PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICAS DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

"CARACTERIZACIÓN DEL USO DE ESTOPAS DE COCO COMO COMPONENTE EN LA DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES"

AUTORES:

MONTERO BERNABÉ AMELIA PAULINA

ROMÁN TIPANTUÑA ARIEL FERNANDO

QUITO DM, NOVIEMBRE DE 2022

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios que me ha permitido llegar hasta este punto de mi vida, al haberme dado a mis padres que han sido mi fuente de energía en momentos difíciles, mi guía a lo largo de mi vida y sobre todo mi apoyo más grande.

A mi madre, Martha Bernabé, por ser mi soporte, mi consuelo, mi apoyo, mi cómplice y mi mejor amiga, por ser una mujer ejemplar de fortaleza, dedicación, amor, y nobleza que me inspira a ser mejor cada día.

A mi padre, Eduardo Montero, por su enorme esfuerzo y sacrificio, por confiar y creer en mis expectativas, por sus consejos, valores y sobre todo por su paciencia.

A mis buenos amigos Dayana Yanzapanta, Alexandra Calderón, Jorge Ortega y Kenny Espín, que me han sabido escuchar y aconsejar cuando más lo he necesitado, quienes han sabido celebrar mis triunfos y apoyarme sobre todo en mis fracasos. Y a los que conforman el grupo de "Los Rodas", gracias por tantas enseñanzas y alegrías.

A Ariel Román, por su apoyo incondicional desde el primer momento que nos conocimos y enseñarme que un tropezón, no es caída y que al final no todo está perdido, siendo un ejemplo de perseverancia. Por hacerme parte de este trabajo de titulación depositando su confianza en mí y sobre todo por su paciencia.

A los docentes, por haberme brindado de su conocimiento para mi crecimiento profesional, gracias a cada uno de ustedes por haber sido pacientes durante este período de aprendizaje.

A nuestro director de tesis, Ing. Jorge Albuja, por depositar su confianza en nosotros en la realización del presente trabajo de disertación. Gracias a su ayuda, guía y conocimiento impartido para que este trabajo se logré de la mejor manera.

Amelia Paulina Montero Bernabé

DEDICATORIA

A mis padres, Martha y Eduardo, quienes con su amor paciencia y esfuerzo me han permitido cumplir un sueño más y me han motivado a sobrepasar mis propios límites.

Amelia Paulina Montero Bernabé

AGRADECIMIENTOS

Quiero empezar agradeciendo a Dios por haberme dado la sabiduría, para poder llegar hasta este punto de mi vida, y junto con mis padres darme la guía necesaria y el apoyo para cumplir todas mis metas.

A mi padre, Fernando Román que con sus consejos supo guiarme durante todo este camino, que me brindo todo su apoyo de forma incondicional y supo apoyar mi sueño de ser ingeniero civil.

A mi madre, Juanita Tipantuña que, con su amor, trabajo y dedicación, supo apoyarme en los momentos más difícil, y junto a su fortaleza, me sirvió de inspiración para poder cumplir cada uno de mis sueños.

A mis hermanas, Mireya y Yadira que siempre creyeron en mí y en mi sueño de convertirme en un ingeniero civil, les agradezco por todo su amor y apoyo durante toda mi vida, por cuidarme y aconsejarme para que las decisiones que tome para mi vida sean las mejores.

A Amelia Montero, que siempre ha estado ahí apoyándome en los momentos buenos y malos, por ser una persona maravillosa, que me ha brindado su amor y respeto, enseñándome grandes cosas durante todo este tiempo y por todo su esfuerzo y dedicación.

A mis amigos de la facultad de ingeniería, Roosvelt y Marcelo con los cuales se pasaron grandes momentos de estudio y diversión.

A los docentes de la facultad, que siempre nos brindaron sus conocimientos de la mejor manera, dándonos consejos de cómo ser buenos ingenieros civiles, pero sobre todos buenas personas y excelentes profesionales.

Ariel Fernando Román Tipantuña

DEDICATORIA

A mis padres, Fernando y Juanita, que, con su apoyo y gran sacrificio, me brindaron la oportunidad de cumplir mi sueño, dándome toda su confianza y amor.

Ariel Fernando Román Tipantuña

TABLA DE CONTENIDO

1. CAPITULO I: GENERALIDADES 1
1.1. INTRODUCCIÓN 1
1.2. JUSTIFICACIÓN 3
1.3. OBJETIVOS 4
1.3.1. Objetivo general 4
1.3.2. Objetivos específicos 4
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4
1.5. HIPÓTESIS 6
1.6. VARIABLES 6
1.7. INDICADORES 6
1.8. ALCANCE 7
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO 8
2.1. ANTECEDENTES 8
2.2. HISTORIA DEL HORMIGÓN 9
2.3. DEFINICIÓN DE HORMIGÓN Y SUS PROPIEDADES 11
2.3.1. Definición 11
2.3.2. Propiedades del Hormigón 11
2.4. MATERIALES UTILIZADOS EN LA DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN 13
2.4.1. Agua 13
2.4.2. Agregados 13
2.4.3. Cemento Portland 15
2.4.4. Aditivos 16
2.5. DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN 17
2.5.1. Información base del agregado fino, grueso y cemento 17

2.5.2. Determinación de la resistencia requerida 18
2.5.3. Selección de asentamiento 18
2.5.4. Selección de tamaño máximo nominal 19
2.5.5. Selección de cantidad de agua 20
2.5.6. Fijación de la relación agua/cemento 21
2.5.7. Estimación de la cantidad de agregado grueso 21
2.6. FIBRA DE COCO 22
2.6.1. Características de la fibra 23
2.7. TRATAMIENTO QUÍMICOS 24
2.7.1. Mercerización 24
2.7.2. Tratamiento Hidrofóbico 24
2.7.3. Puzolanas y adherentes 25
2.8. RESISTENCIA RESIDUAL PROMEDIO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS 25
2.8.1. Cálculo 26
2.9. MÓDULO DE ROTURA 27
2.8.1. Módulo de rotura teórico 28
3. CAPITULO III: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN 30
3.1. AGREGADOS 30
3.2. MUESTREO 30
3.3. ENSAYOS DE AGREGADO GRUESO 31
3.3.1. Análisis granulométrico 31
3.3.2. Densidad relativa y absorción 33
3.3.3. Densidad aparente, suelta y compactada 34
3.3.4. Ensayo de abrasión o desgaste 36
3.3.5. Resumen de Resultados 38

3.4. ENSAYOS DE AGREGADO FINO 39
3.4.1. Análisis Granulométrico 39
3.4.2. Densidad relativa y absorción 40
3.4.3. Densidad aparente suelta y compacta 41
3.4.4. Contenido orgánico 42
3.4.5. Resumen de resultados 43
3.5. CEMENTO 44
3.5.1. Densidad real del cemento 45
3.5.2. Consistencia normal del cemento 46
3.5.3. Resultados de la caracterización del cemento 47
3.6. FIBRAS NATURALES DE COCO 47
3.6.1. Extracción de estopas de coco 48
3.6.2. Longitud de la fibra 50
3.7. TRATAMIENTOS QUÍMICOS 51
3.7.1. Mercerización 51
3.7.2. Humo de sílice + resina 52
3.8. ENSAYO DE FIBRAS 54
4. CAPITULO IV: DOSIFICACIONES Y ENSAYOS 55
4.1. DOSIFICACIÓN EN PESO PARA 1 m³ 55
4.1.1. Dosificación preliminar 55
4.1.2. Dosificación Definitiva 55
4.1.3. Dosificaciones empleadas en la mezcla 56
4.2. ELABORACIÓN DE POBRETAS DE HORMIGÓN SIMPLE Y CON FIBRA DE COCO 60
4.2.1. Encofrado 60
4.2.2. Cálculo de cantidad mínima de cilindros a ensayar 61

4.2.3. Preparación de mezcla de hormigón 64
4.2.4. Ensayos de hormigón fresco 66
4.3. ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO 71
4.3.1. Resistencia residual de las viguetas 71
4.3.2. Equipo de ensayo 71
4.3.3. Resistencia a la flexión 73
4.3.4. Densidad del hormigón fraguado 83
4.4. ENSAYOS REALIZADOS A LAS FIBRAS DE COCO 85
5. CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS 90
5.1. Resistencia residual promedio 90
5.1.1. Cálculo de la resistencia promedio 90
5.2. MÓDULO DE ROTURA 126
5.2.1. Módulo de rotura teórico 126
5.2.2. Módulo de rotura de viguetas 126
6. CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 139
6.1. CONCLUSIONES 139
6.2. RECOMENDACIONES 143
BIBLIOGRAFÍA 144
ANEXOS 157

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.Resistencia requerida promedio a la comprensión cuando los datos no son disponibles para establecer una muestra de desviación estándar. 18
Tabla 2.2.Asentamiento recomendado para varios tipos de construcción 19
Tabla 2.3.Tamaño máximo de agregado sugerido en función del tipo de obra 19
Tabla 2.4.Cantidad de agua de mezclado por m³ 20
Tabla 2.5.Relación agua/cemento 21
Tabla 2.6. Volumen aparente del agregado grueso por unidad de volumen 22
Tabla 3.1.Tamaño de las muestras de agregados 31
Tabla 3.2.Orden de tamices 32
Tabla 3.3.Gradación de las muestras de ensayo 36
Tabla 3.4.Especificación para la carga 37
Tabla 3.5.Resultados de los ensayos de agregado grueso. 38
Tabla 3.6.Gradación obtenida para el agregado grueso 39
Tabla 3.7.Tamices usados para el agregado fino 39
Tabla 3.8. Escala de Gardner. 42
Tabla 3.9.Resultados Obtenido de los ensayos al agregado fino 43
Tabla 3.10.Gradación obtenida del agregado fino 43
Tabla 3.11.Resultados de los ensayos aplicados al cemento 47
Tabla 4.1.Dosificación preliminar – 210 kg/cm² 55
Tabla 4.2.Dosificación preliminar – 240 kg/cm² 55
Tabla 4.3.Dosificación definitiva – 210 kg/cm² 56
Tabla 4.4.Dosificación definitiva – 240 kg/cm² 56
Tabla 4.5.Dosificación sin fibra – 210 kg/cm² 56
Tabla 4.6.Dosificación sin fibra – 240 kg/cm² 57
Tabla 4.7.Dosificación con fibra al 0.5% – 210 kg/cm² 57
Tabla 4.8.Dosificación con fibra al 1.0% – 210 kg/cm² 57
Tabla 4.9.Dosificación con fibra al 0.5% – 240 kg/cm² 58
Tabla 4.10.Dosificación con fibra al 1.0% – 240 kg/cm² 58
Tabla 4.11.Dosificación con fibra al 0.5% – 210 kg/cm² 58
Tabla 4.12.Dosificación con fibra al 1.0% – 210 kg/cm² 59

Tabla 4.13.Dosificación con fibra al 0.5% – 240 kg/cm² 59
Tabla 4.14.Dosificación con fibra al 1.0% – 240 kg/cm² 59
Tabla 4.15.Regla empírica de Melikamp 62
Tabla 4.16.Número de especímenes a ensayar..... 64
Tabla 4.17.Resultados de ensayos al hormigón fresco 70
Tabla 4.18.Descripción de la nomenclatura usada al nombrar a los especímenes según sus características 74
Tabla 4.19. Dimensiones y pesos de viguetas..... 75
Tabla 4.20.Densidad de viguetas sin fibra 84
Tabla 4.21. Densidad de viguetas con fibra-tratamiento 1 (NaOH) 84
Tabla 4.22.Densidad de viguetas con fibra-tratamiento 2 (Humo de sílice y goma arábiga)..... 85
Tabla 4.23.Propiedades física y mecánica de las fibras de coco..... 86
Tabla 4.24. Resultados del cálculo de densidad S.S.S y absorción de las fibras de coco sin tratamiento. 89
Tabla 5.1. Carga de fracturación de viguetas sin fibra con resistencia 210 kg/cm²... 90
Tabla 5.2. Resistencia a la flexión de viguetas sin fibra con resistencia 210 kg/cm² 91
Tabla 5.3. Carga de fracturación de viguetas sin fibra con resistencia 240 kg/cm²... 91
Tabla 5.4.Resistencia a la flexión de viguetas sin fibra con resistencia 240 kg/cm² . 92
Tabla 5.5.Carga de fracturación de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 1 al 0.5% con resistencia 210 kg/cm²..... 92
Tabla 5.6. Resistencia a la flexión de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 1 al 0.5% con resistencia 210 kg/cm²..... 93
Tabla 5.7. Carga de fracturación de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 1 al 1.0% con resistencia 210 kg/cm²..... 93
Tabla 5.8.Resistencia a la flexión de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 1 al 1.0% con resistencia 210 kg/cm²..... 94
Tabla 5.9.Carga de fracturación de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 1 al 0.5% con resistencia 240 kg/cm²..... 94
Tabla 5.10. Resistencia a la flexión de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 1 al 0.5% con resistencia 240 kg/cm²..... 95

Tabla 5.11.Carga de fracturación de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 1 al 1.0% con resistencia 240 kg/cm²..... 95
Tabla 5.12.Resistencia a la flexión de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 1 al 1.0% con resistencia 240 kg/cm²..... 96
Tabla 5.13.Carga de fracturación de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 2 al 0.5% con resistencia 210 kg/cm²..... 96
Tabla 5.14.Resistencia a la flexión de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 2 al 0.5% con resistencia 210 kg/cm²..... 97
Tabla 5.15.Carga de fracturación de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 2 al 1.0% con resistencia 210 kg/cm²..... 97
Tabla 5.16.Resistencia a la flexión de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 2 al 1.0% con resistencia 210 kg/cm²..... 98
Tabla 5.17.Carga de fracturación de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 2 al 0.5% con resistencia 240 kg/cm²..... 98
Tabla 5.18.Resistencia a la flexión de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 2 al 0.5% con resistencia 240 kg/cm²..... 99
Tabla 5.19.Carga de fracturación de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 2 al 1.0% con resistencia 240 kg/cm²..... 99
Tabla 5.20. Resistencia a la flexión de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 2 al 1.0% con resistencia 240 kg/cm²..... 100
Tabla 5.21. Resumen de la resistencia residual promedio de las viguetas a los 56 días. 125
Tabla 5.22. Módulo de rotura de viguetas con resistencia 210 kg/cm² sin tratamiento 127
Tabla 5.23. Módulo de rotura de viguetas con resistencia 240 kg/cm² sin tratamiento 128
Tabla 5.24.Módulo de rotura de viguetas con resistencia 210 kg/cm² con fibras de coco aplicado el tratamiento 1 al 0.5%..... 129
Tabla 5.25.Módulo de rotura de viguetas con resistencia 210 kg/cm² con fibras de coco aplicado el tratamiento 1 al 1%..... 130
Tabla 5.26.Módulo de rotura de viguetas con resistencia 240 kg/cm² con fibras de coco aplicado el tratamiento 1 al 0.5%..... 131

Tabla 5.27.Módulo de rotura de viguetas con resistencia 240 kg/cm² con fibras de coco aplicado el tratamiento 1 al 1%..... 132
Tabla 5.28.Módulo de rotura de viguetas con resistencia 210 kg/cm² con fibras de coco aplicado el tratamiento 2 al 0.5%..... 133
Tabla 5.29.Módulo de rotura de viguetas con resistencia 210 kg/cm² con fibras de coco aplicado el tratamiento 2 al 1%..... 134
Tabla 5.30.Módulo de rotura de viguetas con resistencia 240 kg/cm² con fibras de coco aplicado el tratamiento 2 al 0.5%..... 135
Tabla 5.31.Módulo de rotura de viguetas con resistencia 240 kg/cm² con fibras de coco aplicado el tratamiento 2 al 1%..... 136
Tabla 5.32.Módulos de rotura a los 56 días de curado..... 137
Tabla 5.33. Módulo de rotura teórico..... 138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.Curva Carga – Deflexión 27
Figura 3.1.Cemento Holcim Fuerte Tipo GU 44
Figura 3.2.Partes del fruto de coco 49
Figura 4.1. Elongación de las muestras de fibra 86
Figura 4.2.Densidad lineal de las muestras de fibra 87
Figura 4.3. Fuerza de rotura promedio de las muestras de fibra 87
Figura 4.4. Tenacidad de las muestras de fibra 88
Figura 5.1.Comparación de la deflexión a los 14 días. 100
Figura 5.2. Comparación de la deflexión a los 28 días. 101
Figura 5.3.Comparación de la deflexión a los 56 días. 102
Figura 5.4. Comparación de la deflexión a los 14 días. 103
Figura 5.5.Comparación de la deflexión a los 28 días. 103
Figura 5.6. Comparación de la deflexión a los 56 días. 104
Figura 5.7. Comparación de la deflexión a los 14 días. 105
Figura 5.8.Comparación de la deflexión a los 28 días. 105
Figura 5.9. Comparación de la deflexión a los 56 días. 106
Figura 5.10. Comparación de la deflexión a los 14 días. 107
Figura 5.11.Comparación de la deflexión a los 28 días. 107
Figura 5.12.Comparación de la deflexión a los 56 días. 108
Figura 5.13.Comparación de la deflexión a los 14 días 109
Figura 5.14.Comparación de la deflexión a los 28 días. 109
Figura 5.15.Comparación de la deflexión a los 56 días. 110
Figura 5.16.Comparación de la deflexión a los 14 días 111
Figura 5.17.Comparación de la deflexión a los 28 días 111
Figura 5.18. Comparación de la deflexión a los 56 días 112
Figura 5.19.Comparación de la deflexión a los 14 días 113
Figura 5.20.Comparación de la deflexión a los 28 días 113
Figura 5.21. Comparación de la deflexión a los 56 días 114
Figura 5.22.Comparación de la deflexión a los 14 días 115
Figura 5.23.Comparación de la deflexión a los 28 días 115

Figura 5.24.Comparación de la deflexión a los 56 días 116
Figura 5.25. Comparación de la deflexión a los 14 días 117
Figura 5.26.Comparación de la deflexión a los 28 días 117
Figura 5.27.Comparación de la deflexión a los 56 días 118
Figura 5.28.Comparación de la deflexión a los 14 días 119
Figura 5.29.Comparación de la deflexión a los 28 días 119
Figura 5.30.Comparación de la deflexión a los 56 días 120
Figura 5.31.Comparación de la deflexión a los 14 días 121
Figura 5.32. Comparación de la deflexión a los 28 días 121
Figura 5.33. Comparación de la deflexión a los 56 días 122
Figura 5.34.Comparación de la deflexión a los 14 días 123
Figura 5.35.Comparación de la deflexión a los 28 días 123
Figura 5.36.Comparación de la deflexión a los 56 días 124

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3.1.Aspecto inicial de la estopa de coco. 48
Fotografía 3.2.Estopas de coco en remojo. 50
Fotografía 3.3.Aplicación de NaOH a la fibra de coco. 51
Fotografía 3.4.Enguaje del químico de la fibra de coco. 52
Fotografía 3.5.Colocación de la goma arábiga a la fibra de coco. 53
Fotografía 3.6.Aplicación de humo de sílice a la fibra de coco. 53
Fotografía 4.1.Encofrado de viguetas 60
Fotografía 4.2.Toma de temperatura al hormigón fresco. 67
Fotografía 4.3.Prueba de asentamiento del hormigón. 68
Fotografía 4.4.Ensayo de contenido de aire 69
Fotografía 4.5.Máquina hidráulica de ensayo. 72
Fotografía 4.6.Apoyos y placa metálica. 72

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. ENSAYOS EN AGREGADO GRUESO 158
ANEXO 2.ENSAYOS EN AGREGADO FINO 162
ANEXO 3. ENSAYOS EN CEMENTO 166
ANEXO 4.DOSIFICACIÓN PRELIMINAR 169
ANEXO 5.RESUMEN DE MATERIALES 173
ANEXO 6.ENSAYOS EN FIBRAS 174

RESUMEN

El presente trabajo de disertación tiene como objetivo estudiar el comportamiento físico y mecánico del hormigón con la adición del 0.5% y 1.0% de fibras de coco sometidas a dos tratamientos químicos con el fin de reducir su degradación y optimizar su utilización en la elaboración de los especímenes de hormigón los cuales deberán cumplir con lo especificado en las nomas de American Society for Testing of Materials (ASTM) del American Concrete Institute (ACI) y del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

Las fibras de coco se obtuvieron a partir de la materia prima de forma manual y cortadas en una longitud de 4 cm. Subsiguientemente, las fibras de coco se sometieron a dos tratamientos químicos. El primer tratamiento, es la inmersión de las fibras de coco en la solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 4% y el segundo tratamiento, se sumerge las fibras de coco en goma arábiga para consecuentemente recubrirlas con humo de sílice. Análogamente se tomaron 50 muestras de fibra de coco tanto en su estado natural como después de haber aplicado los tratamientos químicos, y se sometieron a pruebas en el Centro Textil Politécnico de la Escuela Politécnica Nacional.

Se realizaron muestras patrones para obtener una dosificación de diseño ligado a las propiedades de los materiales como el cemento y agregados, de igual manera se consideró las variables de resistencia de 210 kg/cm ² y 240 kg/cm ². Por lo que se realizó una dosificación en particular con una proporción del 0.5% y 1.0% de volumen de fibra de coco para los dos tratamientos químicos, reemplazando el volumen del agregado grueso. Se elaboraron viguetas de hormigón simple sin fibra y con las fibras de coco post – tratamiento, los cuales se sometieron a ensayos de flexión.

Los resultados indicaron que el mejor tratamiento químico es el hidróxido de sodio con una concentración del 4% y con un 1.0% de fibra de coco para la resistencia de 210 kg/cm² y 240 kg/cm². En general las viguetas con fibras de coco tratadas con hidróxido de sodio superaron en prestaciones a las fibras tratadas con goma arábiga y humo de sílice.

SUMMARY

The aim of this dissertation is to study the physical and mechanical behaviour of concrete with the addition of 0.5% and 1.0% of coconut fibres subjected to two chemical treatments in order to reduce their degradation and optimise their use in the production of concrete specimens, which must comply with the standards of the American Society for Testing of Materials (ASTM), the American Concrete Institute (ACI) and the Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

The coconut fibres were obtained from the raw material by hand and cut to a length of 4 cm. Subsequently, the coconut fibres were subjected to two chemical treatments. The first treatment is the immersion of the coconut fibres in 4% sodium hydroxide (NaOH) solution and the second treatment is the immersion of the coconut fibres in gum arabic and consequently coating them with silica fume. Similarly, 50 samples of coconut fibre were taken both in their natural state and after applying the chemical treatments and tested at the Polytechnic Textile Centre of the Escuela Politécnica Nacional.

Standard samples were taken to obtain a design dosage linked to the properties of the materials such as cement and aggregates, and the strength variables of 210 kg/cm² and 240 kg/cm² were also considered. Therefore, a particular dosage was carried out with a proportion of 0.5% and 1.0% volume of coconut fibre for the two chemical treatments, replacing the volume of coarse aggregate. Simple concrete beams were made without fibre and with the coconut fibres post-treatment, which were subjected to flexural tests.

The results indicated that the best chemical treatment is sodium hydroxide with a concentration of 4% and 1.0% coconut fibre for strengths of 210 kg/cm² and 240 kg/cm². Overall, the coir fibre joists treated with sodium hydroxide outperformed the fibres treated with gum arabic and silica fume.

1. CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

El hormigón es un material usado ampliamente en el mundo de la construcción, ya que por sus características nos permite utilizarlo en diferentes escenarios. El hormigón o concreto es un material resistente a la compresión y posee baja resistencia a la tracción y ductilidad la cual es compensada con barras de refuerzo de acero así para completar la resistencia a la tracción.

A lo largo de los años se ha venido desarrollado muchas investigaciones para crear un hormigón de alta resistencia a un bajo costo, agregando materiales extra a partir de los materiales que posee el hormigón (agregado fino, agregado grueso, cemento y agua).

Entre esos estudios se destaca el uso de fibras naturales las cuales han brindado una mayor resistencia a la tracción o comprensión del concreto. Pero entre todas las fibras naturales (fibra de yute, fibra de algodón, fibra de coco, fibra de lino, etc.), la fibra de coco es la que más destaca sobre el resto de fibras, como se lo menciona en un estudio realizado por Babar Ali, A. Hawreen en el año 2022 “Una revisión crítica sobre la utilización de coco (fibra de coco) en materiales cementosos” donde se menciona que las fibras de coco son más baratas, amigables con el medio ambiente y tienen una mayor resistencia a la tracción entre las fibras naturales. Estas fibras son fuertes a la tensión y resistentes a la acción abrasiva.

Otra característica importante que se menciona en el estudio realizado por Babar Ali y A. Hawreen es que por la alta resistencia que posee las fibras de coco a la tracción estas pueden ser consideradas como un refuerzo de fibras para reducir la fragilidad del hormigón en masa.

Si bien se mencionan todas las características de la fibra de coco y su gran aporte en el hormigón, cabe mencionar que la fuerza de la fibra es variable afectando en las

características del hormigón, esto puede ser por la variación del diámetro y tratamientos químicos utilizados para su durabilidad de la fibra de coco.

Como se indica en un estudio realizado por Babar Ali, Muhammad Ahmad Farooq, Muhammed Hechmi y Marc Azab en el año 2022 “El efecto combinado de la fibra de coco y el superplastificante en las propiedades frescas, mecánicas y de durabilidad a largo plazo del hormigón con áridos reciclados” donde nos menciona que se observa un gran fuerza de unión entre las fibras de coco y el hormigón en diferentes longitudes, es decir que con grandes longitudes de fibras de coco (30mm) la fuerza de unión y eficiencia son mayores, también se observa que el uso de fibras de coco aumente la porosidad del hormigón, lo que ocasiones una reducción a la resistencia a la comprensión pero también provoca un aumento a la resistencia a la flexión en un 40% de la misma manera, el índice de tenacidad mejora considerablemente.

La fibra de coco es tratada con químicos debido a que en estudios realizados por diferentes universidades, nos indican que existe una notable mejora del hormigón con fibras tratadas versus hormigón con fibras sin tratar, como lo mencionan Yawad Ahmad, Ali Majdi, Amin Al Fakih en el año 2022, en su estudio “Desempeño mecánico y durabilidad del concreto reforzado con fibra de coco: una revisión de vanguardia” donde nos indican que las fibras se clasifican en dos grupos, tratadas y sin tratar, se realizan diferentes ensayos tanto a tracción como fatiga para comprobar que las fibras tratadas eran superiores a las fibras sin tratar, ya que al ser tratadas están aumentan su rugosidad dando mayor fricción entre ellas, lo que incrementa la unión entre la matriz y las fibras.

Las fibras de coco poseen grandes cualidades como poseer una baja conductividad térmica, pero ser altamente resistentes y rígidas, por lo cual nos permiten mejorar características importantes del hormigón como es su resistencia a la tracción y comprensión y al mismo tiempo darnos la posibilidad de reducir su peso.

Por lo tanto, este trabajo de investigación se concentra en determinar si las fibras de coco con dos tratamientos químicos distintos y en diferente cantidad, es capaz de mejorar la capacidad a flexión del hormigón, para que un futuro nuevo investigadores tomen la decisión de incorporar fibras de coco en el hormigón.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La investigación de los materiales con recursos naturales y ecológicos en nuestro país es muy pobre dentro del campo de la Ingeniería Civil, se pretende aportar información de mejoras con fibras naturales en las propiedades físicas del hormigón entre las cuales encontramos: asentamiento, trabajabilidad, temperaturas, contenido de aire y densidad, de la misma manera se busca mejorar las propiedades mecánicas como: resistencia a la flexión, resistencia a la tracción directa, módulo de rotura y la resistencia de los hormigones con esfuerzos de tensión de 210 y 240 Kg/cm².

Se ha determinado el porcentaje de fibra a utilizar de acuerdo al volumen, de 0,5% y 1% debido al estudio realizado por Construction and Building Material [2019]. "Behaviour of oil palm broom fibre (OPBF) reinforced concrete" se concluye que ha de haber una mejora optima en las propiedades mecánicas del hormigón cuando los porcentajes de fibra se encuentran en un rango de entre el 0.5% y el 1%.

La determinación de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón con estopa de coco se fundamentan en los procedimientos establecidos en las Normas del Instituto Ecuatorianos de Normalización (INEN) y las normas de American Society for Testing of Material (ASTM), para 14,28 y 56 días. Posteriormente se realizará la comparación de resultados obtenidos del hormigón simple y el hormigón con estopas de coco.

La investigación propone un hormigón con estopas de coco, el cual es un residuo de la industria que no se da mucha utilidad ya sea como abono o desecho que tienden a ser incinerados lo que provoca un daño ambiental.

De esta manera la investigación otorgar una nueva perspectiva de los materiales alternativos en el medio estructural, además de generar una fuente de ingresos para las personas dedicadas al cultivo y producción de coco. Con nuestra investigación se busca dar una utilidad a estos desechos innovando el sector constructivo en la que las propiedades físicas como mecánicas del hormigón son esenciales en el éxito de las obras ingenieriles ya que se ha de garantizar la seguridad, resistencia, calidad y economía en la construcción.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

El objetivo de este trabajo es determinar las propiedades físicas y mecánicas como la resistencia residual promedio y el módulo de rotura del hormigón con fibras naturales de estopas de coco, basados en la comparación de la resistencia a la compresión de 210 y 240 Kg/cm² del hormigón sin fibra.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la resistencia residual promedio del hormigón reforzado con fibras naturales de estopas de coco a través del método de prueba estándar estipulada en la norma ASTM C1399/C1399M-10.
- Determinación del módulo de rotura del hormigón en las dosificaciones con fibras de coco y sin fibras de coco.
- Comparar los resultados obtenidos en base a especímenes sin fibra de coco y especímenes con fibra de coco a los 14,28 y 56 días, manifestando si se produce un mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas en el hormigón al agregar fibras de coco.

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el pasar del tiempo y la actualización de conocimientos de material junto con los avances tecnológicos, teniendo en cuenta la situación actual en base al medio ambiente se ha innovado en la creación de nuevas tecnologías aplicadas a los materiales de

construcción buscando disminuir su impacto ambiental como el que genera las estopas de coco.

El coco es uno de los frutos representativos del Ecuador. Las palmeras de coco crecen según datos del Censo Nacional Agropecuario, en las provincias de la Costa Ecuatoriana como Manabí, Esmeraldas y Guayas. Siendo Esmeraldas la provincia con mayor producción con 77.26% del total nacional de hectáreas.

Las grandes cantidades que se producen y consumen genera una considerable acumulación de desechos sólidos que se ha convertido en una gran problemática en el Ecuador debido a que las estopas de coco representan cerca del 80% del peso total de fruta, demorándose más de 100 años en degradarse.

Es una fibra multicelular con un alto grado de rigidez y dureza debido a sus dos componentes, la celulosa y el leño; entre sus principales características se pueden mencionar las siguientes: la baja conductividad al calor, la resistencia al impacto, a las bacterias y al agua, también la durabilidad y resiliencia hacen de la fibra de coco el material indicado para trabajos de aislamiento térmico y acústico. Cada coco puede generar 125 gramos de fibras y con la extracción de esas fibras de la cáscara, se producen además unos 250 gramos de polvo de coco (Nuñez, 2010).

Según la investigación realizada por la empresa norteamericana PRO-MIX acerca de la fibra de coco, reflejan que las fibras de coco poseen varias propiedades de las cuales resaltan anti – electroestática, inodora, resistente a la humedad, no atacable por roedores o termitas, impidiendo la formación de hongos y no se degradan, conductividad térmica en pequeñas cantidades y reducción de ruidos por percusión o aéreos.

En base a las propiedades anteriormente mencionadas y a los beneficios que nos brindan, se pretende a través de este proyecto el reciclaje de las estopas de coco permitiendo que sean reutilizables después de haber cumplido su función natural y pase a formar parte del hormigón. La utilización de fibras de coco disminuirá el inadecuado manejo de desechos en nuestro país, habiendo un aprovechamiento en su totalidad repercutiendo en ámbito económico, social y ambiental.

1.5. HIPÓTESIS

El presente trabajo busca mejorar el hormigón con la adición de materiales naturales en forma de fibra en una cantidad porcentual al volumen de hormigón, principalmente lo que encamina el proyecto es mejorar la resistencia del hormigón a la flexión permitiendo que esté presente una mayor deformación ante estos esfuerzos. Dando mayor seguridad a los elementos que se fabriquen con este tipo de hormigón ya que el mismo presentara una falla menos frágil que el hormigón sin fibra, con lo que el módulo de Young de este hormigón presentara una mejor relación de esfuerzo – deformación.

1.6. VARIABLES

- Porcentaje de fibra de coco utilizado
- Tratamientos Químicos
- Relación agua/cemento

1.7. INDICADORES

- Módulo de elasticidad
- Resistencia a la flexión
- F’C (Resistencia a la compresión)
- Límite de fluencia

1.8. ALCANCE

La presente investigación tiene como finalidad la determinación de propiedades físicas y mecánicas del hormigón con fibras de coco, basado en normas vigentes en el Ecuador como lo son las normas INEN y las normas ASTM, y tiene como requisitos la trabajabilidad, durabilidad, densidades y resistencia.

Para obtener un 90% de confianza en los resultados y tomando en cuenta un margen de error del 10% que pueda haber en los ensayos. Se realizarán 210 probetas en total, distribuidas en 21 probetas para 240 Kg/cm² y 21 probetas para 210 Kg/cm² como muestras patrón, además 21 probetas para cada tratamiento químico los cuales son 2 al 0,5% y el 1% de la fibra de coco con relación al volumen de la vigueta, tanto como para 240 Kg/cm² y 210 Kg/cm².

Se realizarán 30 ensayos a flexión de las probetas, se ensayará 7 probetas a los 14, 28 y 56 días.

2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Las fibras naturales han sido objeto de estudio para fabricar hormigones compuestos durante décadas. Majid Ali, en su artículo del 2012 “NATURAL FIBRES AS CONSTRUCTION MATERIALS”, realiza una recopilación de las características físicas, químicas y mecánicas de diferentes fibras implementadas en la composición del hormigón y mortero como lo es coco, sisal, yute, linaza, abacá, cáñamo y otras.

Ahmad et al. (2020), en su artículo “EFFECT OF COCONUT FIBER LENGHTH AND CONTENT OR PROPERTIES OF HIGH STRENGTH CONCRETE”, utiliza diferentes proporciones de volumen de fibras (0.5%, 1%, 1.5% y 2%) con diferentes longitudes de fibra de coco /25, 50 y 75 mm), para medir la influencia de estas variables en las características del hormigón entre las cuales tenemos el asentamiento, resistencia a la compresión y flexión, entre otras, en muestras cilíndrica y en viguetas a escala de laboratorio. Cabe mencionar, que las fibras no se sometieron a un tratamiento para prevenir la degradación. Se obtuvieron resultados favorecedores con una proporción del 1.5% de fibra de coco a una longitud de 50 mm de longitud.

Jawad Ahmad et al. (2022) en su artículo “MECHANICAL AND DURABILITY PERFOMANCE OF COCONUT FIBER REINFORCED CONCRETE: A STATE-OF-THE-ART REVIEW”, examinan la incidencia del tratamiento químico en las propiedades físicas y mecánicas de la fibra de coco en el hormigón. Sometieron fibras de coco a varios tratamientos, durante el primer instante la fibra de coco se sumergió en una solución adherente de látex natural, luego se le aplico un agente de recubrimiento que consistían en materiales puzolánicos como lo es el humo de sílice. De igual manera se sumergieron las fibras de coco en soluciones de NaOH en concentraciones de 2 a 10% durante 4 semanas. Se determinó que se mejora la retención de la estructura de la fibra contra el proceso de degradación, aunque si conforme aumentaba la concentración de NaOH las fibras se volvieron más frágiles.

Sin embargo, la información acerca de estudio experimentales en comparar prestaciones físicas y mecánicas del hormigón reforzado con fibras sometidas a diferentes tratamientos es escasa, pero el trabajo anterior nos permite obtener diferencias que se producen al aplicar tratamiento químico a la fibra por lo que ha de tenerse en consideración.

Caizaguano y Terán (2020), en su tesis de grado "CARACTERIZACIÓN DEL HORMIGÓN CON FIBRAS NATURALES DEL RAQUIS DE LA PALMA AFRICANA DE ACEITE Y LA ESTOPA DE COCO", experimentaron con el uso de la fibra de palma africana y la estopa de coco, empleando proporciones del 2 y 4% de fibras en volumen; dichas fibras habían sido sometidas previamente a un tratamiento con carbonato de calcio para reducir su degradación. Obtuvieron que los mejores resultados se lograban con las fibras de coco, en proporción del 2%.

Babar Alí et al. (2022) en su artículo "A CRITICAL REVIEW ON THE UTILIZATION OF COIR (COCONUT FIBER) IN CEMENTITIOUS MATERIALS", realiza una comparación entre algunos estudios y destaca los factores influyentes de la fibra de coco en el hormigón reforzado. En el trabajo se desataca los cambios de la fibra después de someterse a tratamientos químicos como lo es el látex junto con el humo de sílice y el hidróxido de sodio al 6%, ya que claramente sus propiedades físicas y mecánicas han mejorado. Los valores de resistencia a la tracción y flexión son más sensibles en la adición de la fibra de coco y de igual manera la incidencia de esta en la densidad y porosidad del hormigón reforzado en relación con el hormigón convencional.

2.2.HISTORIA DEL HORMIGÓN

Desde épocas remotas mucho antes del imperio romano el hombre siempre ha buscado construir, para lo cual ha procedido a utilizar materiales minerales, en el mediterráneo se ha encontrado evidencias de

arenas de origen volcánico que al ser mezcladas con cal estas pueden transformarse en un mortero.

Pero no fue hasta cuando el imperio romano con su gran habilidad constructiva en siglo XIX y su facilidad de encontrar arenas cementicias que lograron crear un mortero que al ser mezclados con grandes rocas este era resiste y duradero.

Con el ocaso del Imperio Romano, el hormigón antes descrito cayó en desuso. No fue hasta la Edad Moderna, donde el ingeniero inglés John Smeaton recreara las técnicas romanas de elaboración de hormigón durante la construcción del faro de Eddystone (Inglaterra), el cual fue terminado en 1759. Posteriormente, el científico francés Louis Vicat sistematizó la elaboración de la cal hidráulica, la cual obtenía mediante la cocción de mezclas de cal apagada y arcilla (Romea,C., 2014).

Pero en 1824 Joseph Aspdin patento el "cemento Portland", un cemento artificial confeccionado con una mezcla de piedra caliza y arcilla. La innovación importante es el uso de la piedra caliza o creta y arcillas de diferentes canteras. En ese tiempo aparecía una piedra caliza de grano fino en la isla de Portland, que paso a ser la más usada en Londres por su gran durabilidad. Por ello es que los cementos artificiales hechos con piedra caliza y arcilla son aún hoy denominados cemento Portland en todas las lenguas, siendo inaugurada la primera fábrica de cemento en los estados unidos en el año 1871 (Perles, P., 2014)

Para 1901 se construye el primer rascacielos de 16 pisos en Cincinnati con esqueleto de hormigón armado.

En el Ecuador, se constituye la primera fábrica de cemento Portland por parte de la empresa Industrias y Construcciones Compañía Limitada en el año 1921, bajo la iniciativa del Sr. José Rodríguez; esta fábrica se encontraba ubicada en la ciudad de Guayaquil a orillas del Estero Salado.

Poco a poco, el hormigón fue suplantando el uso de materiales tradicionales que hasta el momento predominaba el uso de la madera y caña, con ello el desarrollo se fue evidenciando en la ciudad de guayaquil y en el resto del país (Holcim, 2014).

2.3.DEFINICIÓN DE HORMIGÓN Y SUS PROPIEDADES

2.3.1. Definición

Es una mezcla heterogénea, conformada por un por una pasta adhesiva de cementó portland y agua, considerados como elementos activos que mantienen ligadas a las partículas de materiales inertes, compuestos por agregados finos y gruesos (Moral,F., 1996)

La calidad del hormigón es directamente proporcional a la calidad de sus componentes, el hormigón en su primera fase se denomina hormigo fresco ya que se encuentra en un estado pastoso semi líquido, esta fase se caracteriza por el pasaje paulatino a estado de solido aparente (Perles, P., 2014).

2.3.2. Propiedades del Hormigón

Entre las propiedades características del hormigón tenemos:

- Su resistencia a la acción del fuego. El hormigón es altamente resistente a la acción del fuego, el calor penetra lentamente en su interior y es un mal conductor de este, en distintos ensayos como el de Woolson, donde se sometió placas de hormigón a 800°C y a los 5cm se tenía temperaturas de solo 16°C. lo que quiere decir que solo se necesita un mínimo de 2 cm para proteger la armadura metálica colocada en su interior (Moral,F., 1996).
- Su gran resistencia a los agentes atmosféricos. Solo viéndose debilitado por las heladas frecuentes y repetidas que producen en él, efecto de disgregación, por efectos de un gran descenso de temperatura, produce la rotura de la superficie exterior en pequeñísimos fragmentos (Moral,F., 1996)
- Su enorme resistencia a la acción del tiempo. El hormigón con el transcurso del tiempo continúa endureciéndose, pero al pasar los años este endurecimiento es apenas perceptible (Moral,F., 1996)

- Gran facilidad de moldeo. Permite adoptar toda clase de formas, con gran ventaja sobre el hierro y demás materiales de construcción (Moral,F., 1996)
- Impermeabilidad. Esta impermeabilidad no es a causa por falta de poros en el hormigón, es debido al momento en que el agua se filtra por los finísimos poros del hormigón, este se va depositando poco a poco en pequeñas cantidades de sales cálcicas, los cuales van llenando casi en su totalidad (Moral,F., 1996)
- Resistencia. El hormigón deberá tener siempre suficiente fuerza y resistencia interna ante los varios tipos de falla (G.Nawy, E., 1988)
- Compacidad

  Tiene una estrecha relación con la densidad, al igual que con el método de compactación. De la compactación depende que no queden huecos sin rellenar con la pasta de cemento, de la misma manera que haya una mayor introducción de agregados en el volumen dado y que se elimine las burbujas de aire (Barros & Ramírez, 2012, pág. 16)
- Resistencia a la flexión

  Para la determinación de esta propiedad se realiza por medio de vigas, en el ensayo a flexión el hormigón está sometido a compresión, así como también a tensión, de esta manera se establece el módulo de rotura (MR), que se usa en control de calidad y diseño de pisos y pavimentos (Rengifo & Yupangui, 2013, pág. 54)

  Para la determinación de la resistencia a la flexión se sigue el procedimiento bajo la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2454 Hormigón de cemento hidráulico Determinación de la resistencia a la flexión (Utilizando una viga simple con carga en los tercios) o la Norma ASTM C 78 Standard Test Method for Flexural Strenght of Concrete Compressive Strenght of Cylindrical Concrete Specimens. (Orbe & Zúñiga, 2013 pág. 63).

2.4.MATERIALES UTILIZADOS EN LA DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN

2.4.1. Agua

El agua es indispensable en la producción de hormigón, con el fin de producir una reacción química con el cemento, para humedecer el agregado y lubricar la mezcla para una fácil manejabilidad**Fuente especificada no válida.**.

La cantidad de agua requerida en la mezcla de hormigón debe ser estrictamente la necesaria, ya que el agua en grandes cantidades o en exceso se evaporan dejando huecos (capilares) en el hormigón, que disminuye su resistencia. Tanto el agua de amasado como el de curado deben ser aptas para desempeñar eficazmente su función**Fuente especificada no válida.**.

El agua deberá cumplir con lo expuesto en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108.

2.4.2. Agregados

Se conoce como agregados a los materiales granulares rocosos que se emplean en los firmes de las carreteras con o sin adición de elementos activos (bases y subbases granulares, bases estabilizadas, etc.), al balastro de las vías de ferrocarril, también conocida como balasto, y a la escollera como elemento de protección frente a la erosión hidráulica, tales como muellos o puertos marítimos. (Holcim, 2017)

Los principales campos de aplicación de estas materias primas pueden resumirse en:

- Agregados para la preparación de concreto
- Agregados para la fabricación de aglomerantes asfálticos
- Balastro, sub-balastro y gravillas
- Escolleras para la protección de obras portuarias, ríos y canales
- Rellenos y aplicaciones varias

- Materias primas para la industria (cemento, arenas para filtros, cargas, micronizados, etc.).

2.4.2.1.Áridos Grueso

Se conoce como agregado grueso al material proveniente de la desintegración de la roca de origen volcánico y que por su tamaño queda retenido en el tamiz número 4 (4.75 mm).

Todo material con un tamaño mayor a 4.75mm, provienen de la extracción de rocas de cantera, procesados o triturados, canto rodado o piedra bola (Luna, G. , 2014).

Estos pueden ser clasificados por su rango de tamaños, por ejemplo:

- Piedra # 57 (4.75 - 25 mm)
- Piedra # 67 (4.75 - 19 mm)
- Piedra # 7 (4.75 - 12.5 mm)
- Piedra # 8 (2.36 - 9.5 mm)

Ya que el hormigón es considerado como una piedra artificial, el agregado grueso es la materia prima para hacer hormigón. Por lo tanto, utilice tantos como sea posible y el tamaño más grande, teniendo en cuenta los requisitos de posición y arrastre. Capacidad de carga hasta 250 kgr / cm2, se debe utilizar el tamaño de agregado grueso más grande posible; Para resistencias más altas, investigaciones recientes han demostrado que el menor consumo de concreto para una resistencia mayor (efectiva) dada se logra con agregados más pequeños.

2.4.2.2.Áridos fino

El agregado fino es el material más pequeño hecho de arena, el árido fino es el material que pasa por el tamiz 4.5mm (Nro.4) y es retenida en el tamiz Nro.200.

Un buen agregado fino debe estar libre de material orgánico o cualquier material dañino para la calidad del hormigón (G.Nawy, E., 1988).

Se requiere tener en consideración la cantidad de agregado fino que puede pasar los tamices N°50 y N°100 ya que puede afectar la manejabilidad, textura superficial y en la exudación del hormigón.

Se debe tener en cuenta ciertos parámetros que hacen que el agregado fino sea óptimo para su uso como lo él módulo de finura, se ha de encontrar entre 2.3 y 3.1para evitar segregación del agregado grueso.

2.4.3. Cemento Portland

El cemento es un material con propiedades adhesivas y cohesivas las cuales dan la capacidad de aglutinar otros materiales para formar un todo, sólido y compacto (Salas, J.L., 2021).

Cemento hidráulico producido por pulverización de Clinker, consistente esencialmente de silicatos cálcicos hidráulicos cristalinos y que usualmente contiene uno o más de los siguientes elementos: agua, sulfato de calcio, hasta 5%de piedra caliza y adiciones de proceso. (INEN, 2012)

La clasificación del cemento Portland es la siguiente:

Los cementos portland puros (ASTM C150) / (NTE INEN, 2012)

- TIPO I: Cemento común
- TIPO II: Cemento Modificado
- TIPO III: Cemento de alta resistencia inicial
- TIPO IV: Cemento de bajo calor de hidratación
- TIPO V: Cemento resistente a los sulfatos
- TIPO IA, IIA, IIIA: Cementos con inclusión de aire

Los cementos con adiciones puzolánicas (ASTM C595) / (NTE INEN, 2011)

- TIPO IS: Con escoria de alto horno
- TIPO IP: Con adición de puzolana
- TIPO I (SM): Con escoria modificado
- TIPO I (PM): Con adición de puzolana modificado
- TIPO S: Con escoria
- TIPO P: Con adición de puzolana (no requiere resistencia inicial)

Los cementos con desempeño en hormigones hidráulicos (ASTMC115) / (NTEINEN, (2011)

- TIPO GU: Para uso de construcciones en general
- TIPO MH: Para moderado calor de hidratación
- TIPO HE: Para hormigón de alta resistencia inicial
- TIPO HS: Para alta resistencia a los sulfatos
- TIPO MS: Para moderada resistencia a los sulfatos
- TIPO LH: Para bajo calor de hidratación

2.4.4. Aditivos

Los aditivos son otros de los materiales que se utilizan en la mezcla del hormigón además del agua, agregados y cemento, se utilizan como ingredientes del concreto, su función es modificar las propiedades del concreto con el fin de mejorar o adaptar a las necesidades que se requieran en el trabajo (G.Nawy, E., 1988).

- Existen aditivos como:
- Aditivos acelerantes
- Aditivos reductores de agua y aditivos controladores de fraguado
- Aditivos inclusores de aire
- Aditivos minerales finamente divididos

- Aditivos para concretos sin revenimiento
- Superplasticidad

2.5.DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN

La estimación de la dosificación del hormigón nos permite determinar las fracciones de los componentes que actúan en el hormigón para obtener los valores de trabajabilidad, resistencia, durabilidad y economía requeridos previamente (Luna, G. , 2014).

El método utilizado para lograr la dosificación requerida es el expuesto por el Instituto Americano del Concreto en la norma ACI 211.1-91 *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete* (1991).

Para poder utilizar este método de dosificación, el cual se basa en el esfuerzo a la resistencia a la comprensión se requiere seguir una serie de pasos y tablas que serán descritos a continuación.

2.5.1. Información base del agregado fino, grueso y cemento

Posterior a la realización de los ensayos de los agregados se toman los resultados ya que en ellos se encuentran los valores que intervienen en la dosificación como los siguientes.

2.5.1.1.Agregado grueso y agregado fino

- Densidad suelta
- Densidad real en estado
- Porcentaje de absorción

- Módulo de finura
- Tamaño Nominal Máximo (grueso)
- Contenido de humedad natural

2.5.1.2.Cemento

- Tipo de cemento
- Densidad real

2.5.2. Determinación de la resistencia requerida

Al no contar con un historial de ensayos se procede a calcular la resistencia requerida la cual es mayor al f'c, y se calcula de la siguiente manera.

Tabla 2.1.Resistencia requerida promedio a la comprensión cuando los datos no son disponibles para establecer una muestra de desviación estándar.

Resistencia a la comprensión f'c (MPa)	Resistencia a la comprensión requerida f'cr (MPa)
f'c < 21	f'cr = f´c+7.0
21 ≤ f'c ≤ 35	f'cr = f´c+8.3
F'c ≥ 35	f'cr = 1.10f´c+5.0

Fuente: (ACI 318-08,2008, pag.72. Tabla5.3.2.2)

2.5.3. Selección de asentamiento

Esta selección de asentamiento se escoge de acuerdo con el trabajo o construcción que vaya a ser destinado, el asentamiento provee de trabajabilidad del hormigón fresco.

Tabla 2.2.Asentamiento recomendado para varios tipos de construcción

Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción		
Tipos de construcción	**Asentamiento (cm)**	
	máximo	**mínimo**
Fundaciones: paredes y zapatas reforzadas	12.7	5.0
Zapatas simples, caissons y muros de subestructura	10.0	2.5
Losas, vigas y paredes reforzadas	15.0	7.6
Columnas de edificaciones	15.0	7.6
Pavimentos y veredas	7.6	5.0
Construcción	7.6	2.5

Fuente: (ACI 211.1-91, Reapproved 2009)

2.5.4. Selección de tamaño máximo nominal

Para poder determinar este parámetro se toma en cuenta el análisis granulométrico del agregado grueso y se define a través de la secciones o dimensiones del elemento.

Tabla 2.3.Tamaño máximo de agregado sugerido en función del tipo de obra

Tamaño máximo de agregado recomendado para varias obras				
Dimensión mínima de la sección, cm(pulg)	**Tipos de construcción**			
	Paredes, vigas y columnas	**Muros sin refuerzo**	**Losas fuertemente armadas**	**Losas ligeramente armadas o sin refuerzo**
6.4 a 12.7 (2.5 a 5)	12.7 a 1.9 (1/2 a 3/4)	1.9 (3/4)	1.9 a 2.5 (3/4 a 1)	1.9 a 3.8 (3/4 a 1/2)
15.2 a 28 (6 a 11)	1.9 a 3.8(3/4 a 1 1/2)	3.8(1/1/2)	3.8	3.8 a 7.6 (1 1/2 a 3)
30.5 a73.7 (12 a 29)	3.8 a 7.6 (1 1/2 a 3)	7.6 (3)	3.8 a 7.6(1 1/2 a 3)	7.6 (3)
76.2 o más (30 o más)	3.8 a 7.6 (1 1/2 a 3)	15.2 (6)	3.8 a 7.6(1 1/2 a 3)	7.6 a 15.2 (3 a 6)

Fuente: (ACI 211.1-91, Reapproved 2009)

2.5.5. Selección de cantidad de agua

Es la cantidad de agua por 1 m³ de hormigón, el cual depende del tamaño nominal del agregado grueso y del asentamiento los cuales ya fueron seleccionados anteriormente.

El método del ACI para la dosificación, Es un método empírico por lo cual, si los materiales obtenidos requieren de más agua, esto quiere decir que tiene una degradación más desfavorable, pero al aumentar agua incrementa la relación agua cemento, en caso de q los agregados no necesitan tanta agua, se recomienda mantener la cantidad de cemento. Otro factor por tomar en cuenta al momento de elegir la cantidad de agua requerida es el porcentaje de aire en la masa (Caizaguano, O. & Terán, G., 2020).

Tabla 2.4.Cantidad de agua de mezclado por m³

Cantidad de agua de mezclado, litros /m³ de hormigón, requerida en función del tamaño máximo del agregado utilizado en la obra, para diferentes asentamientos								
Tamaño máximo del agregado grueso								
Asentamiento, cm (pulg)	0.95 (3/8)	1.27 (1/2)	1.9 (3/4)	2.54 (1)	3.81 (1 ½)	5.08 (2)	7.62 (3)	15.24 (6)
Hormigón sin inclusión de aire								
2.5 a 5.1 (1 a 2)	208	198	183	178	163	153	144	124
7.6 a 10.2 (3 a 4)	228	218	203	193	178	168	158	139
15.2 a 17.8 (6 a 7)	243	228	213	203	188	178	168	149
Porcentaje de aire atrapado, %	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2

Cantidad de agua de mezclado, litros /m³ de hormigón, requerida en función del tamaño máximo del agregado utilizado en la obra, para diferentes asentamientos								
Tamaño máximo del agregado grueso								
Asentamiento, cm (pulg)	0.95 (3/8)	1.27 (1/2)	1.9 (3/4)	2.54 (1)	3.81 (1 ½)	5.08 (2)	7.62 (3)	15.24 (6)
Hormigón con inclusión de aire								
2.5 a 5.1 (1 a 2)	183	178	163	153	144	134	124	109
7.6 a 10.2 (3 a 4)	203	193	178	168	158	149	139	117
15.2 a 17.8 (6 a 7)	213	203	188	178	168	158	158	129
Porcentaje de aire atrapado, %	8.0	7.0	6.0	5.0	4.5	4.0	4.0	3.00

Fuente: (ACI 211.1-91, 1991)

2.5.6. Fijación de la relación agua/cemento

Este parámetro está relacionado directamente con el esfuerzo a la resistencia a la comprensión del hormigón.

Tabla 2.5.Relación agua/cemento

Relación agua/cemento (a/c) recomendada, en litro/Kg de cemento, para diferentes resistencias a compresión, con y sin inclusión de aire			
Relación agua cemento, (a/c) (litros/Kg de cemento)	**Litro de agua por cada saco de 50 Kg de cemento**	**Resistencia a la compresión probable a los 28 días (Kg/cm2)**	
		Hormigón sin inclusión de aire	**Hormigón con inclusión de aire**
0.265	15.0	425.0	325.0
0.353	19.0	350.0	280.0
0.445	22.5	280.0	210.0
0.53	26.5	210.0	180.0
0.623	30.0	180.0	140.0
0.705	34.0	140.0	11000

Fuente: (ACI 211.1-91, 1991)

2.5.7. Estimación de la cantidad de agregado grueso

La estimación de la cantidad del agregado corresponde a un volumen de agregado grueso compactado, el cual este seco a temperatura ambiente por unidad de volumen.

Tabla 2.6. Volumen aparente del agregado grueso por unidad de volumen

Volumen aparente de agregado grueso, en m³, por unidad de volumen de hormigón									
Tamaño máximo nominal del agregado grueso	**Volumen, en m³, de agregado grueso seco y compactado por m³ de hormigón**								
	Módulo de finura del agregado grueso								
cm	pulg	2.30	2.40	2.50	2.60	2.70	2.80	2.90	3.00
1	3/8	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40
1.25	1/2	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49
1.9	3/4	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59
2.54	1	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64
3.87	1 ½	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70
5.08	2	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73
7.62	3	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78
15.24	6	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84

Fuente: (ACI 211.1-91, 1991)

2.6.FIBRA DE COCO

La Fibra de coco pertenece a la familia de las fibras duras como el henequén. Se trata de una fibra compuesta por celulosa y leño que posee baja conductividad al calor, resistencia al impacto al impacto, a las bacterias y al agua. Su resistencia y durabilidad lo hace un material adecuado para el mercado de la construcción para usarlo como material de aislamiento térmico y acústico. Son relativamente resistentes al daño por el agua salada y una vez seca se vuelve inodora, no es atacada por roedores ni terminas, es imputrescible y no produce hongos (Escudero & Aristazabal, 2017).

La fibra de coco es de color café claro tornándose más oscura a medida que avanza su maduración. Tienen una longitud de 10 a 30 cm, son ligeras, fuertes y duraderas. Poseen un alto contenido de lignina con respecto a otras fibras, lo que la vuelve áspera al tacto y un tanto rígida (Dzul, 2015).

Actualmente, la fibra de coco es muy utilizada en el sector agrícola porque sus propiedades la convierten en un buen sustituto del sustrato tradicional. El sector de la automoción también está bastante interesado en la investigación del uso de este tipo

de fibras para mezclarlo con resinas y fabricar piezas. En cuanto al sector de la construcción hay varios estudios que analizan su incorporación como agregado del cemento para la mejora de prestaciones (Agromatica, Fibra de coco, un sustrato con gran potencial, 2015).

2.6.1. Características de la fibra

La cáscara del fruto del coco también llamada estopa o bonote da una fibra muy importante que puede ser utilizada tanto en la industria como en la construcción. Es una fibra multicelular con un alto grado de rigidez y dureza debido a sus dos componentes, la celulosa y el leño; entre sus principales características se pueden mencionar las siguientes: la baja conductividad al calor, la resistencia al impacto, a las bacterias y al agua, también la durabilidad y resiliencia hacen de la fibra de coco el material indicado para trabajos de aislamiento térmico y acústico. Cada coco puede generar 125 gramos de fibras y con la extracción de esas fibras de la cáscara, se producen además unos 250 gramos de polvo de coco (Nuñez, 2010).

Entre las ventajas del uso de la fibra de coco, encontramos:

- No es electrostática
- Es inodora
- Tiene resistencia a la humedad
- Es inmune a verse afectada por roedores o termitas
- No produce hongos
- Presenta una reducción de ruidos
- Propagación del vapor de agua.

2.7.TRATAMIENTO QUÍMICOS

2.7.1. Mercerización

En este proceso (de tipo hidrofóbico), las fibras naturales son tratadas con un álcali, normalmente una solución de hidróxido de sodio, que conduce a la fibrilación y provoca la rotura de los manojos de fibras en fibras más pequeñas. A su vez, induce a las fibras a desarrollar una superficie rugosa que resulta en una mejor adherencia interfacial con la matriz y por tanto mejora las propiedades mecánicas. Otra consecuencia del tratamiento de mercerización es una mayor estabilidad térmica debido a la remoción parcial de lignina y hemicelulosa, sustancias más vulnerables a la degradación (Ali, 2016).

2.7.2. Tratamiento Hidrofóbico

Los tratamientos químicos, en su mayoría, tienen como principal objetivo reducir el comportamiento hidrofílico que poseen las fibras naturales, lo cual complica la interfaz fibra-matriz del material compuesto ya que las matrices suelen ser hidrofóbicas. Con los tratamientos, se logra alterar la superficie de la fibra para potenciar la adherencia entre las fases. Algunas técnicas químicas para la modificación superficial de las fibras incluyen tratamientos con cloruro de sodio, metacrilato, isocianato, silano, acetilación, mercerización, eterificación, tratamiento enzimático, tratamientos con peróxidos, benzoilación, tratamientos con plasma, ozono, e injerto superficial (Ali, 2016).

2.7.3. Puzolanas y adherentes

Pretende reducir la degradación por medio de la utilización de una puzolana aplicada superficialmente a las fibras. Sudhakaran Pillai et al. (2010) recomiendan el uso de humo de sílice para mejorar la durabilidad de las fibras naturales dentro del concreto, debido a que determinan aumenta la resistencia al ataque de ácidos y cloruros en hormigones con fibras de coco y de bagazo de caña.

Con la finalidad de lograr la adherencia entre el humo de sílice y las fibras naturales se han realizado varias pruebas con distintas soluciones adherentes. Silva et al. (2017) sugieren el uso de agua destilada y látex natural dado que lograron reducir en un 42.2%, comparado con fibras sin tratamiento. El humo de sílice al entrar en contacto con el hormigón causa un efecto puzolánico, lo cual genera silicatos y aluminatos de calcio que consecuentemente reducen el pH local aumentando su resistencia y cohesión de la mezcla. Adicionalmente, el látex reduce el transporte de iones en el agua, lo cual aumenta la reducción del transporte de cloruros, principales responsables de la degradación de las fibras (Silva, 2017)

Vivek y Prabalini (2020) mediante la utilización de una mezcla de metacaolín y humo de sílice en partes iguales, junto con una solución adherente asentada en goma, como tratamiento de fibras de coco para emplearla en hormigón autocompactante y obtuvieron resultados favorecedores ya que hubo una mejora en un 51.8%, 44.13% y 37.5% en la resistencia a tracción, compresión y flexión, respectivamente.

2.8.RESISTENCIA RESIDUAL PROMEDIO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS

En la obtención de la resistencia residual promedio del hormigón reforzado con fibra se utilizará el método descrito en la norma AST C1399/C1399M – 10 (2015).

Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia residual de una viga de ensayo de hormigón reforzado con fibras. La resistencia residual promedio se calcula utilizando deflexiones de viga especificadas que se obtienen de una viga que se ha agrietado de manera estándar. La prueba proporciona los datos necesarios para obtener la porción de la curva de carga-deflexión más allá de la cual ha ocurrido una cantidad significativa de daño por agrietamiento y proporciona una medida de la resistencia posterior al agrietamiento, ya que dicha resistencia se ve afectada por el uso de refuerzo de fibra (ASTM C1399/1399 M-10, 2015).

Este método de ensayo proporciona una medida cuantitativa útil en la evaluación del comportamiento del hormigón reforzado con fibras. Permite el análisis comparativo entre vigas que contienen diferentes tipos de fibra, incluidos materiales, dimensiones y formas, y diferentes contenidos de fibra. Los resultados se pueden utilizar para optimizar las proporciones de las mezclas de concreto reforzado con fibra, para determinar el cumplimiento de las especificaciones de construcción, para evaluar el concreto reforzado con fibra que ha estado en servicio y como una herramienta para la investigación y el desarrollo del concreto reforzado con fibra (ASTM C1399/1399 M-10, 2015).

2.8.1. Cálculo

En el cálculo de la resistencia residual promedio (ARS) se utilizan las cargas determinadas en las deflexiones de la curva de 0.50, 0.75, 1.00 y 1.25 mm; mediante la aplicación de la siguiente formula:

$$\mathrm{ARS} = \left(\frac{P_A + P_B + P_C + P_D}{4}\right) * \mathrm{k} \qquad \textbf{Ecuación. 1}$$

Dónde:

- K: $\frac{L}{bd^2}$ (mm^{-2})
- ARS: Resistencia residual promedio (MPa)
- PA+PB+PC+PD: Suma de cargas registradas en el tiempo especificado - deflexiones (N)
- L: Longitud del tramo (mm)
- b: ancho medio de la viga (mm)
- d: canto medio de la viga (mm)

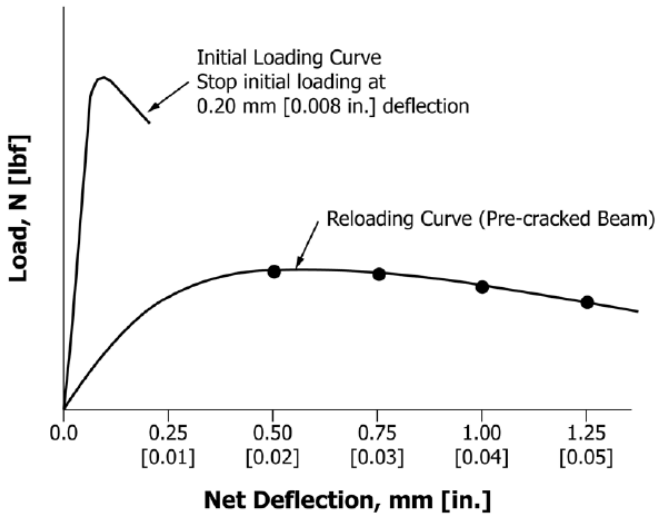


Figura 2.1.Curva Carga – Deflexión

Fuente: ASTM C1399/C1399M – 10 (2015)

2.9.MÓDULO DE ROTURA

La resistencia a la tensión del par en flexión es muy importante al considerar grietas y deflexiones en vigas, Para estas consideraciones se han usado por mucho tiempo las resistencias a tensión obtenidas con el módulo de ruptura. El módulo de ruptura (que se define como la resistencia a la tensión por flexión del concreto) usualmente se mide al cargar una viga rectangular de concreto simple (o sea sin refuerzo) a la falla con

cargas concentradas iguales en los tercios del claro, de acuerdo con el método ASTM C78. La carga se incrementa hasta que ocurre la falla por agrietamiento en la cara de tensión de la viga (McCormac & Brown, 2018).

El cálculo del módulo de ruptura se obtiene de dos maneras:

1. En caso de que la fractura se presente en el tercio medio de la longitud del espécimen, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\mathrm{fr} = \frac{\mathrm{PL}}{\mathrm{bh}^2} \qquad \textbf{Ecuación.2}$$

2. En caso de que la fractura suceda en la tercera mitad de la longitud del tramo y no exceda el 5% de la longitud del tramo, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\mathrm{fr} = \frac{3\mathrm{Pa}}{\mathrm{bh}^2} \qquad \textbf{Ecuación.3}$$

   Se ha de tener en consideración que:

   - fr: Modulo de rotura
   - P: Carga aplicada máxima de la máquina.
   - L: Longitud
   - b: Anchura media de la muestra
   - d: Profundidad media de la muestra
   - a: distancia media entre línea de fractura y el apoyo más cercano.

En la aplicación de las ecuaciones mencionadas, se requiere tener las dimensiones de la vigueta a ensayar.

2.8.1. Módulo de rotura teórico

En base a la norma ACI 318 - 19, literal 19.2.4. se considera el cálculo del módulo de rotura como se muestra a continuación:

$$fr = 0.62\lambda\sqrt{f'c} \qquad \text{(MPa)} \qquad \textbf{Ecuación.4}$$

Donde:

- fr: Módulo de rotura
- f'c: Resistencia del hormigón
- λ: Factor de modificación que toma en cuenta las propiedades mecánicas reducidas del concreto de peso livianos como las de concreto de peso normal al igual que la resistencia a la compresión. El valor de λ ha de determinarse en base a las tablas 19.2.4.1 (a) y 19.2.4.1 (b) de la norma ACI 318-19, o como se permita en las secciones 19.2.4.2 y 19.2.43.

3. CAPITULO III: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.AGREGADOS

Los agregados utilizados en el trabajo de disertación fueron obtenidos o de la empresa HOLCIM, de la cantera de Pifo, debido a que sus agregados presentan mejores características.

El ripio utilizado se denomina piedra 67, es un producto de la trituración de las rocas con un color gris y un tamaño máximo nominal de 12.5 mm. La arena se la denomina arena no lavada.

Los ensayos realizados en los dos tipos de agregados nos permiten conocer las características físicas y mecánicas, y así poderlos utilizar en una adecuada dosificación.

Es de vital importancia realizar los ensayos de los agregados finos y gruesos con el propósito de controlar la calidad de los materiales, los cuales serán utilizados en la dosificación del hormigón simple para el presente trabajo.

3.2.MUESTREO

En la realización del muestreo de los agregados se tomará en cuenta lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 695 Áridos o en la Norma ASTM D 75; garantizando la calidad el producto y determinar si los agregados son los adecuados para la conformación de la mezcla.

Se determina el tamaño máximo nominal establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 872 o también a través de la Norma ASTM C 33.

Las masas mínimas recomendadas en la norma para los ensayos de los agregados de acuerdo con el tamaño máximo normal se encuentran en la Tabla 3.1. de la Norma INEN 695.

Tabla 3.1.Tamaño de las muestras de agregados

Tamaño de árido (mm)	Masa mínima de la muestra in situ (kg)	Volumen mínimo de la muestra in situ (litros)
Áridos Finos		
2.36	10.0	8.0
4.75	10.0	8.0
Áridos Gruesos		
9.75	10.0	8.0
12.5	15.0	12.0
19.0	25.0	20.0
25.0	50.0	40.0
37.5	75.0	60.0
50.0	100.0	80.0
63.0	125.0	100.0
75.0	150.0	120.0
90.0	175.0	140.0

Fuente: NTE INEN 695,2010

3.3.ENSAYOS DE AGREGADO GRUESO

3.3.1. Análisis granulométrico

Para realizar este análisis nos basamos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 696. Análisis granulométrico en áridos finos y gruesos.

- Donde nos indica que con el tamaño máximo nominal debemos cuartear la muestra hasta obtener un peso mínimo indicado en la norma INEN 696 para posteriormente ingresarla al horno por un tiempo de 24 horas a la temperatura de 110°C ± 5°C. Lo que viene a ser nuestra muestra inicial.

- Después de las 24 horas, se coloca los tamices de forma descendente en el orden de la serie de tamices indicadas en la siguiente tabla.

Tabla 3.2.Orden de tamices

Tamiz	Abertura (mm)
2”	50.0
1 ½”	37.5
1”	25.0
¾”	19.0
½”	12.5
3/8”	9.5
# 4	4.75
# 8	2.36
Bandeja	

Fuente: Luna,2014, pág.75

- Procedemos a colocar la muestra en el tamiz superior para luego ser agitada en la tamizadora entre 3 a 5 minutos, posteriormente determinaremos la masa retenida en cada uno de los tamices.
- Basándonos en la noma INEN 696, determinaremos el módulo de finura. “Calcular el módulo de finura mediante la sumatoria de los porcentajes totales de material que es más grueso que cada uno de los siguientes tamices (porcentajes retenidos acumulados) y dividiendo la suma para 100: 150 μm (No. 100), 300 μm (No. 50), 600 μm (No. 30), 1,18 mm (No. 16), 2,36 mm (No. 8), 4,75 mm (No. 4), 9,5 mm (3/8”), 19,0 mm (3/4”), 37,5 mm (1 1/2”) y tamices mayores que crecen en la relación 2 a 1” (NTE INEN, 696 (2014a), 2014)

$$\mathrm{MF} = \frac{\sum \%\ \text{retenido acumulado en los tamices}}{100}$$ **Ecuación.5**

- Verificamos que la perdida de la muestra no sea superior al 0.3% del total de la muestra total del agregado grueso.

3.3.2. Densidad relativa y absorción

La densidad relativa se la define como el cociente de la masa con el volumen total del agregado que se encuentra completamente saturado en agua, sin considerar el agua de su superficie. La absorción se define como la capacidad del agregado para llenar sus espacios vacíos (Rengifo, 2013).

Para calcular estas propiedades seguiremos el procedimiento indicado en la norma INEN 857.

- Procedemos a cuartear la muestra del agregado para obtener el peso requerido indicado en la (NTE INEN 857,2010). Luego se procede a sumergir la muestra en agua por un tiempo de 24 ± 4 horas para lograr el estado de saturación.
- Se retira la muestra del agua para colocarla sobre una franela, secarla para eliminar el agua de la superficie del agregado y así poder llevar esta muestra al estado de saturación (S.S.S).
- Una vez alcanzado el estado S.S.S. procedemos a pesar la muestra y determinamos la masa aparente del agua.
- Por último, colocamos la muestra en el horno por 24 horas a 110 ± 5°C.

Las ecuaciones para determinar los parámetros necesarios son los siguientes:

$$\text{Densidad Relativa} = \frac{997{,}5 * \mathrm{A}}{(\mathrm{B}-\mathrm{C})} \left(\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\right)$$ **Ecuación.6**

$$\text{Densidad Relativa S.S.S} = \frac{997{,}5 * B}{(B-C)} \left(\frac{kg}{m^3}\right) \quad \textbf{Ecuación.7}$$

$$\text{Densidad Relativa Aparente} = \frac{997{,}5 * A}{(A-C)} \left(\frac{kg}{m^3}\right) \quad \textbf{Ecuación.8}$$

$$\text{Absorción} = \frac{(B-A)}{A} * 100 \left(\frac{kg}{m^3}\right) \quad \textbf{Ecuación.9}$$

Donde:

- A: Muestra seca al horno, en g
- B: Muestra en estado S.S.S, en g
- C: Muestra aparente en agua, en g

3.3.3. Densidad aparente, suelta y compactada

La densidad aparente suelta de una muestra sin que presente alguna condición de compactación mostrará una gran cantidad de vacíos entre partículas. La densidad aparente compactada es la densidad aparente de una muestra de agregado compactada por apisonamiento en cada capa de material, cada una con igual volumen, la cantidad de vacíos entre partículas disminuyen por el varillado de cada capa (Ramírez, 2012).

El procedimiento para determinar la densidad suelta y compactada se determinará a través de la Norma INEN 858. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y porcentaje de vacíos.

3.3.3.1.Densidad aparente compacta

- Determinamos la masa y el volumen del recipiente, (M1).
- Luego procedemos a llenar el recipiente del agregado con 3 capas iguales.
- En cada capa se varillará con 25 golpes uniformemente, se retira el material en exceso y luego procedemos a pesar el recipiente con la masa del agregado.
- Se pesa el recipiente la masa del agregado (M2).

3.3.3.2.Densidad aparente suelta

- Determinamos la masa y el volumen del recipiente (M1), después procedemos a colocar el agregado en el recipiente desde una altura que no sobrepase los 50 milímetros para evitar compactación de la muestra.
- Enrasamos el recipiente para retirar el exceso y poder nivelar el material.
- Finalmente se pesa el recipiente con el material suelto (M2).

La ecuación para determinar la densidad es:

$$\text{Densidad}_{(\text{suelta}-\text{compacta})} = \frac{M_2 - M_1}{V} \left(\frac{kg}{m^3}\right) \qquad \textbf{Ecuación.10}$$

Donde:

- M_1: Masa del recipiente vacío, en kg
- M_2: Masa del recipiente junto a la masa del agregado, en kg
- V: volumen del recipiente, en m^3

3.3.4. Ensayo de abrasión o desgaste

Este ensayo determina el desgaste en las superficies del agregado grueso, para esto se utiliza unas esferas que dan la carga abrasiva, sometidas a revoluciones en

la Máquina de los Ángeles (Luna, 2012).

Se basa en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 860 áridos o en la Norma ASTM C 131, en la determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas menores a 37.7 mm mediante la utilización de la Máquina de los ángeles.

- Se toma como referencia la granulometría y con ayuda de la Tabla 3.3, se determina la gradación de a las más retenidas.
- Se tamizar hasta completar la masa necesaria para el ensayo.
- Se lava y seca al horno a 110 ± 5° C con el propósito de eliminar los finos de la muestra.

Tabla 3.3.Gradación de las muestras de ensayo

		Masa por tamaños indicada (g)			
Tamaño de las aberturas de tammiz (mm) (aberturas cuadradas)		**Gradación**			
Pasante de	**Retenido en**	**A**	**B**	**C**	**D**
37.5	25.0	1250 ± 25	-		
25.0	19.0	1251 ± 25	-		
19.0	12.5	1252 ± 10	2500 ± 10		
12.5	9.5	1253 ± 10	2500 ± 10	2501 ± 10	
9.5	6.3	-	-	2502 ± 10	
6.3	4.8	-	-	-	
4.8	2.4	-	-	-	5000 ± 10
	TOTAL	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: (NTE INEN 860,2010)

- Habiendo obtenido los resultados de gradación se debe seleccionar la carga abrasiva de acuerdo con la Tabla 3.4.

Tabla 3.4.Especificación para la carga

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5000 ± 10
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: (NTE INEN 860,2010)

- Posteriormente se coloca la muestra y la carga abrasiva en la Maquina de los Ángeles, se procede a girar el cilindro con una velocidad que debe estar comprendida entre los 30 a 33 rpm permitiendo que el cilindro de 500 vueltas para finalmente obtener el coeficiente de uniformidad.
- Retirar la muestra del cilindro y se procede a pasar por el tamiz #12, se pesa la cantidad retenida.
- Repetir los pasos anteriores y determinar el porcentaje de abrasión y el coeficiente de uniformidad.

  Las ecuaciones por utilizar en la obtención del porcentaje de abrasión y coeficiente de uniformidad son:

$$\text{Abrasión (Desgaste)} = \frac{M_0 - M_{500}}{M_0} \ (\%) \qquad \textbf{Ecuación.11}$$

$$CU = \frac{M_0 - M_{100}}{M_0 - M_{500}} \qquad \textbf{Ecuación.12}$$

Donde:

- Mo: Masa inicial, en g
- M100: Masa a las 100 revoluciones, en g

- M500: Masa a las 500 revoluciones, en g

3.3.5. Resumen de Resultados

Las características del agregado grueso se detallan en la siguiente Tabla 3.5. de resultados obtenidos a partir de la realización de cada ensayo anteriormente descrito.

Tabla 3.5.Resultados de los ensayos de agregado grueso.

Propiedad	Unidad	Valor Obtenido	Norma de ensayo	Norma del requisito
Densidad Suelta	gr/cm³	2.19	NTE INEN 857	
Densidad Compacta	gr/cm³	2.23	NTE INEN 857	
Peso especifico		2.29	NTE INEN 857	
Peso específico S.S.S		2.2	NTE INEN 857	
Peso específico aparente		2.24	NTE INEN 857	
Absorción	%	1.99	NTE INEN 857	
Contenido de humedad	%	0.5	NTE INEN 862	
Abrasión	%	24	NTE INEN 860	NTE INEN 872
Tamaño nominal	cm	3.95	NTE INEN 896	NTE INEN 872

Tabla 3.6.Gradación obtenida para el agregado grueso

Tamaño N°	**Tamaño máximo nominal**	**Tamiz (pulg)**	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	Bandeja
		Tamiz (cm)	38.1	25	19	12.5	9.5	4.76	-
57	1"	Porcentaje (peso) que pasa el tamiz	100	100	84.65	24.68	13.08	1.84	0
Exigencia de gradación para ripio (Norma de requisito NTE INEN 872):			100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	

3.4.ENSAYOS DE AGREGADO FINO

3.4.1. Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico al agregado fino se procede en base a la norma de procedimiento que se describen en la **sección 3.3.1. Análisis granulométrico de agregado grueso.** El cálculo del módulo de finura se realiza con el número de tamices como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.7.Tamices usados para el agregado fino

Tamiz	**Abertura (mm)**
#4	4.76
#8	2.36
#16	1.19
#30	0.6
#50	0.3
#100	0.15
Bandeja	

3.4.2. Densidad relativa y absorción

Los parámetros se determinan según el procedimiento que se encuentra descrito en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 856. Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa y absorción del árido fino o en base a la Norma ASTM C 128.

- De la muestra total se divide para obtener un peso total de 1 kg, y se sumerge en agua por 24 ± 4 horas logrando así, obtener el estado de saturación.
- Se procede a verter el agua evitando la perdida de finos, se coloca la muestra sobre una superficie que no absorba la humedad para proceder a secar el agua superficial y se determina su masa.
- Poner el agregado en una bandeja y secarla en el horno a una temperatura de 110 ± 5°C, hasta tener una masa firme y dejarlo secar a temperatura ambiente (aproximadamente 50 °C), cubrirlo con agua por inmersión o por adición de agua dejarlo por un periodo de 24 ± 4 horas procurando alcanzar al menos 6% de humedad (NTE INEN 856, 2010).
- Coger un molde cónico, donde el diámetro mayor debe estar en contacto en una superficie lisa no absorbente. Ir poniendo agregado fino parcialmente seco en el molde el cual debe ser compactado con 25 golpes, el compactador debe caer desde una altura no superior a 5mm y libremente. Retirar el agregado que se encuentra en el exterior molde y levantar suavemente el mismo. El agregado debe mantener la forma del molde el cual indica que la humedad superficial aún se mantiene. Si el agregado se desmorona suavemente nos indica que alcanzo el estado superficial seco (NTE INEN 856, 2010).
- Luego procedemos a llenar el picnómetro con agregado hasta obtener un peso de 500 ± 10 gramos S.S.S, agregamos agua evitando sobrepasar el cuello del picnómetro después agitamos hasta eliminar el aire contenido en la muestra. Y determinamos la masa de la muestra junto con el picnómetro.

- Posteriormente colocamos la muestra en una bandeja para ser ingresada en el horno a una temperatura 110 ± 5°C, después de ser secada la muestra dejamos enfriarla para luego ser pesada.
- Como último paso pesamos el picnómetro vacío y también pesamos el picnómetro con agua.

  Se calcula la densidad y absorción del agregado fino con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Densidad Relativa S. S. S.} = \frac{997{,}5 * S}{(B+S-C)} \quad \left(\frac{kg}{m^3}\right) \qquad \textbf{Ecuación.13}$$

$$\text{Absorción} = \frac{(S-A)}{A} * 100 \ \ (\%) \qquad \textbf{Ecuación.14}$$

Donde:

- A: Muestra seca al horno, en g
- B: Masa del picnómetro + agua, en g
- C: Masa del picnómetro + agregado+ agua, en g
- S: Masa de la muestra Superficie Saturada Seca (S.S.S.), en g

3.4.3. Densidad aparente suelta y compacta

En la obtención de los parámetros se han de seguir los pasos descritos en la **sección 3.3.3.** para agregados gruesos, de igual forma el cálculo de las densidades se utiliza las mismas formulas con la diferencia que el molde tiene menores dimensiones.

3.4.4. Contenido orgánico

Este ensayo determina las impurezas orgánicas que afectan a la hidratación del cemento retrasando el fraguado, esta interrupción afecta tanto a la resistencia como a la durabilidad del hormigón, además que dificulta a la buena adherencia entre los agregados (Rengifo, 2013).

Para la determinación del parámetro se utilizará el procedimiento basado en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 855 Áridos. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón.

En el cual los pasos a seguir son los siguientes:

- Se colocará la muestra de agregado fino en un recipiente de vidrio hasta un volumen aproximado de 130 cm^3.
- Colocar el hidróxido de sodio (NaOH) hasta alcanzar los 130 cm^3 y llenar hasta los 200 cm^3.
- Finalmente cubrimos el recipiente para luego agitarla con fuerza y dejar reposar por 24 horas.
- Se utilizará la escala de Gardner para poder observar el color en la muestra, la cual tiene vidrios de color normalizado para determinar la cantidad de contenido orgánico en la muestra cómo se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3.8. Escala de Gardner.

Color normalizado escala de Gardner No.	**Número de orden en el compactador**
5	1
8	2
11	3 (normalizado de referencia)
14	4
16	5

Fuente: (NTE INEN 855,2010)

3.4.5. Resumen de resultados

Las características del agregado fino se detallan en la siguiente tabla de resultados obtenidos a partir de la realización de cada ensayo anteriormente descrito.

Tabla 3.9.Resultados Obtenido de los ensayos al agregado fino

Propiedad	**Unidad**	**Valor Obtenido**	**Valor requerido**	**Norma de ensayo**	**Norma del requisito**
Densidad (SH)	gr/cm³	1.893		NTE INEN 856	
Densidad (SSS)	gr/cm³	2.35		NTE INEN 856	
Densidad aparente	gr/cm³	3.57		NTE INEN 856	
Densidad relativa (SH)	gr/cm³	1.88		NTE INEN 856	
Densidad relativa (SSS)	gr/cm³	1.84		NTE INEN 856	
Densidad relativa aparente	%	2.357		NTE INEN 856	
Absorción	%	2.07		NTE INEN 856	
Contenido de humedad	%	1.52		NTE INEN 862	
Módulo de finura	%	2.76	Entre 2.3 - 3.1	NTE INEN 696	NTE INEN 855
Contenido orgánico	Placa Gardner	#0	#0, #1, #2 o #3	NTE INEN 855	NTE INEN 873
Arena: Agregado fino, tipo de roca Andesita					

Tabla 3.10.Gradación obtenida del agregado fino

Tamaño Nro.	Tamiz (Pulg)	Nro. 4	Nro. 5	Nro. 16	Nro. 30	Nro. 50	Nro. 100	Bandeja
	Tamiz (mm)	4.76	2.36	1.19	0.6	0.3	0.15	-
100	Porcentaje (masa) que pasa el tamiz	100	55	38.56	24.19	15.02	8.9	0
Exigencia de gradación para ripio (Noema de requisito NTE INEN872)		95 a 100	80 a 100	50 a 85	25 a 60	5a 30	0 a 10	

3.5.CEMENTO

Para la parte experimental de la presente investigación, se utilizó el cemento Hidráulico Holcim tipo GU. Este cemento cumple con la Norma INEN 2380, por lo que puede ser utilizado en todos los tipos de obras constructivas donde no se requieran propiedades especiales, además cuenta con una ecoetiqueta que proporciona una reducción de 30% de emisiones de CO_2 (HOLCIM, 2020).



Figura 3.1.Cemento Holcim Fuerte Tipo GU

Fuente: (HOLCIM)

Algunas de la características y requisitos mínimos que presenta el cemento Holcim se encuentran en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 152, los cuales se describen a continuación:

- Posee una alta impermeabilidad.
- Ofrece una excelente resistencia mecánica al esfuerzo de la comprensión.
- Reduce la segregación y exudación.
- Mejora de gran manera la trabajabilidad de las mezclas
- Proporciona resistencia química al ataque de sulfatos.

3.5.1. Densidad real del cemento

Para determinar la densidad real del cemento se utilizará requisitos expuesto en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 156 Cemento Hidráulico. Determinación de la densidad, el cual cuenta con los siguientes pasos:

- Se requiere tener las condiciones ambientales a una temperatura de 23 ± 2 °C y una humedad del 65%.
- Pesaremos 64 gramos de cemento.
- Posteriormente en el frasco de Le Chatelier colocaremos el reactivo entre las marcas de 0 a 1 cm^3 en el punto bajo del cuello del frasco. Luego sumergiremos el frasco en agua y procedemos a tomar la primera lectura tanto de volumen como de peso.
- Se introduce el cemento en porciones iguales de 64 gramos aproximadamente de cemento evitando el atasco de cemento en el cuello del frasco, después colocamos el tapón en el frasco.
- Eliminamos las burbujas de aire moviendo con mucho cuidado el frasco Le Chatelier.
- Una vez finalizado los pasos anteriores se coloca el recipiente de agua a las condiciones ambientales entre 1 a 2 minutos, posteriormente se toma las lecturas finales de masa y volumen.

Para calcular la densidad real del cemento se utilizan la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad real} = \frac{M2-M1}{V2-V1} \qquad \textbf{Ecuación.15}$$

Donde:

- Densidad real, en g/cm3.
- M1: Masa del frasco y reactivo, en g.
- M2: Masa del frasco, cemento y reactivo, en g.
- V1: Lectura del volumen en el cuello inferior, en cm3.
- V2: Lectura del volumen en el cuello superior, en cm3.

3.5.2. Consistencia normal del cemento

Para poder obtener la consistencia normal del cemento se utilizará los pasos descritos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 157 Cemento hidráulico. Determinación de la consistencia normal. Método Vicat.

- Tomamos una muestra de cemento de 500 gramos.
- Colocamos una cierta cantidad de agua en una probeta, la cual se encuentra en condiciones normales de temperatura. El porcentaje de peso del cemento con relación al agua debe estar entre el 20% y el 30%.
- Mezclamos el agua con el cemento durante un tiempo de 30 segundos y dejamos reposar durante otros 20 segundos. Consecutivamente procedemos a mezclar por 30 segundas a una velocidad lenta.
- Enrazar la mezcla con una espátula, luego colocamos la bola de pasta en el anillo del aparato Vicat. Posteriormente lo presionamos hacia abajo sobre una placa de vidrio y procedemos a retirar el exceso de la pasta que se encuentra en el anillo.
- Se centra el molde con la pasta debajo del vástago y se suelta.
- Obtenemos la consistencia normal cuando la aguja del aparato de Vicat penetra 10 ± 1 mm, luego de un tiempo de 30 segundos de haber soltado el vástago.

La ecuación para obtener la consistencia normal del cemento es la siguiente:

$$C\% = \frac{Mw}{Mc} * 100\% \qquad \textbf{Ecuación. 16}$$

Donde:

- C%= Consistencia normal en %.
- Mw= Masa de agua.
- Mc= Masa de cemento.

3.5.3. Resultados de la caracterización del cemento

En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos de los ensayos que se han aplicado al cemento Holcim Fuerte tipo GU.

Tabla 3.11.Resultados de los ensayos aplicados al cemento

Propiedad	Unidad	Valor obtenido	Valor requerido	Norma del ensayo	Norma del requisito
Densidad Real	gr/cm3	2.68	Entre 3 y 3.16	NTE INEN 156	NTE INEN 2380
Densidad Suelta	gr/cm3	0.98			
Densidad Compactada	gr/cm3	1.2			
Gravedad especifica		2.68			
Consistencia Normal	%	23	Entre 20-30	NTE INEN 157	NTE INEN 2380

3.6.FIBRAS NATURALES DE COCO

Las estopas fueron adquiridas en la localidad de Cojimíes, a un productor local. La parroquia de Cojimíes es un importante sitio de producción cocotera. La extracción del fruto se realiza de manera manual, mientras que las estopas de coco fueron apartadas por encargo debido a que son consideradas como desechos orgánicos, por lo cual estas tienden a ser incineradas en grandes cantidades, dado que, por el momento, no ha sido planteada su revalorización. Estas, al momento de ser adquiridas eran el resultado de la cosecha en seco del fruto de coco, por lo que tenían una coloración parda.



Fotografía 3.1.Aspecto inicial de la estopa de coco.

Fuente: Montero A. y Román A.

3.6.1. Extracción de estopas de coco

El proceso de extracción de las fibras de coco fue completamente manual, primero se separó el exocarpio y el endocarpio, estando las estopas en el estado adquirido por lo que se conservó únicamente el mesocarpio, el cual contiene las fibras y la medula. De igual manera se eliminó los fragmentos de estopa de longitudes muy cortas debido a la utilización del machete en la extracción del fruto y también debido al moho. Posteriormente se secó el mesocarpio al sol para facilidad de almacenamiento, y eliminando temporalmente la humedad que adquirió en el sitio de extracción.

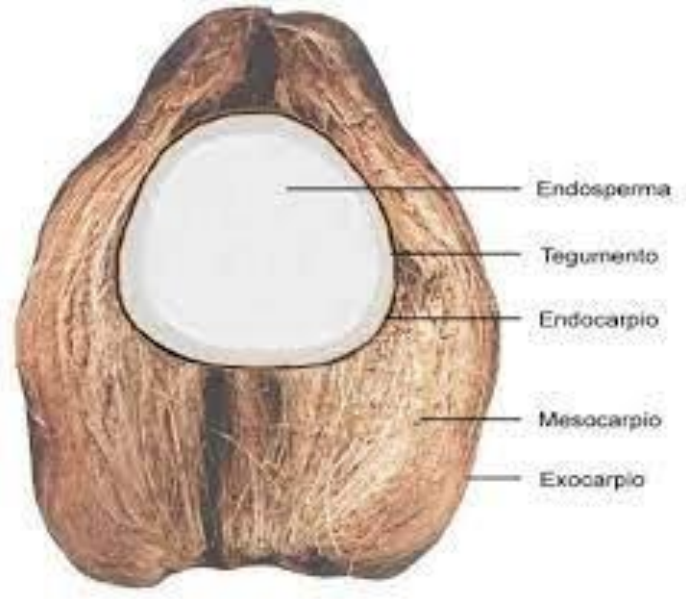


Figura 3.2.Partes del fruto de coco

Fuente: (Puentes L., 2005)

Para realizar la separación de los componentes del mesocarpio, lo que comprende fibra y médula. Para ello se mantuvo el mesocarpio en remojo por 24 horas, se ejecutó la separación manual de las fibras de una manera cíclica, es decir de desfibrado y enjuague logrando eliminar la mayor cantidad posible de la medula.

Cabe mencionar que en la etapa de extracción un mayor tiempo de remojo, hubiera fomentado la fermentación y habría facilitado la limpieza de las fibras, pero se optó por hacerlo de manera intensiva debido a las limitaciones de almacenamiento y debido a que puede provocar molestias como malos olores y derivaciones.



Fotografía 3.2.Estopas de coco en remojo.

Fuente: Montero A. y Román A.

Finalmente, las fibras fueron desacopladas, se prosiguió a secarlas al sol durante tres días siendo constantemente removidas para obtener un secado homogéneo. Después de haber sido secada la fibra, se procedió a separar las fibras más sueltas que aquellas que requerían aun separación manual.

3.6.2. Longitud de la fibra

La longitud de la fibra incluida en la mezcla de hormigón es una variable de notoria influencia en las prestaciones mecánicas del producto final. Como demostraron Ahmad et al. (2020), los resultados óptimos se obtuvieron con longitudes de fibra de coco cercanas a los 5 cm (en comparación con 2.5 y 7.5 cm).

En la norma ACI 544. 1R-96 (1997) indica que la longitud sugerida para el corte de las fibras de coco es de 1.5 pulgadas (3.77 cm). Teniendo estas dos

referencias en consideración, se decidió por cortar a una longitud de 4cm. Para realizar los cortes de las fibras, se emplearon tijeras de jardinería.

3.7.TRATAMIENTOS QUÍMICOS

3.7.1. Mercerización

Consiste en sumergir las fibras cortadas en una solución de hidróxido de sodio o NaOH al 4% en peso. Las fibras permanecieron en contacto con la solución durante 24 horas, para posteriormente ser enjuagadas en agua común hasta lograr que las fibras se encuentren en una solución neutra. Al momento de realizar el enjuague se pudo observar que el agua presentó una coloración café, debido a la cantidad de lignina y otros componentes que fueron retirados de las fibras.



Fotografía 3.3.Aplicación de NaOH a la fibra de coco.

Fuente: Montero A. y Román A.



Fotografía 3.4.Enguaje del químico de la fibra de coco.

Fuente: Montero A. y Román A.

Finalmente, se deja escurrir las fibras para finalmente ponerlas a secar al sol, obteniendo condiciones cercanas a superficie saturada seca o S.S.S.

3.7.2. Humo de sílice + resina

Se ha empleado la goma arábiga es un tipo de resina extraída de ciertas especies de acacia, este material ha sido empleado en la conformación de materiales compuestos como lo es el aglutinante, junto con metacaolín (puzolana), cal y fibras cáñamo, con resultados positivos en el incremento de la resistencia a flexión y compresión, como se muestra en el estudio de Brzyski (2021). El tratamiento de humo de sílice junto con la goma arábiga busca efectos beneficiosos de ambos materiales ya que la reducción de la degradación de las fibras a nivel local (en las inmediaciones de las fibras) de manera similar como lo muestras Vivek y Prabalini (2020).



Fotografía 3.5.Colocación de la goma arábiga a la fibra de coco.

Fuente: Montero A. y Román A.



Fotografía 3.6.Aplicación de humo de sílice a la fibra de coco.

Fuente: Montero A. y Román A

En la aplicación de este tratamiento, se preparó la solución de goma arábiga en polvo con agua común, de forma que la mezcla obtuviera la adherencia adecuada. Continuamente se sumergió la fibra cortada dentro de la solución durante un minuto, se escurrió la fibra para finalmente agregarle el humo de sílice de forma que cubra toda la fibra y dejarla secar a temperatura ambiente.

3.8.ENSAYO DE FIBRAS

Habiendo realizado los tratamientos con la fibra, se eligieron 50 muestras para las tres tipologías, es decir; sin tratamiento, después de aplicar el tratamiento con NaOH y después de aplicar el tratamiento con el humo de sílice. Se midió la longitud, la masa y posteriormente fueron etiquetadas para ser ensayadas en la Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial en la Escuela Politécnica Nacional. Mediante pruebas de laboratorio se determinó la tenacidad, elongación, densidad lineal y la resistencia a tracción de las fibras.

De igual manera se realizaron ensayos similares aplicados a los agregados que nos permita conocer la densidad S.S.S y la absorción que tienen las fibras.

4. CAPITULO IV: DOSIFICACIONES Y ENSAYOS

4.1.DOSIFICACIÓN EN PESO PARA 1 m³

4.1.1. Dosificación preliminar

Una vez después de haber terminado los ensayos a todos los componentes para la dosificación se seguirán los criterios expuestos en ACI 211.1, 2016.

El método de la ACI propone la utilización de tablas, las cuales contienen valores de diseño y estos valores dependen de los materiales a usar en la mezcla; se plantea las siguientes dosificaciones como proporción en peso del cemento.

Tabla 4.1.Dosificación preliminar – 210 kg/cm²

c/c	af/c	ag/c	a/c
1	1.32	2.81	0.53

Tabla 4.2.Dosificación preliminar – 240 kg/cm²

c/c	af/c	ag/c	a/c
1	1.16	2.61	0.39

4.1.2. Dosificación Definitiva

Pare verificar que la dosificación sea la adecuada se realizó un ensayo de compresión a los 7 días de curado de dos cilindros de hormigón y se pudo observar que no llegaba con la resistencia referencial, la cual ha de ser el 65% de la resistencia de diseño por lo que se modificó la dosificación, siendo esta la que alcanzó la resistencia referencial a los 7 días, por lo tanto, se ha tomado como la dosificación definitiva.

Tabla 4.3.Dosificación definitiva – 210 kg/cm²

c/c	af/c	ag/c	a/c
1	2.07	1.66	0.57

Tabla 4.4.Dosificación definitiva – 240 kg/cm²

c/c	af/c	ag/c	a/c
1	1.77	1.36	0.50

Se ha descontado la cantidad de agregado proporcional al ocupado por las fibras en la mezcla.

4.1.3. Dosificaciones empleadas en la mezcla

Las siguientes dosificaciones han sido ajustadas de acuerdo con el contenido de humedad de los agregados tomados antes de elaborar las probetas. Se ha te toman en consideración que las resistencias esperadas son de 210 y 240 kgf/cm² y contenido de humedad de agregados fino y grueso de 2.66% y 2.72%, respectivamente, se ha realizado la dosificación por ciclo, es decir para 7 viguetas como se indica en las tablas 4.5. y 4.6.

Tabla 4.5.Dosificación sin fibra – 210 kg/cm²

Dosificación para fc=210kgf/cm² sin fibra de coco		
Componente	**Cantidad**	**Unidad**
cemento	18.13	kg
agua	10.25	kg
agregado fino	37.56	kg
agregado grueso	30.15	kg

Tabla 4.6.Dosificación sin fibra – 240 kg/cm²

Dosificación para fc=240kgf/cm2 sin fibra de coco		
Componente	**cantidad**	**unidad**
cemento	21.15	kg
agua	10.57	kg
agregado fino	37.47	kg
agregado grueso	28.83	kg

En el caso de las viguetas con fibra, se ha reducido el volumen equivalente de fibra en la cantidad del agregado grueso dependiendo del tratamiento que se le aplique a la fibra. Cabe mencionar que la densidad de las fibras en condiciones de llegada al laboratorio (S.S.S), fueron de 500 kg/cm³ para el tratamiento de NaOH y de 750 kg/cm³ para el tratamiento de humo de sílice.

Las viguetas elaboradas con fibras de coco sometidas al tratamiento de NaOH se tienen la siguiente condición detalladas a continuación en las tablas 4.7., 4.8., 4.9. y 4.10.

Tabla 4.7.Dosificación con fibra al 0.5% – 210 kg/cm²

Dosificación para fc=210kg/cm² al 0.5% fibra de coco		
Componente	**cantidad**	**unidad**
Cemento	18.13	kg
Agua	10.25	kg
agregado fino	37.56	kg
agregado grueso	29.64	kg
Fibra de coco	0.119	kg

Tabla 4.8.Dosificación con fibra al 1.0% – 210 kg/cm²

Dosificación para fc=210kg/cm² al 1% fibra de coco		
Componente	**cantidad**	**unidad**
cemento	18.13	kg
agua	10.25	kg
agregado fino	38.56	kg
agregado grueso	29.12	kg
Fibra de coco	0.237	kg

Tabla 4.9.Dosificación con fibra al 0.5% – 240 kg/cm²

Dosificación para fc=240kg/cm² al 0.5% fibra de coco		
Componente	**cantidad**	**unidad**
cemento	21.15	kg
agua	10.57	kg
agregado fino	37.47	kg
agregado grueso	28.30	kg
Fibra de coco	0.121	kg

Tabla 4.10.Dosificación con fibra al 1.0% – 240 kg/cm²

Dosificación para fc=240kg/cm2 al 1% fibra de coco		
Componente	**cantidad**	**unidad**
cemento	21.15	kg
agua	10.57	kg
agregado fino	37.47	kg
agregado grueso	27.78	kg
Fibra de coco	0.241	kg

Para las viguetas elaboradas con fibra tratada con humo de sílice y goma arábiga se ha empleado las siguientes dosificaciones indicadas en las tablas 4.11, 4.12, 4.13. y 4.14.

Tabla 4.11.Dosificación con fibra al 0.5% – 210 kg/cm²

Dosificación para fc=210kg/cm² al 0.5% fibra de coco		
Componente	**cantidad**	**unidad**
cemento	18.13	kg
agua	10.25	kg
agregado fino	37.56	kg
agregado grueso	29.64	kg
Fibra de coco	0.178	kg

Tabla 4.12.Dosificación con fibra al 1.0% – 210 kg/cm²

Dosificación para fc=210kg/cm² al 1% fibra de coco		
Componente	**cantidad**	**unidad**
cemento	18.13	kg
agua	10.25	kg
agregado fino	37.56	kg
agregado grueso	29.12	kg
Fibra de coco	0.356	kg

Tabla 4.13.Dosificación con fibra al 0.5% – 240 kg/cm²

Dosificación para fc=240kg/cm² al 0.5% fibra de coco		
Componente	**cantidad**	**unidad**
cemento	21.15	kg
agua	10.57	kg
agregado fino	37.47	kg
agregado grueso	28.3	kg
Fibra de coco	0.181	kg

Tabla 4.14.Dosificación con fibra al 1.0% – 240 kg/cm²

Dosificación para fc=240kg/cm² al 0.5% fibra de coco		
Componente	**cantidad**	**unidad**
cemento	21.15	kg
agua	10.57	kg
agregado fino	37.47	kg
agregado grueso	27.78	kg
Fibra de coco	0.362	kg

4.2.ELABORACIÓN DE POBRETAS DE HORMIGÓN SIMPLE Y CON FIBRA DE COCO

4.2.1. Encofrado

Para la fabricación de las probetas fueron utilizados moldes rectangulares de acero de espesor de 0.5 cm ajustables con pernos y de igual manera se utilizó piezas de madera que nos ayudaron a definir las medidas detalladas en la norma ACTM C1399/C1399 M-10 (2015). El tipo de madera que se utilizó fue tabla tríplex con un espesor 5 mm.

Las dimensiones de la vigueta eran de 100x100x350 mm, como se detalla en la norma antes mencionada.



Fotografía 4.1.Encofrado de viguetas

Fuente: Montero A. y Román A.

4.2.2. Cálculo de cantidad mínima de cilindros a ensayar

El número de probetas patrones de hormigón simple sin fibras y con fibras a ensayar se realizó en base al capítulo 5 del ACI 318,2019, y así lograr obtener la dosificación adecuada para el presente trabajo.

Adicionalmente para obtener el número de probetas de hormigón más real se emplea el procedimiento de la regla empírica 68-95-99.7 (Westfall & Henning , 2013).

También conocida como regla empírica, el cual es una abreviatura utilizada para recordar el porcentaje de valores que se encuentran dentro de una banda alrededor de la media en una distribución normal con un ancho de dos, cuatro y seis veces la desviación típica, respectivamente (Graferend, 2006).

Para obtener el número de probetas de hormigón se utilizarán las fórmulas establecidas por Peter Westfall y Kevin Henning.

$$a.\,m. = z\left(1 - \frac{\alpha}{2}\right) * \frac{\sigma}{n^{\frac{1}{2}}} \qquad \textbf{Ecuación.17}$$

Donde:

- a.m.: margen de precisión de intervalo de confianza
- n: número de muestras
- σ: Varianza
- z: desviación estándar
- π: es el porcentaje de aciertos que se tiene en el ensayo
- α: nivel de confianza

Para lo cual se debe despejar n, qué es el número de muestras.

$$n = \left(z\left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)\right)^2 * \frac{\pi*(1-\pi)}{a.m.^2}$$ **Ecuación. 18**

El procedimiento se realizará mediante el programa Excel y se ha determinado que el nivel de confianza para el presente trabajo es del 90% y el margen de error es del 10%

Tabla 4.15.Regla empírica de Melikamp

Regla emperica de Melikamp				
Nivel de confianza (%)	a.m.	Quintil=1-α/2	Valor crítico, Z(1- α/2)	# Desviaciones
68	0.32	0.84	0.994	≈1
80	0.2	0.9	1.282	
90	0.1	0.95	1.645	
95	0.05	0.975	1.96	≈2
99	0.01	0.995	2.576	
99.7	0.003	0.9985	2.968	≈3

Se considera como datos:

- $\pi = 0.9$
- $z = 1.645$
- $a.m. = 0.1$
- $\alpha = 0.95$

Se reemplazan los datos en la **Ecuación.18** para obtener el número de probetas de hormigón para cada caso a estudiar.

$$n = \left(1.645\left(\frac{0.95}{2}\right)\right)^2 * \frac{0.9 * (1 - 0.9)}{0.1^2} = 7.36 = 7$$

Se conoce que el nivel de confianza es la probabilidad de acertar al realizar una estimación, mientras que el riesgo de error es su complementario, donde el riesgo de error es un valor de probabilidad que debe encontrarse entre 0 y 1, a mayor riesgo, menor tamaño de muestra. En la práctica, lo que se aconseja es el máximo tamaño de muestra para obtener el mínimo error (Arrondo V.M., 2015).

Se emplea la fórmula para determinar el cálculo de error probable para la aceptación del número de muestras según Peter Westfall y Kevin Henning.

Se emplea la fórmula para determinar el cálculo de error probable para la aceptación del número de muestras según Peter Westfall y Kevin Henning.

$$e = z * \frac{\sqrt{\pi * (1-\pi)}}{\sqrt{n}} \qquad \textbf{Ecuación.19}$$

Donde:

- e: es el error existente en la muestra

$$e = 0.20$$

Dado el resultado, el error se encuentra dentro del rango permisible, por lo que el número de muestras se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4.16.Número de especímenes a ensayar

Tratamiento Químico	Fibra Natural	f'c (Kg/cm²)	Porcentaje de Fibra Natural (%)	ENSAYOS A FLEXIÓN			Número de Muestras
				14 días	28 días	56 días	
Sin tratamiento	Sin Fibra	210	0%	7	7	7	21
		240	0%	7	7	7	21
Tratamiento 1	Fibra de Coco	210	0.50%	7	7	7	21
			1%	7	7	7	21
		240	0.50%	7	7	7	21
			1%	7	7	7	21
Tratamiento 2	Fibra de Coco	210	0.50%	7	7	7	21
			1%	7	7	7	21
		240	0.50%	7	7	7	21
			1%	7	7	7	21

El hormigón simple que se usará en las probetas está formado por agua, cemento, agregado grueso y fino, en el cual se incluirán fibras naturales tomando en cuenta que una mala adhesión entre las fibras y la matriz genera espacios vacíos, lo que conduce a una mayor absorción de agua (Azwa, 2013)

Teniendo en cuenta este efecto en los materiales compuestos y para mejorar la trabajabilidad de los mismo se optó por usar cuantía de 0.5 y 1% en fibras, encontrándose en función de la cantidad de absorción de agua presente en la matriz del concreto.

Los especímenes serán ensayados a tracción, tomando sus dimensiones y masa; finalmente se determinará la dosificación adecuada para las fibras aplicándose un tratamiento químico previo el cual se analizará para determinar el de mayor confiabilidad para construcciones sostenibles.

4.2.3. Preparación de mezcla de hormigón

Para realizar las dosificaciones anteriormente descritas se utilizó una concretera eléctrica con capacidad adecuada para el volumen requerido. De igual manera todos

los componentes que se utilizaron en la dosificación en peso fueron especificados en las tablas 4.5., 4.6., 4.7., 4.8., 4.9., 4.10., 4.11., 4.12., 4.13. y 4.14.; las cuales corresponden a una dosificación en peso para un saco de cemento de 50 kg.

El proceso para la dosificación se describe a continuación:

- Todos los materiales pesados junto con la mezcladora son humedecidos previamente a la mezcla.
- Los componentes son ingresados a la concretera en el siguiente orden:
    1. Se coloca la mitad del agua.
    2. Se ingresa toda la masa del ripio previamente pesado.
    3. Se coloca todo el saco de cemento.
    4. Se ingresa toda la masa de la arena.
    5. Se ingresa el sobrante del agua.
- El orden de los componentes para la mezcla del hormigón con fibras de coco es el siguiente:
    1. Se coloca la mitad del agua.
    2. Se ingresa la mitad de la fibra.
    3. Se ingresa toda la masa del ripio.
    4. Se ingresa todo el saco de cemento.
    5. Se ingresa todo el sobrante de la fibra.
    6. Se ingresa toda la masa de la arena.
    7. Se ingresa todo el sobrante del agua

En la realización de la mezcla de hormigón simple sin fibra se introduce todo el peso de la arena durante 3 minutos, para que los agregados humedezcan antes de colocar todo el peso del agua y finalmente se deja en la concretera durante un tiempo de 10 con la finalidad de conseguir una mezcla homogénea.

Para la mezcla de hormigón con fibras, una vez colocado la mitad de agua, la mitad de fibra y todo el peso del ripio se deja 5 minutos para que se mesclen los agregados y a los 2 minutos hacer una parada y separar la fibra ya que al estar enla concretera la fibra tiende a enredarse y a formar bolas de fibras lo cual no permiteuna distribución adecuada de la fibra, después colocar todo el sobrante de la fibra y dejarlo en la concretera 3

minutos y realizar una nueva parada a los 2 minutos para desenredar la fibra teniendo finalmente una distribución adecuada de la fibra con los agregados, colocar todo el resto de los agregados y dejarlo en la concretera15 minutos para tener una mezcla homogénea del hormigón con fibras. Se sabe que el tiempo que se debe aplicar para el amasado es 1 hora, teniendo en cuenta que el cemento que se emplea presenta características normales y es de uso general para cualquier obra civil (Luna, G. , 2014).

Para el caso de 100x100x350 se requiere 25 compactaciones con varilla y de 10 a 12 golpes en las paredes externas del encofrado, se debe enrasar y dejar una acabo liso para luego de 24 horas ser desencofrado, posteriormente se identificaron las viguetas con sus datos (fecha de elaboración, numeración, resistencia y condición de mezcla).

4.2.4. Ensayos de hormigón fresco

4.2.4.1.Temperatura

Con ayuda del termómetro digital, procedemos a tomar la medición de temperatura en el hormigón fresco bajo la Norma ASTM C 1064, 2012; el cual se introducirá 75 mm en la mezcla de hormigón durante un tiempo de 5 minutos y nos indica que la temperatura que no ha exceder los 24 °C para garantizar la trabajabilidad del hormigón.

La temperatura se la debe tomar con una desviación estándar de 0.5 °C (1°F) más cercano la misma que no debe ser mayor a los 24 °C para garantizar una buena trabajabilidad ya que temperaturas mayores en el hormigón fresco produce que tengan un amento coincidible en la resistencia inicial a edades menores a los 7 días y una disminución de la resistencia en edades maduras (ASTM C1064, 2012).



Fotografía 4.2.Toma de temperatura al hormigón fresco.

Fuente: Montero A. y Román A

4.2.4.2.Asentamiento

Para determinar esta característica del hormigón nos basamos en un método visual dado que hasta el día de hoy no existe un ensayo en específico que nos permita obtener las características y propiedades de la mezcla directamente para este ensayo de asentamiento con ayuda del cono de Abrams nos permite determinar las propiedades del hormigón en su estado plástico debido a su consistencia, fluidez y cohesión inicial.

Con el hormigón recién mezclado, con ayuda del Cono de Abrams y una placa, se coloca el hormigón en tres capas de igual volumen, cada una varillada con 25 golpes con una varilla que sea 100 mm mayor a la profundidad del molde, terminada la tercera capa enrasar con la varilla, limpiar los excesos alrededor del cono y levantar el cono en 5 ± 2 seg. El ensayo debe realizarse en 2 ½ minutos desde que se coloca la primera cucharada de hormigón en el molde hasta el enrasado y levantar del cono Voltear el cono sobre la placa, colocar la varilla y medir la distancia desde la varilla hasta el

centro desplazado, reportar el valor del asentamiento en mm, at 5 mm más cercano (ASTM C143, 2012).



Fotografía 4.3.Prueba de asentamiento del hormigón.

Fuente: Montero A. y Román A

4.2.4.3.Densidad y contenido de aire

Para poder determinar la densidad de la mezcla de hormigón primero cogemos el recipiente cilíndrico y se pesa, procedemos a tomar las medidas del diámetro y altura. Posteriormente introducimos la mezcla de hormigón dividida en 3 capas, cada capa debe ser compactada con 25 golpes y al finalizar procedemos a enrazar el recipiente para después pesar el recipiente junto con la mezcla de hormigón.

Para el contenido de aire se procede hacer uso del medidor tipo B y se procede de la misma manera a introducir el hormigón en el medidor en tres capas, se compacta cada capa con 25 golpes y de enraza el medidor para proceder a taparlo cerrando la válvula de aire manteniendo abiertas las llaves de purga para colocar agua con una pipeta hasta

que el agua salga por las llaves de purga apuesta. Bombear aire hasta cerrar el manómetro y abrir la válvula principal, esperar que el manómetro se estabilice y tomar la lectura (ASTM C231, 2017).



Fotografía 4.4.Ensayo de contenido de aire

Fuente: Montero A. y Román A

4.2.4.4.Resultados de los ensayos aplicados al hormigón fresco

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de los ensayos realizados a la mezcla de hormigón simple con cada una de sus variables.

Tabla 4.17.Resultados de ensayos al hormigón fresco

RESULTADOS DE ENSAYOS DEL HORMIGON FRESCO							
TIPO	**FIBRA**	**TRATAMIENTO**	**DISEÑO**	**DENSIDAD**	**Contenido de aire**	**Temperatura**	**Asentamiento**
	%		**Kg/cm2**	**kg/cm3**	**%**	**°C**	**mm**
Hormigón simple sin fibra	-	-	210	2248.24	2	18.5	90
	-		240	2293.18	2.3	17.8	95
hormigón simple con fibra	0.50%	Hidróxido de Sodio	210	2237.76	2.4	17.5	85
	1.00%			2224.46	2.1	18.1	90
	0.50%		240	2226.32	2.5	18.5	80
	1.00%			2215.96	2.9	17.8	85
	0.50%	Humo de Sílice	210	2270.1	2.3	18.7	90
	1.00%			2283.12	3.1	19.5	85
	0.50%		240	2276.14	2.6	19.6	90
	1.00%			2251.21	3.2	19.4	95

4.2.5. Desencofrado y curado de viguetas

Después de haber culminado con el moldeo de las viguetas, se procede al desencofrado de las mismas en un periodo máximo de 24 ± 8 horas, según la norma NEC – SE – HM, 2015 para completar un correcto fraguado.

Posteriormente al desencofrado se identifica cada una de las viguetas para luego ser ingresadas a la cámara de curado dentro del Laboratorio de Hormigones de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, durante 14, 28 y 56 días.

La temperatura del cuarto de curado debe estar entre 23 ± 2 °C con una humedad sobre el 50%, cabe mencionar que durante más tiempo pasen las viguetas dentro de la cámara de humedad podremos determinar características de la fibra de coco como la durabilidad y la degradación.

4.3.ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO

4.3.1. Resistencia residual de las viguetas

Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia residual de una viga de ensayo de hormigón reforzado con fibras. La resistencia residual promedio se calcula utilizando deflexiones de viga especificadas que se obtienen de una viga que se ha agrietado de manera estándar. La prueba proporciona los datos necesarios para obtener la porción de la curva de carga-deflexión más allá de la cual ha ocurrido una cantidad significativa de daño por agrietamiento y proporciona una medida de la resistencia posterior al agrietamiento, ya que dicha resistencia se ve afectada por el uso de refuerzo de fibra. (ASTM C1399/1399 M-10, 2015).

4.3.2. Equipo de ensayo

Aparato de prueba hidráulico, con capacidad de controlar la velocidad de movimiento del cabezal de carga y cumplir con los requisitos del método de prueba.



Fotografía 4.5.Máquina hidráulica de ensayo.

Fuente: Montero A. y Román A.

De igual manera se utilizó una placa metálica en la que se colocaba a la vigueta con ayuda de dos soportes.



Fotografía 4.6.Apoyos y placa metálica.

Fuente: Montero A. y Román A.

El procedimiento que seguir es el siguiente:

- Se toma las dimensiones y el peso de las viguetas.
- Se realiza líneas de división en una cara de la vigueta, 2.5 cm en los extremos y 10 cm intermedios.
- Se colocan placas de madera de 2.5x10 cm en el centro de las viguetas, con ayuda de un pegamento epoxico.
- Se colocan las piezas de apoyo a cada lado de la vigueta y posteriormente se coloca la placa en la cual se ubicará el deformímetro.
- Se fija el deformímetro con ayuda de un perno en la placa, se requiere que la punta del deformímetro tope la placa de madera ubicada en el centro de la vigueta.
- Se coloca la vigueta sobre la máquina de ensayo y aplica la carga ligeramente, hasta que la maquina entre en contacto con la superficie de la vigueta. Se aflojan los pernos de las piezas laterales.
- Se aplica la carga hasta que la vigueta falle y se anota su carga ultima.

4.3.3. Resistencia a la flexión

Para determinar a resistencia flexión promedio tanto del hormigón simple sin fibra y del hormigón simple con fibra se realizó ensayos de flexión en las viguetas como se indica en la ASTM C1399/C1399 M-10, 2015. Se ensayaron 7 viguetas por cada tipología y edades para obtener la resistencia promedio por cada variable.

Previamente se identificaron las viguetas y se asignó una nomenclatura en específico para cada caso, como se muestra en la Tabla 4.18**.**

Donde:

- T1: Tratamiento 1 (NaOH)
- T2: Tratamiento 2 (Humo de sílice y goma arábiga)
- 0.5% FC: porcentaje de fibra de coco utilizada respecto al volumen total

- 0.1% FC: porcentaje de fibra de coco utilizada respecto al volumen total
- 210: resistencia del hormigón – 210 kg/cm²
- 240: resistencia del hormigón – 240 kg/cm²
- SF: Designación para el hormigón simple sin fibra

Tabla 4.18.Descripción de la nomenclatura usada al nombrar a los especímenes según sus características

Nomenclatura	Descripción
210 SF	Hormigón simple sin fibra, f'c=210 kg/cm²
240 SF	Hormigón simple sin fibra, f'c=240 kg/cm²
210 - 0.5% FC - T1	f'c=210 kg/cm², Hormigón simple con fibra al 0.5% respecto al volumen total, tratamiento 1
210 - 1.0 % FC - T1	f'c=210 kg/cm², Hormigón simple con fibra al 1.0% respecto al volumen total, tratamiento 1
240 - 0.5 % FC - T1	f'c=240 kg/cm², Hormigón simple con fibra al 0.5% respecto al volumen total, tratamiento 1
240 - 1.0 % FC - T1	f'c=240 kg/cm², Hormigón simple con fibra al 1.0% respecto al volumen total, tratamiento 1
210 - 0.5% FC - T2	f'c=210 kg/cm², Hormigón simple con fibra al 0.5% respecto al volumen total, tratamiento 2
210 - 1.0 % FC - T2	f'c=210 kg/cm², Hormigón simple con fibra al 1.0% respecto al volumen total, tratamiento 2
240 - 0.5 % FC - T2	f'c=240 kg/cm², Hormigón simple con fibra al 0.5% respecto al volumen total, tratamiento 2
240 - 1.0 % FC - T2	f'c=240 kg/cm², Hormigón simple con fibra al 1.0% respecto al volumen total, tratamiento 2

Se presenta una tabla resumen de las dimensiones y pesos de las viguetas, de los parámetros establecidos se ha obtenido área, volumen y peso específico.

Tabla 4.19. Dimensiones y pesos de viguetas

N° de vigueta	Descripción	Edad	Dimensiones			Área (cm^2)	Volumen (cm^3)	Peso (kg)	Peso (g)	Peso Específico (g/cm^3)	Peso Específico Promedio (g/cm^3)
			Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)						
1	210 SF	14	35.10	10.30	10.10	361.53	3651.453	8.320	8320.000	2.279	2.300
2			35.10	10.20	10.10	358.02	3616.002	8.200	8200.000	2.268	
3			35.10	10.20	10.20	358.02	3651.804	8.240	8240.000	2.256	
4			35.10	10.10	10.20	354.51	3616.002	8.470	8470.000	2.342	
5			35.20	10.20	10.20	359.04	3662.208	8.360	8360.000	2.283	
6			35.20	10.20	10.10	359.04	3626.304	8.348	8348.000	2.302	
7			35.10	10.30	10.10	361.53	3651.453	8.200	8200.000	2.246	
1	210 SF	28	35.10	10.20	10.10	358.02	3616.002	8.230	8230.000	2.276	2.300
2			35.20	10.20	10.20	359.04	3662.208	8.215	8215.000	2.243	
3			35.00	10.10	10.10	353.50	3570.350	8.654	8654.100	2.424	
4			35.20	10.30	10.10	362.56	3661.856	8.326	8326.000	2.274	
5			35.10	10.20	10.20	358.02	3651.804	8.234	8234.000	2.255	
6			35.20	10.30	10.30	362.56	3734.368	8.136	8136.000	2.179	
7			35.30	10.30	10.20	363.59	3708.618	8.165	8165.000	2.202	
1	210 SF	56	35.40	10.20	10.20	361.08	3683.016	8.770	8770.000	2.381	2.300
2			35.20	10.30	10.30	362.56	3734.368	8.750	8750.000	2.343	
3			35.10	10.30	10.20	361.53	3687.606	8.500	8500.000	2.305	
4			35.30	10.10	10.10	356.53	3600.953	8.440	8440.000	2.344	
5			35.30	10.30	10.10	363.59	3672.259	8.840	8840.000	2.407	
6			35.30	10.30	10.10	363.59	3672.259	8.500	8500.000	2.315	
7			35.20	10.20	10.10	359.04	3626.304	8.170	8170.000	2.253	
1	240 SF	14	35.10	10.20	10.20	358.02	3651.804	8.354	8354.000	2.288	2.300

2			35.20	10.10	10.20	355.52	3626.304	8.800	8800.000	2.427	
3			35.20	10.10	10.20	355.52	3626.304	8.350	8350.000	2.303	
4			35.20	10.10	10.20	355.52	3626.304	8.324	8324.000	2.295	
5			35.10	10.10	10.10	354.51	3580.551	8.642	8642.000	2.414	
6			35.30	10.20	10.10	360.06	3636.606	8.465	8465.000	2.328	
7			35.10	10.30	10.10	361.53	3651.453	8.246	8246.000	2.258	
1	240 SF	28	35.10	10.20	10.30	358.02	3687.606	8.120	8120.000	2.202	2.300
2			35.10	10.00	10.20	351.00	3580.200	8.354	8354.000	2.333	
3			35.30	10.30	10.20	363.59	3708.618	8.230	8230.000	2.219	
4			35.20	10.30	10.10	362.56	3661.856	8.290	8290.000	2.264	
5			35.30	10.10	10.00	356.53	3565.300	8.105	8105.000	2.273	
6			35.00	10.10	10.30	353.50	3641.050	8.210	8210.000	2.255	
7			35.20	10.20	10.20	359.04	3662.208	8.560	8560.000	2.337	
1	240 SF	56	35.15	10.20	10.30	358.53	3692.859	8.460	8460.000	2.291	2.300
2			35.35	10.30	10.40	364.11	3786.692	8.412	8412.000	2.221	
3			35.40	10.20	10.20	361.08	3683.016	8.545	8545.000	2.320	
4			35.30	10.30	10.20	363.59	3708.618	8.395	8395.000	2.264	
5			35.30	10.30	10.20	363.59	3708.618	8.520	8520.000	2.297	
6			35.20	10.30	10.10	362.56	3661.856	8.380	8380.000	2.288	
7			35.20	10.30	10.10	362.56	3661.856	8.365	8365.000	2.284	
1	210 - 0.5% FC - T1	14	35.30	10.30	10.30	363.59	3744.977	8.600	8600.000	2.296	2.300
2			35.20	10.30	10.30	362.56	3734.368	8.530	8530.000	2.284	
3			35.30	10.10	10.10	356.53	3600.953	8.380	8380.000	2.327	
4			35.30	10.30	10.10	363.59	3672.259	8.350	8350.000	2.274	
5			35.20	10.10	10.10	355.52	3590.752	8.340	8340.000	2.323	
6			35.10	10.30	10.20	361.53	3687.606	8.660	8660.000	2.348	
7			35.20	10.20	10.10	359.04	3626.304	8.420	8420.000	2.322	

1	210 - 0.5% FC - T1	28	35.00	10.20	10.20	357.00	3641.400	8.260	8260.000	2.268	2.300
2			35.20	10.10	10.10	355.52	3590.752	8.340	8340.000	2.323	
3			35.20	10.10	10.10	355.52	3590.752	8.550	8550.000	2.381	
4			35.10	10.10	10.20	354.51	3616.002	8.640	8640.000	2.389	
5			35.10	10.20	10.10	358.02	3616.002	8.470	8470.000	2.342	
6			35.20	10.00	10.00	352.00	3520.000	8.630	8630.000	2.452	
7			35.10	10.30	10.30	361.53	3723.759	8.450	8450.000	2.269	
1	210 - 0.5% FC - T1	56	35.00	10.20	10.30	357.00	3677.100	8.650	8650.000	2.352	2.400
2			35.10	10.00	10.20	351.00	3580.200	8.630	8630.000	2.410	
3			35.20	10.20	10.20	359.04	3662.208	8.540	8540.000	2.332	
4			35.10	10.20	10.10	358.02	3616.002	8.570	8570.000	2.370	
5			35.00	10.30	10.10	360.50	3641.050	8.820	8820.000	2.422	
6			35.20	10.10	10.20	355.52	3626.304	8.590	8590.000	2.369	
7			35.10	10.20	10.30	358.02	3687.606	8.520	8520.000	2.310	
1	210 - 1.0 % FC - T1	14	35.10	10.10	10.20	354.51	3616.002	8.060	8060.000	2.229	2.300
2			35.30	10.20	10.00	360.06	3600.600	8.220	8220.000	2.283	
3			35.10	10.20	10.20	358.02	3651.804	8.750	8750.000	2.396	
4			35.00	10.10	10.10	353.50	3570.350	8.290	8290.000	2.322	
5			35.20	10.10	10.30	355.52	3661.856	8.120	8120.000	2.217	
6			35.10	10.20	10.20	358.02	3651.804	8.350	8350.000	2.287	
7			35.30	10.20	10.20	360.06	3672.612	8.210	8210.000	2.235	
1	210 - 1.0 % FC - T1	28	35.10	10.10	10.10	354.51	3580.551	8.305	8305.000	2.319	2.300
2			35.10	10.30	10.30	361.53	3723.759	8.756	8756.000	2.351	
3			35.20	10.20	10.30	359.04	3698.112	8.378	8378.000	2.265	
4			35.10	10.20	10.30	358.02	3687.606	8.670	8670.000	2.351	
5			35.10	10.10	10.10	354.51	3580.551	8.476	8476.000	2.367	
6			35.20	10.20	10.30	359.04	3698.112	8.721	8721.000	2.358	

7			35.30	10.20	10.30	360.06	3708.618	8.510	8510.000	2.295	
1	210 - 1.0 % FC - T1	56	35.10	10.20	10.30	358.02	3687.606	8.270	8270.000	2.243	2.300
2			35.40	10.30	10.10	364.62	3682.662	8.550	8550.000	2.322	
3			35.10	10.10	10.20	354.51	3616.002	8.500	8500.000	2.351	
4			35.20	10.30	10.30	362.56	3734.368	8.360	8360.000	2.239	
5			35.20	10.20	10.30	359.04	3698.112	8.630	8630.000	2.334	
6			35.30	10.10	10.20	356.53	3636.606	8.630	8630.000	2.373	
7			35.10	10.20	10.30	358.02	3687.606	8.410	8410.000	2.281	
1	240 - 0.5 % FC - T1	14	35.60	10.30	10.30	366.68	3776.804	8.360	8360.000	2.214	2.300
2			35.10	10.00	10.10	351.00	3545.100	8.450	8450.000	2.384	
3			35.10	10.10	10.20	354.51	3616.002	8.620	8620.000	2.384	
4			35.40	10.40	10.10	368.16	3718.416	8.460	8460.000	2.275	
5			35.20	10.15	10.20	357.28	3644.256	8.410	8410.000	2.308	
6			35.30	10.20	10.20	360.06	3672.612	8.430	8430.000	2.295	
7			35.30	10.20	10.20	360.06	3672.612	8.320	8320.000	2.265	
1	240 - 0.5 % FC - T1	28	35.30	10.10	10.20	356.53	3636.606	8.340	8340.000	2.293	2.300
2			35.40	10.10	10.00	357.54	3575.400	8.420	8420.000	2.355	
3			35.20	10.00	10.20	352.00	3590.400	8.230	8230.000	2.292	
4			35.10	10.30	10.00	361.53	3615.300	8.320	8320.000	2.301	
5			35.30	10.30	10.10	363.59	3672.259	8.320	8320.000	2.266	
6			35.20	10.10	10.30	355.52	3661.856	8.260	8260.000	2.256	
7			35.30	10.00	10.30	353.00	3635.900	8.210	8210.000	2.258	
1	240 - 0.5 % FC - T1	56	35.20	10.40	10.10	366.08	3697.408	8.670	8670.000	2.345	2.300
2			35.20	10.20	10.00	359.04	3590.400	8.680	8680.000	2.418	
3			35.10	10.20	10.10	358.02	3616.002	8.630	8630.000	2.387	
4			35.10	10.30	10.20	361.53	3687.606	8.590	8590.000	2.329	
5			35.10	10.20	10.20	358.02	3651.804	8.250	8250.000	2.259	

6			35.10	10.20	10.20	358.02	3651.804	8.480	8480.000	2.322	
7			35.20	10.20	10.10	359.04	3626.304	8.496	8496.000	2.343	
1	240 - 1.0 % FC - T1	14	35.30	10.10	10.30	356.53	3672.259	8.640	8640.000	2.353	2.300
2			35.40	10.40	10.40	368.16	3828.864	8.480	8480.000	2.215	
3			35.10	10.20	10.40	358.02	3723.408	8.092	8092.000	2.173	
4			35.20	10.10	10.30	355.52	3661.856	8.720	8720.000	2.381	
5			35.20	10.20	10.30	359.04	3698.112	8.125	8125.000	2.197	
6			35.20	10.20	10.20	359.04	3662.208	8.320	8320.000	2.272	
7			35.10	10.30	10.20	361.53	3687.606	8.260	8260.000	2.240	
1	240 - 1.0 % FC - T1	28	35.30	10.00	10.30	353.00	3635.900	8.760	8760.000	2.409	2.300
2			35.20	10.10	10.40	355.52	3697.408	8.280	8280.000	2.239	
3			35.00	10.20	10.30	357.00	3677.100	8.590	8590.000	2.336	
4			35.30	10.40	10.30	367.12	3781.336	8.640	8640.000	2.285	
5			35.40	10.20	10.20	361.08	3683.016	8.670	8670.000	2.354	
6			35.20	10.40	10.20	366.08	3734.016	8.530	8530.000	2.284	
7			35.20	10.10	10.30	355.52	3661.856	8.450	8450.000	2.308	
1	240 - 1.0 % FC - T1	56	35.40	10.10	10.20	357.54	3646.908	8.650	8650.000	2.372	2.300
2			35.20	10.20	10.20	359.04	3662.208	8.580	8580.000	2.343	
3			35.20	10.10	10.30	355.52	3661.856	8.630	8630.000	2.357	
4			35.30	10.20	10.40	360.06	3744.624	8.260	8260.000	2.206	
5			35.30	10.30	10.40	363.59	3781.336	8.530	8530.000	2.256	
6			35.20	10.10	10.50	355.52	3732.960	8.220	8220.000	2.202	
7			35.10	10.30	10.30	361.53	3723.759	8.320	8320.000	2.234	
1	210 - 0.5% FC - T2	14	35.20	10.20	10.10	359.04	3626.304	8.170	8170.000	2.253	2.300
2			35.30	10.10	10.30	356.53	3672.259	8.300	8300.000	2.260	
3			35.20	10.30	10.10	362.56	3661.856	8.260	8260.000	2.256	
4			35.20	10.10	10.10	355.52	3590.752	8.690	8690.000	2.420	

5			35.20	10.20	10.30	359.04	3698.112	8.300	8300.000	2.244	
6			35.10	10.20	10.10	358.02	3616.002	8.240	8240.000	2.279	
7			35.10	10.10	10.20	354.51	3616.002	8.250	8250.000	2.282	
1	210 - 0.5% FC - T2	28	35.20	10.30	10.10	362.56	3661.856	8.575	8575.000	2.342	2.300
2			35.10	10.30	10.20	361.53	3687.606	8.380	8380.000	2.272	
3			35.20	10.20	10.00	359.04	3590.400	8.335	8335.000	2.321	
4			35.20	10.30	10.20	362.56	3698.112	8.650	8650.000	2.339	
5			35.20	10.20	10.30	359.04	3698.112	8.605	8605.000	2.327	
6			35.30	10.30	10.00	363.59	3635.900	8.350	8350.000	2.297	
7			35.10	10.30	10.30	361.53	3723.759	8.740	8740.000	2.347	
1	210 - 0.5% FC - T2	56	35.20	10.10	10.20	355.52	3626.304	8.420	8420.000	2.322	2.300
2			35.30	10.20	10.10	360.06	3636.606	8.410	8410.000	2.313	
3			35.10	10.20	10.20	358.02	3651.804	8.380	8380.000	2.295	
4			35.20	10.10	10.40	355.52	3697.408	8.350	8350.000	2.258	
5			35.30	10.30	10.30	363.59	3744.977	8.500	8500.000	2.270	
6			35.20	10.20	10.40	359.04	3734.016	8.330	8330.000	2.231	
7			35.30	10.40	10.20	367.12	3744.624	8.310	8310.000	2.219	
1	210 - 1.0 % FC - T2	14	35.20	10.30	10.30	362.56	3734.368	8.440	8440.000	2.260	2.300
2			35.20	10.30	10.30	362.56	3734.368	8.570	8570.000	2.295	
3			35.10	10.20	10.20	358.02	3651.804	8.620	8620.000	2.360	
4			35.20	10.30	10.10	362.56	3661.856	8.320	8320.000	2.272	
5			35.15	10.30	10.30	362.05	3729.064	8.480	8480.000	2.274	
6			35.30	10.20	10.20	360.06	3672.612	8.340	8340.000	2.271	
7			35.10	10.20	10.30	358.02	3687.606	8.390	8390.000	2.275	
1	210 - 1.0 % FC - T2	28	35.30	10.00	10.20	353.00	3600.600	8.350	8350.000	2.319	2.300
2			35.30	10.20	10.30	360.06	3708.618	8.180	8180.000	2.206	
3			35.20	10.30	10.20	362.56	3698.112	8.580	8580.000	2.320	

4			35.10	10.30	10.30	361.53	3723.759	8.485	8485.000	2.279	
5			35.30	10.20	10.30	360.06	3708.618	8.295	8295.000	2.237	
6			35.30	10.20	10.30	360.06	3708.618	8.450	8450.000	2.278	
7			35.10	10.30	10.30	361.53	3723.759	8.550	8550.000	2.296	
1	210 - 1.0 % FC - T2	56	35.20	10.30	10.30	362.56	3734.368	8.750	8750.000	2.343	2.300
2			35.20	10.30	10.30	362.56	3734.368	8.820	8820.000	2.362	
3			35.40	10.10	10.30	357.54	3682.662	8.610	8610.000	2.338	
4			35.20	10.20	10.20	359.04	3662.208	8.560	8560.000	2.337	
5			35.20	10.30	10.20	362.56	3698.112	8.810	8810.000	2.382	
6			35.30	10.40	10.30	367.12	3781.336	8.850	8850.000	2.340	
7			35.30	10.20	10.30	360.06	3708.618	8.570	8570.000	2.311	
1	240 - 0.5 % FC - T2	14	35.30	10.30	10.20	363.59	3708.618	8.420	8420.000	2.270	2.300
2			35.20	10.20	10.30	359.04	3698.112	8.550	8550.000	2.312	
3			35.10	10.30	10.00	361.53	3615.300	8.380	8380.000	2.318	
4			35.10	10.30	10.00	361.53	3615.300	8.540	8540.000	2.362	
5			35.00	10.20	10.20	357.00	3641.400	8.590	8590.000	2.359	
6			35.20	10.30	10.30	362.56	3734.368	8.790	8790.000	2.354	
7			35.30	10.20	10.30	360.06	3708.618	8.430	8430.000	2.273	
1	240 - 0.5 % FC - T2	28	35.00	10.20	10.30	357.00	3677.100	8.500	8500.000	2.312	2.300
2			35.30	10.10	10.30	356.53	3672.259	8.410	8410.000	2.290	
3			35.30	10.00	10.20	353.00	3600.600	8.340	8340.000	2.316	
4			35.30	10.00	10.20	353.00	3600.600	8.460	8460.000	2.350	
5			35.10	10.10	10.20	354.51	3616.002	8.250	8250.000	2.282	
6			35.20	10.20	10.10	359.04	3626.304	8.320	8320.000	2.294	
7			35.20	10.20	10.10	359.04	3626.304	8.340	8340.000	2.300	
1	240 - 0.5 % FC - T2	56	35.40	10.20	10.00	361.08	3610.800	8.270	8270.000	2.290	2.300
2			35.00	10.30	10.20	360.50	3677.100	8.345	8345.000	2.269	

3			35.35	10.20	10.30	360.57	3713.871	8.580	8580.000	2.310	
4			35.30	10.30	10.30	363.59	3744.977	8.410	8410.000	2.246	
5			35.30	10.30	10.20	363.59	3708.618	8.225	8225.000	2.218	
6			35.20	10.10	10.20	355.52	3626.304	8.345	8345.000	2.301	
7			35.20	10.40	10.40	366.08	3807.232	8.630	8630.000	2.267	
1	240 - 1.0 % FC - T2	14	35.10	10.30	10.20	361.53	3687.606	8.440	8440.000	2.289	2.300
2			35.20	10.20	10.10	359.04	3626.304	8.720	8720.000	2.405	
3			35.20	10.30	10.20	362.56	3698.112	8.135	8135.000	2.200	
4			35.10	10.30	10.10	361.53	3651.453	8.153	8153.000	2.233	
5			35.30	10.20	10.10	360.06	3636.606	8.140	8140.000	2.238	
6			35.20	10.10	10.20	355.52	3626.304	8.810	8810.000	2.429	
7			35.10	10.20	10.10	358.02	3616.002	8.430	8430.000	2.331	
1	240 - 1.0 % FC - T2	28	35.10	10.10	10.30	354.51	3651.453	8.750	8750.000	2.396	2.300
2			35.30	10.30	10.20	363.59	3708.618	8.410	8410.000	2.268	
3			35.10	10.10	10.10	354.51	3580.551	8.505	8505.000	2.375	
4			35.20	10.20	10.20	359.04	3662.208	8.250	8250.000	2.253	
5			35.30	10.20	10.20	360.06	3672.612	8.630	8630.000	2.350	
6			35.30	10.10	10.30	356.53	3672.259	8.450	8450.000	2.301	
7			35.10	10.20	10.20	358.02	3651.804	8.620	8620.000	2.360	
1	240 - 1.0 % FC - T2	56	35.30	10.20	10.10	360.06	3636.606	8.240	8240.000	2.266	2.300
2			35.20	10.10	10.30	355.52	3661.856	8.390	8390.000	2.291	
3			35.10	10.10	10.20	354.51	3616.002	8.650	8650.000	2.392	
4			35.30	10.30	10.10	363.59	3672.259	8.270	8270.000	2.252	
5			35.10	10.20	10.10	358.02	3616.002	8.420	8420.000	2.329	
6			35.10	10.30	10.20	361.53	3687.606	8.590	8590.000	2.329	
7			35.20	10.10	10.10	355.52	3590.752	8.290	8290.000	2.309	

El peso específico del hormigón simple en condiciones normales se encuentre entre 2.300 y 2.500 gr/cm³. Se observa que los resultados del hormigón simple sin fibras de resistencia tanto 210 kg/cm² y 240 kg/cm² tienen un valor promedio de peso específico de 2.30 g/cm³, siendo un valor aceptable.

Sin embargo, el hormigón simple con fibras naturales tiene un valor promedio no tan variado. El hormigón simple con fibras naturales con el primer tratamiento (NaOH) y el segundo tratamiento (Humo de sílice y goma arábiga) presentan un valor de peso específico promedio de 2.300 g/cm³ con la única excepción de 2.400 g/cm³ que fue en el caso de las viguetas con f'c 210 kg/cm² con fibras de coco aplicadas el tratamiento 1 a los 56 días. En su mayoría no existe una variación con relación a las viguetas sin fibra a pesar de que se redujo el agregado grueso para en su lugar colocar las fibras de coco que se les aplico ambos tratamientos químicos ya mencionados anteriormente, y esto debido a que las fibras tienen mayor densidad después de estos.

4.3.4. Densidad del hormigón fraguado

Es la relación de la masa del hormigón y el volumen ocupado. Para un hormigón bien compactado de áridos normales oscila entre 2300- 2500 kg/m³. En caso de utilizarse áridos ligeros la densidad oscila entre 1000-1300 kg/m³. Y en caso de utilizarse áridos pesado la densidad oscila entre 3000-3500 kg/m³ (Garrido, 2008).

En las siguientes tablas se muestra las densidades obtenidas para las diferentes viguetas con y sin fibra.

A continuación, se presenta la densidad obtenida para viguetas de hormigón convencional con f'c 210 kg/cm² y f'c 240 kg/cm², para cada una de las edades.

Tabla 4.20.Densidad de viguetas sin fibra

Cantidad de fibra	Especificaciones	Densidad (t/m³)	Densidad promedio (t/m³)
		Media	Media
sin fibra	210 SF-14 días	2.370	2.395
	210 SF-28dias	2.370	
	210 SF-56 días	2.450	
sin fibra	240 SF-14 días	2.420	2.396
	240 SF-28dias	2.360	
	240 SF-56 días	2.410	

La tabla a continuación, se presenta la densidad obtenida para viguetas de hormigón reforzado con fibra de coco aplicado el primer tratamiento de hidróxido de sodio con f'c 210 kg/cm² y f'c 240 kg/cm², para cada una de las edades.

Tabla 4.21. Densidad de viguetas con fibra-tratamiento 1 (NaOH)

Cantidad de fibra	Especificaciones	Densidad (t/m³)	Densidad promedio (t/m³)
		Media	Media
0.5% de fibra	210-14 días	2.420	2.403
	210-28 días	2.422	
	210-56 días	2.367	
0.5% de fibra	240-14dias	2.410	2.407
	240-28 días	2.371	
	240-56 días	2.441	
1% de fibra	210-14 días	2.367	2.410
	210-28 días	2.441	
	210-56 días	2.422	
1% de fibra	240-14dias	2.393	2.418
	240-28 días	2.446	
	240-56 días	2.416	

La tabla a continuación, se presenta la densidad obtenida para viguetas de hormigón reforzado con fibra de coco aplicado el segundo tratamiento de goma arábiga y humo de sílice con f'c 210 kg/cm² y f'c 240 kg/cm², para cada una de las edades.

Tabla 4.22.Densidad de viguetas con fibra-tratamiento 2 (Humo de sílice y goma arábiga)

Cantidad de fibra	Especificaciones	Densidad (t/m³)	Densidad promedio (t/m³)
		Media	Media
0.5% de fibra	210-14 días	2.376	2.408
	210-28 días	2.434	
	210-56 días	2.415	
0.5% de fibra	240-14dias	2.437	2.409
	240-28 días	2.393	
	240-56 días	2.400	
1% de fibra	210-14 días	2.415	2.435
	210-28 días	2.404	
	210-56 días	2.489	
1% de fibra	240-14dias	2.401	2.412
	240-28 días	2.433	
	240-56 días	2.402	

Al obtener las densidades de las viguetas podemos observar y comparar los resultados, en los cuales se destaca que la densidad varía, mayores densidades a mayor cantidad de fibra.

Los porcentajes planteados para cada una de las viguetas tanto para la resistencia f'c 210 kg/cm² y f'c 240 kg/cm² no se evidencia mayores diferencias entre sí, siendo ligueramente mayor las viguetas f'c 210 kg/cm² al 1% de fibra.

4.4.ENSAYOS REALIZADOS A LAS FIBRAS DE COCO

Se detallan los resultados obtenidos en las pruebas realizadas a las fibras, tanto sin recibir tratamiento, después del tratamiento de NaOH y después del tratamiento con humo de sílice y goma arábiga.

Se ha asignado abreviaturas para cada caso de análisis:

- ST – Fibra sin tratamiento

- SC – Fibra después de aplicar el tratamiento NaOH
- HS – Fibra después de aplicar el tratamiento de humo de sílice y goma arábiga

Tabla 4.23.Propiedades física y mecánica de las fibras de coco

TIPO DE FIBRA		Vel. Prueba (mm/min)	Fuerza Rotura (N)	Elongación (mm/mm)	Densidad lineal (tex)	Tiempo al Break (s)	Tenacidad (N/tex)
ST	**Media**	30	11.4	0.0943	72.420	37.8	0.159
	Desviación Estándar	0	5.67	0.05	34.310	18.28	0.04
SC	**Media**	30	14.4	0.1368	132.960	54.8	0.108
	Desviación Estándar	0	7.91	0.1021	76.680	41	0.137
HS	**Media**	30	5.75	0.0895	54.970	35.9	0.105
	Desviación Estándar	0	4.22	0.1127	40.330	45.1	0.105

Se evidencia que el tratamiento de NaOH tiene un incremento en la elongación máxima de las fibras en comparación a las fibras sin tratar y a las fibras con tratamiento de humo de sílice y goma arábiga.

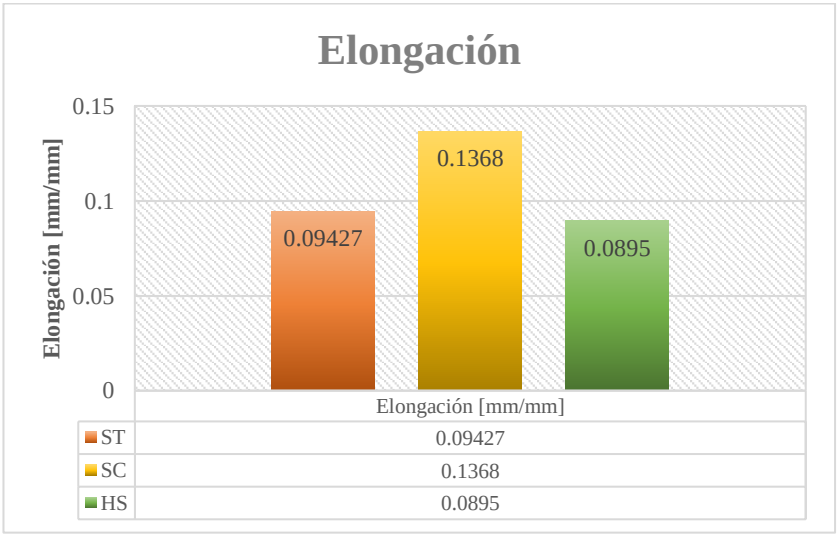


Figura 4.1. Elongación de las muestras de fibra

Se observa de igual manera un incremento notable en la densidad lineal del tratamiento NaOH en comparación a los demás casos.

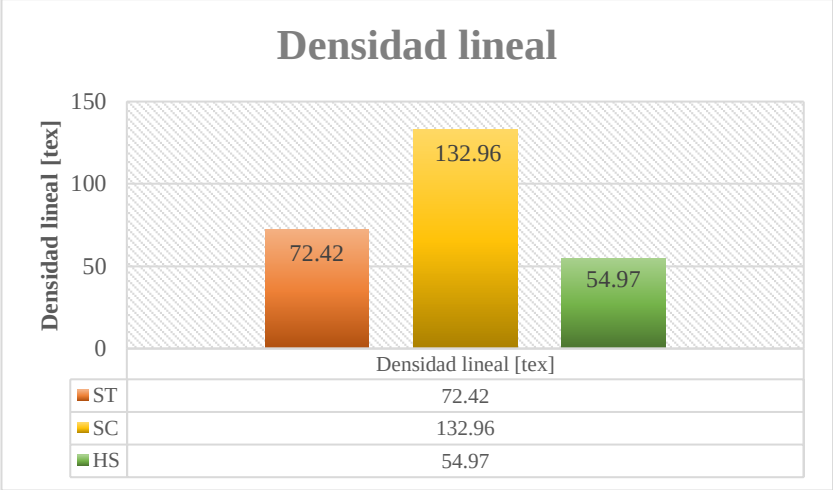


Figura 4.2.Densidad lineal de las muestras de fibra

La fuerza de rotura promedio de mayor magnitud se evidencia en el caso de las fibras tratadas con NaOH o sosa cáustica además de que redujo la tenacidad de las fibras en comparación a las fibras sin tratar, pero los resultados son mínimamente mayores en comparación al tratamiento del humo de sílice y goma arábiga, por ende, es más optimo su utilización en obras de gran escala.

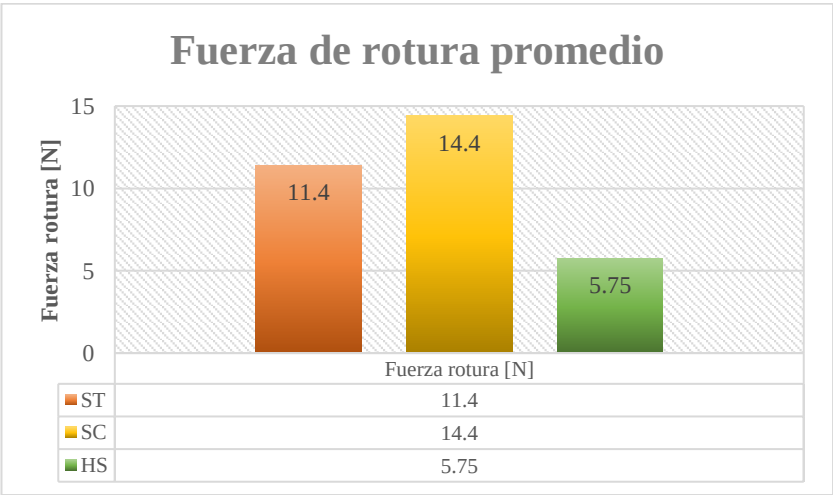


Figura 4.3. Fuerza de rotura promedio de las muestras de fibra

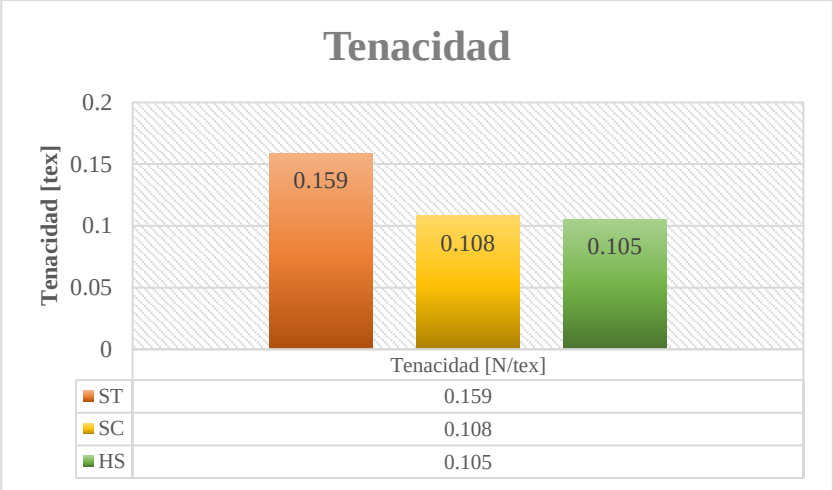


Figura 4.4. Tenacidad de las muestras de fibra

Es relevante conocer de igual manera la densidad S.S.S y absorción de las fibras naturales ya que dichas propiedades al igual que las anteriormente mencionadas influencias en el momento de utilizar en conjunto con los demás componentes de la mezcla de hormigón simple.

Por lo que se determina la absorción y la densidad S.S.S a través de un procedimiento similar empleado para los agregados, detallándose el procedimiento a continuación:

1. Primero sumergimos las fibras de coco por un periodo de 24±4 horas.
2. Una vez finalizado este periodo de tiempo, se seca con una toalla hasta alcanzar la superficie seca saturada (S.S.S).
3. Posteriormente se llena un recipiente con agua la cual será V1, se pesa y será nuestro M1, cabe mencionar que, a mayor cantidad de agua, mayor será la precisión en las lecturas.
4. A continuación, se sumerge las fibras de coco en el recipiente lleno de agua.
5. Se mide el aumento de volumen en el recipiente por lo cual se convierte en nuestro V2.
6. Finalmente se pesa el recipiente con las fibras de coco sumergidas, esta nueva masa se pesa y se convierte en nuestro M2.

para calcular la densidad de superficie seca saturada (S.S.S) se utiliza la siguiente ecuación:

$$Densidad\ S.S.S = \frac{M2-M1}{V2-V1}$$ **Ecuación.20**

Tabla 4.24. Resultados del cálculo de densidad S.S.S y absorción de las fibras de coco sin tratamiento.

DENSIDAD S.S.S (kg/m^3)	ABSORCION (%)
582.0	145.5

5. CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1.Resistencia residual promedio

5.1.1. Cálculo de la resistencia promedio

En el cálculo de la resistencia residual promedio se ha utilizado la **Ecuación.1**, conforme se han obtenido los resultados se procedió a realizar la curva de Carga – Deflexión.

5.1.1.1.Resistencia a la flexión de viguetas sin fibra.

Tabla 5.1. Carga de fracturación de viguetas sin fibra con resistencia 210 kg/cm²

CARGA DE FRACTURACIÓN				
DESCRIPCION	**DIAS**	**Deflexión (mm)**	**0**	**0.20**
210 SF	14	**CARGA INICIAL (N)**	0	9398.74
	28		0	13062.14
	56		0	16169.00

En la tabla 5.1., se observa la carga inicial a los 20mm de deflexión de la vigueta, la cual produce la fracturación de la vigueta dando inicio al ensayo de resistencia residual promedio de las viguetas sin fibras de coco, las viguetas tienen una resistencia 210 kg/cm² en edades de 14,28 y 56 días.

Tabla 5.2. Resistencia a la flexión de viguetas sin fibra con resistencia 210 kg/cm²

CARGA VIGA FISURADA								DIMENSIONES (mm)			RESULTADOS	
DESCRIPCION	**Días**	**Deflexión(mm)**	**0**	**0.5**	**0.75**	**1**	**1.25**	**L**	**b**	**d**	**K**	**ARS (MPa)**
210 SF	**14**	**CARGA (N)**	0	1503.80	1127.85	751.90	375.95	301.29	102.14	101.43	0.0002867	0.2694757
	28		0	2089.94	1567.46	1044.97	522.49	301.57	102.29	101.71	0.000285	0.3722423
	56		0	2587.04	1940.28	1293.52	646.76	302.57	102.43	101.57	0.0002863	0.4629636

En la tabla 5.2., se presenta cada una de las cargas (N) a distintas deflexiones de 0, 0.5, 0.75, 1 y 1.25mm, a las cuales se somete la carga de las viguetas ya fisuradas, además se encuentran las dimensiones de las viguetas, con una resistencia f´c 210 kg/cm². Dándonos como resultado final la resistencia residual promedio (ARS), de cada una de las viguetas sin fibras de coco ensayadas a diferentes edades de 14,28 y 56 días.

Tabla 5.3. Carga de fracturación de viguetas sin fibra con resistencia 240 kg/cm²

CARGA DE FRACTURACIÓN				
DESCRIPCION	**DIAS**	**Deflexión (mm)**	**0**	**0.20**
240 SF	14	**CARGA INICIAL(N)**	0	13022.71
	28		0	16468.00
	56		0	20019.43

En la tabla 5.3., se observa la carga inicial a los 20mm de deflexión de la vigueta, la cual produce la fracturación de la vigueta dando inicio al ensayo de resistencia residual promedio de las viguetas sin fibras de coco, las viguetas tienen una resistencia 240 kg/cm² en edades de 14,28 y 56 días.

Tabla 5.4.Resistencia a la flexión de viguetas sin fibra con resistencia 240 kg/cm²

CARGA VIGA FISURADA								DIMENSIONES (MM)			RESULTADOS	
DESCRIPCION	**Días**	**Deflexión (mm)**	**0**	**0.5**	**0.75**	**1**	**1.25**	**L**	**b**	**d**	**K**	**ARS (MPa)**
240 SF	**14**	**CARGA (N)**	0	2083.63	1562.72	1041.81	520.91	301.71	101.57	101.57	0.0002879	0.3749581
	28		0	2634.88	1976.16	1317.44	658.72	301.71	101.71	101.86	0.0002859	0.4708383
	56		0	3203.10	2402.33	1601.55	800.77	302.71	102.71	102.14	0.0002825	0.5655067

En la tabla 5.4., se presenta cada una de las cargas (N) a distintas deflexiones de 0, 0.5, 0.75, 1 y 1.25mm, a las cuales se somete la carga de las viguetas ya fisuradas, además se encuentran las dimensiones de las viguetas, con una resistencia f´c 240 kg/cm². Dándonos como resultado final la resistencia residual promedio (ARS), de cada una de las viguetas sin fibras de coco ensayadas a diferentes edades de 14,28 y 56 días.

5.1.1.2.Resistencia a la flexión de viguetas en las que se han aplicado el primer tratamiento.

Tabla 5.5.Carga de fracturación de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 1 al 0.5% con resistencia 210 kg/cm²

CARGA DE FRACTURACIÓN				
DESCRIPCION	**DIAS**	**Deflexión, mm**	**0**	**0.20**
210 - 0.5% FC - T1	14	**CARGA INICIAL, N**	0	14676.14
	28		0	17934.00
	56		0	21521.43

En la tabla 5.5., se observa la carga inicial a los 20mm de deflexión de la vigueta, la cual produce la fracturación de la vigueta dando inicio al ensayo de resistencia residual promedio de las viguetas con el 0.5% de fibras de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica, las viguetas tienen una resistencia 210 kg/cm² en edades de 14,28 y 56 días.

Tabla 5.6. Resistencia a la flexión de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 1 al 0.5% con resistencia 210 kg/cm²

CARGA VIGA FISURADA								DIMENSIONES (mm)			RESULTADOS	
DESCRIPCION	**Días**	**Deflexión(mm)**	**0**	**0.5**	**0.75**	**1**	**1.25**	**L**	**b**	**d**	**K**	**ARS (MPa)**
210 - 0.5% FC - T1	**14**	**CARGA (N)**	0	2348.18	1761.14	1174.09	587.05	302.29	102.29	101.71	0.00028565	0.41922837
	28		0	2869.44	2152.08	1434.72	717.36	301.29	101.43	101.43	0.00028873	0.51781518
	56		0	3443.43	2582.57	1721.71	860.86	301.00	101.71	102.00	0.00028444	0.61214639

En la tabla 5.6., se presenta cada una de las cargas (N) a distintas deflexiones 0, 0.5, 0.75, 1 y 1.25mm, a las cuales se somete la carga de las viguetas ya fisuradas, además se encuentran las dimensiones de las viguetas, con una resistencia f´c 210 kg/cm². Dándonos como resultado final la resistencia residual promedio (ARS) de cada una de las viguetas con el 0.5% de fibras de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica, ensayadas a diferentes edades de 14,28 y 56 días.

Tabla 5.7. Carga de fracturación de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 1 al 1.0% con resistencia 210 kg/cm²

CARGA DE FRACTURACIÓN				
DESCRIPCION	**DIAS**	**Deflexión (mm)**	**0**	**0.20**
210 - 1.0 % FC - T1	14	**CARGA INICIAL (N)**	0	15107.86
	28		0	18824.57
	56		0	21646.57

En la tabla 5.7., se observa la carga inicial a los 20mm de deflexión de la vigueta, la cual produce la fracturación de la vigueta dando inicio al ensayo de resistencia residual promedio de las viguetas con el 1% de fibras de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica, las viguetas tienen una resistencia 210 kg/cm² en edades de 14,28 y 56 días.

Tabla 5.8.Resistencia a la flexión de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 1 al 1.0% con resistencia 210 kg/cm²

CARGA VIGA FISURADA								DIMENSIONES (mm)			RESULTADOS	
DESCRIPCION	**Días**	**Deflexión (mm)**	**0**	**0.5**	**0.75**	**1**	**1.25**	**L**	**b**	**d**	**K**	**ARS (MPa)**
210 - 1.0 % FC - T1	**14**	**CARGA (N)**	0	2417.26	1812.94	1208.63	604.31	301.57	101.57	101.71	0.00028698	0.43356837
	28		0	3011.93	2258.94	1505.97	752.99	301.57	101.86	102.43	0.0002822	0.53122875
	56		0	3463.45	2597.59	1731.73	865.86	302.00	102.00	101.86	0.00028538	0.61775022

En la tabla 5.8., se presenta cada una de las cargas (N) a las distintas deflexiones 0, 0.5, 0.75, 1 y 1.25mm, a las cuales se somete la carga de las viguetas ya fisuradas, además se encuentran las dimensiones de las viguetas, con una resistencia f´c 210 kg/cm². Dándonos como resultado final la resistencia residual promedio (ARS) de cada una de las viguetas con el 1% de fibras de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica ensayadas a diferentes edades de 14,28 y 56 días

Tabla 5.9.Carga de fracturación de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 1 al 0.5% con resistencia 240 kg/cm²

CARGA DE FRACTURACIÓN				
DESCRIPCION	**DIAS**	**Deflexión (mm)**	**0**	**0.20**
240 - 0.5 % FC - T1	14	**CARGA INICIAL (N)**	0	15533.29
	28		0	19273.29
	56		0	23063.71

En la tabla 5.9., se observa la carga inicial a los 20mm de deflexión de la vigueta, la cual produce la fracturación de la vigueta dando inicio al ensayo de resistencia residual promedio de las viguetas con el 0.5% de fibras de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica, las viguetas tienen una resistencia 240 kg/cm² en edades de 14,28 y 56 días.

Tabla 5.10. Resistencia a la flexión de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 1 al 0.5% con resistencia 240 kg/cm²

CARGA VIGA FISURADA								DIMENSIONES (mm)			RESULTADOS	
DESCRIPCION	**Días**	**Deflexión (mm)**	**0**	**0.5**	**0.75**	**1**	**1.25**	**L**	**b**	**d**	**K**	**ARS (MPa)**
240 - 0.5 % FC - T1	**14**	**CARGA (N)**	0	2485.33	1863.99	1242.66	621.33	302.86	101.93	101.86	0.00028639	0.44485885
	28		0	3083.73	2312.79	1541.86	770.93	302.57	101.29	101.57	0.00028956	0.55807473
	56		0	3690.19	2767.65	1845.08	922.54	301.43	102.43	101.29	0.00028686	0.66160101

En la tabla 5.10., se presenta cada una de las cargas (N) a las distintas deflexiones 0, 0.5, 0.75, 1 y 1.25mm, a las cuales se somete la carga de las viguetas ya fisuradas, además se encuentran las dimensiones de las viguetas, con una resistencia f´c 240 kg/cm². Dándonos como resultado final la resistencia residual promedio (ARS) de cada una de las viguetas con el 0.5% de fibras de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica, ensayadas a diferentes edades de 14,28 y 56 días

Tabla 5.11.Carga de fracturación de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 1 al 1.0% con resistencia 240 kg/cm²

CARGA DE FRACTURACIÓN				
DESCRIPCION	**DIAS**	**Deflexión (mm)**	**0**	**0.20**
240 - 1.0 % FC - T1	14	**CARGA INICIAL (N)**	0	15924.00
	28		0	20219.00
	56		0	23804.86

En la tabla 5.11., se observa la carga inicial a los 20mm de deflexión de la vigueta, la cual produce la fracturación de la vigueta dando inicio al ensayo de resistencia residual promedio de las viguetas con el 1.0% de fibras de coco tratadas químicamente con

hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica, las viguetas tienen una resistencia 240 kg/cm² en edades de 14,28 y 56 días.

Tabla 5.12.Resistencia a la flexión de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 1 al 1.0% con resistencia 240 kg/cm²

CARGA VIGA FISURADA								DIMENSIONES (mm)			RESULTADOS	
DESCRIPCION	**Días**	**Deflexión (mm)**	**0**	**0.5**	**0.75**	**1**	**1.25**	**L**	**b**	**d**	**K**	**ARS (MPa)**
240 - 1.0 % FC - T1	**14**	**CARGA (N)**	0	2547.84	1910.88	1273.92	636.96	302.14	102.14	103.00	0.00027882	0.44399906
	28		0	3235.04	2426.28	1617.52	808.76	302.29	102.00	102.71	0.0002809	0.56795696
	56		0	3808.78	2856.5829	1904.389	952.1943	302.43	101.86	102.43	0.000283	0.67368159

En la tabla 5.12., se presenta cada una de las cargas (N) a las distintas deflexiones 0, 0.5, 0.75, 1 y 1.25mm, a las cuales se somete la carga de las viguetas ya fisuradas, además se encuentran las dimensiones de las viguetas, con una resistencia f´c 240 kg/cm². Dándonos como resultado final la resistencia residual promedio (ARS) de cada una de las viguetas con el 1.0% de fibras de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica, ensayadas a diferentes edades de 14,28 y 56 días.

5.1.1.3.Resistencia a la flexión de viguetas en las que se han aplicado el segundo tratamiento.

Tabla 5.13.Carga de fracturación de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 2 al 0.5% con resistencia 210 kg/cm²

CARGA DE FRACTURACIÓN				
DESCRIPCION	**DIAS**	**Deflexión, mm**	**0**	**0.20**
210 - 0.5% FC - T2	14	**CARGA INICIAL, N**	0	11698.40
	28		0	16173.57
	56		0	19012.14

En la tabla 5.13., se observa la carga inicial a los 20mm de deflexión de la vigueta, la cual produce la fracturación de la vigueta dando inicio al ensayo de resistencia residual promedio de las viguetas con el 0.5% de fibras de coco tratadas químicamente con humo de sílice, las viguetas tienen una resistencia 210 kg/cm² en edades de 14,28 y 56 días.

Tabla 5.14.Resistencia a la flexión de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 2 al 0.5% con resistencia 210 kg/cm²

CARGA VIGA FISURADA								DIMENSIONES (mm)			RESULTADOS	
DESCRIPCION	**Días**	**Deflexión (mm)**	**0**	**0.5**	**0.75**	**1**	**1.25**	**L**	**b**	**d**	**K**	**ARS (MPa)**
210 - 0.5% FC - T2	**14**	**CARGA (N)**	0	1871.74	1403.81	935.87	467.94	301.86	101.71	101.71	0.0002869	0.33556918
	28		0	2587.77	1940.83	1293.89	646.94	301.86	102.71	101.57	0.0002849	0.46071613
	56		0	3041.94	2281.46	1520.97	760.49	302.29	102.14	102.29	0.0002829	0.53778753

En la tabla 5.14., se presenta cada una de las cargas (N) a las distintas deflexiones 0, 0.5, 0.75, 1 y 1.25mm, a las cuales se somete la carga de las viguetas ya fisuradas, además se encuentran las dimensiones de las viguetas, con una resistencia f´c 210 kg/cm². Dándonos como resultado final la resistencia residual promedio (ARS) de cada una de las viguetas con el 0.5% de fibras de coco tratadas químicamente con humo de sílice, ensayadas a diferentes edades de 14,28 y 56 días.

Tabla 5.15.Carga de fracturación de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 2 al 1.0% con resistencia 210 kg/cm²

CARGA DE FRACTURACIÓN				
DESCRIPCION	**DIAS**	**Deflexión (mm)**	**0**	**0.20**
210 - 1.0 % FC - T2	14	**CARGA INICIAL (N)**	0	13290.29
	28		0	16330.14
	56		0	19619.00

En la tabla 5.15., se observa la carga inicial a los 20mm de deflexión de la vigueta, la cual produce la fracturación de la vigueta dando inicio al ensayo de resistencia residual promedio de las viguetas con el 1.0% de fibras de coco tratadas químicamente con humo de sílice, las viguetas tienen una resistencia 210 kg/cm² en edades de 14,28 y 56 días.

Tabla 5.16.Resistencia a la flexión de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 2 al 1.0% con resistencia 210 kg/cm²

CARGA VIGA FISURADA								DIMENSIONES (mm)			RESULTADOS	
DESCRIPCION	**Días**	**Deflexión (mm)**	**0**	**0.5**	**0.75**	**1**	**1.25**	**L**	**b**	**d**	**K**	**ARS(MPa)**
210 - 1.0 % FC - T2	**14**	**CARGA (N)**	0	2126.44	1594.83	1063.22	531.61	301.79	102.57	102.43	0.0002804	0.37270426
	28		0	2612.82	1959.61	1306.41	653.20	302.29	102.14	102.71	0.0002805	0.45807639
	56		0	3139.04	2354.28	1569.52	784.76	302.57	102.57	102.71	0.0002796	0.54855058

En la tabla 5.16., se presenta cada una de las cargas (N) a las distintas deflexiones 0, 0.5, 0.75, 1 y 1.25mm, a las cuales se somete la carga de las viguetas ya fisuradas, además se encuentran las dimensiones de las viguetas, con una resistencia f´c 210 kg/cm². Dándonos como resultado final la resistencia residual promedio (ARS) de cada una de las viguetas con el 1.0% de fibras de coco tratadas químicamente con humo de sílice, ensayadas a diferentes edades de 14,28 y 56 días.

Tabla 5.17.Carga de fracturación de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 2 al 0.5% con resistencia 240 kg/cm²

Carga de fracturación				
DESCRIPCION	**DIAS**	**Deflexión (mm)**	**0**	**0.20**
240 - 0.5 % FC - T2	14	**CARGA INICIAL (N)**	0	15076.29
	28		0	19019.57
	56		0	22391.14

En la tabla 5.17., se observa la carga inicial a los 20mm de deflexión de la vigueta, la cual produce la fracturación de la vigueta dando inicio al ensayo de resistencia residual promedio de las viguetas con el 0.5% de fibras de coco tratadas químicamente con humo de sílice, las viguetas tienen una resistencia 240 kg/cm² en edades de 14,28 y 56 días.

Tabla 5.18.Resistencia a la flexión de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 2 al 0.5% con resistencia 240 kg/cm²

CARGA VIGA FISURADA								DIMENSIONES (mm)			RESULTADOS	
DESCRIPCION	**Días**	**Deflexión (mm)**	**0**	**0.5**	**0.75**	**1**	**1.25**	**L**	**b**	**d**	**K**	**ARS (MPa)**
240 - 0.5 % FC - T2	**14**	**CARGA (N)**	0	2412.206	1809.1543	1206.1	603.0514	301.71	102.57	101.86	0.0002835	0.4274456
	28		0	3043.131	2282.3486	1521.57	760.7829	302.00	101.14	102.00	0.000287	0.54584848
	56		0	3582.583	2686.9371	1791.29	895.6457	302.43	102.57	102.14	0.0002826	0.63278572

En la tabla 5.18, se presenta cada una de las cargas (N) a las distintas deflexiones 0, 0.5, 0.75, 1 y 1.25mm, a las cuales se somete la carga de las viguetas ya fisuradas, además se encuentran las dimensiones de las viguetas, con una resistencia f´c 240 kg/cm². Dándonos como resultado final la resistencia residual promedio (ARS) de cada una de las viguetas con el 0.5% de fibras de coco tratadas químicamente con humo de sílice, ensayadas a diferentes edades de 14,28 y 56 días.

Tabla 5.19.Carga de fracturación de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 2 al 1.0% con resistencia 240 kg/cm²

CARGA DE FRACTURACIÓN				
DESCRIPCION	**DIAS**	**Deflexión (mm)**	**0**	**0.20**
240 - 1.0 % FC - T2	14	**CARGA INICIAL (N)**	0	15620.71
	28		0	19250.86
	56		0	23154.14

En la tabla 5.19., se observa la carga inicial a los 20mm de deflexión de la vigueta, la cual produce la fracturación de la vigueta dando inicio al ensayo de resistencia residual

promedio de las viguetas con el 1.0% de fibras de coco tratadas químicamente con humo de sílice, las viguetas tienen una resistencia 240 kg/cm² en edades de 14,28 y 56 días.

Tabla 5.20. Resistencia a la flexión de viguetas con fibra aplicado el tratamiento 2 al 1.0% con resistencia 240 kg/cm²

CARGA VIGA FISURADA								DIMENSIONES (mm)			RESULTADOS	
DESCRIPCION	**Días**	**Deflexión (mm)**	**0**	**0.5**	**0.75**	**1**	**1.25**	**L**	**b**	**d**	**K**	**ARS (MPa)**
240 - 1.0 % FC - T2	**14**	**CARGA (N)**	0	2499.314	1874.4857	1249.66	624.8286	301.71	102.29	101.43	0.0002867	0.44787948
	28		0	3080.137	2310.1029	1540.07	770.0343	302.00	101.71	102.14	0.0002846	0.54784671
	56		0	3704.663	2778.4971	1852.33	926.1657	301.86	101.86	101.57	0.0002873	0.66511318

En la tabla 5.20., se presenta cada una de las cargas (N) a las distintas deflexiones 0, 0.5, 0.75, 1 y 1.25mm, a las cuales se somete la carga de las viguetas ya fisuradas, además se encuentran las dimensiones de las viguetas, con una resistencia f´c 240 kg/cm². Dándonos como resultado final la resistencia residual promedio (ARS) de cada una de las viguetas con el 1.0% de fibras de coco tratadas químicamente con humo de sílice, ensayadas a diferentes edades de 14,28 y 56 días.

5.1.1.4. Curvas de Carga – Deflexión SF vs SC al 0.5%, con un f'c 210 kg/cm².

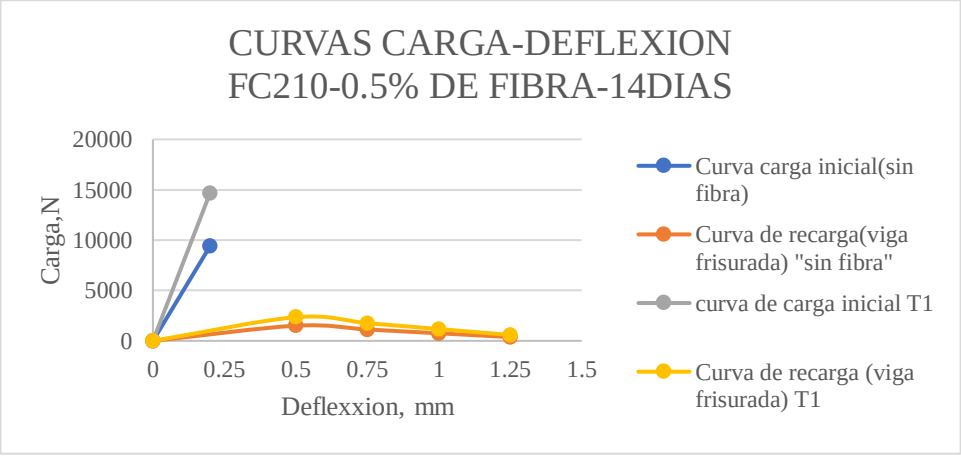


Figura 5.1.Comparación de la deflexión a los 14 días.

En la figura 5.1., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 0.5% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaoH) o sosa caustica, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 210 kg/cm² y ensayadas a los 14 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas SC con 0.5% de fibra de coco en relación con viguetas SF.

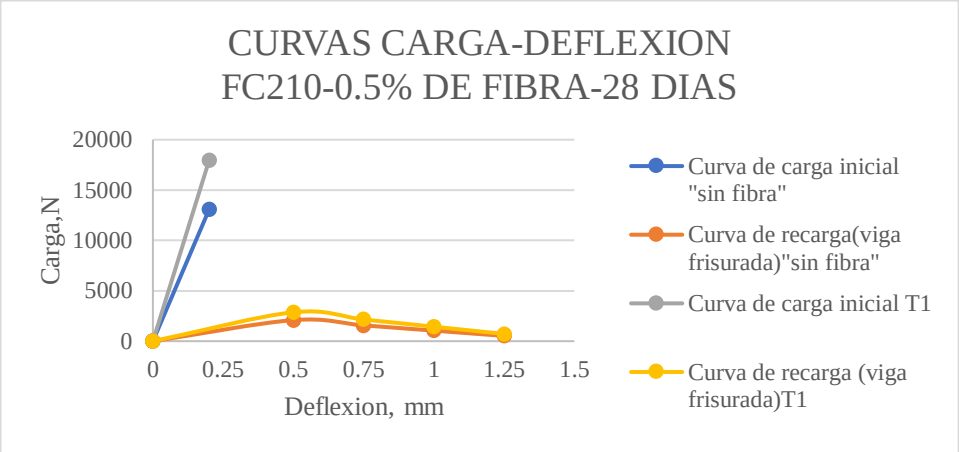


Figura 5.2. Comparación de la deflexión a los 28 días.

En la figura 5.2., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 0.5% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaoH) o sosa caustica, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 210 kg/cm² y ensayadas a los 28 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas SC con 0.5% de fibra de coco en relación con viguetas SF.

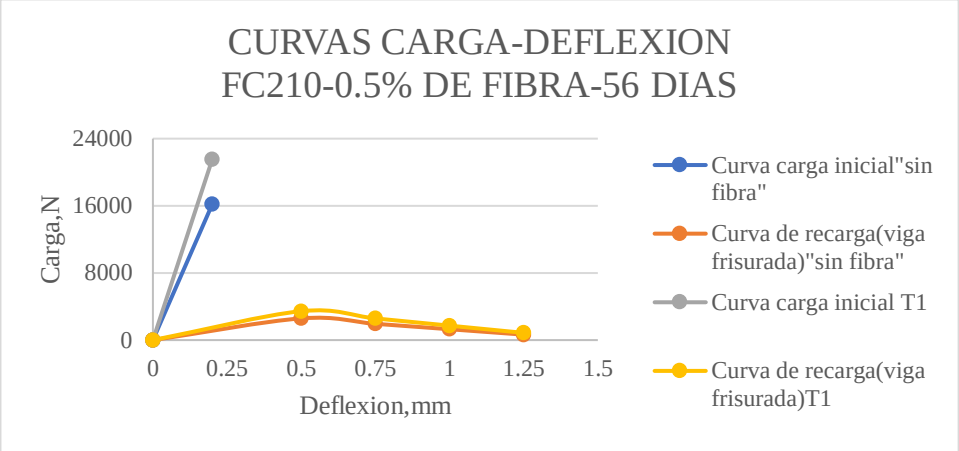


Figura 5.3.Comparación de la deflexión a los 56 días.

En la figura 5.3., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 0.5% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaoH) o sosa caustica, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 210 kg/cm² y ensayadas a los 56 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas SC con 0.5% de fibra de coco en relación con viguetas SF, esta tendencia se ve reflejada en edades de 14 y 28 días.

5.1.1.5.Curvas de Carga – Deflexión SF vs SC al 1.0%, con un f'c 210 kg/cm².

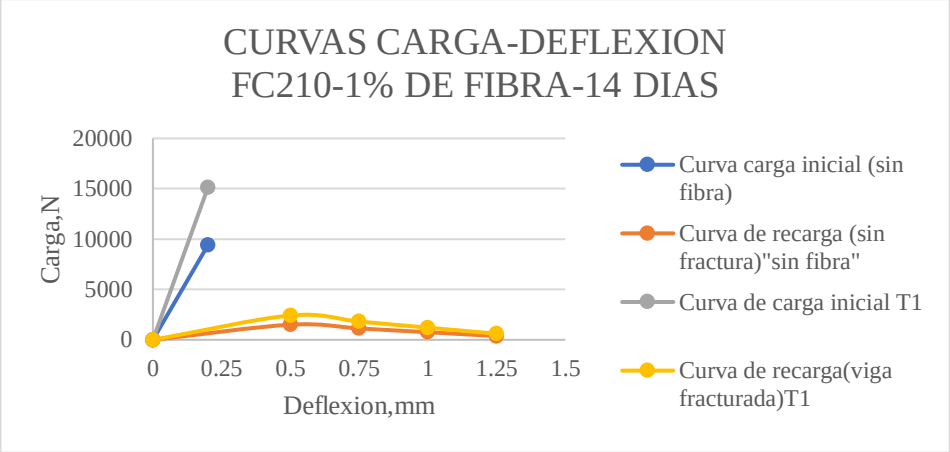


Figura 5.4. Comparación de la deflexión a los 14 días.

En la figura 5.4., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 1.0 % de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaoH) o sosa caustica, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 210 kg/cm² y ensayadas a los 14 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas SC con 1.0 % de fibra de coco en relación con viguetas SF.

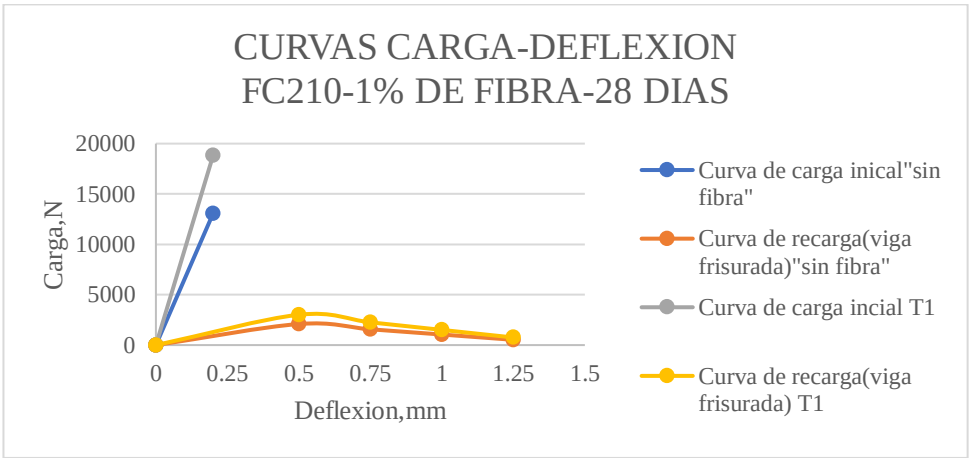


Figura 5.5.Comparación de la deflexión a los 28 días.

En la figura 5.5., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 1.0% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaoH) o sosa caustica, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 210 kg/cm² y ensayadas a los 28 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas SC con 1.0% de fibra de coco en relación con viguetas SF.

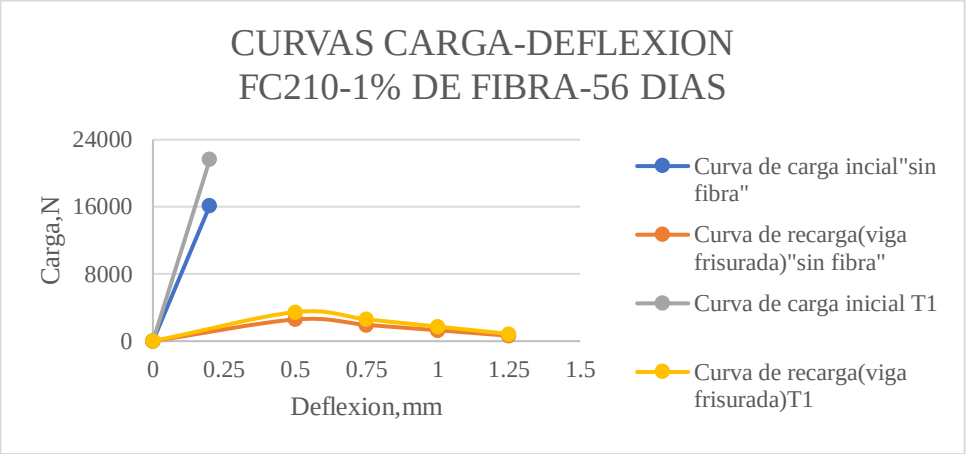


Figura 5.6. Comparación de la deflexión a los 56 días.

En la figura 5.6., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 1.0% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaoH) o sosa caustica, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 210 kg/cm² y ensayadas a los 56 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas SC con 1.0% de fibra de coco en relación con viguetas SF, esta tendencia se ve reflejada en edades de 14 y 28 días.

5.1.1.6.Curvas de Carga – Deflexión SF vs HS al 0.5%, con un f'c 210 kg/cm².

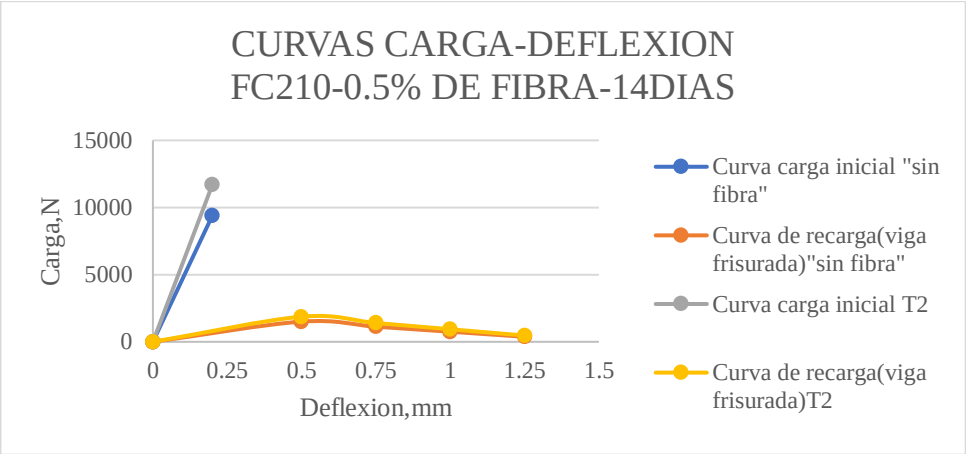


Figura 5.7. Comparación de la deflexión a los 14 días.

En la figura 5.7., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 0.5% de fibra de coco tratadas químicamente con humo de sílice, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 210 kg/cm² y ensayadas a los 14 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas HS con 0.5 % de fibra de coco en relación con viguetas SF.

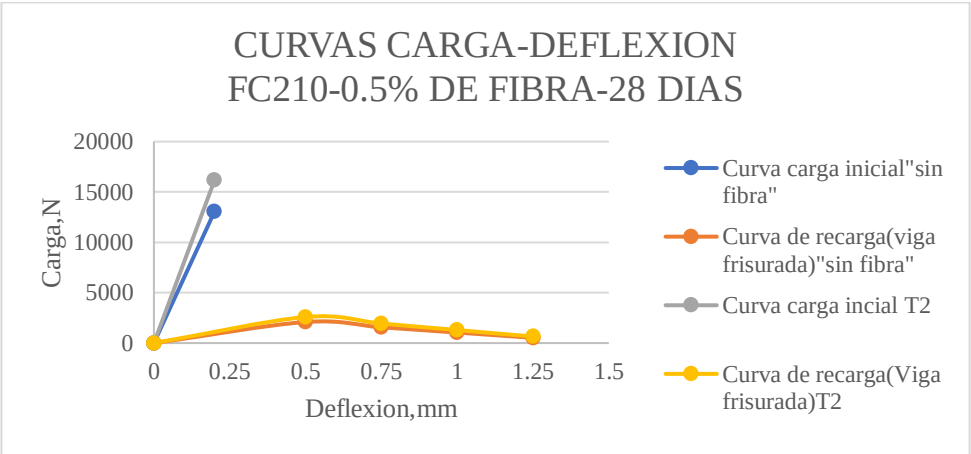


Figura 5.8.Comparación de la deflexión a los 28 días.

En la figura 5.8., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 0.5% de fibra de coco tratadas químicamente con humo de sílice, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 210 kg/cm² y ensayadas a los 28 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas HS con 0.5 % de fibra de coco en relación con viguetas SF.

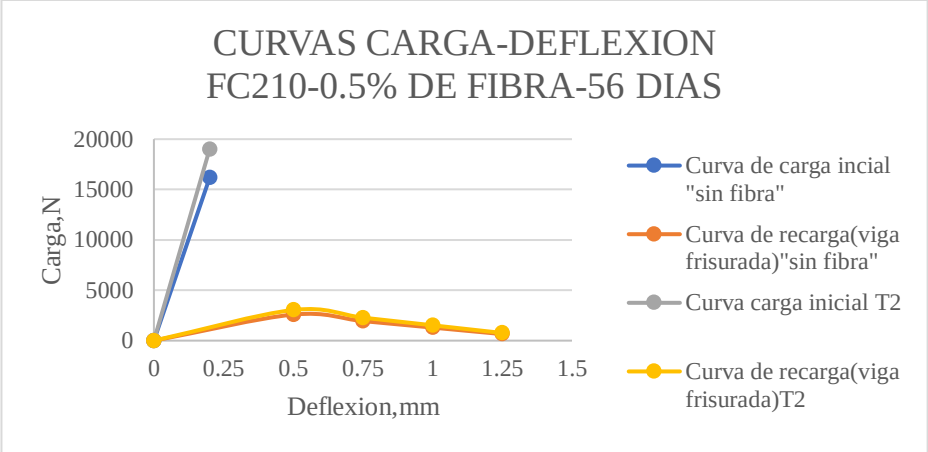


Figura 5.9. Comparación de la deflexión a los 56 días.

En la figura 5.9., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 0.5% de fibra de coco tratadas químicamente con humo de sílice, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 210 kg/cm² y ensayadas a los 56 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas SC con 0.5% de fibra de coco en relación con viguetas SF, esta tendencia se ve reflejada en edades de 14 y 28 días.

5.1.1.7.Curvas de Carga – Deflexión SF vs HS al 1.0 %, con un f'c 210 kg/cm².

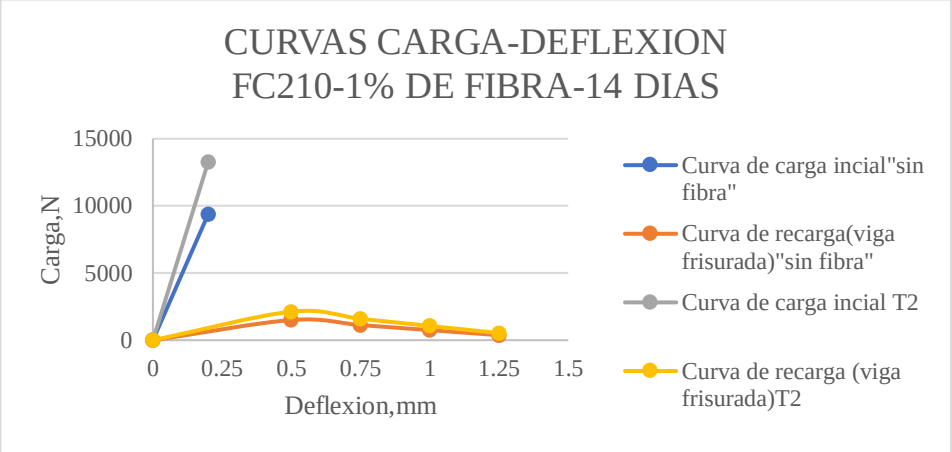


Figura 5.10. Comparación de la deflexión a los 14 días.

En la figura 5.10., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 1.0 % de fibra de coco tratadas químicamente con humo de sílice, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 210 kg/cm² y ensayadas a los 14 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas HS con 1.0 % de fibra de coco en relación con viguetas SF.

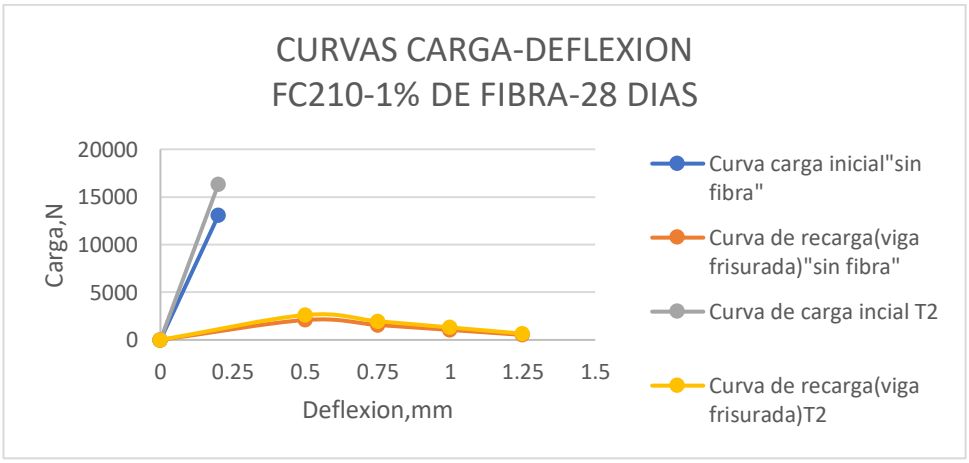


Figura 5.11.Comparación de la deflexión a los 28 días.

En la figura 5.11., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 1.0% de fibra de coco tratadas químicamente con humo de sílice, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 210 kg/cm² y ensayadas a los 28 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas HS con 1.0 % de fibra de coco en relación con viguetas SF.

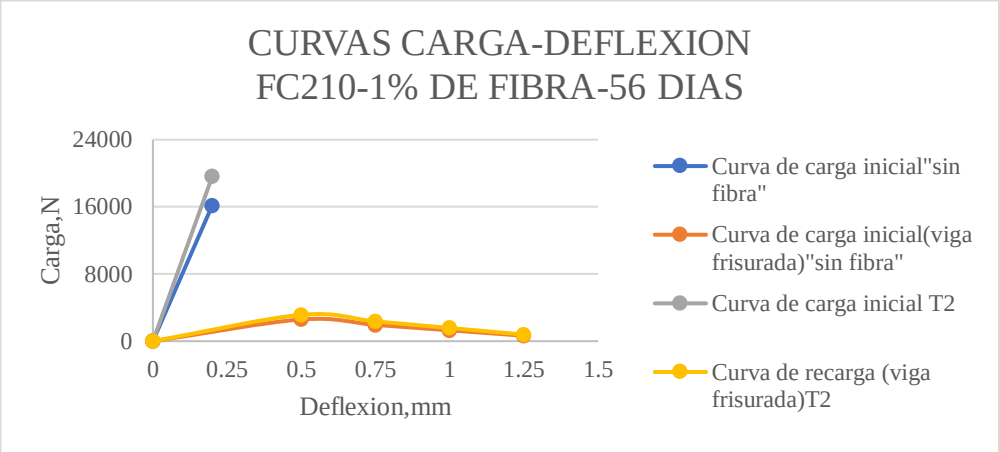


Figura 5.12.Comparación de la deflexión a los 56 días.

En la figura 5.12., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 1.0% de fibra de coco tratadas químicamente con humo de sílice, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 210 kg/cm² y ensayadas a los 56 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas SC con 1.0% de fibra de coco en relación con viguetas SF, esta tendencia se ve reflejada en edades de 14 y 28 días.

5.1.1.8.Curvas de Carga – Deflexión SF vs SC al 0.5%, con un f'c 240 kg/cm².

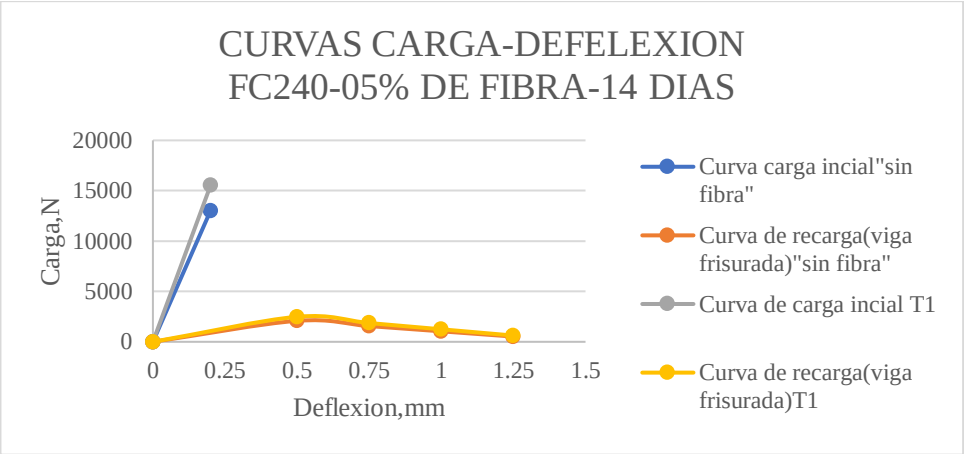


Figura 5.13.Comparación de la deflexión a los 14 días

En la figura 5.13., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 0.5% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaoH) o sosa caustica, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 240 kg/cm² y ensayadas a los 14 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas SC con 0.5% de fibra de coco en relación con viguetas SF.

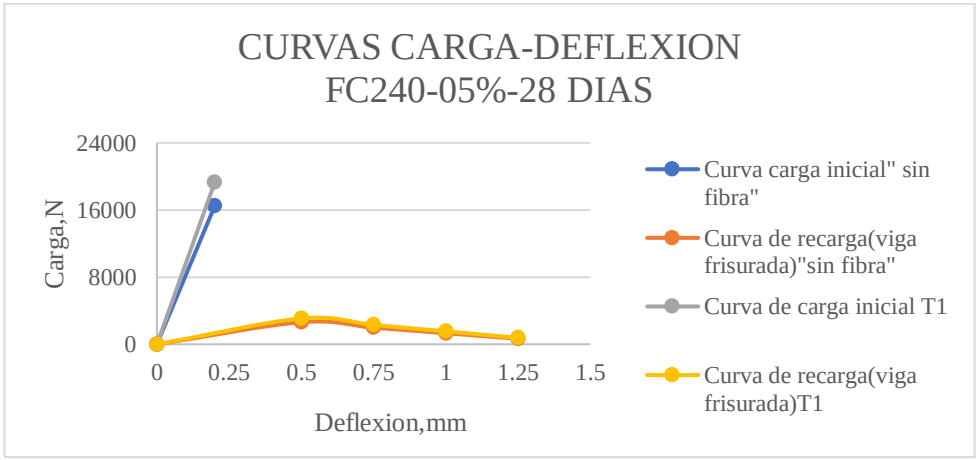


Figura 5.14.Comparación de la deflexión a los 28 días.

En la figura 5.14., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 0.5% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaoH) o sosa caustica, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 240 kg/cm² y ensayadas a los 28 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas SC con 0.5% de fibra de coco en relación con viguetas SF

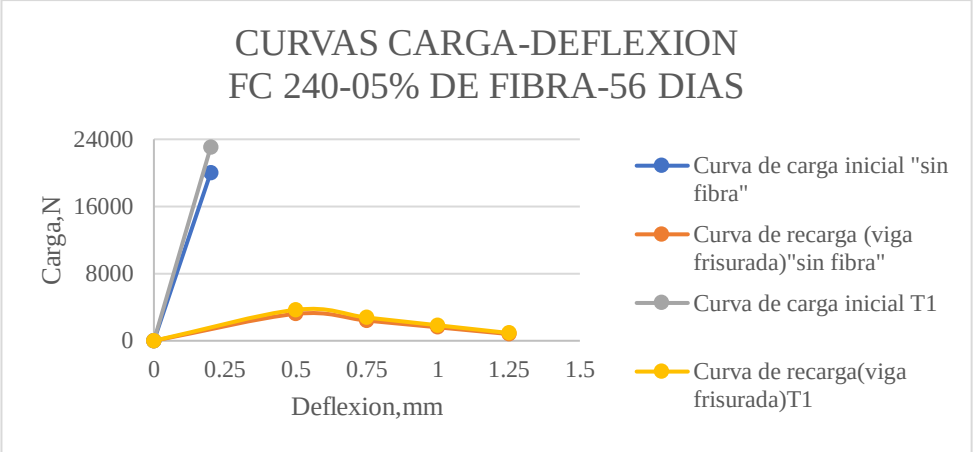


Figura 5.15.Comparación de la deflexión a los 56 días.

En la figura 5.15., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 0.5% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaoH) o sosa caustica, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 240 kg/cm² y ensayadas a los 56 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas SC con 0.5% de fibra de coco en relación con viguetas SF, esta tendencia se ve reflejada en edades de 14 y 28 días.

5.1.1.9.Curvas de Carga – Deflexión SF vs SC al 1.0 %, con un f'c 240 kg/cm².

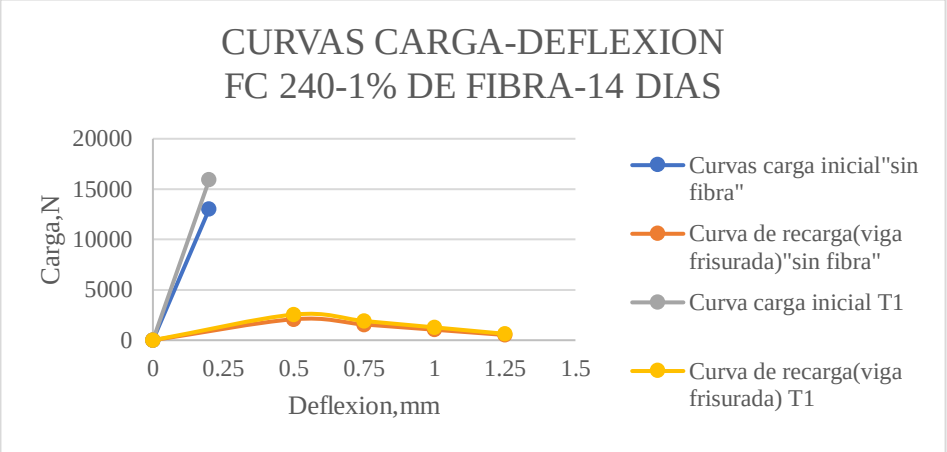


Figura 5.16.Comparación de la deflexión a los 14 días

En la figura 5.16., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 1.0% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaoH) o sosa caustica, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 240 kg/cm² y ensayadas a los 14 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas SC con 1.0% de fibra de coco en relación con viguetas SF.

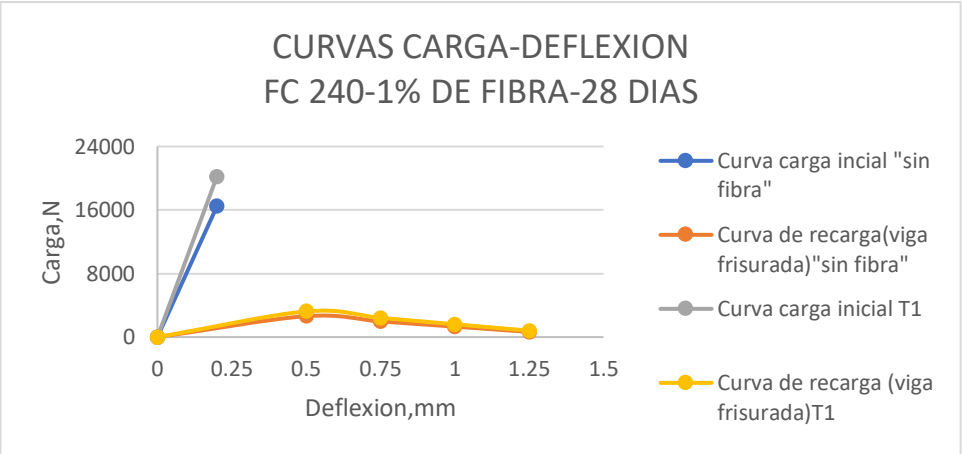


Figura 5.17.Comparación de la deflexión a los 28 días

En la figura 5.17., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 1.0% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaoH) o sosa caustica, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 240 kg/cm² y ensayadas a los 28 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas SC con 1.0% de fibra de coco en relación con viguetas SF.

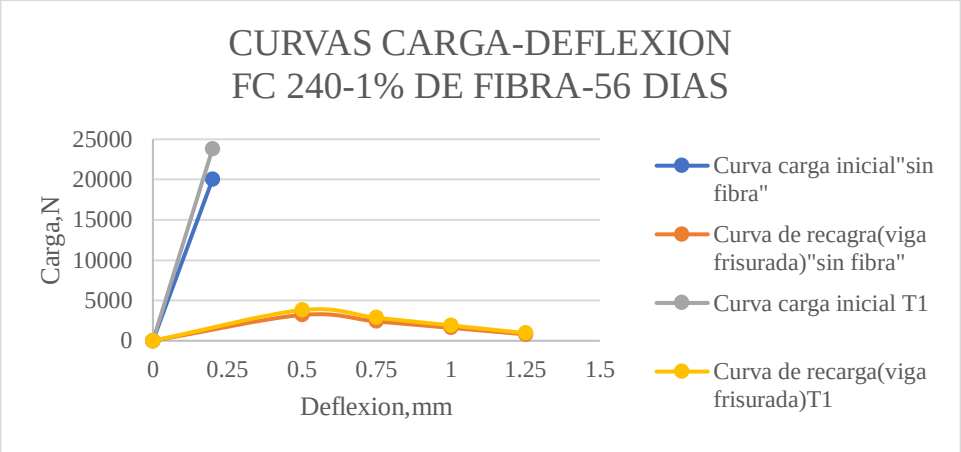


Figura 5.18. Comparación de la deflexión a los 56 días

En la figura 5.18., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 1.0% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaoH) o sosa caustica, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 240 kg/cm² y ensayadas a los 56 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas SC con 1.0% de fibra de coco en relación con viguetas SF, esta tendencia se ve reflejada en edades de 14 y 28 días.

5.1.1.10. Curvas de Carga – Deflexión SF vs HS al 0.5%, con un f'c 240 kg/cm².

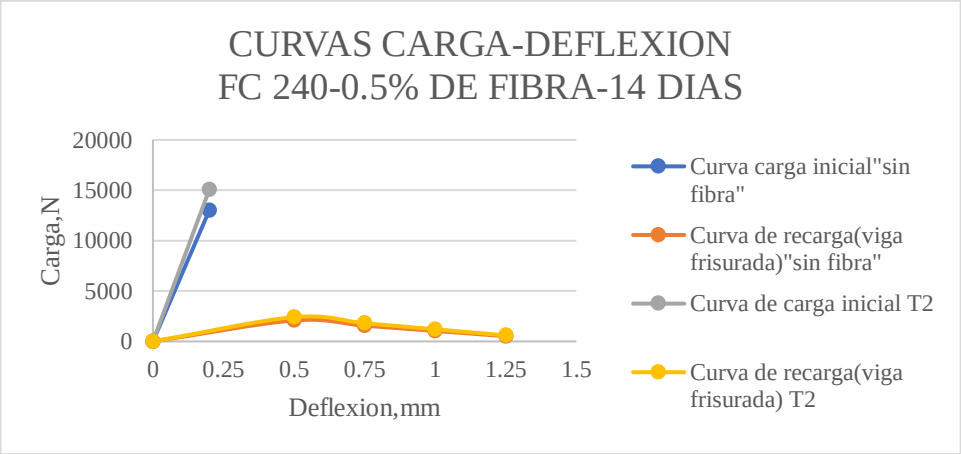


Figura 5.19.Comparación de la deflexión a los 14 días

En la figura 5.19., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 0.5% de fibra de coco tratadas químicamente con humo de sílice, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 240 kg/cm² y ensayadas a los 14 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas HS con 0.5 % de fibra de coco en relación con viguetas SF.

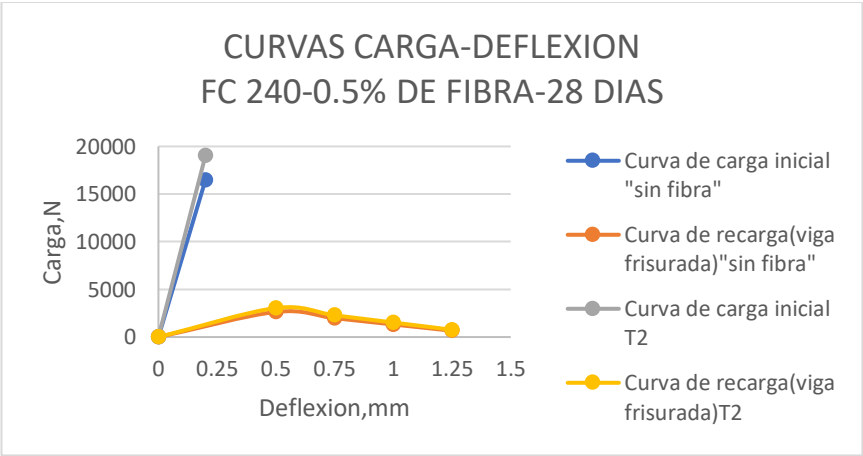


Figura 5.20.Comparación de la deflexión a los 28 días

En la figura 5.20., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 0.5% de fibra de coco tratadas químicamente con humo de sílice, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 240 kg/cm² y ensayadas a los 28 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas HS con 0.5 % de fibra de coco en relación con viguetas SF.

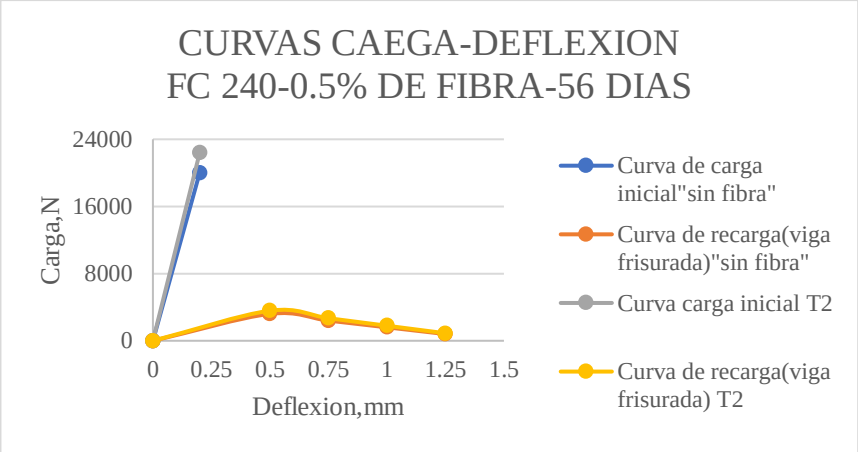


Figura 5.21. Comparación de la deflexión a los 56 días

En la figura 5.21., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 0.5% de fibra de coco tratadas químicamente con humo de sílice, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 240 kg/cm² y ensayadas a los 56 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas SC con 0.5% de fibra de coco en relación con viguetas SF, esta tendencia se ve reflejada en edades de 14 y 28 días.

5.1.1.11. Curvas de Carga – Deflexión SF vs HS al 1.0%, con un f'c 240 kg/cm².

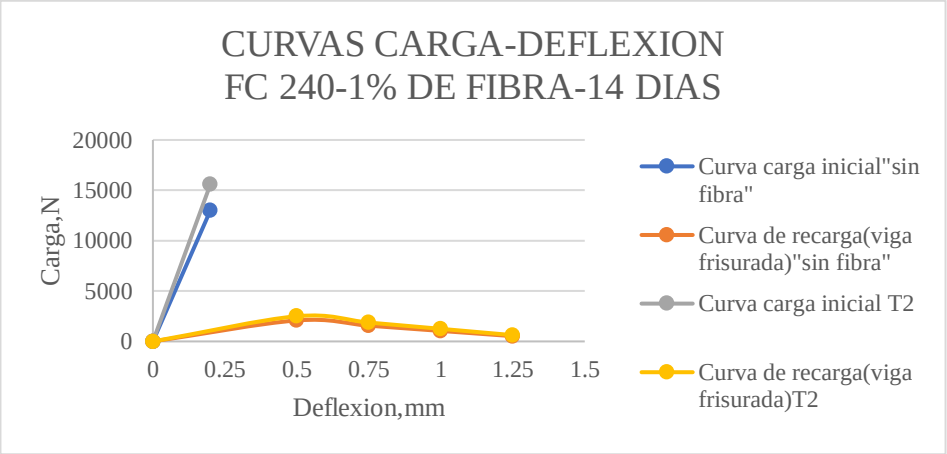


Figura 5.22.Comparación de la deflexión a los 14 días

En la figura 5.22., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 1.0% de fibra de coco tratadas químicamente con humo de sílice, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 240 kg/cm² y ensayadas a los 14 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas HS con 1.0% de fibra de coco en relación con viguetas SF.

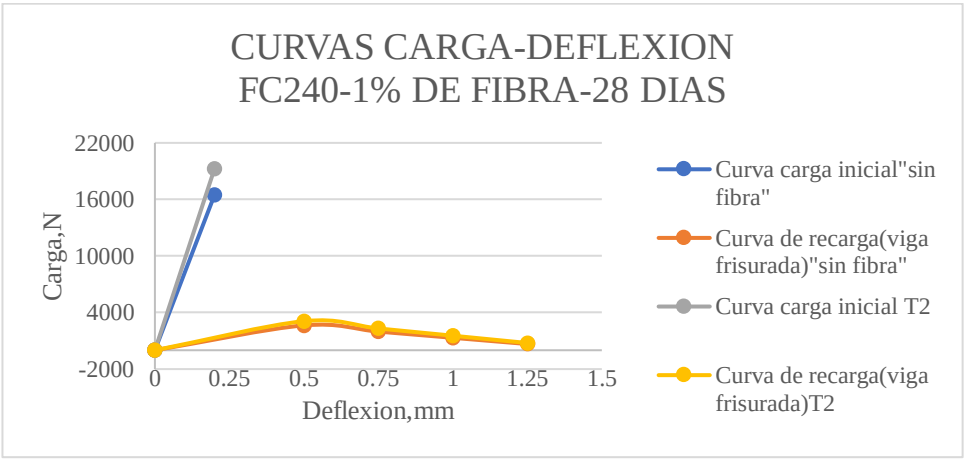


Figura 5.23.Comparación de la deflexión a los 28 días

En la figura 5.23., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 1.0% de fibra de coco tratadas químicamente con humo de sílice, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 240 kg/cm² y ensayadas a los 28 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas HS con 1.0 % de fibra de coco en relación con viguetas SF.

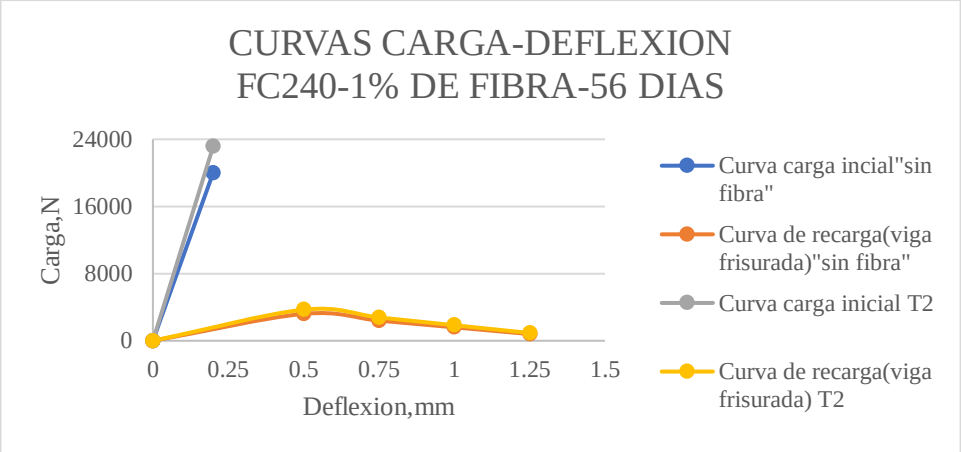


Figura 5.24.Comparación de la deflexión a los 56 días

En la figura 5.24., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó con ayuda de los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas con el 1.0% de fibra de coco tratadas químicamente con humo de sílice, en comparación a las viguetas sin fibras de coco, con f´c 240 kg/cm² y ensayadas a los 56 días. Existen un mayor soporte de carga y deflexión en las viguetas reforzadas SC con 1.0% de fibra de coco en relación con viguetas SF, esta tendencia se ve reflejada en edades de 14 y 28 días.

5.1.1.12. Curvas de Carga – Deflexión SC vs HS al 0.5%, con un f'c 210 kg/cm².

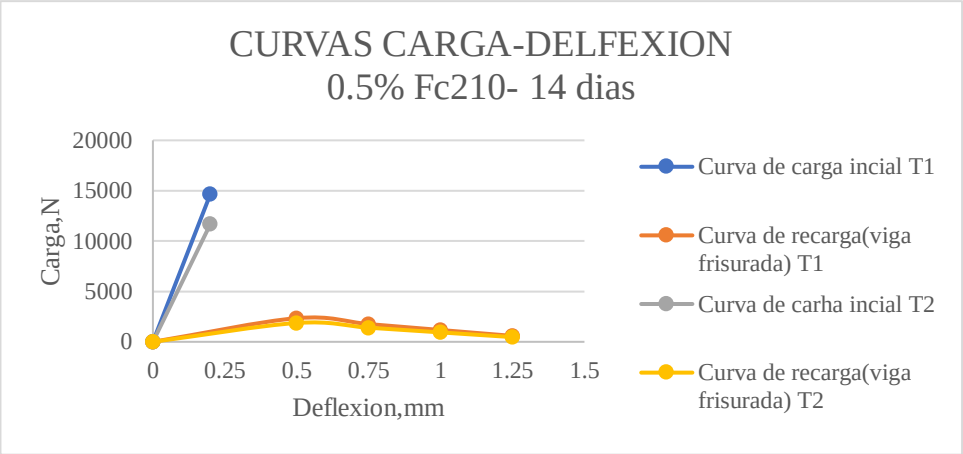


Figura 5.25. Comparación de la deflexión a los 14 días

En la figura 5.25., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó en base a los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas, con 0.5% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica y con humo de sílice, con f'c 210 kg/cm² y ensayadas a los 14 días. Sin embargo, las viguetas SC tienen un ligero aumento en referencia a soporte de carga y deflexión con relación a las viguetas HS.

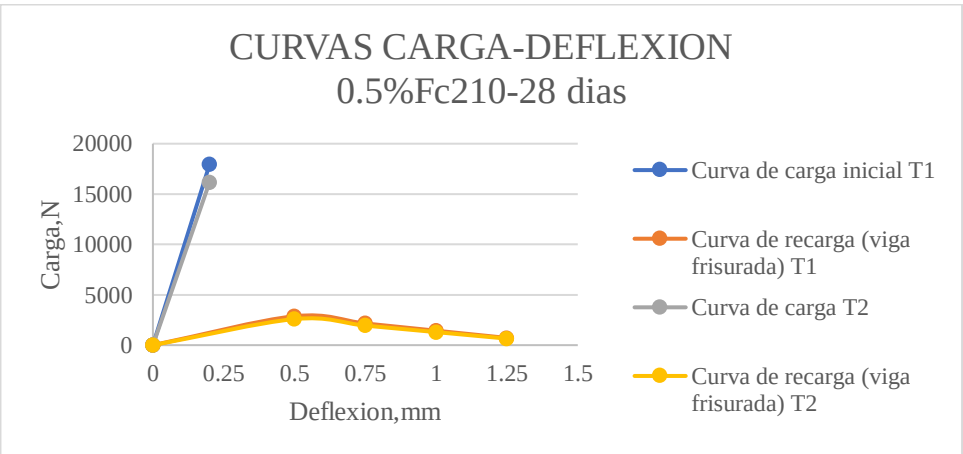


Figura 5.26.Comparación de la deflexión a los 28 días

En la figura 5.26., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó en base a los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas, con 0.5% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica y con humo de sílice, con f'c 210 kg/cm² y ensayadas a los 28 días. Sin embargo, las viguetas SC tienen un ligero aumento en referencia a soporte de carga y deflexión con relación a las viguetas HS.

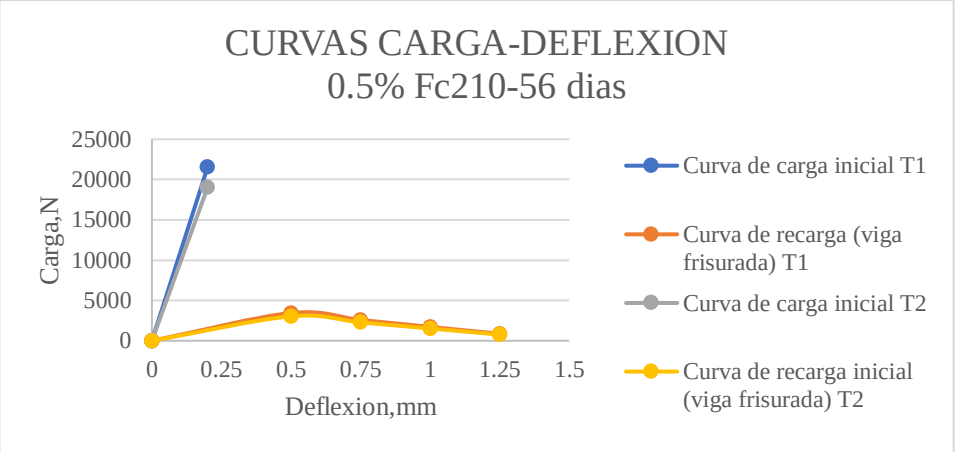


Figura 5.27.Comparación de la deflexión a los 56 días

En la figura 5.27., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó en base a los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas, con 0.5% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica y con humo de sílice, con f'c 210 kg/cm² y ensayadas a los 56 días. Sin embargo, las viguetas SC tienen un ligero aumento en referencia a soporte de carga y deflexión con relación a las viguetas HS, los resultados mantienen esta tendencia de aumento como en los 14 y 28 días.

5.1.1.13. Curvas de Carga – Deflexión SC vs HS al 1.0%, con un f'c 210 kg/cm².

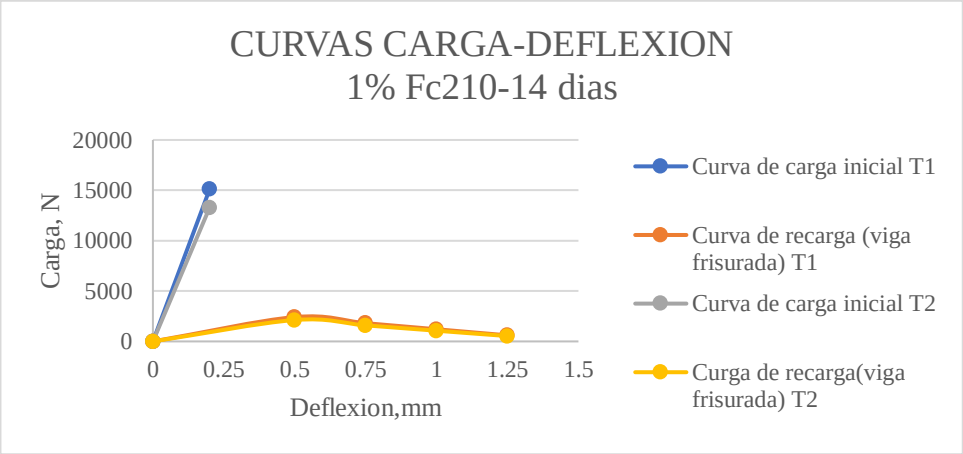


Figura 5.28.Comparación de la deflexión a los 14 días

En la figura 5.28., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó en base a los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas, con 1.0% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica y con humo de sílice, con f'c 210 kg/cm² y ensayadas a los 14 días. Sin embargo, las viguetas SC tienen un ligero aumento en referencia a soporte de carga y deflexión con relación a las viguetas HS.

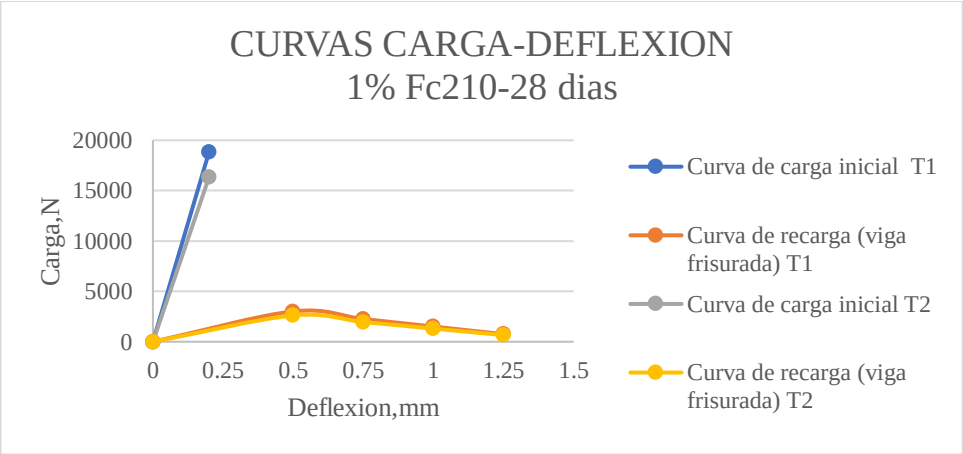


Figura 5.29.Comparación de la deflexión a los 28 días

En la figura 5.29., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó en base a los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas, con 1.0% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica y con humo de sílice, con f'c 210 kg/cm² y ensayadas a los 28 días. Sin embargo, las viguetas SC tienen un ligero aumento en referencia a soporte de carga y deflexión con relación a las viguetas HS.

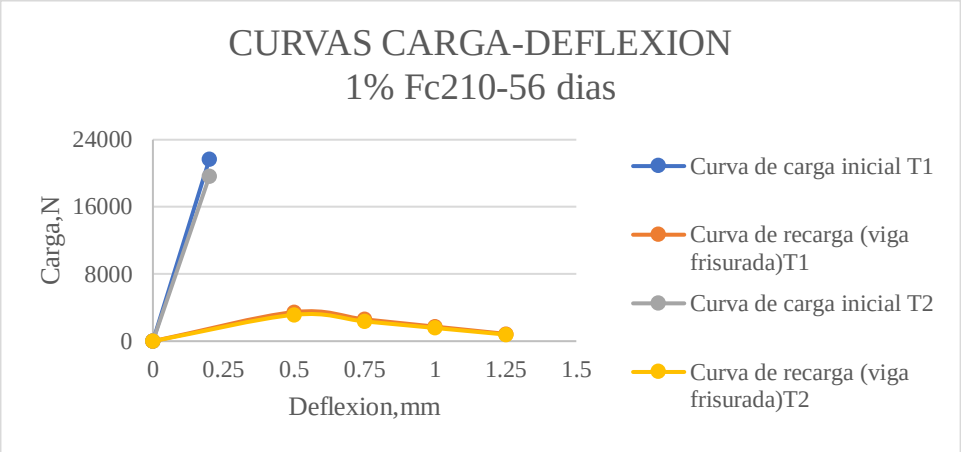


Figura 5.30.Comparación de la deflexión a los 56 días

En la figura 5.30., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó en base a los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas, con 1.0% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica y con humo de sílice, con f'c 210 kg/cm² y ensayadas a los 56 días. Sin embargo, las viguetas SC tienen un ligero aumento en referencia a soporte de carga y deflexión con relación a las viguetas HS, los resultados mantienen esta tendencia de aumento como en los 14 y 28 días.

5.1.1.14. Curvas de Carga – Deflexión SC vs HS al 0.5%, con un f'c 240 kg/cm².

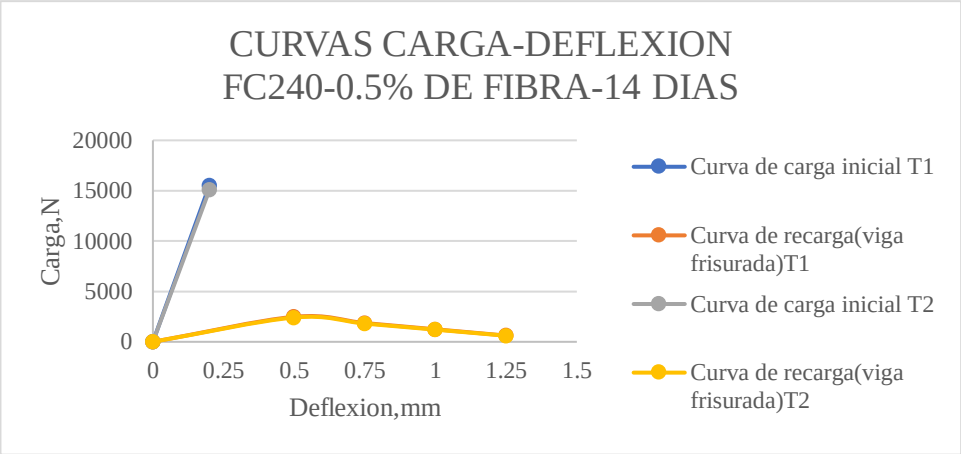


Figura 5.31.Comparación de la deflexión a los 14 días

En la figura 5.31., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó en base a los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas, con 0.5% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica y con humo de sílice, con f'c 240 kg/cm² y ensayadas a los 14 días. Sin embargo, las viguetas SC tienen un ligero aumento en referencia a soporte de carga, pero respecto a deflexión son casi similares con relación a las viguetas HS.

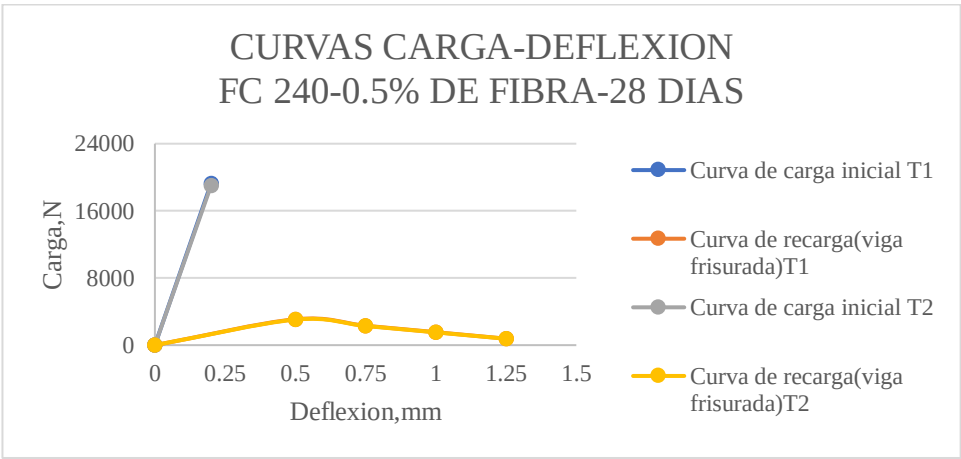


Figura 5.32. Comparación de la deflexión a los 28 días

En la figura 5.32., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó en base a los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas, con 0.5% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica y con humo de sílice, con f'c 240 kg/cm² y ensayadas a los 28 días. Sin embargo, las viguetas SC tienen un ligero aumento en referencia a soporte de carga, pero respecto a deflexión son casi similares con relación a las viguetas HS.

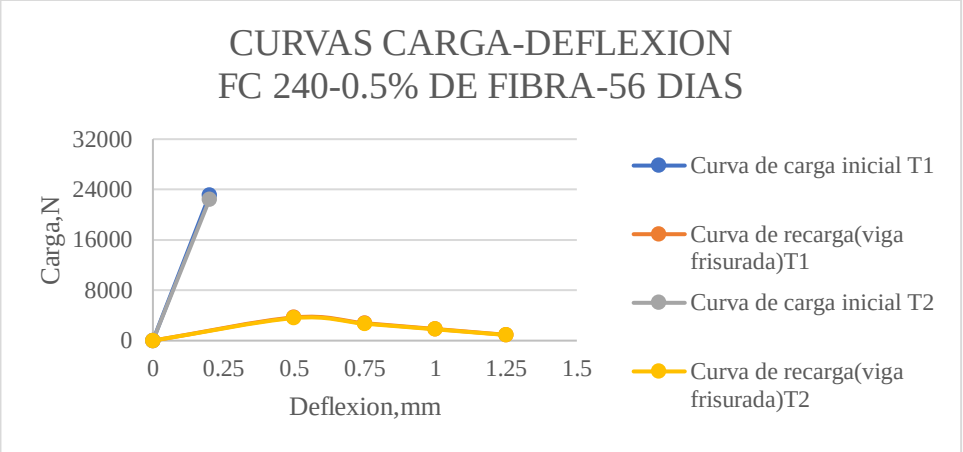


Figura 5.33. Comparación de la deflexión a los 56 días

En la figura 5.33., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó en base a los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas, con 0.5% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica y con humo de sílice, con f'c 240 kg/cm² y ensayadas a los 56 días. Sin embargo, las viguetas SC tienen un ligero aumento en referencia a soporte de carga, pero respecto a deflexión son casi similares con relación a las viguetas HS, los resultados mantienen esta tendencia de aumento como en los 14 y 28 días.

5.1.1.15. Curvas de Carga – Deflexión SC vs HS al 1.0%, con un f'c 240 kg/cm².

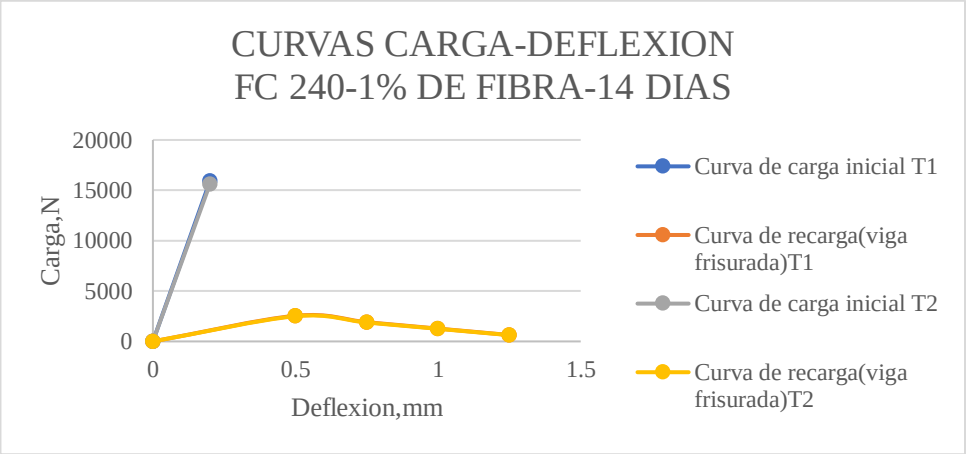


Figura 5.34.Comparación de la deflexión a los 14 días

En la figura 5.34., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó en base a los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas, con 1.0% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica y con humo de sílice, con f'c 240 kg/cm² y ensayadas a los 14 días. Sin embargo, las viguetas SC tienen un pequeño aumento en referencia a soporte de carga, pero respecto a deflexión son semejantes con relación a las viguetas HS.

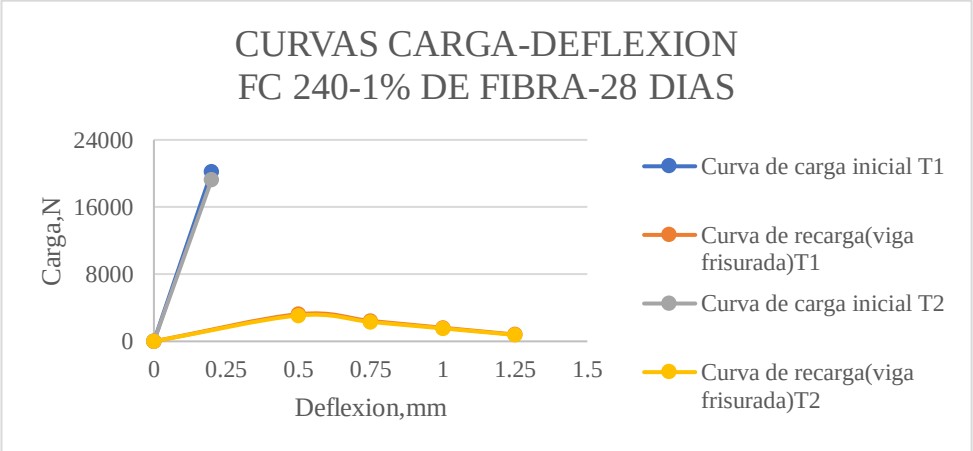


Figura 5.35.Comparación de la deflexión a los 28 días

En la figura 5.35., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó en base a los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas, con 1.0% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica y con humo de sílice, con f'c 240 kg/cm² y ensayadas a los 28 días. Sin embargo, las viguetas SC tienen un ligero aumento en referencia a soporte de carga, pero respecto a deflexión son casi similares con relación a las viguetas HS.

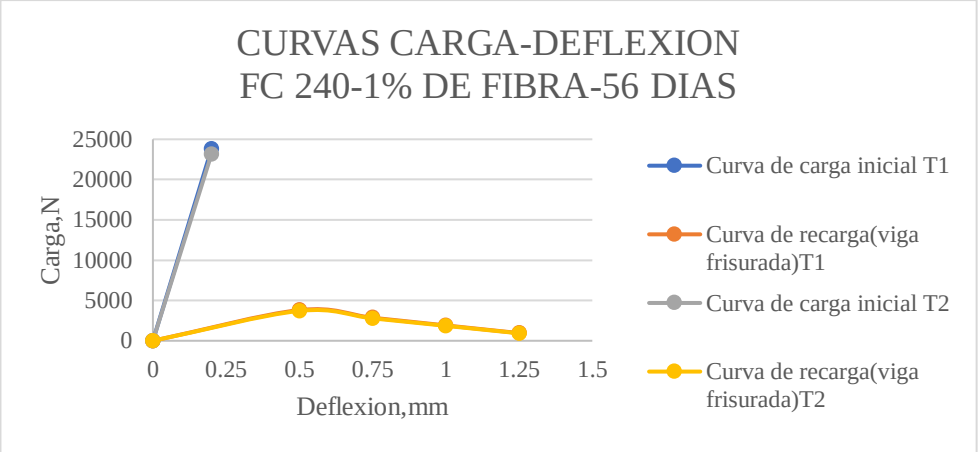


Figura 5.36.Comparación de la deflexión a los 56 días

En la figura 5.36., se observa las curvas de carga-deflexión que se realizó en base a los resultados obtenidos del cálculo de la carga residual media de las viguetas, con 1.0% de fibra de coco tratadas químicamente con hidróxido de sodio (NaOH) o sosa caustica y con humo de sílice, con f'c 240 kg/cm² y ensayadas a los 56 días. Sin embargo, las viguetas SC tienen un aumento en referencia a soporte de carga, pero respecto a deflexión son casi similares con relación a las viguetas HS, los resultados mantienen esta tendencia de aumento en edades de 14 y 28 días.

5.1.2. Análisis de resultados

Una vez determinado la resistencia residual promedio de cada una de las viguetas, se observa los siguientes resultados:

Tabla 5.21. Resumen de la resistencia residual promedio de las viguetas a los 56 días.

Especificaciones	Días	Resistencia residual promedio - ARS(Mpa)	% de Mejoramiento
210 SF	56	0.4629	-
240 SF	56	0.5655	-
210 - 0.5% FC - T1	56	0.6121	32.23%
210 - 1.0 % FC - T1	56	0.6177	33.44%
240 - 0.5 % FC - T1	56	0.6616	16.99%
240 - 1.0 % FC - T1	56	0.6736	19.12%
210 - 0.5% FC - T2	56	0.5377	16.16%
210 - 1.0 % FC - T2	56	0.5485	18.49%
240 - 0.5 % FC - T2	56	0.6327	11.88%
240 - 1.0 % FC - T2	56	0.6651	17.61%

En base a los resultados obtenidos se determina que el hormigón con fibras de coco tratadas tanto con el tratamiento 1 como con el tratamiento 2, obtuvo valores de resistencia residual mayores en relación con el hormigón sin fibras de coco. El presente resultado sucede, tanto para la resistencia f´c 210 kg/cm² y f´c 240 kg/cm², esta tendencia se vio reflejada desde los ensayos que se realizaron a las viguetas a los 14, 28 y 56 días.

Sin embargo, las viguetas realizadas con el tratamiento 1 (NaOH) presenta resultados de mejoría mayores para para la resistencia de diseño f´c=210 kg/cm² y f´c =240 kg/cm² en comparación a las viguetas realizadas con el tratamiento 2 (Humo de sílice y goma arábiga).

Habiendo un mejoramiento considerable de 32.23% y 33.44% en el caso de las viguetas con una resistencia de 210 kg/cm² con fibra de coco al 0.5% y 1% aplicado el primer tratamiento en comparación a las demás tipologías, los cuales obtuvieron un porcentaje de mejoramiento no tan variado.

5.2.MÓDULO DE ROTURA

5.2.1. Módulo de rotura teórico

El módulo de rotura teórico se obtiene mediante la aplicación de la **Ecuación.4** para cada una de las resistencias especificadas.

$$fr = 0.62\lambda\sqrt{f'c}$$ **Ecuación.4**

$$fr = 0.62\ (1)\ \sqrt{21}\ = 2.84\ MPa$$

$$fr = 0.62\ (1)\ \sqrt{24}\ = 3.04\ MPa$$

5.2.2. Módulo de rotura de viguetas

Se presenta el cálculo del módulo de rotura obtenido a partir de los ensayos realizados a las viguetas con cada una de sus tipificaciones.

Cabe mencionar que, para el cálculo del módulo de rotura, la fractura de la vigueta se presentó en el tercio medio de la longitud total de las viguetas, por ende, se ha utilizado la **Ecuación.2.**

5.2.2.1.Cálculos de módulo de rotura de viguetas sin fibra de coco.

Se presenta la tabla en la que se encuentran las variables y cálculos obtenidos de las viguetas de hormigón sin fibra de coco con un f'c 210 kg/cm², en las edades de 14, 28 y 56 días.

Tabla 5.22. Módulo de rotura de viguetas con resistencia 210 kg/cm² sin tratamiento

RESISTENCIA		210 kg/cm²	FIBRA NATURAL		SF	
TRATAMIENTO		-	% DE FIBRA		-	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	DÍAS DE ENSAYO		14.00	
N° VIGUETA	CARGA (N)	CARGA (kg)	LONGITUD VIGUETA (cm)	ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)	PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)	R= PL/bd² (MPa)
1	1063.20	108.38	35.10	10.30	10.10	3.62
2	10876.00	1108.66	35.10	10.20	10.10	3.67
3	10024.00	1021.81	35.10	10.20	10.20	3.32
4	10986.00	1119.88	35.10	10.10	10.20	3.67
5	10745.00	1095.31	35.20	10.20	10.20	3.56
6	11003.00	1121.61	35.20	10.20	10.10	3.72
7	11094.00	1130.89	35.10	10.30	10.10	3.71
RESISTENCIA		210 kg/cm²	FIBRA NATURAL		SF	
TRATAMIENTO		-	% DE FIBRA		-	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	DÍAS DE ENSAYO		28.00	
N° VIGUETA	CARGA (N)	CARGA (kg)	LONGITUD VIGUETA (cm)	ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)	PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)	R= PL/bd² (MPa)
1	13254.00	1351.07	35.10	10.20	10.10	4.47
2	12989.00	1324.06	35.20	10.20	10.20	4.31
3	12763.00	1301.02	35.00	10.10	10.10	4.34
4	12305.00	1254.33	35.20	10.30	10.10	4.12
5	13059.00	1331.19	35.10	10.20	10.20	4.32
6	13102.00	1335.58	35.20	10.30	10.30	4.22
7	13963.00	1423.34	35.30	10.30	10.20	4.60
RESISTENCIA		210 kg/cm²	FIBRA NATURAL		SF	
TRATAMIENTO		-	% DE FIBRA		-	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	DÍAS DE ENSAYO		56.00	
N° VIGUETA	CARGA (N)	CARGA (kg)	LONGITUD VIGUETA (cm)	ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)	PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)	R= PL/bd² (MPa)
1	16425.00	1674.31	35.10	10.30	10.10	5.49
2	16245.00	1655.96	35.10	10.20	10.10	5.48
3	16325.00	1664.12	35.10	10.20	10.20	5.40
4	15434.00	1573.29	35.10	10.10	10.20	5.16
5	15965.00	1627.42	35.20	10.20	10.20	5.30
6	16846.00	1717.23	35.20	10.20	10.10	5.70
7	15943.00	1625.18	35.10	10.30	10.10	5.33

Se presenta la tabla en la que se encuentran las variables y cálculos obtenidos de las viguetas de hormigón sin fibra de coco con un f'c 240 kg/cm², en las edades de 14, 28 y 56 días.

Tabla 5.23. Módulo de rotura de viguetas con resistencia 240 kg/cm² sin tratamiento

RESISTENCIA		240 kg/cm²	FIBRA NATURAL		SF	
TRATAMIENTO		-	% DE FIBRA		-	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	DÍAS DE ENSAYO		14.00	
N° VIGUETA	CARGA (N)	CARGA (kg)	LONGITUD VIGUETA (cm)	ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)	PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)	R= PL/bd² (MPa)
1	11635.00	1186.03	35.10	10.20	10.20	3.85
2	12985.00	1323.65	35.20	10.10	10.20	4.35
3	12743.00	1298.98	35.20	10.10	10.20	4.27
4	13692.00	1395.72	35.20	10.10	10.20	4.59
5	13265.00	1352.19	35.10	10.10	10.10	4.52
6	13478.00	1373.90	35.30	10.20	10.10	4.57
7	13361.00	1361.98	35.10	10.30	10.10	4.46
RESISTENCIA		240 kg/cm²	FIBRA NATURAL		SF	
TRATAMIENTO		-	% DE FIBRA		-	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	DÍAS DE ENSAYO		28.00	
N° VIGUETA	CARGA (N)	CARGA (kg)	LONGITUD VIGUETA (cm)	ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)	PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)	R= PL/bd² (MPa)
1	16234.00	1654.84	35.10	10.20	10.30	5.27
2	16463.00	1678.19	35.10	10.00	10.20	5.55
3	17456.00	1779.41	35.30	10.30	10.20	5.75
4	17654.00	1799.59	35.20	10.30	10.10	5.91
5	16059.00	1637.00	35.30	10.10	10.00	5.61
6	15763.00	1606.83	35.00	10.10	10.30	5.15
7	15647.00	1595.01	35.20	10.20	10.20	5.19
RESISTENCIA		240 kg/cm²	FIBRA NATURAL		SF	
TRATAMIENTO		-	% DE FIBRA		-	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	DÍAS DE ENSAYO		56.00	
N° VIGUETA	CARGA (N)	CARGA (kg)	LONGITUD VIGUETA (cm)	ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)	PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)	R= PL/bd² (MPa)
1	19465.00	1984.20	35.15	10.20	10.30	6.32
2	19863.00	2024.77	35.35	10.30	10.40	6.30
3	19876.00	2026.10	35.40	10.20	10.20	6.63
4	20130.00	2051.99	35.30	10.30	10.20	6.63
5	20478.00	2087.46	35.30	10.30	10.20	6.75
6	20346.00	2074.01	35.20	10.30	10.10	6.82
7	19978.00	2036.49	35.20	10.30	10.10	6.69

5.2.2.2.Cálculo del módulo de rotura de viguetas con fibra de coco con el tratamiento 1.

Se presenta la tabla en la que se encuentran las variables a considerar y los cálculos obtenidos de las viguetas de hormigón reforzado con fibra de coco y un f'c 210 kg/cm², la fibra de coco respecto al volumen en el hormigón fue 0.5% y tratadas con hidróxido de sodio. Las edades a las que se ensayaron fueron a los 14, 28 y 56 días.

Tabla 5.24.Módulo de rotura de viguetas con resistencia 210 kg/cm² con fibras de coco aplicado el tratamiento 1 al 0.5%

RESISTENCIA		210 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		1.00	**% DE FIBRA**		0.50	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		14.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (Mpa)**
1	13969.00	1423.96	35.30	10.30	10.30	4.51
2	14159.00	1443.32	35.20	10.30	10.30	4.56
3	14523.00	1480.43	35.30	10.10	10.10	4.98
4	15003.00	1529.36	35.30	10.30	10.10	5.04
5	15020.00	1531.09	35.20	10.10	10.10	5.13
6	14863.00	1515.09	35.10	10.30	10.20	4.87
7	15196.00	1549.03	35.20	10.20	10.10	5.14
RESISTENCIA		210 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		1.00	**% DE FIBRA**		0.50	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		28.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (Mpa)**
1	17635.00	1797.66	35.00	10.20	10.20	5.82
2	17102.00	1743.32	35.20	10.10	10.10	5.84
3	18063.00	1841.28	35.20	10.10	10.10	6.17
4	18236.00	1858.92	35.10	10.10	10.20	6.09
5	17983.00	1833.13	35.10	10.20	10.10	6.07
6	18098.00	1844.85	35.20	10.00	10.00	6.37
7	18421.00	1877.78	35.10	10.30	10.30	5.92
RESISTENCIA		210 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		1.00	**% DE FIBRA**		0.50	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		56.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (Mpa)**
1	22035.00	2246.18	35.00	10.20	10.30	7.13
2	22364.00	2279.71	35.10	10.00	10.20	7.54
3	22177.00	2260.65	35.20	10.20	10.20	7.36
4	20484.00	2088.07	35.10	10.20	10.10	6.91
5	21197.00	2160.75	35.00	10.30	10.10	7.06
6	21589.00	2200.71	35.20	10.10	10.20	7.23
7	20804.00	2120.69	35.10	10.20	10.30	6.75

Se presenta la tabla en la que se encuentran las variables a considerar y los cálculos obtenidos de viguetas de hormigón reforzado con fibra de coco y un f'c 210 kg/cm², la fibra de coco respecto al volumen en el hormigón fue 1.0 % y tratadas con hidróxido de sodio. Las edades a las que se ensayaron fueron a los 14, 28 y 56 días.

Tabla 5.25.Módulo de rotura de viguetas con resistencia 210 kg/cm² con fibras de coco aplicado el tratamiento 1 al 1%

RESISTENCIA		210 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		1.00	**% DE FIBRA**		1.00	
Nº VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		14.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (MPa)**
1	15963.00	1627.22	35.10	10.10	10.20	5.33
2	15746.00	1605.10	35.30	10.20	10.00	5.45
3	15963.00	1627.22	35.10	10.20	10.20	5.28
4	16003.00	1631.29	35.00	10.10	10.10	5.44
5	15931.00	1623.96	35.20	10.10	10.30	5.23
6	16029.00	1633.94	35.10	10.20	10.20	5.30
7	16120.00	1643.22	35.30	10.20	10.20	5.36
RESISTENCIA		210 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		1.00	**% DE FIBRA**		1.00	
Nº VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		28.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (MPa)**
1	18362.00	1871.76	35.10	10.10	10.10	6.26
2	18476.00	1883.38	35.10	10.30	10.30	5.93
3	18932.00	1929.87	35.20	10.20	10.30	6.16
4	19056.00	1942.51	35.10	10.20	10.30	6.18
5	19100.00	1946.99	35.10	10.10	10.10	6.51
6	18741.00	1910.40	35.20	10.20	10.30	6.10
7	19105.00	1947.50	35.30	10.20	10.30	6.23
RESISTENCIA		210 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		1.00	**% DE FIBRA**		1.00	
Nº VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		56.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (MPa)**
1	21230.00	2164.12	35.10	10.20	10.30	6.89
2	21985.00	2241.08	35.40	10.30	10.10	7.41
3	21463.00	2187.87	35.10	10.10	10.20	7.17
4	21376.00	2179.00	35.20	10.30	10.30	6.89
5	21974.00	2239.96	35.20	10.20	10.30	7.15
6	21489.00	2190.52	35.30	10.10	10.20	7.22
7	22009.00	2243.53	35.10	10.20	10.30	7.14

Se presenta la tabla en la que se encuentran las variables a considerar y los cálculos obtenidos de viguetas de hormigón reforzado con fibra de coco y un f'c 240 kg/cm², la fibra de coco respecto al volumen en el hormigón fue 0.5 % y tratadas con hidróxido de sodio. Las edades a las que se ensayaron fueron a los 14, 28 y 56 días.

Tabla 5.26.Módulo de rotura de viguetas con resistencia 240 kg/cm² con fibras de coco aplicado el tratamiento 1 al 0.5%

RESISTENCIA		240 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		1.00	**% DE FIBRA**		0.50	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		14.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (Mpa)**
1	15969.00	1627.83	35.60	10.30	10.30	5.20
2	16159.00	1647.20	35.10	10.00	10.10	5.56
3	16523.00	1684.30	35.10	10.10	10.20	5.52
4	17003.00	1733.23	35.40	10.40	10.10	5.67
5	17020.00	1734.96	35.20	10.15	10.20	5.67
6	16863.00	1718.96	35.30	10.20	10.20	5.61
7	17196.00	1752.91	35.30	10.20	10.20	5.72
RESISTENCIA		240 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		1.00	**% DE FIBRA**		0.50	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		28.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (Mpa)**
1	19693.00	2007.44	35.30	10.10	10.20	6.62
2	18952.00	1931.91	35.40	10.10	10.00	6.64
3	19247.00	1961.98	35.20	10.00	10.20	6.51
4	19136.00	1950.66	35.10	10.30	10.00	6.52
5	18997.00	1936.49	35.30	10.30	10.10	6.38
6	19632.00	2001.22	35.20	10.10	10.30	6.45
7	19256.00	1962.90	35.30	10.00	10.30	6.41
RESISTENCIA		240 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		1.00	**% DE FIBRA**		0.50	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		56.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (Mpa)**
1	22960.00	2340.47	35.20	10.40	10.10	7.62
2	22876.00	2331.91	35.20	10.20	10.00	7.89
3	23605.00	2406.22	35.10	10.20	10.10	7.96
4	22715.00	2315.49	35.10	10.30	10.20	7.44
5	22889.00	2333.23	35.10	10.20	10.20	7.57
6	23537.00	2399.29	35.10	10.20	10.20	7.78
7	22864.00	2330.68	35.20	10.20	10.10	7.73

Se presenta la tabla en la que se encuentran las variables a considerar y los cálculos obtenidos de las viguetas de hormigón reforzado con fibra de coco y un f'c 240 kg/cm², la fibra de coco respecto al volumen en el hormigón fue 1.0 % y tratadas químicamente con hidróxido de sodio. Las edades a las que se ensayaron fueron a los 14, 28 y 56 días.

Tabla 5.27.Módulo de rotura de viguetas con resistencia 240 kg/cm² con fibras de coco aplicado el tratamiento 1 al 1%

RESISTENCIA		240 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		1.00	**% DE FIBRA**		1.00	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		14.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (MPa)**
1	13345.00	1360.35	35.30	10.10	10.30	4.40
2	16920.00	1724.77	35.40	10.40	10.40	5.32
3	16177.00	1649.03	35.10	10.20	10.40	5.15
4	16089.00	1640.06	35.20	10.10	10.30	5.29
5	15661.00	1596.43	35.20	10.20	10.30	5.09
6	16399.00	1671.66	35.20	10.20	10.20	5.44
7	16877.00	1720.39	35.10	10.30	10.20	5.53
RESISTENCIA		240 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		1.00	**% DE FIBRA**		1.00	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		28.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (MPa)**
1	20969.00	2137.51	35.30	10.00	10.30	6.98
2	20159.00	2054.94	35.20	10.10	10.40	6.50
3	21523.00	2193.99	35.00	10.20	10.30	6.96
4	20003.00	2039.04	35.30	10.40	10.30	6.40
5	18820.00	1918.45	35.40	10.20	10.20	6.28
6	20863.00	2126.71	35.20	10.40	10.20	6.79
7	19196.00	1956.78	35.20	10.10	10.30	6.31
RESISTENCIA		240 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		1.00	**% DE FIBRA**		1.00	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		56.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (MPa)**
1	23658.00	2411.62	35.40	10.10	10.20	7.97
2	24120.00	2458.72	35.20	10.20	10.20	8.00
3	24400.00	2487.26	35.20	10.10	10.30	8.02
4	23680.00	2413.86	35.30	10.20	10.40	7.58
5	23800.00	2426.10	35.30	10.30	10.40	7.54
6	24108.00	2457.49	35.20	10.10	10.50	7.62
7	22868.00	2331.09	35.10	10.30	10.30	7.35

5.2.2.3.Cálculo del módulo de rotura de viguetas con fibra de coco con el tratamiento 2.

Se presenta la tabla en la que se encuentran las variables a considerar y los cálculos obtenidos de viguetas de hormigón reforzado con fibra de coco y un f'c 210 kg/cm², la fibra de coco respecto al volumen en el hormigón fue 0.5 % y tratadas con goma arábiga y humo de sílice. Las edades a la que se ensayó fueron a los 14, 28 y 56 días.

Tabla 5.28.Módulo de rotura de viguetas con resistencia 210 kg/cm² con fibras de coco aplicado el tratamiento 2 al 0.5%

RESISTENCIA		210 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		2.00	**% DE FIBRA**		0.50	
Nº VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		14.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (MPa)**
1	10092.00	1028.75	35.20	10.20	10.10	3.41
2	12258.00	1249.54	35.30	10.10	10.30	4.04
3	11684.00	1191.03	35.20	10.30	10.10	3.91
4	12039.00	1227.22	35.20	10.10	10.10	4.11
5	14420.00	1469.93	35.20	10.20	10.30	4.69
6	9438.80	962.16	35.10	10.20	10.10	3.18
7	11957.00	1218.86	35.10	10.10	10.20	3.99
RESISTENCIA		210 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		2.00	**% DE FIBRA**		0.50	
Nº VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		28.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (MPa)**
1	15528.00	1582.87	35.20	10.30	10.10	5.20
2	16236.00	1655.05	35.10	10.30	10.20	5.32
3	15879.00	1618.65	35.20	10.20	10.00	5.48
4	16989.00	1731.80	35.20	10.30	10.20	5.58
5	15625.00	1592.76	35.20	10.20	10.30	5.08
6	16213.00	1652.70	35.30	10.30	10.00	5.56
7	16745.00	1706.93	35.10	10.30	10.30	5.38
RESISTENCIA		210 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		2.00	**% DE FIBRA**		0.50	
Nº VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		56.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (MPa)**
1	18328.00	1868.30	35.20	10.10	10.20	6.14
2	18257.00	1861.06	35.30	10.20	10.10	6.19
3	19462.00	1983.89	35.10	10.20	10.20	6.44
4	18168.00	1851.99	35.20	10.10	10.40	5.85
5	20532.00	2092.97	35.30	10.30	10.30	6.63
6	19445.00	1982.16	35.20	10.20	10.40	6.20
7	18893.00	1925.89	35.30	10.40	10.20	6.16

Se presenta la tabla en la que se encuentran las variables a considerar y los cálculos obtenidos de viguetas de hormigón reforzado con fibra de coco y un f'c 210 kg/cm², la fibra de coco respecto al volumen en el hormigón fue 1.0 % y tratadas con goma arábiga y humo de sílices. Las edades a las que se ensayaron fueron a los 14, 28 y 56 días.

Tabla 5.29.Módulo de rotura de viguetas con resistencia 210 kg/cm² con fibras de coco aplicado el tratamiento 2 al 1%

RESISTENCIA		210 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		2.00	**% DE FIBRA**		1.00	
Nº VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		14.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (MPa)**
1	13281.00	1353.82	35.20	10.30	10.30	4.28
2	13781.00	1404.79	35.20	10.30	10.30	4.44
3	13476.00	1373.70	35.10	10.20	10.20	4.46
4	13568.00	1383.08	35.20	10.30	10.10	4.55
5	13698.00	1396.33	35.15	10.30	10.30	4.41
6	12589.00	1283.28	35.30	10.20	10.20	4.19
7	12639.00	1288.38	35.10	10.20	10.30	4.10
RESISTENCIA		210 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		2.00	**% DE FIBRA**		1.00	
Nº VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		28.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (MPa)**
1	17218.00	1755.15	35.30	10.00	10.20	5.84
2	15698.00	1600.20	35.30	10.20	10.30	5.12
3	16268.00	1658.31	35.20	10.30	10.20	5.34
4	16635.00	1695.72	35.10	10.30	10.30	5.34
5	15235.00	1553.01	35.30	10.20	10.30	4.97
6	16361.00	1667.79	35.30	10.20	10.30	5.34
7	16896.00	1722.32	35.10	10.30	10.30	5.43
RESISTENCIA		210 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		2.00	**% DE FIBRA**		1.00	
Nº VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		56.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (MPa)**
1	20390.00	2078.49	35.20	10.30	10.30	6.57
2	17555.00	1789.50	35.20	10.30	10.30	5.65
3	19820.00	2020.39	35.40	10.10	10.30	6.55
4	18668.00	1902.96	35.20	10.20	10.20	6.19
5	20258.00	2065.04	35.20	10.30	10.20	6.65
6	20097.00	2048.62	35.30	10.40	10.30	6.43
7	20545.00	2094.29	35.30	10.20	10.30	6.70

Se presenta la tabla en la que se encuentran las variables a considerar y los cálculos obtenidos de viguetas de hormigón reforzado con fibra de coco y un f'c 240 kg/cm², la fibra de coco respecto al volumen en el hormigón fue 0.5 % y tratadas con goma arábiga y humo de sílices. Las edades a las que se ensayaron fueron a los 14, 28 y 56 días.

Tabla 5.30.Módulo de rotura de viguetas con resistencia 240 kg/cm² con fibras de coco aplicado el tratamiento 2 al 0.5%

RESISTENCIA		240 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		2.00	**% DE FIBRA**		0.50	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		14.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (MPa)**
1	14623.00	1490.62	35.30	10.30	10.20	4.82
2	15698.00	1600.20	35.20	10.20	10.30	5.11
3	15231.00	1552.60	35.10	10.30	10.00	5.19
4	14856.00	1514.37	35.10	10.30	10.00	5.06
5	15023.00	1531.40	35.00	10.20	10.20	4.95
6	15107.00	1539.96	35.20	10.30	10.30	4.87
7	14996.00	1528.64	35.30	10.20	10.30	4.89
RESISTENCIA		240 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		2.00	**% DE FIBRA**		0.50	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		28.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (MPa)**
1	19501.00	1987.87	35.00	10.20	10.30	6.31
2	18972.00	1933.94	35.30	10.10	10.30	6.25
3	18530.00	1888.89	35.30	10.00	10.20	6.29
4	18203.00	1855.56	35.30	10.00	10.20	6.18
5	19635.00	2001.53	35.10	10.10	10.20	6.56
6	19397.00	1977.27	35.20	10.20	10.10	6.56
7	18899.00	1926.50	35.20	10.20	10.10	6.39
RESISTENCIA		240 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		2.00	**% DE FIBRA**		0.50	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		56.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (MPa)**
1	22367.00	2280.02	35.40	10.20	10.00	7.76
2	23102.00	2354.94	35.00	10.30	10.20	7.55
3	21643.00	2206.22	35.35	10.20	10.30	7.07
4	21398.00	2181.24	35.30	10.30	10.30	6.91
5	22154.00	2258.31	35.30	10.30	10.20	7.30
6	22964.00	2340.88	35.20	10.10	10.20	7.69
7	23110.00	2355.76	35.20	10.40	10.40	7.23

Se presenta la tabla en la que se encuentran las variables a considerar y los cálculos obtenidos de viguetas de hormigón reforzado con fibra de coco y un f'c 240 kg/cm², la fibra de coco respecto al volumen en el hormigón fue 1.0 % y tratadas con goma arábiga y humo de sílices. Las edades a las que se ensayaron fueron a los 14, 28 y 56 días.

Tabla 5.31.Módulo de rotura de viguetas con resistencia 240 kg/cm² con fibras de coco aplicado el tratamiento 2 al 1%

RESISTENCIA		240 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		2.00	**% DE FIBRA**		1.00	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		14.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (MPa)**
1	15169.00	1546.28	35.10	10.30	10.20	4.97
2	15203.00	1549.75	35.20	10.20	10.10	5.14
3	16358.00	1667.48	35.20	10.30	10.20	5.37
4	15463.00	1576.25	35.10	10.30	10.10	5.17
5	16102.00	1641.39	35.30	10.20	10.10	5.46
6	14997.00	1528.75	35.20	10.10	10.20	5.02
7	16053.00	1636.39	35.10	10.20	10.10	5.42
RESISTENCIA		240 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		2.00	**% DE FIBRA**		1.00	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		28.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (MPa)**
1	19456.00	1983.28	35.10	10.10	10.30	6.37
2	19896.00	2028.13	35.30	10.30	10.20	6.55
3	18647.00	1900.82	35.10	10.10	10.10	6.35
4	19615.00	1999.49	35.20	10.20	10.20	6.51
5	18215.00	1856.78	35.30	10.20	10.20	6.06
6	19465.00	1984.20	35.30	10.10	10.30	6.41
7	19462.00	1983.89	35.10	10.20	10.20	6.44
RESISTENCIA		240 kg/cm²	**FIBRA NATURAL**		Fibra de coco	
TRATAMIENTO		2.00	**% DE FIBRA**		1.00	
N° VIGUETAS ENSAYADAS		7.00	**DÍAS DE ENSAYO**		56.00	
N° VIGUETA	**CARGA (N)**	**CARGA (kg)**	**LONGITUD VIGUETA (cm)**	**ANCHURA MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**PROFUNDIDAD MEDIA DE LA MUESTRA (cm)**	**R= PL/bd² (MPa)**
1	22563.00	2300.00	35.30	10.20	10.10	7.65
2	23459.00	2391.34	35.20	10.10	10.30	7.71
3	23510.00	2396.53	35.10	10.10	10.20	7.85
4	22700.00	2313.97	35.30	10.30	10.10	7.63
5	23001.00	2344.65	35.10	10.20	10.10	7.76
6	22863.00	2330.58	35.10	10.30	10.20	7.49
7	23983.00	2444.75	35.20	10.10	10.10	8.19

5.3.Análisis de resultados

Se ha realizado una tabla resumen del módulo de rotura obtenido de las viguetas a la edad de curado de 56 días según cada una de las tipologías descritas anteriormente en la tabla 4.18.

Se realizó un promedio de las 7 viguetas de cada tipología y a los 56 días, que es cuando las viguetas alcanzan su máxima resistencia.

Tabla 5.32.Módulos de rotura a los 56 días de curado

Especificación	Edad (Días)	Módulo de rotura experimental promedio (MPa)
210 SF	56	5.41
240 SF	56	6.59
210 - 0.5% FC - T1	56	7.14
210 - 1.0 % FC - T1	56	7.12
240 - 0.5 % FC - T1	56	7.72
240 - 1.0 % FC - T1	56	7.72
210 - 0.5% FC - T2	56	6.23
210 - 1.0 % FC - T2	56	6.39
240 - 0.5 % FC - T2	56	7.36
240 - 1.0 % FC - T2	56	7.75

En todos los casos, el módulo de rotura obtenido en las viguetas con fibra es mayor al resultante de las viguetas sin fibra. En el caso de las viguetas de diseño 210 kg/cm² se obtuvieron valores mayores del módulo de rotura para el primer tratamiento en comparación al segundo tratamiento, pero en el primer tratamiento se tiene un valor ligeramente mayor para un porcentaje de fibra de 0.5% pero contrariamente en el tratamiento 2 se obtiene un valor mayor de módulo de rotura para un porcentaje de fibra de 1%. Sin embargo, para las viguetas de diseño 240 kg/cm² se obtienen valores casi similares entre los dos tratamientos, en el caso del tratamiento 1 para ambos

porcentajes de fibra de coco coincidieron en el valor del módulo de rotura, pero en el tratamiento 2 se presenta un ligero aumento para el porcentaje de fibra de coco de 1%.

Además, se observa que el módulo de rotura experimental promedio es significativamente mayor en comparación al módulo de rotura teórico en ambos casos de diseño 210 kg/cm² y 240 kg/cm² como se observa en la Tabla 5.32. y la Tabla 5.33.

Tabla 5.33. Módulo de rotura teórico

Resistencia (kg/cm²)	**Módulo de rotura teórico (MPa)**
210.00	2.84
240.00	3.04

6. CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.CONCLUSIONES

El presente trabajo de titulación cumplió a cabalidad con sus objetivos debido a que se realizó la evaluación experimental del hormigón reforzado con fibra de coco mediante ensayos, logrando determinar los cambios y mejoras en sus propiedades físicas y mecánicas en base a las variables propuestas como lo fue el volumen de fibra de coco, tratamientos químicos y la longitud de la fibra. Se obtuvieron valores altos de las propiedades indicadas en las fibras de coco tratadas con hidróxido de sodio (NaOH) o Sosa caustica con una menor proporción de volumen de fibra y una mayor resistencia de diseño. Sin embargo, al adherir fibra de coco al hormigón, se tuvieron resultados favorecedores a flexión; mediante el cálculo del módulo de rotura y la resistencia residual. En base a los resultados obtenidos podemos concluir:

- Debido a la naturaleza orgánica de la fibra de coco, su durabilidad es un factor que suele verse afectado por lo que se requirió la aplicación de tratamientos químicos que ayuden en la conservación de la fibra y mejorar sus propiedades mecánicas, por lo que al tratar la fibra con hidróxido de sodio y humo de sílice se eliminaron aceites y células propias de la fibra ocasionando que las mismas sean versátiles, sólidas y fuertes, mejorando el área de contacto, obteniendo una mejor rugosidad, junto con una adecuada adhesión de la fibra y los componentes del hormigón.
- El tratamiento de hidróxido de sodio mejora la aspereza de la fibra de coco mientras que la cubierta de goma arábiga y humo de sílice preserva propiedades de la fibra en la mezcla, proporcionando propiedades mecánicas superiores. Sin embargo, en base a los resultados obtenidos el tratamiento químico de hidróxido de sodio o mercerización de fibra arrojó valores más alto en fuerza de rotura, elongación máxima y densidad lineal; por lo cual se considera que es el más adecuado debido a dichas propiedades que marcan una diferencia al momento de aplicar los esfuerzos al hormigón, debido a que mejora

considerablemente la tenacidad de la mezcla, ya que cuando se presenta una grieta la cual tiende a prolongarse a través del material, se ha de considerar si la unión entre la fibra y la mezcla de hormigón no es adecuada, la grieta se prolongara alrededor de la fibra, continuando el proceso de la fractura hasta fallar; por el contrario si la fibra y el hormigón se adhirieron correctamente y la mezcla fue homogénea, al presentarse una grieta las fibras que aún no se han roto forman un puente proporcionando un esfuerzo en respuesta que evita la propagación de la misma a lo largo del elemento.

- Hubo una disminución en la fluidez del concreto debido a la adherencia de la fibra de coco que tiene una superficie natural áspera, habiendo una fuerza adhesiva y mejorando la fricción en la mezcla, pero viéndose afectada en un pequeño grado de negatividad, la trabajabilidad de la mezcla, debido a que hay una mayor dureza en la mezcla fresca.
- Se presentó una ligera variación en el flujo de asentamiento conforme se adhería la fibra de coco, debido a que las fibras de coco tienen superficies hidrófilas que repelen el agua. Si embargo, otro factor de influencia es la longitud de las fibras de coco, según Ahmed et al. Pequeñas longitudes de fibra (25 mm), aumenta el número de filamentos y disminuye la trabajabilidad del hormigón, pero a mayores longitudes (75 mm) se produce un efecto de enredado de la fibra de coco y reduce la trabajabilidad a pesar de que el número de filamentos sea menor. No obstante, al utilizar una longitud de 40 mm se evidenció un pequeño grado de negatividad en el asentamiento del hormigón, ya que las variaciones no fueron muy notorias y se encontraron dentro del rango permitido de 80 mm a 100 mm.
- Se presentaron cambios respecto a la densidad, consecuentemente se puede observar que la densidad aumentó ligeramente, conforme la proporción de fibra de coco aumentaba hasta el 1%. Además; de la presencia de vacíos, se ha de considerar la densidad de la fibra de coco que afecta a la densidad del hormigón, en relación con el hormigón convencional; de igual forma se determina que otro factor influyente en las propiedades del hormigón con fibras de coco es la cantidad y el tamaño de la fibra. Según la investigación realizada

por Majid Alí & otros, de *Propiedades mecánicas y dinámicas del concreto reforzado con fibra de coco*, a mayor contenido de fibra y una longitud pequeña la densidad tiende a disminuir, por ende, con relación al porcentaje implementado en dicha investigación (1%, 2%, 3% y 5%) y los valores que se emplearon en el presente trabajo el contenido de fibra es menor (0.5 % y 1%) con longitudes mayores a 25 mm, obtendremos un material más denso.

Cabe mencionar que la densidad se relaciona directamente con la absorción del agua del hormigón, por lo que, si la densidad del hormigón reforzado con fibra de coco aumenta es debido a la naturaleza absorbente y porosa de la fibra de coco.

- El módulo de rotura obtenido de las viguetas ensayadas es mayor al módulo de rotura teórico. Sin embargo, la inclusión de fibra de coco en una proporción del 1 % dio resultados óptimos, en relación al hormigón reforzado con una proporción al 0.5% y al hormigón simple convencional; ya que las fibras de coco aumentan la capacidad de flexión al inhibir el desarrollo de las fracturas, porque la interfase de sus componentes evita que las grietas se rompan y la carga se transfiera a las fibras de coco, permitiendo que las grietas fluyan alrededor de la fibra. Los demás componentes junto con la fibra de coco resisten la carga como un solo elemento, produciéndose refuerzos discontinuos desarrollando una acción compuesta que disminuye la fragilidad característica del hormigón simple, aumentando la capacidad de carga del hormigón reforzado con fibra de coco.
- A través de la prueba estándar estipulada en la norma ASTM C1399/C1399M-10, se evidencia que el hormigón reforzado con fibra de coco presentó una mayor resistencia residual en comparación con el hormigón convencional, esto se ve reflejado en los resultados de las viguetas ensayadas en las edades de 14, 28 y 56 días. La adición de las fibras provoca una disminución de las grietas en el hormigón permitiendo que haya una mayor deformación soportando la presión hasta alcanzar la falla, es decir que el hormigón sea más dúctil y la presencia de fisuras se obtenga a mayores esfuerzos, aumentando su capacidad de absorción de la energía, y sucede tanto para el tratamiento de mercerización como para el tratamiento con humo de sílice. Con ayuda del ensayo realizado

a las viguetas, se pudo construir una curva de carga-deflexión, donde nos refleja una medida de la resistencia que estas poseen después del agrietamiento indicándonos un mejoramiento de hasta el 33% en viguetas de hormigón reforzado con fibras de coco.

6.2.RECOMENDACIONES

- Realizar un curado continuo y adecuado al hormigón, teniendo un especial reparo en la humedad que se provee a las viguetas para evitar irregularidades en los resultados.
- Realizar un enrazado uniforme, debido a que en las superficies se reparten las cargas al momento de realizar lo ensayos respectivos.
- Al momento de realizar la mezcla de hormigón con fibras de coco, se requiere que se encuentre y un estado de S.S.S e introducirla antes del material cementante.
- Verificar que el material a utilizar se encuentre en condiciones óptimas de humedad ya que la dosificación puede verse afectada por cambios en las propiedades de sus materiales.
- Es de suma importancia considerar el asentamiento para cada mezcla de hormigón a pesa de que la dosificación sea la adecuada puede verse afectada por la cantidad de fibra en la mezcla y encontrarse fuera del rango permitido.
- En futuras practicas con hormigones con fibra de coco se recomienda que el método de limpieza sea distinto al manual debido a que este método puede resultar poco práctico.
- En el caso de que se desee utilizar un mayor porcentaje de adición de la fibra de coco en la mezcla de hormigón se recomienda previamente realizar un reajuste a la relación agua/cemento o realizar la corrección de agua por el método de contendió de humedad de los agregados en función de la absorción de la fibra en el momento de emplearla junto con la mezcla de hormigón.

BIBLIOGRAFÍA

1157, A. C. (2013). Standard performance specification for hydraulic cement. American Society for Testing and Materials, 1-6.

872, N. I. (2011). *Áridos Para Hormigón. Requisitos.* Instituto Ecuatoriano de Normalizacion.

ACI 211.1-91. (1991). Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete. . American Concrete Institute.

ACI 318R-19. (2019). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. American Concrete Institute.

ACI 318S-08. (2008). equisitos de Reglamento para Concreto Estructural. . American Concrete Institute.

ACI 544.1R-96. (1997). (Reapproved 2009) State-of-the-art report on fiber reinforced concrete. American Concrete Institute.

Agopyan, V. (1988). Vegetables Fibre Reinforced Building Materials - Developments in Brazil and other Latin American Countries. . En Concrete Technology and Design (Vol. 5). Blackie and Son Ltd.

Agromatica. (2015). *Fibra de coco, un sustrato con gran potencial*. https://agriculturers.com/fibra-de-coco-un-sustrato-con-gran-potencial/ (accessed Aug.15,2020)

Agromatica. (2015). *Fibra de coco, un sustrato con gran potencial*. https://agriculturers.com/fibra-de-coco-un-sustrato-con-gran-potencial/ (accessed Aug. 15, 2020).

Ahmad, R., Hamid, R., & Osman, S. A. . (2019). Physical and chemical modifications of plant fibres for reinforcement in cementitious composites. . Advances in Civil Engineering, 2019, 1-19. https://doi.org/10.1155/2019/5185806.

Ahmad, W., Farooq, S. H., Usman, M., Khan, M., Ahmad, A., Aslam, F., Yousef, R. Al, Abduljabbar, H. Al, Sufian, M., Alyousef, R., Abduljabbar, H. Al y Sufian,

M. . (2020). Effect of coconut fiber length and content on properties of high strength concrete. Materials, 13(5), 1–22. https://doi.org/10.3390/ma13051075.

Alario C, E. (2014, Octubre 13). Cuidados del hormigón. . Recuperado 19 de diciembre de 2021, de ALARIO Arquitectura Técnica website: https://enriquealario.com/curado-de-hormigon/.

Alawar, A., Hamed, A. M., & Al-Kaabi, K. (2009). Characterization of treated date palm tree fiber as composite reinforcement. Composites Part B: Engineering, 40(7), 601-606. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2009.04.018.

Alawar, A., Hamed, A. M., & Al-Kaabi, K. (2009). Characterization of treated date palm tree fiber as composite reinforcement. . Composites Part B: Engineering, 40(7), 601-606. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2009.04.018.

Albinante, S. R., Pacheco, É. B. A. V. y Visconte, L. L. Y. . (2013). Revisão dos tratamentos químicos da fibra natural para mistura com poliolefinas. . Quimica Nova, 36(1), 114–122. https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000100021.

Ali, A. S. (2016). Hydrophobic treatment of natural fibers and their composites. A review: Journal of Industrial Textiles, 47(8), 2153–2183. https://doi.org/10.1177/1528083716654468.

Ali, M. (2012). Natural fibres as construction materials. . Journal of Civil Engineering and Construction Technology, 3(3), 80–89. https://doi.org/10.5897/JCECT11.100.

Anandh Sekar and Gunasekaran Kandasamy. (2018, September 14). Optimization of Coconut Fiber in Coconut Shell Concrete and Its Mechanical and Bond Properties. India: Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Technology, SRM Institute of Science and.

Andrés Chamorro, L. G. (2007). Ética del psicólogo. Barcelona: Editorial UOC.

Arrondo V.M. (2015). *El tamaño de la muestra.* Chasqui: Revista Latinoamerica de comunicación.

Arrondo, V. M. (2015). El tamaño de la muestra. . Chasqui. Revista Latinoamericana de Comunicación, 0(68), 1-13. https://doi.org/10.16921/chasqui.v0i68.1334.

ASTM C 1064. (2012). Standard test method for temperature of freshly mixed hydraulic-cement concrete. American Society for Testing and Materials, (c), 1- 3. https://doi.org/10.1520/C1064.

ASTM C 125. (2013). Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates. . American Society for Testing and Materials, 1-8. https://doi.org/10.1520/C0125-13a.2.

ASTM C 128. (1997). Standard test method for specific gravity and absorption of fine aggregate. American Society for Testing and Materials, 04, 1-5.

ASTM C 143. (2015). Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete. . American Society for Testing and Materials, (1), 1-4. https://doi.org/10.1520/C0143.

ASTM C 192. (2016). Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory. . American Society for Testing and Materials, 04, 1-8.

ASTM C 231. (2017). Stadard test method for air content of freshly mixed concrete. . American Society for Testing and Materials, 1-9. https://doi.org/10.1520/C0231_C0231M-17.

ASTM C 29. (2017). Standard Test Method for Bulk Density (“ Unit Weight ”) and Voids in Aggregate. . American Society for Testing and Materials, i(c), 1-5.

ASTM C 31. (2019). Standard Specification for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field. . American Society for Testing and Materials, 1-6. https://doi.org/10.1520/C0031.

ASTM C 33. (2016). Standard specification for concrete aggregates. . American Society for Testing and Materials, 1-11. https://doi.org/10.1520/C0033.

ASTM C 40. (2011). Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete 1. . American Society for Testing and Materials, 1-2. https://doi.org/10.1520/C0040_C0040M-11.

ASTM C 42. (2018). Standard Method of Test for obtaining and testing drilled cores and sawed beams of concrete. . American Society for Testing and Materials, 23(11), 2841-2852.

ASTM C 670. (2013). Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods. . American Society for Testing and Materials, 04, 1-12.

ASTM C 94. (2017). Standard specification for ready-mixed concrete. American Society for Testing and Materials, 04, 2-4. https://doi.org/10.1520/C0094.

ASTM C1064. (2012). *ASTM C 1064 (2012) Standard test method for temperature of freshly mixed hydraulic-cement concrete. American Society for Testing and Materials, (c), 1 3.* ASTM.

ASTM C1399/1399 M-10. (2015). *Obtencion de la resistencia residual promedio del hormigón reforzado con fibras.* ASTM.

ASTM C143. (2012). *ASTM C143. Método de ensayo normalizado para asentamiento de concreto de cemento hidraúlico.* West Conshohocken: American Society for Testing and Materials.

ASTM C231. (2017). *ASTM C231, Standard test method for air content of freshly mixed concrete.* American Society for Testing and Material, 1 - 9.

ASTM C595. (2012). Especificación de estándar para cementos hidráulicos mezclados. American Society for Testing and Materials.

ASTM D 570. (1998). Método de prueba estándar para la absorción de agua de plásticos. American Society for Testing and Materials.

ASTM E 122. (2009). Calculating sample size to Estimate , with specified precision. American Society for Testing and Materials, 1-5.

Azwa, Z. Y. (2013). A review on the degradability of polymeric composites based on natural fibres. Materials and Design.

Babar Ali, A. Hawreen, Nabil Ben Kahla, Muhammad Talha Amir, Marc Azab, Ahmed Babeker Elhag. (2022, July 19). The combined effect of coir and superplasticizer on the fresh, aggregate concrete. Saudi Arabia: ELSEVIER.

Babar Ali, A. Hawreen, Nabil Ben Kahla, Muhammad Talha Amir, Marc Azab, Ali Raza. (2022, August 30). A critical review on the utilization of coir (coconut fiber) in cementitious materials. ELSEVIER.

Barros y Ramírez. . (2012). Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresion de 21 y 28 MPa con agregados de la cantera de PIFO. Quito: Tesis (TÍtulo en Ingenieria Civil). Universidad Central del Ecuador.

Barros, V. &. (2012). Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para la resistencia a la compresión de 21 y 28 MPa con agregado de la cantera de Pifo. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Brzyski, P. . (2021). The Influence of Gum Arabic Admixture on the Mechanical Properties of Lime-Metakaolin Paste Used as Binder in Hemp Concrete. Materials, 14(22), 1–22. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ma14226775.

Caizaguano, O. & Terán, G. (2020, Septiembre). CARACTERIZACIÓN DEL HORMIGÓN CON FIBRAS NATURALES DEL RAQUIS DE LA PALMA AFRICANA DE ACEITE Y LA ESTOPA DEL COCO". Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politecnica Nacional del Ecuador.

Campilho, R. D. S. G. (2016). Natural fiber composites (Vol. 4, Número 2). . CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781351050944-1.

Conrado, B. &. (2012). Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencia a la compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la cantera de Guayllabamba. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Cordero, Á. F. (2012, Junio). El Hormigón: Historia, Antecedentes en Obras y Factores Indicativos en su Resistencia. 5.

Dzul, A. (2015). Efecto de un agente de acoplamiento natural sobre las propiedades mecánicas de un material compuesto polipropileno/henequén. México: Centro de Investigación Científica de Yucatán.

Eduardo, V. G. (2007, Julio). Elaboración de módulos estructurales a base de fibra de estopa de coco para viviendas de bajo costo. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química.

Escudero & Aristazabal. (2017). Caracterización mecánica de fibras de coco como refuerzo de materiales compuestos poliméricos. Colombia: Universidad Libre.

Ferraz, J. M., Del Menezzi, C. H., Teixeira, D. E. y Martins, S. A. . (2011). Effects of treatment of Coir Fiber and Cement/Fiber ratio on properties of Cement-bonded Composites. . BioResources, 6(3), 3481–3492. https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_06_3_3481_Ferraz_DTM_Treat_coir_Fiber_Cement_Composite.

G.Nawy, E. (1988). Concreto Reforzado. Prentice-Hall Hispanoamericana.

G.Nawy, E. (1988). Concreto Reforzado. Prentice-Hall Hispanoamericana.

Garrido, A. (2008). Materiales de Construcción II. Universidad Politécnica de Cartagena.

Gavilanez, B. E. (2016, Marzo). Determinación de la Resistencia a Compresión de Hormigón preparado con Policarbonato, Vidrio templado y Hormigon Reciclado. Ambato, Tungurahua, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Germán, L. (2012). Estudio del hormigón. Quito: Edicumbre.

Graferend, E. W. (2006). *No Title Linear and nonlinear models: fixed effects, random effect and mixed models.* Berlín; N.

Holcim. (2014). Holcim Fuerte: cemento hidraulico tIpo GU para la construccion en general. . Obtenido de chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.portaldirecta.com/portaldirecta/ec/CEMENTO_GU_G.pdf.

HOLCIM. (2020). *Usos y recomendaciones cemento Holcim Fuerte*. https://www.holcim.com.ec/sites/ecuador/files/atoms/files/holcim_fuerte_v2.pdf

I M A K Salain, I N Sutarja, N M A Wiryasa and I M Jaya. (2014, September 24). MECHANICAL PROPERTIES OF COCONUT FIBER-REINFORCED CONCRETE. Indonesia: Civil Engineering Magister Program, Udayana University.

Jawad Ahmad, Ali Majdi, Amin Al-Fakih,Ahmed Farouk Deifalla,Fadi Althoey,Mohamed Hechmi El Ouni and Mohammed A. El-Shorbagy. (2022, May 18). Mechanical and Durability Performance of Coconut Fiber Reinforced Concrete: A State-of-the-Art Review. Pakistan: Department of Civil Engineering, Swedish College of Engineering.

Jawar Ahmad, Osama Zaid, Muhammad Shahid Siddique, Fahid Aslam, HIsham Alabduljabbar and Khaled Mohamed Khedher. (2021, July 21). Mechanical and durability characteristics of sustainable coconut fibers reinforced concrete with incorporation of marble powder. Saudi Arabia: IOP Pblishing.

Lainez W. & Villacis S. (2015). Hormigón liviano con deseco de coco como sustituto parcial de agregado grueso. Ecuador: [Tesis de Grado] Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Luna, G. . (2014). Estudio de Hormigon (1ra ed). . Edicumbre.

Luna, G. (2012). *Estudio de hormigón.* Quito: Edicumbre.

Majid Ali, Anthony Liu, Hou Sou & Nawawi Chouw. (2012, January 21). Mechanical and dynamic properties of coconut fibre reinforced concrete. New Zealand: Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Auckland.

Martín, A. (2020). Estudio comparativo de fibras naturales para reforzar hormigon. Journal of Chemical Information and Modeling, 1-80.

McCormac & Brown. (2018). *Diseño de concreto reforzado.* México: ALFAOMEGA, GRUPO EDITOR S.A.

Mingli Gu, Waqas Ahmad, Turki M. Alaboud, Asad Zia, Usman Akmal, Youssef Ahmed Awad and Hisham Alabduljabbar. (2022, August 16). Scientometric Analysis and Research Mapping Knowledge of Coconut Fibers in Concrete. China: Inner Mongolia Vocational and Technical College of Communications.

Moral,F. (1996). Hormigon Armado. Dossat, S.A.

Moreno, D. (2012). Efecto del tratamiento alcalino y explosión de vapor alcalino sobre las propiedades de la fibra de cumare y su interface con una matriz de PLA . [Tesis de Grado, Universidad de los Andes]. https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/11580.

N. Chandramohan, S. Loganayagan, S. Sridhar & M. Poornima. (2022). Investigation on Strength of Concrete with Addition of Fly Ash and Natural Fiber. India: Department of Civil Engineering, Bannari Amman institute of Technology, Sathyamangalam.

NTE INEN 1108. (2011). *Agua Potable. Requisitos. Instituto Ecuatoriano de Normalización.* Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE INEN 151. (2005). *Cemento. Definición de términos relacionados con el cemento hidráulico.* . Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE INEN 157. . (2009). *Cemento hidráulico. Determinación de la consistencia normal. Método de Vicat.* Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE INEN 695. (2010). *Áridos, muestreo.* Instituto Ecuatoriano de Normalización. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_695-1.pdf.

NTE INEN 696. (2014b). (2014). *NTE INEN 696: Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. En Determinacion del tamaño de particulas en arido fino y grueso.* (Vol. 1, Número Primera Edición).

NTE INEN 855. . (2010). *Áridos. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón.* . Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE INEN 856. (2010). *Áridos. Determinación de la densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino.* Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE INEN 856. (2011). *Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa y absorción del árido fino.* Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE INEN 857. (2010). *Áridos. Determinación de la Densidad Relativa(Gravedad Especifica) y Absorción del Arido Grueso.* . Instituto Ecuatoriano de Normalizacion.

NTE INEN 858. (2010). *Determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos.* . Instituto Ecuatoriano de Normalizacion.

NTE INEN 860. (2011). *Determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas menores a 37.5 mm (1½") mediante el uso de la máquina de Los Ángeles.* . Instituto Ecuatoriano de Normalizacion.

NTE INEN, 696 (2014a). (2014). *Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.* Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalizacion.

Nuñez, R. (2010). Estudio tecnológico del componente fibra de dos variedades de Coco Enano (Cocos nucifera) de los distritos de Lamas, Tarapoto y Pucacaca en la Región San Martín . *Tesis de pregrado*. Tarapoto, Perú: Universidad Nacional de San Martín.

O. D. Atoyebi, O. M. Osuolale and E. M. Ibitogbe . (2018). Strength Evaluation of Cocos nucifera Fibre Reinforced Concrete. Nigeria: Department of Civil Engineering, Landmark University, Omu-Aran, Kwara State.

Ober, L. &. (2013). *Optimización de la relación agua/cemento e el diseño de hormigones estándar establecidos en los códigos ACI - ASTM.* Quito: Escuela Politecnica Nacional.

Orbe, L. y Zuñiga, P. (2013). Optimización de la relación agua/cemento en el diseño de hormigones estándar establecidos en los códigos ACI - ASTM. Quito: https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6470.

Osofero, E. O. (2019, June 12). Behaviour of oil palm broom fibres (OPBF) reinforced concrete. Construction and Building Materials.

Osorio, J., Varón, F. y Herrera, J. (2007). Comportamiento Mecánico del Concreto Reforzado con Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar. Dyna, 74(153), 69–79. http://ref.scielo.org/fh6tvr.

Ottazzi, G. (2004). Material de apoyo para la enseñanza de los cursos de diseño y comportamiento del concreto armado. (Pontificia Universidad Católica de Perú). Recuperado de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1055/OTTAZZI_PASINO_GIANFRANCO_MATERIAL_ENSEÑANZA_CONCRETO_A.

Ozerkan, N. G., Ahsan, B., Mansour, S., & Iyengar, S. R. . (2013). Mechanical performance and durability of treated palm fiber reinforced mortars. International Journal of Sustainable Built Environment, 2(2), 131-142. https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2014.04.002.

Patazca, P. y Tafur, J. . (2013). Evaluación comparativa de la resistencia a compresión y a flexión del concreto convencional, concreto con fibra de acero Sikafiber CHO 80/60 NB, y concreto con fibra sintética Sikafiber Force PP/PE-700/55. [Tesis de Grado, Universidad Señor de Sipán]. https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/1133.

Perles, P. (2014). Hormigon armado: Tomo I. Bogota: Nobuko S.A. .

Puentes, L. H. y Joya, E. (2005, Agosto). Reconocimiento de características, obtención y utilización de la estopa de coco. Artesanías de Colombia S.A., 1–68. https://repositorio.artesaniasdecolombia.com.co/bitstream/001/3945/5/INST-D 2005. 53. 1.pdf.

Puspaningrum, T., Haris, Y. H., Sailah, I., Yani, M. y Indrasti, N. S. (2020). Physical and mechanical properties of binderless medium density fiberboard (MDF) from coconut fiber. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 472(1), 1–9. https://doi.org/10.1088/1755-1315/472/1/012011.

Quintero, S. y González, L. (2006). Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. Revista Ingeniería y Desarrollo, 2(20), 134–150. https://www.redalyc.org/pdf/852/85202010.pdf.

Ramaiah Prakash, Nagarajan Divyah, Sundaresan Srividhya, , Siva Avudaiappan, Mugahed Amran, Sudharshan Naidu Raman, Pablo Guindos, Nikolai Ivanovich Vatin and Roman Fediuk. (2022, June 16). Effect of Steel Fiber on the Strength and Flexural Characteristics of Coconut Shell Concrete Partially Blended with Fly Ash. India: Department of Civil Engineering, Alagappa Chettiar Government College of Engineering and Technology.

Ramakrishna, G., & Sundararajan, T. (2005). Studies on the durability of natural fibres and the effect of corroded fibres on the strength of mortar. Cement and Concrete Composites, 27(5), 575-582. https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.09.008.

Ramírez, B. y. (2012). *Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 Mpa con agregados de la cantera de Pifo.* Quito: Tesis (Título en Ingenieria Civil), Quito. Universidad Central del Ecuador.

Ramón, A. G. (2017). Influencia de la fibra de yute en el diseño de hormigones para resistencia a la compresión de 21 a 35 Mpa con agregados de la cantera de Pifo. [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana]. http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14412.

Rengifo, M. &. (2013). Estudio del hormigón celular. Quito, Ecuador: Tesis de Grado, Escuela Politecnica Nacional del Ecuador: https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6841.

Rodríguez, M. A. (2014). Dosificación de concretos. . Revista Ingeniería en Construcción, 1(1), 24-29. Recuperado de http://revistas.tec.ac.cr/index.php/contruccion/article/view/1641.

Rojas, A. L. (2014, Diciembre 18). *Scielo*. Scielo: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-73812015000100002

Romea,C. (2014). El Hormigon: Breve reseña historica de un material milenario. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.omniascience.com/books/index.php/monographs/catalog/download/77/311/491-1?inline=1.

Ronald, K. (2019). Temperatura Del Concreto Fresco. Recuperado 16 de enero de 2022, de SCRIBD website:https://es.scribd.com/document/417023978/Temperatura-del-concreto-fresco.

Sahoo, S. K., Mohanty, J. R., Nayak, S., & Behera, B. . (2021). Chemical Treatment on Rattan Fibers: Durability, Mechanical, Thermal, and Morphological Properties. Journal of Natural Fibers, 18(11), 1762-1771. https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1697995.

Salas, J. L. (2020). Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra y endocarpor de coco y cemento. Lima, Perú: Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto .

Salas, J.L. (2021). Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra y endocarpo de coco (Cocos nucifera) y cemento. . Lima: Universidad nacional de San Martin.

Santillán, N. (2020). Utilización de fibras naturales para el desarrollo de morteros reforzados con fibras. . Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Sera, E. E., Robles-Austriaco, L. y Pama, R. P. (1990). Natural Fibers as Reinforcement. . Journal of Ferrocement, 20(2), 109–124. https://idl-bnc-

idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/42865/IDL-42865_v20n2.pdf?sequence=2#page=6.

Silva, E. J. (2017). A new treatment for coconut fibers to improve the properties of cement-based composites – Combined effect of natural latex/pozzolanic materials. . Sustainable Materials and Technologies, 12, 44–51. https://doi.org/10.1016/J.SUSMAT.2017.04.003.

Sudhakaran Pillai, M., Sivaraja, M. y Kandasamy, S. (2010). Effect of silica fume surface treatment on natural fibres in resisting chloride resistance in concrete. Material Science Research India, 7(1), 209–214. https://doi.org/10.13005/msri/070126.

Vela, B., Yovera, G. y Rogger, L. (2016). (2016). Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco. [Tesis de Grado, Universidad Señor de Sipán]. https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/3167.

Villegas N. & Vélez R. (2007, Julio 13). Elaboración de módulos estructurales a base de fibra de estopa de coco apra viviendas de bajo costo. Guayaquil, Ecuador: [Tesis de Grado] Universidad de Guayaquil.

Villegas, N. H. y Vélez, R. P. (2007). Elaboración de módulos estructurales a base de fibra de estopa de coco para viviendas de bajo costo . [Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil]. http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/1650.

Vivek, S. S. y Prabalini, C. (2020). Experimental and microstructure study on coconut fibre reinforced self compacting concrete (CFRSCC). Asian Journal of Civil Engineering, 22(1), 111–123. https://doi.org/10.1007/s42107-020-00302-7.

Westfall & Henning . (2013). *Understanding Advanced Statistical Methods. En Understanding Advanced Statistical Methods.* New York: Chapman and Hall/CRC.

ANEXOS

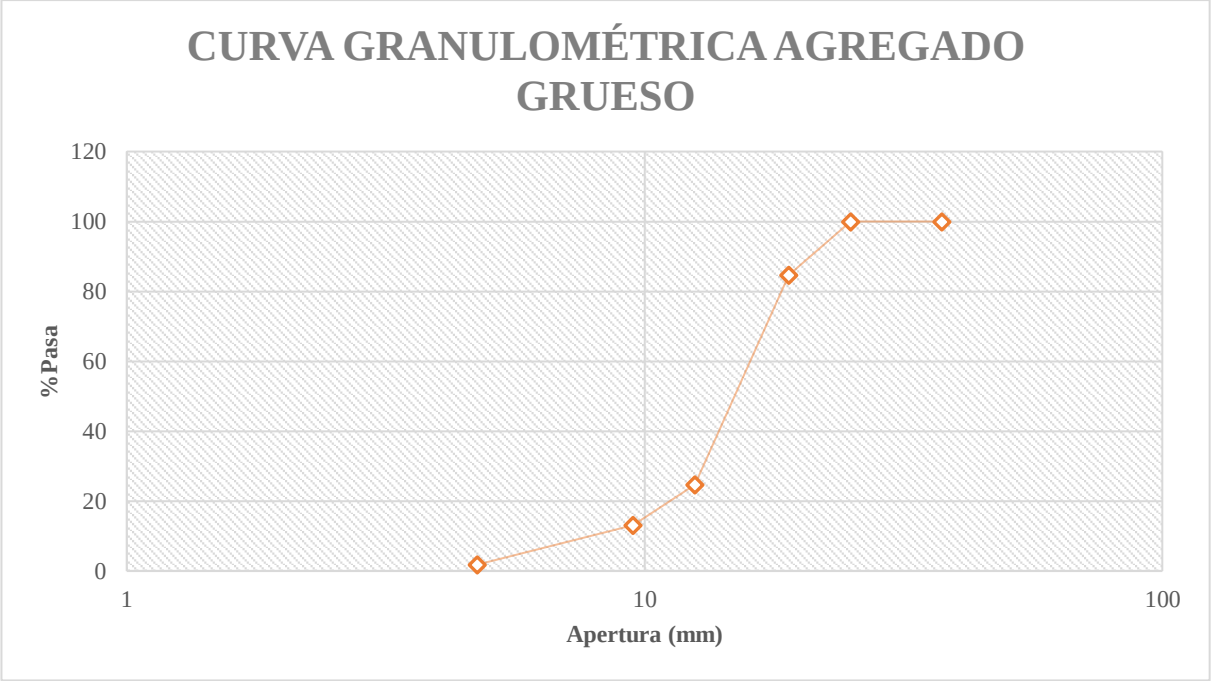
ANEXO 1. ENSAYOS EN AGREGADO GRUESO

Análisis Granulométrico

Norma NTE INEN 696

GRANULOMETRÍA DE AGREGADO GRUESO						
TAMIZ	**ABERTURA (mm)**	**PESO RETENIDO PARCIAL (g)**	**PESO RETENIDO ACUMULADO (g)**	**%RETENIDO ACUMULADO**	**% RETENIDO ACUMULADO**	**%QUE PASA**
1 1/2	37.5	0	0	0.00	0.00	100.00
1	25	0	0	0.00	0.00	100.00
3/4	19	2.17	2.17	15.35	15.35	84.65
1/2	12.5	8.48	10.65	59.97	75.32	24.68
3/8	9.5	1.64	12.29	11.60	86.92	13.08
4	4.75	1.59	13.88	11.24	98.16	1.84
PASA 4		0.26	14.14	1.84	100.00	0.00
		TOTAL	14.14	100.00		

Tamaño Máximo	1"
Tamaño Máximo Nominal	1"
Módulo de Finura MF	3.59



Densidad relativa y absorción

Norma NTE INEN 857,858

- **Densidad Relativa**

DATO	DESCRIPCIÓN
A	Masa en aire de la muestra seca al horno, g.
B	Masa en aire de la muestra saturada superficialmente seca, g.
C	Masa aparente en agua de la muestra saturada, g

DATOS		
A	4001	g
B	4081	g
C	2263	g

DESCRIPCIÓN DENSIDAD	FÓRMULA	VALOR [kg/m3]
En condiciones secas al horno	SH = 997,5A/(B-C)	2195.268
En condiciones saturada superficialmente seca	SSS = 997,5B/(B-C)	2239.163
Densidad relativa aparente	SA = 997,5A/(A-C)	2296.316

- **Absorción**

ABSORCIÓN	FÓRMULA	VALOR (%)
	((B-A) /A) *100	2.00

- **Contenido de humedad**

$$P = \frac{100\ (W - DD)}{D}$$

DATO	DESCRIPCIÓN
P	Contenido de humedad evaporable de la muestra
W	Masa de la muestra original, g
D	Masa de la muestra seca, g

MUESTRA 1			MUESTRA 2		
W1	1295	g	W2	1745	g
D1	1235	g	D2	1735	g
P1	4.858	%	P2	0.576	%
			$W_{promedio}$	2.717	%

Abrasión

Norma NTE INEN 860

Tamaño Nominal:	1"	**Fecha de Muestreo:**	14/07/2021
Fuente:	Holcim	**Fecha de Ensayo:**	15/07/2021
PARÁMETRO		**DATO**	**MAGNITUD**
Tipo de Muestra		Árido Grueso	
Gradación		B	
Número de Esferas		11	esferas
Número de Revoluciones		500	
A= Peso Inicial		5000	gr.
C= Peso Retenido en el tamiz No. 12 a las (500/1000) Revoluciones		3800	gr.
Porcentaje de Pérdida		24	%

Observación: El porcentaje máximo de pérdida de peso del agregado se limita a un 50% por lo tanto, la muestra ensayada se encuentra en la resistencia al desgaste suficiente para su aplicación.





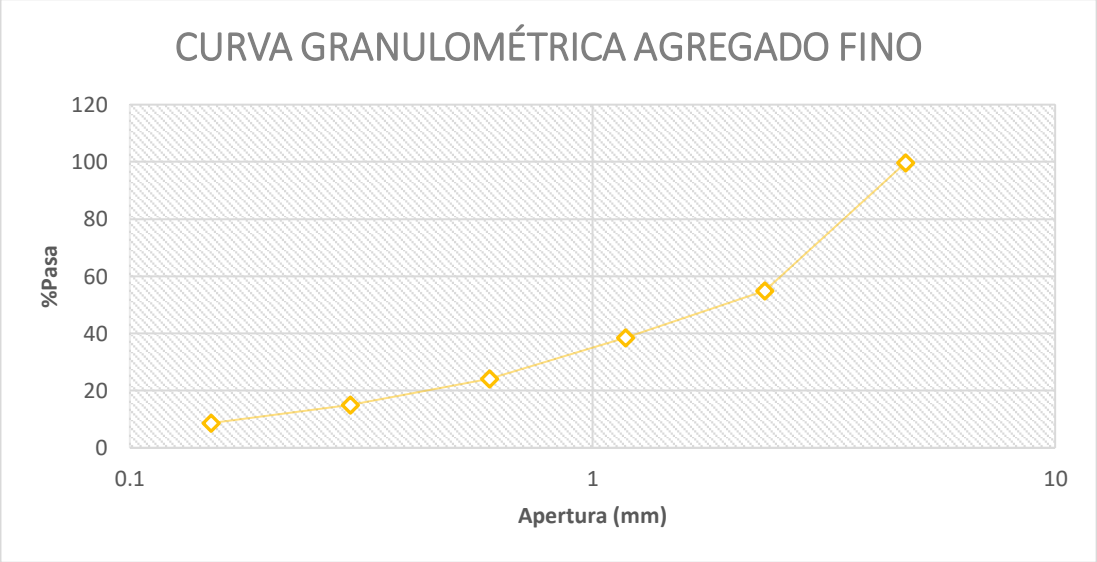
ANEXO 2.ENSAYOS EN AGREGADO FINO

Análisis Granulométrico

Norma NTE INEN 696

GRANULOMETRIA DE AGREGADO FINO						
TAMIZ	**ABERTURA (mm)**	**PESO RETENIDO PARCIAL (g)**	**PESO RETENIDO ACUMULADO (g)**	**%RETENIDO**	**% RETENIDO ACUMULADO**	**%QUE PASA**
4	4.75	3.59	3.59	0.304	0.304	100
8	2.36	530.06	533.65	44.820	45.124	55
16	1.18	192.95	726.6	16.315	61.439	38.561
30	0.6	169.9	896.5	14.366	75.806	24.194
50	0.3	108.44	1004.94	9.169	84.975	15.025
100	0.15	74.87	1079.81	6.331	91.306	8.694
PASA 100		102.82	1182.63	8.694	100.000	0.000
		TOTAL	1182.63	100		

Módulo de Finura	
MF=	2.76



Densidad relativa, densidad aparente y absorción

Norma NTE INEN 856,858

- **Densidad relativa y densidad aparente**

DATO	DESCRIPCIÓN
A	Muestra seca al horno, en g
B	Masa del picnómetro + agua, en g
C	Masa del picnómetro + agregado+ agua, en g
S	Masa de la muestra Superficie Saturada Seca (S.S.S.), en g

DENSIDAD		
PIC+W+AGR	991.4	C
W+PIC	702.2	B
PIC	212.1	-
Masa saturada	501.3	S
Masa seca	401.4	A

RESULTADOS	
Densidad (SH)	1.893
Densidad (SSS)	2.358
Densidad aparente	3.578
Densidad relativa (SH)	1.888
Densidad relativa (SSS)	2.364
Densidad relativa aparente	2.358

- **Absorción**

ABSORCION		
AG+REC	828	-
AG+REC SEC	817.8	-
BASE	325.4	-
muestra seca	492.4	A
masa saturada	502.6	S
ABSORCION	2.071%	-

- **Contenido de humedad**

$$P = \frac{100\ (W - D)}{D}$$

DATO	DESCRIPCIÓN
P	Contenido de humedad evaporable de la muestra
W	Masa de la muestra original, g
D	Masa de la muestra seca, g

MUESTRA 1			MUESTRA 2		
W1	765	g	W2	780	g
D1	745	g	D2	760	g
P1	2.685	%	P2	2.632	%
			W promedio	2.658	%

Contenido orgánico de la arena

Norma NTE INEN 855

Agregado Fino		Fecha de Muestreo:	14/07/2021
Fuente	Holcim	Fecha de Ensayo:	15/07/2021
TIPO DE MUESTRA	Árido Fino		
PROCEDIMIENTO	Solución de Color Normalizado		
	Comparador de Colores		X

Color Natural de la Muestra	Negro
Contenido Orgánico Aceptable	**SI** [X] **NO** [ ]
Color Escala Gardner	**1** [ ] **2** [ ] **3** [ ] **4** [ ] **5** [ ]

Observación: La muestra ensaya no presenta contenido orgánico y respecto a la escala de Gardner no se encuentra en este rango ya que presenta un color transparente, se concluye que no contiene impurezas.





ANEXO 3. ENSAYOS EN CEMENTO

Densidad aparente, suelta y compacta

Norma NTE INEN 858

DENSIDAD APARENTE DEL CEMENTO	
DENSIDAD SUELTA	
V molde (cm3)	2735
P molde (g)	1652
P1 (g)	4330
P2 (g)	4334
Densidad 1 (g/cm³)	0.98
Densidad 2 (g/cm³)	0.98
Densidad promedio (g/cm³)	0.98
DENSIDAD COMPACTADA	
V molde (cm³)	2735
P molde (g)	1652
P1 (g)	4911
P2 (g)	4943
Densidad 1 (g/cm³)	1.19
Densidad 2 (g/cm³)	1.20
Densidad promedio (g/cm³)	1.20



Densidad real

Norma NTE INEN 156

DENSIDAD REAL CEMENTO		
Dato	**Muestra 1**	**Muestra 2**
Li	0.6	1
Lf	24.6	24.8
m (g)	64	64
Densidad real (g/cm³)	2.67	2.69
Densidad promedio (g/cm³)	2.68	



Consistencia normal

Norma NTE INEN 157

CONSISTENCIA CEMENTO		
Dato	**Muestra 1**	**Muestra 2**
Peso cemento (g)	500.13	500.24
Peso agua (g)	160	150
Descenso sonda (mm)	30	10
Consistencia normal hum.	23%	



ANEXO 4.DOSIFICACIÓN PRELIMINAR

Se ha de tener en consideración las siguientes tablas obtenidas de ACI 211.

Table 6.3.1 — Recommended slumps for various types of construction*

Types of construction	Slump, in.	
	Maximum+	Minimum
Reinforced foundation walls and footings	3	1
Plain footings, caissons, and substructure walls	3	1
Beams and reinforced walls	4	1
Building columns	4	1
Pavements and slabs	3	1
Mass concrete	2	1

*Slump may be increased when chemical admixtures are used, provided that the admixture-treated concrete has the same or lower water-cement or water-cementitious material ratio and does not exhibit segregation potential or excessive bleeding.

'May be increased 1 in. for methods of consolidation other than vibration.

ACI COMMITTEE REPORT

Table 6.3.3 — Approximate mixing water and air content requirements for different slumps and nominal maximum sizes of aggregates

Slump, in.	Water, lb/yd³ of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate							
	⅜ in.*	½ in.*	¾ in.*	1 in.*	1-½ in.*	2 in.*,†	3 in.†,‡	6 in.†,‡
Non-air-entrained concrete								
1 to 2	350	335	315	300	275	260	220	190
3 to 4	385	365	340	325	300	285	245	210
6 to 7	410	385	360	340	315	300	270	—
More than 7*	—	—	—	—	—	—	—	—
Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Air-entrained concrete								
1 to 2	305	295	280	270	250	240	205	180
3 to 4	340	325	305	295	275	265	225	200
6 to 7	365	345	325	310	290	280	260	—
More than 7*	—	—	—	—	—	—	—	—
Recommended averages§ total air content, percent for level of exposure:								
Mild exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5**,‡‡	1.0**,‡‡
Moderate exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5**,‡‡	3.0**,‡‡
Severe exposure¶	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5**,‡‡	4.0**,‡‡

Table 6.3.4(a) — Relationship between water-cement or water-cementitious materials ratio and compressive strength of concrete

Compressive strength at 28 days, psi*	Water-cement ratio, by weight	
	Non-air-entrained concrete	Air-entrained concrete
6000	0.41	—
5000	0.48	0.40
4000	0.57	0.48
3000	0.68	0.59
2000	0.82	0.74

Table 6.3.6 — Volume of coarse aggregate per unit of volume of concrete

Nominal maximum size of aggregate, in.	Volume of oven-dry-rodded coarse aggregate* per unit volume of concrete for different fineness moduli of fine aggregate+			
	2.40	2.60	2.80	3.00
⅜	0.50	0.48	0.46	0.44
½	0.59	0.57	0.55	0.53
¾	0.66	0.64	0.62	0.60
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1½	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.80	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

Dosificación para una resistencia de 210 kg/cm²

DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE HORMIGÓN - ACI 211 (SIN INTRODUCCIÓN DE AIRE)

CEMENTO

Tipo	I	
Peso específico	2.68	g/cm3
Peso/saco	50	kg/saco

AGUA

Densidad	1	kg/dm3

AGREGADO FINO

Peso específico seco	2.358	gr/cm3
Absorción	2.072%	
Contenido de humedad	2.658%	
Módulo de finura	2.76	

AGREGADO GRUESO

TMN	1	in
Peso específico seco	2.239	gr/cm3
Peso seco compactado	1487	kg/m3
Absorción	2.000%	
Contenido de humedad	2.717%	

RESISTENCIA REQUERIDA

f'c	210	kg/cm2

ASENTAMIENTO

Asentamiento esperado	8	in
¿Se incorpora aire?	NO	

PROBETAS

N° probetas	7	
Altura	0.3	m
Diámetro	0	m
Desperdicios	7%	

FIBRAS

Longitud	3.81	cm
Diámetro	0.83	mm
Capacidad de absorción	146%	
Contenido de humedad	0%	
Densidad S.S.S.	582	kg/m3
%Fibras	0.5%	

CÁLCULOS

1) Resistencia promedio

f'cr= 294 kg/cm2

2) Tamaño máximo nominal

TMN= 1 in

3) Asentamiento

Asentamiento 8 in BLANDA

Aire incorp?= NO

4) Volumen unitario de agua

Agua req= 202 l/m3

5) Contenido de aire

Cont. Aire= 2%

6) Relación agua/cemento

a/c= 0.55 Sin corregir

7) Factor cemento

factor cemento= 365.75 kg/m3

8) Contenido de agregado grueso

Vol agregado grueso s.c.= 0.674

Peso agregado grueso sc= 1002.2 kg/m3

9) Cálculo de volúmenes absolutos parciales

Cemento	0.136	m3
Agua	0.202	m3
Aire	0.015	m3
A. Grueso	0.448	m3
Σ	**0.801**	**m3**

10) Contenido de agregado fino

A. Fino 469.0 kg/m3

11) Valores de diseño de mezcla

Cemento	365.7	kg/m3	
Agua	202.0	l/m3	
A. Fino	469.0	kg/m3	Seco
A. Grueso	1002.2	kg/m3	Seco

12) Corrección por humedad del agregado

Cemento	365.7	kg/m3	
Agua	192.1	l/m3	
A. Fino	481.5	kg/m3	Real
A. Grueso	1029.5	kg/m3	Real

13) Proporción en peso

c/c	af/c	ag/c	a/c
1.00	1.32	2.81	0.53

14) Peso por tanda de un saco

Cemento	50.0	kg/saco
Agua	26.3	l/saco
A. Fino	65.8	kg/saco
A. Grueso	140.7	kg/saco

15) Cantidad de material para probetas sin fibra

Volumen probetas= 0 m3

Cemento	0.0	kg
Agua	0.0	l
A. Fino	0.0	kg
A. Grueso	0.0	kg
Σ	**0.0**	**m3**

15) Cantidad de material para probetas con fibra

Volumen probetas= 0.0000 m3

Vol. Fibra= 0.0000 m3

Fibra en peso= 0.0000 kg

Cemento	0.0	kg
Agua	0.0	l
A. Fino	0.0	kg
A. Grueso	0.0	kg
Fibra	0.0	kg
Σ	**0.0**	**m3**

Dosificación para una resistencia de 240 kg/cm²

DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE HORMIGÓN - ACI 211 (SIN INTRODUCCIÓN DE AIRE)

CEMENTO

Tipo	I	
Peso específico	2.68	g/cm3
Peso/saco	50	kg/saco

AGUA

Densidad	1	kg/dm3

AGREGADO FINO

Peso específico seco	2.358	gr/cm3
Absorción	2.072%	
Contenido de humedad	2.658%	
Módulo de finura	2.76	

AGREGADO GRUESO

TMN	1	in
Peso específico seco	2.239	gr/cm3
Peso seco compactado	1487	kg/m3
Absorción	2.000%	
Contenido de humedad	2.717%	

RESISTENCIA REQUERIDA

f'c	240	kg/cm2

ASENTAMIENTO

Asentamiento esperado	8	in
¿Se incorpora aire?	NO	

PROBETAS

N° probetas	7	
Altura	0.3	m
Diámetro	0	m
Desperdicios	7%	

FIBRAS

Longitud	3.81	cm
Diámetro	0.83	mm
Capacidad de absorción	146%	
Contenido de humedad	0%	
Densidad S.S.S.	582	kg/m3
%Fibras	0.5%	

CÁLCULOS

1) Resistencia promedio

f'cr= 324 kg/cm2

2) Tamaño máximo nominal

TMN= 1 in

3) Asentamiento

Asentamiento 8 in BLANDA

Aire incorp?= NO

4) Volumen unitario de agua

Agua req= 202 l/m3

5) Contenido de aire

Cont. Aire= 2%

6) Relación agua/cemento

a/c= 0.51 Sin corregir

7) Factor cemento

factor cemento= 393.70 kg/m3

8) Contenido de agregado grueso

Vol agregado grueso s.c.= 0.674

Peso agregado grueso sc= 1002.2 kg/m3

9) Cálculo de volúmenes absolutos parciales

Cemento	0.147	m3
Agua	0.202	m3
Aire	0.015	m3
A. Grueso	0.448	m3
Σ	**0.812**	**m3**

10) Contenido de agregado fino

A. Fino 444.4 kg/m3

11) Valores de diseño de mezcla

Cemento	393.7	kg/m3	
Agua	202.0	l/m3	
A. Fino	444.4	kg/m3	Seco
A. Grueso	1002.2	kg/m3	Seco

12) Corrección por humedad del agregado

Cemento	393.7	kg/m3	
Agua	192.2	l/m3	
A. Fino	456.2	kg/m3	Real
A. Grueso	1029.5	kg/m3	Real

13) Proporción en peso

c/c	af/c	ag/c	a/c
1.00	1.16	2.61	0.49

14) Peso por tanda de un saco

Cemento	50.0	kg/saco
Agua	24.4	l/saco
A. Fino	57.9	kg/saco
A. Grueso	130.7	kg/saco

15) Cantidad de material para probetas sin fibra

Volumen probetas= 0 m3

Cemento	0.0	kg
Agua	0.0	l
A. Fino	0.0	kg
A. Grueso	0.0	kg
Σ	**0.0**	**m3**

15) Cantidad de material para probetas con fibra

Volumen probetas= 0.0000 m3

Vol. Fibra= 0.0000 m3

Fibra en peso= 0.0000 kg

Cemento	0.0	kg
Agua	0.0	l
A. Fino	0.0	kg
A. Grueso	0.0	kg
Fibra	0.0	kg
Σ	**0.0**	**m3**

ANEXO 5.RESUMEN DE MATERIALES

Descripción de materiales

- Cemento: El recomendado por el ACI 544 para el uso de fibras naturales es el cemento tipo I.
- Cemento HOLCIM: cemento hidráulico tipo GU
- Fibras naturales

Torzales de coco:		
Longitud	3.81	cm
Diámetro	0.83	mm
Capacidad de absorción	145	%
Densidad S.S.S.	682	kg/m^3

- Arena: La arena a usarse en la investigación se denomina Piedra triturada, con su característico color gris.
- Ripio: El ripio a usarse en la investigación se denomina Piedra 67, la cual es producto de la trituración de rocas ígneas, su coloración es gris con un tamaño máximo nominal de 19 mm o 3/4 de pulgada.
- Dimensiones de las viguetas

VIGAS ESTOPA DE COCO		
Dimensiones		
Base	10	cm
Ancho	10	cm
Altura	30	cm
Volumen	0.003	m^3
Total	0.63	m^3

- Cantidades de materiales

VIGAS - Compresión													
Tratamiento Químico	**Fibra Natural**	**F'c (kg/cm²)**	**% Fibra Natural**	**Días de Ensayo**			**Muestras**		**Fibra**	**Cemento Kg**	**Arena Kg**	**Ripio Kg**	**Agua Kg**
				14d	**28d**	**56d**							
Sin tratamiento	sin fibra	210	0.00%	7	7	7	21	0.08	0.0000	28.21	59.55	80.52	19.22
		240	0.00%	7	7	7	21	0.08	0.0000	30.27	57.77	80.52	19.43
Tratamiento 1	Estopa de coco	210	0.50%	7	7	7	21	0.08	0.0004	28.21	59.55	80.52	19.22
			1.00%	7	7	7	21	0.08	0.0008	30.27	57.77	80.52	19.43
		240	0.50%	7	7	7	21	0.08	0.0004	30.27	57.77	80.52	19.43
			1.00%	7	7	7	21	0.08	0.0008	30.27	57.77	80.52	19.43
Tratamiento 2	Estopa de coco	210	0.50%	7	7	7	21	0.08	0.0004	28.21	59.55	80.52	19.22
			1.00%	7	7	7	21	0.08	0.0008	30.27	57.77	80.52	19.43
		240	0.50%	7	7	7	21	0.08	0.0004	30.27	57.77	80.52	19.43
			1.00%	7	7	7	21	0.08	0.0008	30.27	57.77	80.52	19.43
Total de muestras a ensayar							210	0.84	**0.00504**	**296.50**	**583.05**	**805.20**	**193.65**
										6			

ANEXO 6.ENSAYOS EN FIBRAS

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
CENTRO TEXTIL POLITÉCNICO

INFORME No. CTP-ITI-2021-07-03

DEPARTAMENTO SOLICITANTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL DICA
Ing. Nicolay Yanchapanta
Colaborador del Proyecto de Investigación PII-DI-2021-01.

MATERIAL QUE ENTREGA
Una muestra de fibra de coco sin tratamiento.

TRABAJO SOLICITADO:
Determinar tenacidad, elongación a la rotura, título y contenido de humedad

FECHA DE RECEPCION ORDEN DE TRABAJO: 2021 / 07 / 08

FECHA DE REALIZACIÓN DEL INFORME: 2021 / 07 / 13

NÚMERO DE ORDEN DE TRABAJO: DQ-OTI007-2021

Responsable del Centro Textil
Ing. Hilda Trujillo A.

Director del Centro Textil
OMAR FERNANDO BONILLA HIDALGO
Firmado digitalmente por OMAR FERNANDO BONILLA HIDALGO
Ing. Omar Bonilla H.
L.P. 17 – 05 – 1024

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO TEXTIL POLITÉCNICO

Los resultados de este informe conciernen exclusivamente a las muestras, productos o materiales entregados al Centro Textil Politécnico y no puede extenderse a lotes de producción o comprados. La reproducción de este informe solo se autoriza si se hace en su totalidad.

Dirección: Andalucía N22-441 y Veintimilla Teléfonos: 2976 300 – 3938 780 Ext. 4305-4306-43-07
E-mail: omar.bonilla@epn.edu.ec; hilda.trujillo@epn.edu.ec

INFORME No. CTP-ITI-2021-07-03

FIBRAS DE COCO SIN TRATAMIENTO
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y ELONGACIÓN A LA ROTURA (ASTM D 2256)

Probeta	Vel. prueba [mm/min]	Fuerza rotura [N]	Elongación [mm/mm]	Densidad lineal [tex]	Tiempo al Break [s]	Tenacidad [N/tex]
1	30	6,90	0,07828	57,07	31,4	0,121
2	30	9,50	0,11783	46,77	47,2	0,203
3	30	19,00	0,10058	96,27	40,3	0,198
4	30	6,78	0,08056	51,00	32,2	0,133
5	30	15,60	0,11318	93,46	45,4	0,167
6	30	26,60	0,09166	164,42	36,7	0,161
7	30	15,00	0,07281	70,48	29,2	0,212
8	30	11,80	0,07104	88,89	28,5	0,132
9	30	18,00	0,10105	94,33	40,5	0,190
10	30	12,60	0,09875	73,85	39,6	0,170
11	30	9,04	0,09454	46,58	37,9	0,194
12	30	6,08	0,04982	67,59	20	0,090
13	30	8,46	0,09724	48,62	38,9	0,174
14	30	22,60	0,30427	153,23	122	0,148
15	30	10,30	0,07501	93,99	30,1	0,110
16	30	7,58	0,10122	37,71	40,6	0,201
17	30	5,69	0,05173	48,85	20,7	0,116
18	30	7,00	0,04173	60,87	16,7	0,115
19	30	8,54	0,09638	46,27	38,6	0,185
20	30	12,00	0,08779	56,59	35,2	0,213
21	30	6,23	0,05171	58,74	20,7	0,106
23	30	13,50	0,11592	66,46	46,4	0,204
24	30	21,90	0,0829	157,07	33,2	0,140
25	30	7,63	0,12124	41,49	48,6	0,184
26	30	13,70	0,09387	66,50	37,6	0,206
27	30	6,48	0,08898	39,60	35,7	0,164
28	30	7,26	0,08918	68,54	35,7	0,106
29	30	10,10	0,10484	55,56	42,1	0,181
30	30	4,96	0,05986	49,39	24	0,101
31	30	6,90	0,07828	57,07	31,4	0,121
32	30	9,50	0,11783	46,77	47,2	0,203
33	30	19,00	0,10058	96,27	40,3	0,198
Media	30	11,40	0,09427	72,42	37,8	0,159
Desviación estándar	0	5,67	0,05	34,31	18,28	0,040

Los resultados de este informe conciernen exclusivamente a las muestras, productos o materiales entregados al Centro Textil Politécnico y no puede extenderse a lotes de producción o comprados. La reproducción de este informe solo se autoriza si se hace en su totalidad.

Dirección: Andalucía N22-441 y Veintimilla Teléfonos: 2976 300 – 3938 780 Ext. 4305-4306-43-07
E-mail: omar.bonilla@epn.edu.ec; hilda.trujillo@epn.edu.ec

INFORME No. CTP-ITI-2022-01-01

DEPARTAMENTO SOLICITANTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL DICA
Ing. Nicolay Yanchapanta
Colaborador del Proyecto de Investigación PII-DI-2021-01.

MATERIAL QUE ENTREGA
Dos grupos de muestras de fibra de coco con tratamientos de humo de sìlice y NaoH.

TRABAJO SOLICITADO:
Determinar tenacidad, elongación a la rotura, título,

FECHA DE RECEPCION ORDEN DE TRABAJO: 2022 / 01/ 24

FECHA DE REALIZACIÓN DEL INFORME: 2022 / 01/ 25

NÚMERO DE ORDEN DE TRABAJO: DQ-OTI0001-2022

Responsable del Centro Textil
Firmado electrónicamente por:
HILDA LUCIA TRUJILLO AREVALO
Ing. Hilda Trujillo A.

Director del Centro Textil
OMAR FERNANDO BONILLA HIDALGO
Firmado digitalmente por OMAR FERNANDO BONILLA HIDALGO
Ing. Omar Bonilla H.
L.P. 17 – 05 – 1024

Los resultados de este informe conciernen exclusivamente a las muestras, productos o materiales entregados al Centro Textil Politécnico y no puede extenderse a lotes de producción o comprados. La reproducción de este informe solo se autoriza si se hace en su totalidad.

INFORME No. CTP-ITI-2022-01-01

FIBRAS DE COCO CON TRATAMIENTO DE HUMO DE SÌLICE
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y ELONGACIÓN A LA ROTURA (ASTM D 2256)

Probeta	Vel. prue [mm/min]	Fuerza rotura [N]	Elongación [mm/mm]	Densidad lineal [tex]	TiempoalBreak [s]	Tenacidad [N/tex]
1	30	5,75	0,0895	54,97	35,90	0,105
2	30	4,22	0,1127	40,33	45,10	0,105
3	30	7,56	0,0913	63,41	36,70	0,119
4	30	7,02	0,1123	67,00	45,00	0,105
5	30	5,78	0,0159	69,89	6,39	0,083
6	30	5,95	0,1206	33,52	48,40	0,178
7	30	11,7	0,0105	172,28	4,23	0,068
8	30	10,1	0,1013	69,23	40,70	0,146
9	30	3,22	0,0805	39,13	32,40	0,082
10	30	5,39	0,1332	47,25	53,30	0,114
11	30	3,36	0,0588	26,84	23,50	0,125
12	30	17,7	0,1070	85,45	42,90	0,207
13	30	3,2	0,0920	36,02	36,90	0,089
14	30	4,29	0,1171	41,07	47,20	0,104
15	30	3,74	0,0968	36,96	38,90	0,101
16	30	8,34	0,0739	69,70	29,60	0,120
17	30	5,52	0,1171	37,33	46,90	0,148
18	30	5,84	0,0662	79,44	26,50	0,074
19	30	17,7	0,0216	227,68	8,69	0,078
21	30	7,84	0,1205	80,77	48,40	0,097
23	30	11,7	0,1041	91,62	41,90	0,128
24	30	7,02	0,0128	101,10	5,18	0,069
25	30	5,14	0,0858	52,43	34,50	0,098
26	30	7,77	0,0900	57,31	36,10	0,135
27	30	5,49	0,0871	47,62	35,00	0,115
28	30	14,6	0,0973	130,27	39,00	0,112
29	30	9,91	0,0665	97,88	26,70	0,101
30	30	7,96	0,1022	53,07	41,00	0,150
31	30	8,04	0,0761	81,40	30,50	0,099
32	30	4,21	0,0311	51,01	12,50	0,083
33	30	7,54	0,0831	71,40	33,30	0,111
34	30	3,88	0,0300	42,86	13,77	0,030
Media	30	5,75	0,0895	54,97	35,90	0,105
Desviación estándar	0	4,22	0,1127	40,33	45,10	0,105

Los resultados de este informe conciernen exclusivamente a las muestras, productos o materiales entregados al Centro Textil Politécnico y no puede extenderse a lotes de producción o comprados. La reproducción de este informe solo se autoriza si se hace en su totalidad.

Dirección: Andalucía N22-441 y Veintimilla Teléfonos: 2976 300 – 3938 780 Ext. 4305-4306-43-07
E-mail: omar.bonilla@epn.edu.ec; hilda.trujillo@epn.edu.ec

INFORME No. CTP-ITI-2022-01-01

FIBRAS DE COCO CON TRATAMIENTO NaOH
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y ELONGACIÓN A LA ROTURA (ASTM D 2256)

Probeta	Vel. prueba [mm/min]	Fuerza rotura [N]	Elongación [mm/mm]	Densidad lineal [tex]	Tiempo al Break [s]	Tenacidad [N/tex]
1	30	7,39	0,1089	83,39	43,60	0,089
2	30	19,50	0,1122	131,07	44,90	0,149
3	30	6,84	0,1117	74,23	44,70	0,092
4	30	5,63	0,1251	56,47	50,10	0,100
5	30	8,46	0,1334	59,81	53,40	0,141
6	30	5,06	0,0235	91,67	9,45	0,055
7	30	17,80	0,1523	143,78	61,10	0,124
8	30	6,29	0,1522	50,28	60,90	0,125
9	30	3,89	0,0578	52,90	23,20	0,074
10	30	5,76	0,1139	38,64	45,60	0,149
11	30	2,26	0,0276	41,81	11,10	0,054
12	30	11,40	0,0532	184,05	21,30	0,062
13	30	7,68	0,1114	7,33	44,60	1,048
14	30	10,20	0,1043	127,72	42,00	0,080
15	30	8,27	0,0935	77,65	37,60	0,107
16	30	8,16	0,0886	78,24	35,70	0,104
17	30	3,94	0,0723	51,45	29,00	0,077
18	30	5,19	0,1023	53,22	41,00	0,097
19	30	8,29	0,0883	58,79	35,50	0,141
20	30	3,86	0,0801	64,65	32,20	0,060
21	30	6,95	0,1126	84,57	45,20	0,082
23	30	5,02	0,0924	53,99	37,20	0,093
24	30	7,07	0,1182	62,50	47,40	0,113
25	30	7,88	0,1587	55,75	63,70	0,141
26	30	8,37	0,1239	76,70	49,60	0,109
Media	30	14,40	0,1368	132,96	54,80	0,108
Desviación estándar	0	7,91	0,1021	76,68	41,00	0,137

Responsable del Centro Textil

Firmado electrónicamente por: HILDA LUCIA TRUJILLO AREVALO

Ing. Hilda Trujillo A.

Director del Centro Textil

OMAR FERNANDO BONILLA HIDALGO

Firmado digitalmente por OMAR FERNANDO BONILLA HIDALGO

Ing. Omar Bonilla H.
L.P. 17 – 05 – 1024

Los resultados de este informe conciernen exclusivamente a las muestras, productos o materiales entregados al Centro Textil Politécnico y no puede extenderse a lotes de producción o comprados. La reproducción de este informe solo se autoriza si se hace en su totalidad.

Dirección: Andalucía N22-441 y Veintimilla Teléfonos: 2976 300 – 3938 780 Ext. 4305-4306-43-07
E-mail: omar.bonilla@epn.edu.ec; hilda.trujillo@epn.edu.ec