (gr)		PESO ARENA SECA (gr)		AGUA DESALOJADA		% Absorción
300.04		294.08		5.96		2.03

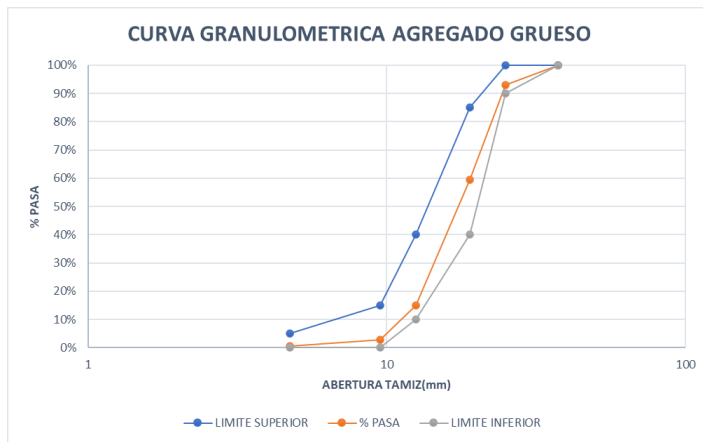
Anexo 34

Granulometría del agregado grueso

Tamiz		Peso Retenido (gr)	% Retenido		% Pasa	ESPECIFICACIONES A.S.T.M.		
N°	mm		Total %	Acumulado %		N°56		
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100	100	100	SI CUMPLE
1"	25	690	7.05	7.05	92.95	90	100	SI CUMPLE
3/4"	19	3280	33.53	40.59	59.41	40	85	SI CUMPLE
1/2"	12.5	4340	44.37	84.95	15.05	10	40	SI CUMPLE
3/8"	9.5	1200	12.27	97.22	2.78	0	15	SI CUMPLE
N°4	4.75	220	2.25	99.47	0.53	0	5	SI CUMPLE
N°8	2.36	17.54	0.18	99.65	0.35			
N°16	1.18	8.3	0.08	99.73	0.27			
N°30	0.6	0	0.00	99.73	0.27			
N°50	0.3	0	0.00	99.73	0.27			
N°100	0.15	0	0.00	99.73	0.27			
FONDO		26	0.27	100.00				
Peso Total gr		9781.84	100.00					
						MODULO FINURA		¿CUMPLE REQUISITO?
						6.580		SI

Anexo 35

Curva granulométrica agregado grueso



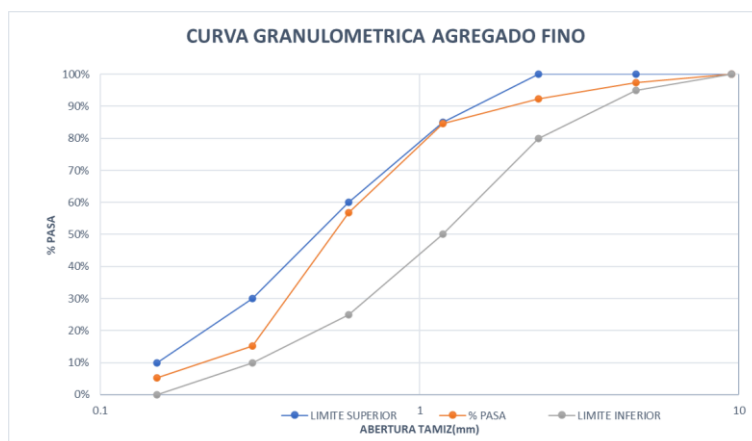
Anexo 36

Granulometría del agregado fino

Tamiz		Peso Retenido (gr)	% Retenido		% Pasa	ESPECIFICACIONES A.S.T.M.		
N°	mm		Total %	Acumulado %				
1 1/2"	37.5		0.00	0.00	100			
1"	25		0.00	0.00	100.00			
3/4"	19		0.00	0.00	100.00			
1/2"	12.5		0.00	0.00	100.00			
3/8"	9.5	0	0.00	0.00	100.00	100	100	SI CUMPLE
N°4	4.75	47	2.61	2.61	97.39	95	100	SI CUMPLE
N°8	2.36	90	5.00	7.61	92.39	80	100	SI CUMPLE
N°16	1.18	140	7.78	15.39	84.61	50	85	SI CUMPLE
N°30	0.6	500	27.78	43.17	56.83	25	60	SI CUMPLE
N°50	0.3	750	41.67	84.83	15.17	10	30	SI CUMPLE
N°100	0.15	180	10.00	94.83	5.17	0	10	SI CUMPLE
FONDO		93	5.17	100.00				
Peso Total gr		1800						

Anexo 37

Curva granulométrica agregado fino



Anexo 38

Resumen de datos de agregado fino y grueso

RESUMEN DE DATOS		
Peso específico del cemento	2950	kg/m3
ARENA		
Módulo de finura de la arena	2.48	
Peso volumetrico de la arena	1169.34	kg/m3
D.S.S.S. de la arena	2617.80	Kg/m3
Absorción de la arena	2.03	%
Humedad de la arena	4.52	%
GRAVA		
Peso volumetrico suelto de la grava	1300.21	kg/m3
Peso volumetrico varillado de la grava	1452.21	kg/m3
D.S.S.S. de la grava	3249.75	kg/m3
Tamaño máximo NOMINAL de la grava	25	mm
Absorción de la grava	1.82	%
Humedad de la grava	0.59	%

Anexo 39

Resistencia requerida y selección de revenimiento

F'c	210	kg/cm2
Desviacion	84	
F'cr (sin aire)	294	kg/cm2
F'cr (con aire)	0	kg/cm2
Revenimiento	9.00	cm

Anexo 40

Cálculo de cantidad de agua y relación Agua/Cemento

AGUA				
Tamaño máximo de la grava		CANTIDAD DE AGUA		AIRE ATRAPADO
25	mm	193	kg/m3	1.5 %
Relacion a/c		0.55		
		CANTIDAD DE CEMENTO		
		349.64 kg/m3		

Anexo 41

Cálculo cantidad del agregado grueso

AGREGADO GRUESO				
Tabla A5.	MF arena	P.V.V.		CANTIDAD DE GRAVA
0.702	2.48	1452.21	kg/m3	1019.45 kg/m3

Anexo 42

Cálculo de cantidad del agregado fino

AGREGADO FINO						
	W (kg)	D (kg/m3)	V (m3)	Correccion 60-40 de agregados		
Agua	193	1000	0.193	Agreg.Total	1961.28	kg
Cemento	349.64	2950	0.119	Arena	784.51	kg
Grava	1019.45	3249.75	0.314	Grava	1176.77	kg
Arena	941.82	2617.80	0.360			
Aire	0	0	0.015			
			1.000			

Anexo 43

Corrección por humedad y absorción

	CORRECCION POR HUMEDAD Y ABSORCION					Diferencia	W (kg)	D (kg/m3)	V (m3)	%propor V
		Humedad		Absorción						
	W (kg)	%	kg	%	kg					
AIRE									0.015	1.5
CEMENTO	349.64						349.64	2950	0.119	11.9
GRAVA	1019.45	0.59	6.01	1.82	-18.55	-12.54	1006.91	3249.75	0.310	31.2
ARENA	941.82	4.52	42.57	2.03	-19.12	23.45	965.28	2617.80	0.369	37.1
AGUA	193		-48.59		37.67	10.91	182.09	1000	0.182	18.3
TOTAL	2503.91	Para un metro cúbico					2503.91		0.994	100.00

Anexo 44

Datos para fundir cilindros, vigas y desperdicio

Datos cilindro		
Pi	3.14156	
Radio	0.075	m
A= πr^2	0.01767128	m2
h	0.3	m
V. cilindro	0.00530138	m3
# cilindros	6	unidades
VolumenCilindr	0.032	m3

Datos vigas		
Base	0.15	m
Longitud	0.5	m
A= b*l	0.075	m2
h	0.15	m
V. viga	0.01125	m3
#vigas	3	unidades
VolumenViga	0.03375	m3

Volumen testigos	0.066	m3
Desperdicio 5%	0.0033	m3
Volumen requerido a fundir	0.069	m3

Anexo 45

Dosificación para muestra patrón de 6 cilindros y 3 vigas

PARA FUNDIR TESTIGOS					
	Vfundir(m3)	%propor V	Vol material	D (kg/m3)	kg (PESAR)
AIRE		1.5	0.001039		
CEMENTO		11.9	0.008206	2950	24.21
GRAVA		31.17	0.021453	3249.75	69.72
ARENA		37.1	0.025531	2617.80	66.83
AGUA		18.3	0.012608	1000	12.61
TOTAL	0.069	100.0	0.068836		173.37

Anexo 46

Dosificación para fibras tratada con NaOH con 0.5 % y 10 cm de longitud, de 6 cilindros y 3 vigas

FIBRAS CON HIDROXIDO 0.5% - 10 cm		
Cilindro proporcion	Proporcion m3	
Cemento:	24.208	kg
Agregado fino :	66.500	kg
Agregado Grueso :	69.717	kg
Agua de diseño:	13.108	lt
FIBRAS	0.334	kg

Anexo 47

Dosificación para fibras tratada con CAL con 0.5 % y 5 cm de longitud, de 6 cilindros y 3 vigas

FIBRAS CON CAL 0.5% - 5 cm		
Cilindro proporcion	Proporcion m3	
Cemento:	24.208	kg
Agregado fino :	66.500	kg
Agregado Grueso :	69.717	kg
Agua de diseño:	13.108	lt
FIBRAS	0.334	kg

Anexo 48

Dosificación para 0.5% de fibra tratada con NaOH longitud 5 cm

Cilindro proporcion	Proporcion m3	
Cemento:	11.746	kg
Agregado fino :	32.265	kg
Agregado Grueso :	33.826	kg
Agua de diseño:	6.617	lt
FIBRAS	0.162	kg

Anexo 49

Dosificación para 0.5% de fibra tratada con CAL longitud 10 cm

Cilindro proporcion	Proporcion m3	
Cemento:	11.746	kg
Agregado fino :	32.265	kg
Agregado Grueso :	33.826	kg
Agua de diseño:	6.617	lt
FIBRAS	0.162	kg

Anexo 50

*Dosificación para el 1% de fibras tratadas con CAL o NaOH
para longitud de 5 y 10 cm*

Cilindro proporcion	Proporcion m3	
Cemento:	11.746	kg
Agregado fino :	32.103	kg
Agregado Grueso :	33.826	kg
Agua de diseño:	7.117	lt
FIBRAS	0.324	kg

Anexo 51

*Dosificación para el 1.5 % de fibras tratadas con CAL o NaOH para
longitud de 5 y 10 cm*

Cilindro proporcion	Proporcion m3	
Cemento:	11.746	kg
Agregado fino :	31.941	kg
Agregado Grueso :	33.826	kg
Agua de diseño:	7.617	lt
FIBRAS	0.486	kg