



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**HORMIGÓN PARA PAVIMENTO RÍGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE  
CORTEZA DE FLOR DE COCO COMO AGREGADO DE ORIGEN NATURAL.**

Trabajo de investigación, previo a la obtención del título de Tercer Nivel, presentada  
por:

**Cristhian Stalin Anchundia Delgado**

**TUTOR:**

**Ing. Jorge García Argandoña**

Manta – Manabí – Ecuador

2025

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:


Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Anchundia Delgado Cristhian Stalin, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Civil, período académico 2024-2025, cumpliendo el total de 192 horas, cuyo tema del proyecto es "HORMIGÓN PARA PAVIMENTO RÍGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE CORTEZA DE FLOR DE COCO COMO AGREGADO DE ORIGEN NATURAL".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 23 de Diciembre de 2024

Lo certifico,

  
Ing. Jorge Eduardo García Argandoña  
Docente Tutor  
Area: Vías

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA**

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación siguiendo la modalidad de Proyecto de Investigación, titulado: “HORMIGÓN PARA PAVIMENTO RÍGIDO INCORPORANDO FIBRAS DE CORTEZA DE FLOR DE COCO COMO AGREGADO DE ORIGEN NATURAL” elaborado por el egresado: Anchundia Delgado Cristhian Stalin de la Carrera de Ingeniería Civil.

### INGENIERO CIVIL

Aprobado por el Tribunal Examinador

---

Ing. Javier Baque Solís  
Miembro del tribunal

---

Ing. Jose Hualpa Muñoz  
Miembro del tribunal

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Cristhian Stalin Anchundia Delgado, egresado de la facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura, de la carrera De Ingeniería Civil, de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" De Manabí, declaro que es de mi autoría el siguiente trabajo de titulación con el tema: Hormigón para pavimento rígido incorporando fibras de corteza de flor de coco como agregado de origen natural, con la modalidad "Proyecto de Investigación", siendo el Ingeniero Jorge García Argandoña tutor de este trabajo. La propiedad intelectual de este proyecto corresponde a la Universidad Laica "Eloy Alfaro" De Manabí.

El análisis de los resultados y las condiciones presentadas son de exclusiva responsabilidad del autor sujeto a la información obtenida.

Cristhian S

---

Egdo. Cristhian Stalin Anchundia Delgado  
1315993467



## DEDICATORIA

En primer lugar, agradezco a mis padres por ser siempre el apoyo fundamental para no desistir de mis sueños, quienes día a día me motivan a ser mejor persona inculcándome buenos valores. A mis amigos que entre cada tema de estudio y conversación cotidiana nos dábamos fuerzas para poder afrontar los retos diarios de tan bella carrera como lo es la ingeniería civil.

Agradezco a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí y a la carrera de ingeniería con sus respectivos docentes quienes son capaces de mostrar el lado más versátil y apasionante de las diferentes áreas de la ingeniería.

## AGRADECIMIENTOS

Mis más grandes agradecimientos a mis padres quienes me dieron su apoyo no solo en mi carrera universitario, sino también en toda mi vida, dándome estudios y valores que a día de hoy me hacen ser quien soy.

A mis compañeros de clase quienes día a día fueron un apoyo incondicional para poder seguir en la carrera, en especial a mi amigo Cristhian Menéndez quien siempre me brindo su ayuda en momentos claves de la carrera e impulso a no decaer en este propósito.

Agradezco al personal de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, a la facultad de ingeniería y al personal del laboratorio de suelos por abrir sus puertas y conocimientos para poder comprender tan bella profesión y la ayuda brindada en la elaboración del proyecto de titulación.

Finalmente, a todas las personas que me ayudaron de forma directa o indirecta en la culminación del proyecto de titulación.

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación quien lleva como título “Hormigón para pavimento rígido incorporando fibras de corteza de flor de coco como aditivo.” Está enfocado en la utilización de materiales orgánicos como una alternativa a reducir los altos niveles de contaminación y a su vez mejorar la calidad y capacidad de los elementos constructivos como es en este caso el hormigón para pavimento rígido. El estudio se define como experimental debido a que consistió en determinar si la inclusión de fibras naturales (flor de coco) beneficia al comportamiento de las propiedades mecánicas de un hormigón destinado al uso de pavimentos rígidos, en el cual se supone el uso de hormigones con resistencia a la compresión de 280 kg/cm<sup>2</sup>.

De esta manera se realizaron dos estudios a carácter experimental como lo fue el ensayo a compresión determinado por la norma NTE INEN 1573 y ASTM C39, 2017 además el ensayo a la flexocompresión determinado por la norma NTE INEN 2554, el cual nos indica que la fibra se comportó de buena manera en la inclusión con el hormigón para pavimentos.

Es así, como se concluye que a través de la experimentación y varias dosificaciones de fibra natural existe una respuesta favorable para ser aplicado al hormigón para pavimentos rígidos puesto a que no solo aliviana un porcentaje del hormigón tradicional, sino, también mejora las capacidades a la flexo-compresión de una forma mínima.

Palabras claves: Hormigón, fibras naturales, compresión y flexocompresión.

## ABSTRACT

This research project, titled “Concrete for Rigid Pavement Incorporating Coconut Husk Fibers as an Additive,” focuses on the use of organic materials as an alternative to reduce high pollution levels while improving the quality and performance of construction elements, specifically concrete for rigid pavements. The study is classified as experimental, as it aimed to determine whether the inclusion of natural fibers (coconut husk) enhances the mechanical properties of concrete designed for rigid pavements, particularly with a compressive strength of 280 kg/cm<sup>2</sup>.

Two experimental tests were conducted: the compressive strength test in accordance with the NTE INEN 1573 and ASTM C39, 2017 standards, and the flexural compression test based on the NTE INEN 2554 standard. These tests demonstrated that the fiber performed effectively when integrated with the concrete for pavement applications.

In conclusion, experimentation and various dosages of natural fiber revealed a favorable response for its application in rigid pavement concrete. This approach not only reduces the weight of traditional concrete to some extent but also slightly enhances its flexural compression properties.

Keywords: Concrete, natural fibers, compression, flexural compression.



## ÍNDICE

CERTIFICADO DEL TUTOR _____	II
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR _____	III
_____	III
DECLARACION DE AUTORIA _____	IV
DEDICATORIA _____	V
AGRADECIMIENTOS _____	VI
RESUMEN _____	VII
ABSTRACT _____	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS _____	XI
ÍNDICE DE TABLAS _____	XI
INTRODUCCIÓN _____	1
CAPÍTULO 1 _____	2
Planteamiento del Problema _____	2
1.1. Justificación. _____	2
1.2. Delimitación del problema _____	3
1.2.1. Delimitación del contenido. _____	3
1.2.2. Delimitación espacial. _____	3
1.2.3. Delimitación temporal _____	3
1.3. Diseño teórico. _____	3
1.3.1. Problema de la investigación. _____	3
1.3.2. Objetivos de la investigación. _____	3
1.3.3. Campo de acción. _____	4
1.3.4. Hipótesis de la investigación. _____	4
1.3.5. Objetivo general _____	4
1.3.6. Objetivos específicos _____	4
1.3.7. Variables _____	4
1.3.7.1. Variables independientes. _____	4
1.3.7.2. Variables dependientes _____	5
CAPÍTULO 2 _____	6
Marco Teórico _____	6
2.1 Antecedentes. _____	6
2.2 Fundamentación Legal _____	10
2.3 Definiciones _____	11
2.3.1 Hormigón _____	11

2.3.2	Concreto	11
2.3.3	Hormigón hidráulico.	11
2.3.4	Cemento selvalegre tipo IP	11
2.3.5	Agregados	12
2.3.6	Agua	14
2.3.7	Agregado natural	14
2.3.8	Mecanismo de mejora	17
2.3.9	Incidencia en la resistencia a compresión	17
2.3.10	Uso de la fibra de coco en construcción	18
2.3.11	Clasificaciones	19
2.3.12	Clasificación botánica	19
CAPÍTULO 3.		22
DISEÑO METODOLÓGICO.		22
3.1	Tipo de investigación, nivel de investigación y diseño de investigación	22
3.1.1	Tipo de investigación	22
3.1.2	Nivel de investigación	22
3.1.3	Población y muestra.	22
3.2	Plan de recolección de información	22
3.3	Plan para procesar la información	23
3.4	Técnicas e instrumentos principales	23
3.4.1	Técnicas secundarias	23
3.4.2	Instrumentos secundarios	23
3.4.3	Muestras	24
3.4.4	Dosificación	24
3.5	Diseño de probetas para ensayo de compresión	26
3.5.1	Ensayo de compresión en probetas cilíndricas	27
3.5.2	Procedimiento	27
3.6	Diseño de vigas para ensayo de flexocompresión	27
3.7	Toma de resultados y comparación.	28
3.7.1	Ensayo de Flexocompresión en probetas tipo viga	28
3.7.2	Procedimiento	28
CAPÍTULO 4.		29
RESULTADOS		29
4.1	Resultados generales de probetas cilíndricas	29
4.1.1	Resultado de ensayos a los 7 días de edad	29

4.1.2	Resultado de ensayo a los 14 días de edad	30
4.1.3	Resultado de ensayo a los 28 días de edad	31
4.1.4	Resultados resumidos a diferentes edades y su rendimiento	32
4.2	Resultados de prueba a flexocompresión	33
4.2.1	Gráfico comparativo de resistencia a la flexocompresión	34
4.3	Análisis de resultados.	35
4.3.1	Análisis de ensayos de compresión.	35
4.3.2	Análisis de ensayos a flexocompresión	35
4.4	Conclusiones	36
4.5	Recomendaciones	37
4.6	Referencias.	38
Anexos		40

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Componentes del concreto</i>	11
<i>Figura 2. Cemento selvalegre IP</i>	12
<i>Figura 3. Clasificación de fibras según su origen.</i>	19
<i>Figura 4. Porcentaje de agregados hormigón convencional</i>	25
<i>Figura 5. Porcentaje de agregados hormigón con fibras.</i>	25
<i>Figura 6. Incremento de resistencia.</i>	32
<i>Figura 7. Comparativa de hormigón convencional y con fibra al 2% a la flexocompresion.</i>	34

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Plan de recoleccion de información.....</i>	22
<i>Tabla 2 Instrumentos principales .....</i>	23
<i>Tabla 3 Porcentajes de agregados hormigon convencional.....</i>	25
<i>Tabla 4 Porcentaje de agregados hormigón con fibra.....</i>	25
<i>Tabla 5. Resultado de ensayos a los 7 días de edad .....</i>	29

<i>Tabla 6 Resultado de ensayos a los 14 días de edad .....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 7 Resultado de ensayos a los 28 días de edad .....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 8 Incremento de resistencia segun porcentaje de fibras en probetas de cilindros.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 9 Porcentaje alcanzado a la flexocompresion de vigas.....</i>	<i>33</i>



## INTRODUCCIÓN

El hormigón hidráulico es un material muy utilizado en la construcción de pavimentos rígidos debido a su durabilidad, resistencia mecánica y capacidad para soportar cargas pesadas. Este tipo de pavimento se caracteriza por su estructura sólida y su capacidad para distribuir las cargas generadas por el tránsito vehicular de manera uniforme a lo largo de su superficie y hacia las capas inferiores. Estas propiedades hacen que los pavimentos de hormigón hidráulico sean ideales para carreteras, aeropuertos, puertos, y áreas industriales donde se requiere alta capacidad de soporte y una larga vida útil.

El hormigón hidráulico combina materiales como cemento, agregados finos y gruesos como la arena y las gravas, el agua y, en ocasiones, aditivos para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, como la resistencia al agrietamiento, la durabilidad frente a agentes químicos, o la resistencia deformaciones. Además, el diseño y la correcta ejecución del pavimento son fundamentales para garantizar su desempeño óptimo, considerando factores como el espesor adecuado, las juntas de contracción y expansión, y las condiciones de carga esperadas.

A lo largo de los años, los pavimentos de hormigón hidráulico han demostrado ser una solución eficiente y sostenible, ofreciendo beneficios como menores costos de mantenimiento y un mejor desempeño en condiciones climáticas extremas.

La inclusión de fibras de origen natural no es novedad dentro del diseño de hormigones, sin embargo, se da limitado uso o fibras tan versátiles dentro del uso del hormigón, es por ello, que las investigaciones siempre apuntan a una doble finalidad, aportar resistencia a un hormigón convencional y en gran medida reducir el índice de contaminación proveniente de residuos orgánicos. Esta investigación tiene la finalidad de reutilizar fibras orgánicas y verificar como la inclusión de la misma mejora las características mecánicas del hormigón.

# CAPÍTULO 1

## Planteamiento del Problema

### 1.1. Justificación.

El hormigón como material de construcción es uno de los elementos más versátiles, pues, debido a su manejabilidad y la gran capacidad de resistir a las cargas que es sometido, es el material más utilizado en obras constructivas, una de ellas y la que se considera de gran impacto social, es la construcción de vías que conectan ciudades y llevan progreso a sus habitantes.

El problema principal radica en el uso de materiales pétreos, los cuales al provenir de la explotación minera contribuyen de gran manera con el impacto ambiental que se genera diariamente a nivel mundial, es de esta manera que se ve en la necesidad de poder reducir esta generación de contaminación o a su vez incluir materiales que el sector industrial observa como poco aprovechable dentro de la construcción.

Según un estudio realizado por (Gina Isabel San Andrés Zevallos, 2022) define que:

En Manabí, la producción de coco en 2019 fue de 1,8 toneladas, lo que indica que la provincia genera alrededor de 540 toneladas de cáscaras de coco desechadas anualmente. Estos residuos, que incluyen cáscaras y fibras, a menudo se desechan en rellenos sanitarios municipales, representando una oportunidad perdida para su reutilización en diversos sectores.

De esta manera la inclusión de fibras naturales como lo es el coco o en este caso la flor de coco es uno de los desechos que menos se aprovecha a nivel industrial, es bien sabido que la fibra de coco si beneficia y es compatible con hormigones, sin embargo, la flor del coco es un material que no ha sido sometido a estudios, aunque debido a su dureza aparenta ser un buen material para poder ser utilizado en los pavimentos rígidos.

## **1.2. Delimitación del problema**

### **1.2.1. Delimitación del contenido.**

El proyecto se basa en el uso del laboratorio de suelos para ensayos de compresión y flexocompresión del hormigón con la inclusión de la fibra natural.

### **1.2.2. Delimitación espacial.**

El material a utilizarse es obtenido y distribuido por la cantera Megarock para ensayos de materiales con bases ya fundamentadas. Estos ensayos y creación de probetas son realizados dentro del laboratorio de suelos de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí.

### **1.2.3. Delimitación temporal**

La investigación y experimentación se lleva a cabo en el año 2024 dentro del segundo periodo académico comprendido desde finales de agosto a finales de diciembre.

## **1.3. Diseño teórico.**

### **1.3.1. Problema de la investigación.**

Actualmente el uso de materiales provenientes de la minería para la creación de pavimentos rígidos conlleva a un serio problema de impacto ambiental, es por ello, que se crea la necesidad de buscar nuevas alternativas que reduzcan el uso de estos recursos mineros lo cual aportaría esencialmente a mitigar los efectos producidos por la explotación masiva de los mismos sin detener el avance a las necesidades constructivas de una locación.

### **1.3.2. Objetivos de la investigación.**

En esta investigación se estudiarán las propiedades de la fibra de la corteza de la flor de coco y la adición de dichas propiedades al hormigón para encontrar una mejora en sus propiedades mecánicas, físicas y químicas.

### **1.3.3. Campo de acción.**

El área de estudio estará enfocada a los sectores productores de coco, siendo Manabí un amplio territorio productor del mismo, se escoge la localidad del cantón Rocafuerte para el análisis y la obtención de muestras.

### **1.3.4. Hipótesis de la investigación.**

La implementación de las fibras de la corteza de flor de coco como agregado para la mezcla del hormigón en el pavimento rígido mejoran sus propiedades

### **1.3.5. Objetivo general**

Elaborar un hormigón aprovechando las fibras de la corteza de flor de coco para obtener un concreto resistente para su uso en carreteras.

### **1.3.6. Objetivos específicos**

- Determinar el desempeño del hormigón con fibras a los 7, 14 y 28 días
- Comparar el hormigón convencional con el hormigón con agregado de fibras de flor de coco.
- Determinar el porcentaje más óptimo de fibras de flor de coco que se puede añadir al hormigón para conseguir la mayor resistencia.

### **1.3.7. Variables**

#### **1.3.7.1. Variables independientes.**



Adición de Fibras de Corteza de flor de coco para hormigón hidráulico en pavimentos rígidos: La obtención de esta fibra será constante a lo largo del proceso investigativo y no presenta mayores inconvenientes para su obtención.

#### **1.3.7.2. Variables dependientes**

Diseño de la mezcla optima de Hormigón.

Resistencia a la compresión y flexocompresión del Hormigón.

## CAPÍTULO 2

### Marco Teórico

#### 2.1 Antecedentes.

Durante el transcurso del tiempo se han realizado investigaciones para observar las reacciones del concreto hidráulico utilizando diferentes tipos de fibras naturales, sintéticas, metálicas en otros aditivos; con el objetivo de optimizar sus propiedades físico – mecánicas, para emplear dicho elemento como elemento estructural.

Según la investigación titulada “Uso de fibras de coco como refuerzo para el hormigón” realizada por los autores: (Quintero García & González Salcedo, 2006). Concluye que:

La resistencia a la compresión más elevada se logró con los compuestos reforzados con un volumen de fibra de 1.5%, siendo superior para la longitud 2 cm. La única combinación que demostró una mayor resistencia a la tracción indirecta mayor que el concreto fue la que contenía fibra de 5 cm, en un volumen de 0.5%. Se demostró que, la adicción de fibra afectó positivamente a la flexión; el mayor valor de resistencia a la flexión lo presentó el concreto de V0.5% y L5 cm.

De acuerdo con el artículo “Uso de Fibras de Coco como refuerzo para el Hormigón” de los autores (Jesus dos Santos, 2022) concluyen que:

Se realizaron ensayos para determinar la consistencia del concreto en su estado fresco, así como la compresión axial en probetas de concreto en estado endurecido.

Se consideraron cuatro series de muestras: una referencia y tres con diferentes niveles de incorporación de fibra (1%, 1,5% y 2%). A partir del estudio, los resultados de resistencia a

la comprensión de las probetas mostraron valores superiores a los valores encontrados en la literatura, y la serie con 2% de incorporación de fibra de coco fue la que obtuvo el mejor comportamiento en cuanto a la propiedad estudiada (resistencia a la comprensión axial”. Así, se concluye que la incorporación de fibra de coco al concreto presentó valores satisfactorios de resistencia a la comprensión.

Según la investigación “elaboración de módulos estructurales a base de fibra de estopa de coco para viviendas de bajo costo” de los autores: (Villegas Girón, 2013). Sostiene que:

Los módulos estructurales a base de fibra de estopa de coco con costo de producción competitivos, en relación a materiales convencionales utilizados en la construcción de viviendas.

En el caso de los módulos fibra de cemento, la fibra presente en la mezcla mejora notablemente las propiedades mecánicas del concreto debido a la buena resistencia de la fibra y la excelente adherencia con el cemento, permitiendo la elaboración de un módulo con características físicas y mecánicas.

Según el estudio “Comportamiento de hormigones reforzados con y sin fibra” de autores como (Marcelo Cadima Pino, 2006) concluyen que:

Se comprobó estadísticamente que el incremento en la resistencia a la comprensión de hormigones reforzados con fibra no es significativo, por lo que la adición de fibras no afecta la resistencia a la comprensión del hormigón. La introducción de una cuantía media de 1,0 kg/m

3 de fibras de plástico reduce el espesor de la losa en 15.0 mm, con respecto al hormigón sin fibra.

Otra investigación donde se llevó a cabo la inclusión de fibras naturales fue la elaborada por (Sandra, 2013) quien dice al respecto de su investigación: “en este trabajo se busca encontrar materiales alternativos que mitiguen el impacto ambiental”. Por considerarse un subproducto de la industria fiqueera llamado residuo o estopa; analizar el efecto producido por la adición de la fibra de fique a la resistencia a compresión y flexión del concreto y dar una aplicación acorde a los resultados obtenidos en los ensayos.

La fibra de fique utilizada en la investigación fue adquirida en Rionegro (Antioquia), se cortó en fracciones de cm tomando las recomendaciones del subgrupo de fibras de la Secretaria Técnicas del Comité de Concreto de Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) Con base en la experiencia internacional se categoriza el fique como macrofibra y se recomiendan longitudes variables entre 13 mm y 70 mm y proporciones comprendidas entre 9 y 18 kg/m<sup>3</sup>, se decide utilizar cuatro porcentajes de adición de fibra de fique, 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% del peso del agregado fino, encontrándose dentro de este rango. El concreto se hizo a partir de mezclas especificadas para 14 MPa (2000 psi), 17.5 MPa (2500 psi), 21 MPa (3000 psi), 24.5 MPa (3500 psi) y 28 MPa (4000 psi). Los ensayos de resistencia a compresión se realizaron a 6 cilindros por cada diseño, 2 a los 7 días, 2 a los 21 días y 2 a los 28 días, por otra parte, para los ensayos a flexión se realizaron, 2 vigas por cada diseño a los



28 días. Como conclusiones de la investigación se pudieron obtener las siguientes con respecto a la resistencia a la compresión:

Se determinó mediante pruebas realizadas que un porcentaje óptimo para la adición de fibra de fique al concreto es de un valor cercano a  $3.3 \text{ Kg/m}^3$  de concreto o 0.3% de peso con respecto al agregado fino, además se evidenció que en el ensayo de falla en los cilindros con porcentajes de fibra de 1.5% y 2.0% no hubo rotura sino esponjamiento, mientras que en los de 0.3%, 0.5% y 1.0% si se produjo la rotura.

Al incrementar porcentajes de fibra por encima de 0.5% se presentaron disminuciones considerables en la resistencia a la compresión y en su densidad haciéndolos más liviano y más susceptible a la falla. Ejemplo: para el diseño de 28 MPa con adición de 2.0%, la resistencia fue de 3.9 MPa con una densidad de  $1755.66 \text{ Kg/m}^3$  y para el porcentaje de 1.5% la resistencia fue de 8.53 MPa y su densidad fue de  $1967.64 \text{ Kg/m}^3$ . Concluyéndose que entre más cantidad de fibra de fique se adicione a la mezcla menor será su resistencia.

Por otro lado, la adición de 1.5%, redujo considerablemente el Módulo de Rotura. Para el caso de 14 MPa con un módulo de rotura de  $29.1 \text{ Kg/m}^2$  el módulo de rotura con 1.5% de adición de fibra fue de  $11.6 \text{ Kg/cm}^2$ , sin embargo, con la adición de fibra de fique de 0.3%, la resistencia a la flexión alcanzo un valor para 28 MPa de diseño de 31 MPa correspondiente a  $42 \text{ Kg/m}^2$ .

Las fibras de fique le dan al concreto la capacidad de cohesión, observándose que, aun fracturada la viga, la fibra de fique sigue adherida a la matriz del concreto hasta que se separan los dos fragmentos de la viga por la acción de la presión. Esta fibra afectó la resistencia a la compresión y flexión en adiciones superiores a 0.5% con respecto al agregado fino, pero inferior a esta cantidad muestra un comportamiento aceptable en su resistencia a compresión y flexión, lo que nos enseña que la utilización de la fibra natural en las construcciones es viable (Sandra, 2013, págs. 28-36).

## **2.2 Fundamentación Legal**

Para llevar a cabo este proyecto los fundamentos legales se detallan a continuación:

1. La Norma (ASTM-C39) Método de Ensayo Normalizado para resistencia a la Comprensión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.
2. La norma (NTE-INEN-2554, 2011) método de ensayo para determinar la resistencia a flexión del hormigón mediante el uso de una viga simplemente apoyada en los extremos y cargada en los tercios.

Siguiendo las normativas mencionadas de la NTE-INEN, la adición de fibra de coco fue estudiada para determinar su impacto en la resistencia a la compresión simple, así como en la porosidad capilar del hormigón, factores críticos en la durabilidad y eficacia del material.

Además, implicó la caracterización de los agregados, utilizando las directrices del (ACI-2011.1) del “American Concrete Institute” de la (ASTM-c33). Se acató las normativas

ecuatorianas, específicamente la (NTE-INEN-1855-1, 2015) y la (NTE-INEN-1855-2, 2015).

## **2.3 Definiciones**

### **2.3.1 Hormigón**

Es un material compuesto, utilizado en la construcción, formada esencialmente por una pasta o matriz y un material de relleno. La pasta está constituida por cemento y agua, en cambio el relleno por los agregados.

### **2.3.2 Concreto**

Es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia (Roque, 2012)

$$\text{CONCRETO} = \text{CEMENTO} + \text{AGREGADOS} + \text{AIRE} + \text{AGUA}$$

*Figura 1. Componentes del concreto*

### **2.3.3 Hormigón hidráulico.**

Se define al hormigón hidráulico al material de construcción hecho a partir de la mezcla entre el cemento, agua, áridos finos y áridos gruesos. A diferencia de los hormigones de uso general, el hormigón hidráulico es especialmente utilizado en sitios donde se necesita gran capacidad de resistencia, por ejemplo, las vías. Esto debido a que al secarse se convierte en una especie de piedra artificial muy dura lo cual lo hace capaz de resistir en obras como edificios, puentes, carreteras, represas, entre otras.

### **2.3.4 Cemento selvalegre tipo IP**

Según (Cemento Selvalegre, 2022) define a su producto tipo IP con las siguientes especificaciones:

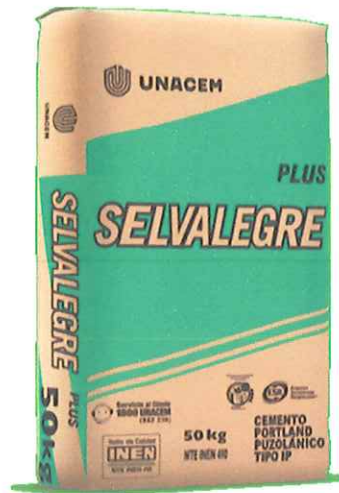


Figura 2. Cemento selvalegre IP

- SELVALEGRE es un Cemento Portland Puzolánico Tipo IP, diseñado para la fabricación de hormigón en general.
- Cumple con los requerimientos de la norma NTE INEN 490 (Norma Técnica Ecuatoriana) y ASTM C 595.
- La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad. Cuenta con Certificado de Conformidad con Sello de Calidad INEN.
- Posee Licencia Ambiental.
- Permite alcanzar las resistencias a la compresión requeridas a todas las edades.
- En condiciones normales se puede obtener resistencias a la compresión entre 35 y 50 MPa.
- Posee un progresivo crecimiento de las resistencias aún después de los 28 días, puede alcanzar hasta un 20% más a los 90 días.

### 2.3.5 Agregados

Los agregados en el hormigón constituyen aproximadamente el 60-75% del volumen total y desempeñan un papel crucial en las propiedades mecánicas y de



durabilidad del material, al proporcionar estabilidad dimensional y resistencia. (Neville, 2010).

"Los agregados en el hormigón se clasifican en finos y gruesos, y su selección adecuada es esencial para garantizar una mezcla equilibrada, con buena trabajabilidad y resistencia." (Mehta, 2014)

### **2.3.1.1 Propiedades de los agregados**

Existen muchas propiedades que deben cumplir los agregados, tales como propiedades físicas y mecánicas, asimismo propiedades térmicas, morfológicas, etc. A continuación, se detallan algunas de ellas (Carrillo, 2013):

3. Propiedades mecánicas: densidad, dureza y adherencia.
4. Propiedades físicas: granulometría, peso unitario suelto y varillado, peso específico, contenido de humedad y porcentaje de absorción.

### **2.3.1.2 Agregado fino**

Establecemos como agregado fino al material obtenido de la disgregación procedente de forma artificial o natural de las rocas, particularmente denominado como arena natural, arena manufacturada o una conformación de ambas, pasa el tamiz 9.51 mm (3/8") y es retenida en el tamiz 0.074 mm (N°200).

El agregado fino deberá cumplir las siguientes características:

- No se debe retener en 2 tamices consecutivos más del 45% de este.
- Sus partículas que lo conforman deben ser limpias, de perfil angular, de preferencia resistente, compacto y duro.



- El agregado debe estar libre de cualquier material orgánico, sales, partículas escamosas o cualquier otra sustancia que puede causar daños en la mezcla.

### **2.3.1.3 Agregado grueso.**

Definimos como agregado grueso a la piedra triturada, grava o está conformado por ambos que provienen de la disgregación manufacturada o natural de las rocas estos cumplir los requisitos o parámetros de la normativa que regulariza los estándares de calidad vigente, este debe quedar retenido en el tamiz 4,75 mm (N°4).

Requisitos que debe cumplir el agregado grueso:

- Su composición debe contener partículas limpias, compactas y duras, preferente con una textura de forma rugosa y altamente resistente.
- El agregado debe estar libre de materia orgánica, sal, partículas escamosas o cualquier otra sustancia nociva.
- No puede quedar más del 5% de agregado en malla 1 ½” y en la malla ¼” no más del 6% de agregado.
- La granulométrica debe ser de forma continua.

### **2.3.6 Agua**

Es el componente esencial para iniciar la reacción conglomerante del cemento con los demás agregados, brinda trabajabilidad a la mezcla y permite que se distribuya de forma homogénea y da al hormigón la consistencia ideal para el proceso de fundición.

### **2.3.7 Agregado natural**

Conocida por ser extraídas de la naturaleza y que son transformadas para producir un nuevo material que luego se convertirá en beneficios de la materia primera, se clasifica según su origen: natural, animal y vegetal.

#### **2.3.1.4 Fibras naturales**

Estas fibras que se adicionan al hormigone son provenientes de materiales orgánicos naturales que son llegados a utilizarse como refuerzo para mejorar propiedades físicas y mecánicas del hormigón. Estas fibras se integran principalmente para aumentar la resistencia a la tracción y poder controlar de mejor manera las fisuras del mismo

#### **2.3.1.5 Coco**

El artículo (GUEVARA O, 2008) define al coco y su anatomía como:

“El cocotero (Cocos nucifera) es una especie monoica cuyo fruto uniseminado de gran tamaño es comercializado en toda la región tropical. Se realizó el estudio anatómico de las flores estaminadas y pistiladas con el fin de aportar información para el conocimiento de la biología floral de esta especie. El material vegetal fue fijado y deshidratado aplicándose técnicas anatómicas convencionales para su estudio. Las estructuras florales se caracterizan por presentar abundante tejido esclerenquimático, idioblastos con rafidios, cuerpos de sílice y otras sustancias; androceo con exotecio y endotecio uniestratificados; gineceo con nectarios septales intercarpelares y tres óvulos bitegmentados. Las flores de esta palma presentan un conjunto de rasgos anatómicos que favorecen su protección contra el consumo por parte de insectos u otros animales.”

#### **2.3.1.6 Fibra de flor de coco.**

Es un sustrato casi inerte en cuanto a nutrientes, es considerado orgánico. Recomendable para su uso por su peso (muy liviano), su capacidad de retención de agua y nutrientes, su PH neutro y lo aireado que resulta el sustrato que se utiliza como base en huertos urbanos.

### **2.3.1.7 Propiedades de la fibra de flor de coco.**

La fibra de flor de coco es un material natural que presenta características como alta resistencia y flexibilidad. Estas propiedades son cruciales cuando se incorpora en mezclas de hormigón, ya que puede influir en la cohesión y la durabilidad del material final. La adición de fibra también puede ayudar a reducir la porosidad del hormigón, lo que a su vez puede mejorar su resistencia a compresión.

### **2.3.1.8 Conceptos relevantes**

### **2.3.1.9 Efecto en la resistencia a compresión**

Varios estudios han demostrado que la inclusión de fibra de coco en el hormigón puede resultar en un aumento significativo de la resistencia a compresión. Por ejemplo, se ha encontrado que un contenido óptimo de fibra de coco, alrededor del 3% y 5% del peso del cemento, puede mejorar la resistencia a compresión en comparación con mezclas sin fibra. En particular, un estudio indicó que la adición del aserrín de coco mostró un impacto positivo en la resistencia a compresión, sugiriendo que el uso de este material puede ser beneficioso para aplicaciones estructurales. Entre los efectos más destacados de la incorporación de fibras naturales, como la fibra de coco, se incluyen:

- Mejora en la resistencia a la tracción: Actúa como refuerzo para prevenir el desarrollo de microfisuras y grietas en el hormigón, mejorando su comportamiento frente a esfuerzos de tracción.
- Aumento de la tenacidad: El uso de fibra de coco puede incrementar la capacidad del hormigón para absorber energía de la falla, lo que se traduce en una mayor resistencia a impactos y esfuerzos dinámicos.

- Incremento de la resistencia a compresión: Puede contribuir a la mejora de la resistencia a compresión del hormigón, al proporcionar una distribución más homogénea de las tensiones internas y reducir las fisuras durante el curado.
- Reducción de la porosidad: Las fibras de coco pueden ayudar a reducir la porosidad del hormigón, lo que mejora la impermeabilidad, en consecuencia, la durabilidad del material.

### **2.3.8 Mecanismo de mejora**

La mejora en la resistencia a compresión se puede atribuir a varios mecanismos. La fibra de coco actúa como un refuerzo que ayuda a distribuir las tensiones dentro del hormigón, lo que puede prevenir la formación de micro fisuras y mejorar la cohesión entre los componentes de la mezcla. Además, la fibra puede contribuir en la formación de una microestructura más densa, lo que reduce la permeabilidad y aumenta la durabilidad del hormigón.

### **2.3.9 Incidencia en la resistencia a compresión**

La resistencia a compresión es una propiedad crítica para aplicaciones estructurales, y a la incorporación de fibras de coco en la mezcla de hormigón puede influir positivamente en este aspecto. Estudios previos han señalado que las fibras de coco tienen un efecto favorable en la reducción de la formación de microfisuras, lo que a su vez puede contribuir a una distribución más uniforme de las cargas y un mejor comportamiento del hormigón bajo condiciones de compresión.



Sin embargo, el efecto de la fibra de coco en la resistencia a compresión depende de varios factores, como la proporción de fibra utilizada, el tipo de mezcla de hormigón, la longitud y el tratamiento previo de la fibra, entre otros. Se ha observado que el uso excesivo de fibra puede llevar a una disminución en la resistencia a compresión debido a la interferencia en la consolidación de la mezcla y la creación de vacíos en la matriz del hormigón.

#### **2.3.10 Uso de la fibra de coco en construcción**

Se realizó un estudio en la Universidad del norte de Barranquilla Colombia en el 2006, para tal estudio se fabricaron 5 tipos de mezclas con 2 longitudes de fibra distintos, uno de 2 cm y otra de 5 cm por porcentajes de 0.5 y 1.5 de fibra incluida en cada una, se elaboraron para cada una dos tipos de distintos especímenes (cilindros y vigas). Se llegaron a las conclusiones que:

Las deformaciones menores se registraron en los especímenes elaborados con 1.5% de fibra con longitud de 5 cm.

La resistencia a la compresión más elevada se registró en los especímenes elaborados con 1.5% de fibra de longitud de 2 cm.

La adición de fibra afectó positivamente la resistencia a la flexión, siendo la mezcla más beneficiada a la que se elaboró con 0.5% de fibra.



## 2.3.11 Clasificaciones

### 2.3.11.1 Clasificación de las fibras

Las fibras pueden ser clasificadas de acuerdo con su origen. Esta clasificación no pretende ser exhaustiva, sin embargo, es la utilizada por la mayoría de los investigadores en el tema (Juárez, 2002).

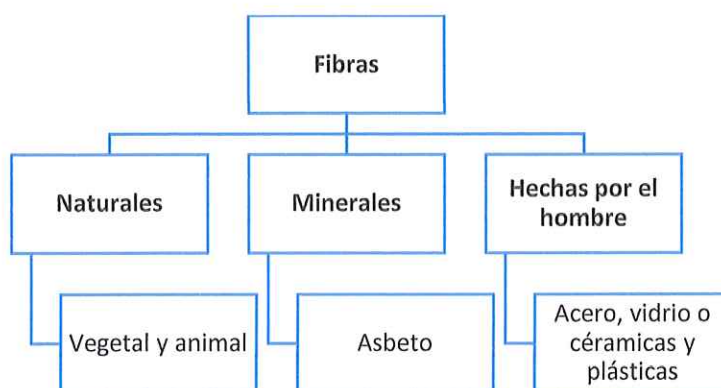


Figura 3. Clasificación de fibras según su origen.

### 2.3.11.2 Fibras naturales vegetales

Las fibras naturales vegetales o simplemente fibras naturales eran usadas empíricamente para reforzar varios materiales de construcción, o bien para el uso de material textil. Sin embargo, en los años recientes los científicos se han dedicado a estudiar el uso de este tipo de fibras como refuerzo en el concreto. Estas fibras se pueden obtener a un bajo costo usando la mano de obra disponible en la localidad y las técnicas adecuadas para su obtención, estas fibras son llamadas generalmente libras naturales no procesadas.

## 2.3.12 Clasificación botánica

Según el documento publica por (Mabberley, 2008), clasifica al coco nucifera como:

- Reino: Plantae
  - *Cocos nucifera* pertenece al reino de las plantas, que agrupa a todos los organismos multicelulares fotosintéticos.
- División: Angiospermae
  - Se encuentra dentro de las angiospermas, plantas que producen flores y frutos.
- Clase: Monocotiledónea
  - Como monocotiledónea, *Cocos nucifera* tiene una sola hoja en su embrión (cotiledón), que es una característica común en esta clase.
- Orden: Arecales
  - El orden Arecales incluye a todas las especies de palmeras.
- Familia: Arecaceae (palmeras)
  - *Cocos nucifera* pertenece a la familia Arecaceae, que agrupa las especies de palmeras, conocidas por su estructura única de tallo y hojas.
- Subfamilia: Arecoideae
  - *Cocos nucifera* está clasificada dentro de la subfamilia Arecoideae, que incluye la mayoría de las palmeras tropicales.
- Género: *Cocos*
  - El género *Cocos* contiene varias especies de palmas, siendo *Cocos nucifera* la más conocida debido a su importancia económica y ecológica.
- Especie: *Cocos nucifera*

- Es la especie que conocemos como el cocotero, cuyas frutas, cocos, tienen múltiples usos, desde la alimentación hasta la producción de aceite.

Características adicionales de *Cocos nucifera*:

- Distribución: *Cocos nucifera* es originario de las regiones tropicales del sudeste asiático y las islas del Pacífico, aunque ahora se encuentra en muchas áreas tropicales de todo el mundo.
- Usos: La planta es conocida por sus frutos, los cocos, que contienen agua, pulpa comestible, y aceite, usado en la industria alimentaria y cosmética. Además, la fibra de su cáscara se utiliza para hacer productos como cuerdas y materiales de construcción.

## CAPÍTULO 3. DISEÑO METODOLÓGICO.

### 3.1 Tipo de investigación, nivel de investigación y diseño de investigación

#### 3.1.1 Tipo de investigación

Tiene un enfoque cuantitativo debido a que se tomaron datos numéricos, efecto del resultado por ser sometidas a ensayo de compresión y flexo-compresión.

#### 3.1.2 Nivel de investigación

Se define como investigativo experimental, Esto debido a que se pretende encontrar valores de resistencia ante una variable en adicción (fibra de corteza de flor de coco) y la respuesta a valores ya existentes debido a una variable conocida (resistencia del hormigón) se establece que el enfoque es experimental.

#### 3.1.3 Población y muestra.

Para la obtención de los resultados se tomaron los valores de:

- 24 cilindros de hormigón de los cuales se hicieron pares para rotura a 7, 14 y 28 días de edad, seis de ellos sin fibras, seis con fibra al 1%, seis con fibra al 2% y seis con fibra al 3%
- 6 espécimen de vigas para ensayo, 3 sin la inclusión de fibras y 3 con fibra al 2% que fue el resultado más favorable en los ensayos de compresión.

### 3.2 Plan de recolección de información

*Tabla 1 Plan de recolección de información*

<b>Preguntas</b>	<b>Respuestas</b>
¿Para qué?	Analizar el comportamiento a compresión y flexo del hormigón con fibra de flor de coco
¿Dónde?	En el laboratorio de suelos de la ULEAM
¿Cómo?	Con ensayos destructivos
¿Qué se analiza?	Resistencia y compatibilidad de la fibra
¿Cómo se hará?	Utilizando espécimen de hormigón en cilindros y vigas

### 3.3 Plan para procesar la información

Se determina un procedimiento para la obtención de resultados confiables que se basan en lo siguiente:

- Obtención de materiales de calidad e instrumentos con precisión milimétrica
- Tabulación de datos obtenidos de ensayos.
- Representación gráfica de resultados.
- Análisis e interpretación de los resultados en concordancia con los objetivos e hipótesis planteada.

### 3.4 Técnicas e instrumentos principales

*Tabla 2 Instrumentos principales*

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Ensayos destructivos	Máquina de compresión Máquina universal de ensayos

#### 3.4.1 Técnicas secundarias

Las técnicas que llevan a la consecución de un buen resultado están basadas en el uso de materiales y herramientas provenientes de fuentes confiables, lo cual, en conjunto con un buen proceso humano como lo es la cantidad indicada para la mezcla de los agregados tradicionales y la fibra natural determinan una calidad aceptable y por ende resultados acertados.

#### 3.4.2 Instrumentos secundarios

Para los ensayos realizados en el laboratorio de hormigón, suelos y materiales de la Facultad de ingeniería en la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí se procede a usar los siguientes instrumentos:

- Concretera



- Balanza digital
- Recipientes o Taras
- Martillo de goma
- Varilla de enrase
- Cucharón
- Bailejo
- Moldes para cilindros de hormigón
- Moldes para vigas de hormigón
- Aceite lubricante

### **3.4.3 Muestras**

Para la obtención de un hormigón de resistencia 280 kg/cm<sup>2</sup> se procede a utilizar los siguientes agregados:

- Arena de mar
- Arena homogenizada
- Ripio 3/4''
- Cemento selvalegre tipo IP
- Agua
- Fibra de flor de coco

### **3.4.4 Dosificación**

Se decide trabajar con la siguiente dosificación para medio saco de cemento debido a la capacidad de la concretera:

Tabla 3 Porcentajes de agregados hormigón convencional

Cemento	Arena de mar	Arena hom.	Ripio 3/4	Agua
25	18.5	18.5	50	13
Porcentaje				
20.00%	14.80%	14.80%	40.00%	10.40%



Figura 4. Porcentaje de agregados hormigón convencional

Tabla 4 Porcentaje de agregados hormigón con fibra

Cemento	Arena de mar	Arena hom.	Ripio 3/4	Agua	Fibra coco
25	18.5	18.5	50	13	0.5
Porcentaje					
19.92%	14.74%	14.74%	39.84%	10.36%	0.40%

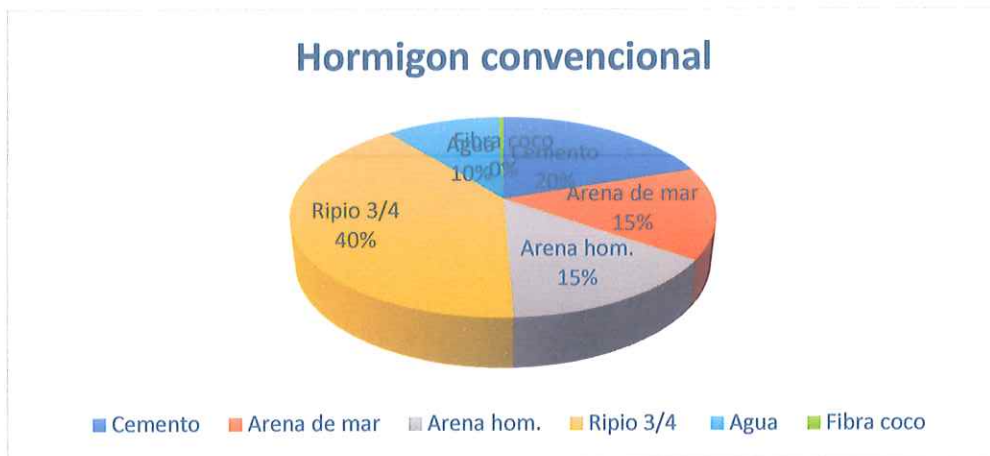


Figura 5. Porcentaje de agregados hormigón con fibras.

### **3.5 Diseño de probetas para ensayo de compresión**

Se crean probetas de hormigón convencionales las cuales cuentan con la dosificación mostrada en la figura 4 y 5. El procedimiento se lleva a cabo con la utilización de las técnicas y materiales referidos en el punto 3.4.2 y 3.4.3. Previo a ello se toman las siguientes consideraciones

1. Eliminar el porcentaje de humedad de los agregados.
2. Preparar la concreteira
3. Pesar el cemento y agregados justo con el peso indicado
4. Llenar la concreteira con los componentes del hormigón
5. Mezclar y añadir el agua gradualmente hasta obtener una buena consistencia
6. Detener la concreteira
7. Llenar las probetas previamente limpias y aceitadas para evitar la adhesión del espécimen a las paredes del cilindro de ensayo.
8. Se llena en 3 capas del mismo tamaño con su respectivo varillaje y golpes laterales del martillo establecido por la norma ASTM C 31 y NTE INEN 3124
9. Enrasar la superficie, crucial para tener resultados confiables en el ensayo de compresión.
10. Se deja secar por un periodo de 24-48 hrs.
11. Desmontar y llevar a un tanque donde se procede al curado
12. Sacar 24hrs antes de romper en los días establecidos a 7, 14 y 28 días de edad.
13. Toma de resultados y comparación

### **3.5.1 Ensayo de compresión en probetas cilíndricas**

Se utiliza la máquina de compresión del laboratorio en conjunto con almohadillas colocadas en los extremos de la probeta con la finalidad de repartir de forma uniforme la carga ejercida por la máquina.

### **3.5.2 Procedimiento**

1. Retirar las probetas de acuerdo a los días de edad que se va a romper.
2. Tomar mínimo 3 medidas del diámetro para promediar el mismo.
3. Calcular el área.
4. Colocar la muestra en la máquina.
5. Observar la falla de la probeta y su resistencia máxima alcanzada en kgf.

### **3.6 Diseño de vigas para ensayo de flexocompresión**

Se crean probetas de hormigón convencionales las cuales cuentan con la dosificación mostrada en la figura 4 y 5. El procedimiento se lleva a cabo con la utilización de las técnicas y materiales referidos en el punto 3.4.2 y 3.4.3. Previo a ello se toman las siguientes consideraciones:

1. Eliminar el porcentaje de humedad de los agregados.
2. Preparar la concreteira.
3. Pesar el cemento y agregados justo con el peso indicado.
4. Llenar la concreteira con los componentes del hormigón.
5. Mezclar y añadir el agua gradualmente hasta obtener una buena consistencia
6. Detener la concreteira.
7. Llenar las probetas previamente limpias y aceitadas para evitar la adhesión del espécimen a las paredes del cilindro de ensayo.

8. Se llena en 3 capas del mismo tamaño con su respectivo varillaje y golpes laterales del martillo establecido por la norma a NTE INEN 2554 ó ASTM C78.
9. Enrasar la superficie, crucial para tener resultados confiables en el ensayo de compresión.
10. Se deja secar por un periodo de 24-48 hrs.
11. Desmontar y llevar a un tanque donde se procede al curado.
12. Sacar 24hrs antes de romper en los días establecidos a 7, 14 y 28 días de edad.

### **3.7 Toma de resultados y comparación.**

#### **3.7.1 Ensayo de Flexocompresión en probetas tipo viga**

Se procede a colocar la probeta con sus extremos simplemente apoyados y en el tercio medio se coloca la carga puntual, lo que determinara la resistencia máxima a la flexocompresión.

#### **3.7.2 Procedimiento**

1. Retirar las vigas de ensayo 24hr antes del ensayo.
2. Colocar de forma precisa la viga en constancia que la carga puntual quede en todo el centro de la viga.
3. Proceder a colocar los datos en el software de la máquina para obtener la curva de deformación.
4. Iniciar el ensayo y observar la falla.
5. Tomar los datos de la resistencia máxima.



**CAPÍTULO 4.  
RESULTADOS**

**4.1 Resultados generales de probetas cilíndricas**

**4.1.1 Resultado de ensayos a los 7 días de edad**

*Tabla 5. Resultado de ensayos a los 7 días de edad*

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI							
FACULTAD DE INGENIERIA							
ADICIÓN DE LA FIBRA DE COCO EN EL HORMIGÓN Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN							
REALIDADADO POR:		ANCHUNDIA DELGADO CRISTHIAN STALIN					
SITIO DE ENSAYO:		Laboratorio Hormigón, Suelos y Materiales - Carrera de Ingeniería Civil - ULEAM					
$f_c$	280	kg/cm <sup>2</sup>	ALTURA DEL CILINDRO	EDAD	0.30	M	
FECHA DE ENSAYO:	2024	ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
PROBETA #		DIÁMETRO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA ESPERADA (kg/cm <sup>2</sup> )	% ALCANZADO
001-HC	10.93	93.83	15178	179.158	280.00	63.99	
002-HC	10.18	81.39	16214.1	161.901	280.00	57.82	
001-HFC 1%	10.06	79.49	13125	171.942	280.00	61.41	
002-HFC 1%	10.35	84.13	13365	167.936	280.00	59.98	
001-HFC 2%	10.73	90.43	15123				
002-HFC 2%	10.39	84.79	15003				
001-HFC 3%	10.05	79.33	13029				
002-HFC 3%	10.01	78.70	13509				

#### 4.1.2 Resultado de ensayo a los 14 días de edad

Tabla 6 Resultado de ensayos a los 14 días de edad

UNIVERSIDAD LAICA FLOY ALFARO DE MANABI						
FACULTAD DE INGENIERIA						
ADICIÓN DE LA FIBRA DE COCO EN EL HORMIGÓN Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN						
ANCHUNDIA DELGADO CRISTHIAN STALIN						
REALIDADADO POR:	Laboratorio Hormigón, Suelos y Materiales - Carrera de Ingeniería Civil – ULEAM					
SITIO DE ENSAYO:	ANCHUNDIA DELGADO CRISTHIAN STALIN					
FECHA DE ENSAYO:	f <sup>c</sup>	280	kg/cm <sup>2</sup>	ALTURA DEL CILINDRO	0.30	m
		2024	EDAD	14		días
ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN						
PROBETA #	DIÁMETRO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	SOLICITUDES	
					RESISTENCIA ESPERADA (kg/cm <sup>2</sup> )	% ALCANZADO
001-HC	9.98	78.23	12803.9			
002-HC	9.87	76.51	17271.7	194.366	280.00	69.42
001-HFC 1%	10.7	89.92	16231.2			
002-HFC 1%	10.23	82.19	15963.2	187.052	280.00	66.80
001-HFC 2%	10.21	81.87	16356.2			
002-HFC 2%	10.17	81.23	16252.5	199.923	280.00	71.40
001-HFC 3%	10.05	79.33	15996.3			
002-HFC 3%	10.21	81.87	15753.2	196.957	280.00	70.34

### 4.1.3 Resultado de ensayo a los 28 días de edad

Tabla 7 Resultado de ensayos a los 28 días de edad

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI							
FACULTAD DE INGENIERIA							
ADICIÓN DE LA FIBRA DE COCO EN EL HORMIGÓN Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN							
ANCHUNDIA DELGADO CRISTHIAN STALIN							
REALIDADADO POR:	Laboratorio Hormigón, Suelos y Materiales - Carrera de Ingeniería Civil - ULEAM						
SITIO DE ENSAYO:	f'c		280	kg/cm <sup>2</sup>	ALTURA DEL CILINDRO	0.30	M
FECHA DE ENSAYO:	2024		ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		EDAD	28	días
SOLICITUDES							
PROBETA #	DIÁMETRO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA ESPERADA (kg/cm <sup>2</sup> )		% ALCANZADO
					RESISTENCIA ESPERADA	RESISTENCIA ESPERADA	
001-HC	10	78.54	17980.4	245.358	280.00	280.00	87.63
002-HC	10.02	78.85	20637.5				
001-HFC 1%	10.07	79.64	18053.7	226.792	280.00	280.00	81.00
002-HFC 1%	10.05	79.33	17999.5				
001-HFC 2%	10.02	78.85	19232.4				
002-HFC 2%	10.02	78.85	18423.3	238.768	280.00	280.00	85.27
001-HFC 3%	10.74	90.59	20625.6				
002-HFC 3%	10.53	87.09	19745.3	227.212	280.00	280.00	81.15

#### 4.1.4 Resultados resumidos a diferentes edades y su rendimiento

Tabla 8 Incremento de resistencia según porcentaje de fibras en probetas de cilindros

Días	Porcentajes de fibras			
	0%	1%	2%	3%
7	179.158	161.901	171.94	167.94
28	194.366	187.052	199.92	196.96
28	245.358	226.792	238.77	227.21

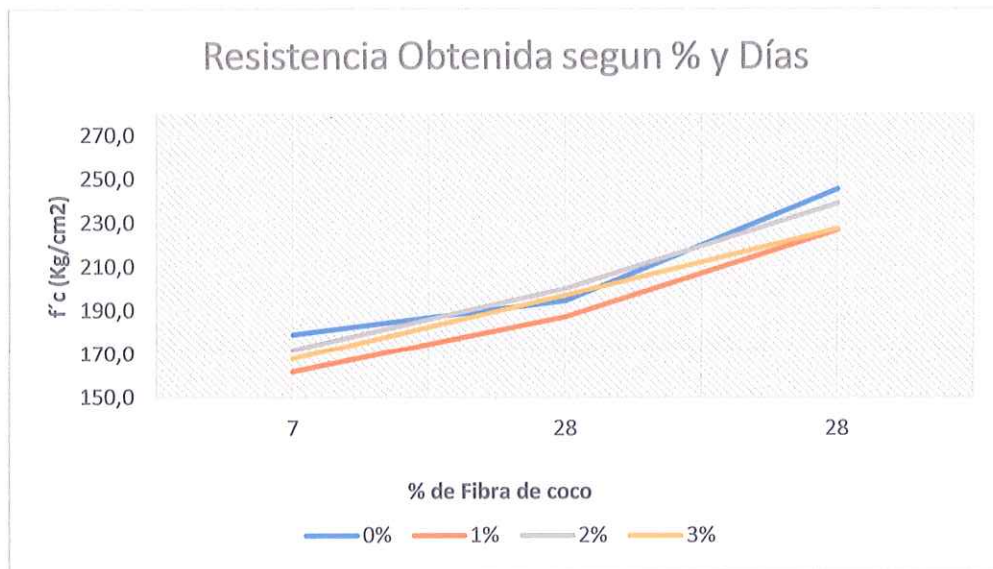


Figura 6. Incremento de resistencia.



## 4.2 Resultados de prueba a flexocompresión

Tabla 9 Porcentaje alcanzado a la flexocompresión de vigas

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI											
FACULTAD DE INGENIERIA											
ADICIÓN DE LA FIBRA DE COCO EN EL HORMIGÓN Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN											
REALIDAD POR: ANCHUNDIA DELGADO CRISTHIAN STALIN											
SITIO DE ENSAYO: Laboratorio Hormigón, Suelos y Materiales - Carrera de Ingeniería Civil - ULEAM											
FECHA DE ENSAYO:		f'c		280		kg/cm <sup>2</sup>		VOLUMEN DEL MOLDE		2024	
DENSIDAD DEL HORMIGÓN FRESCO ELABORADO CON FIBRA DE COCO											
NORMA NTE INEN 1-579											
PROBETA #	% DE FIBRA DE COCO	LONGITUD DE FIBRA DE COCO (cm)	EDAD - DIAS	AREA (cm <sup>2</sup> )	ALTURA (cm)	Resistencia conseguida (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia descada (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje alcanzado			
HC	0%	0	7	750	15	29.27	280	10.45%			
HC + FC	2%	5	7	750	15	29.98	280	10.71%			
HC	0%	0	14	750	15	33.48	280	11.96%			
HC + FC	2%	5	14	750	15	37.2	280	13.29%			
HC	0%	0	28	750	15	72.24	280	25.80%			
HC + FC	2%	5	28	750	15	100.96	280	36.06%			



#### 4.2.1 Gráfico comparativo de resistencia a la flexocompresión

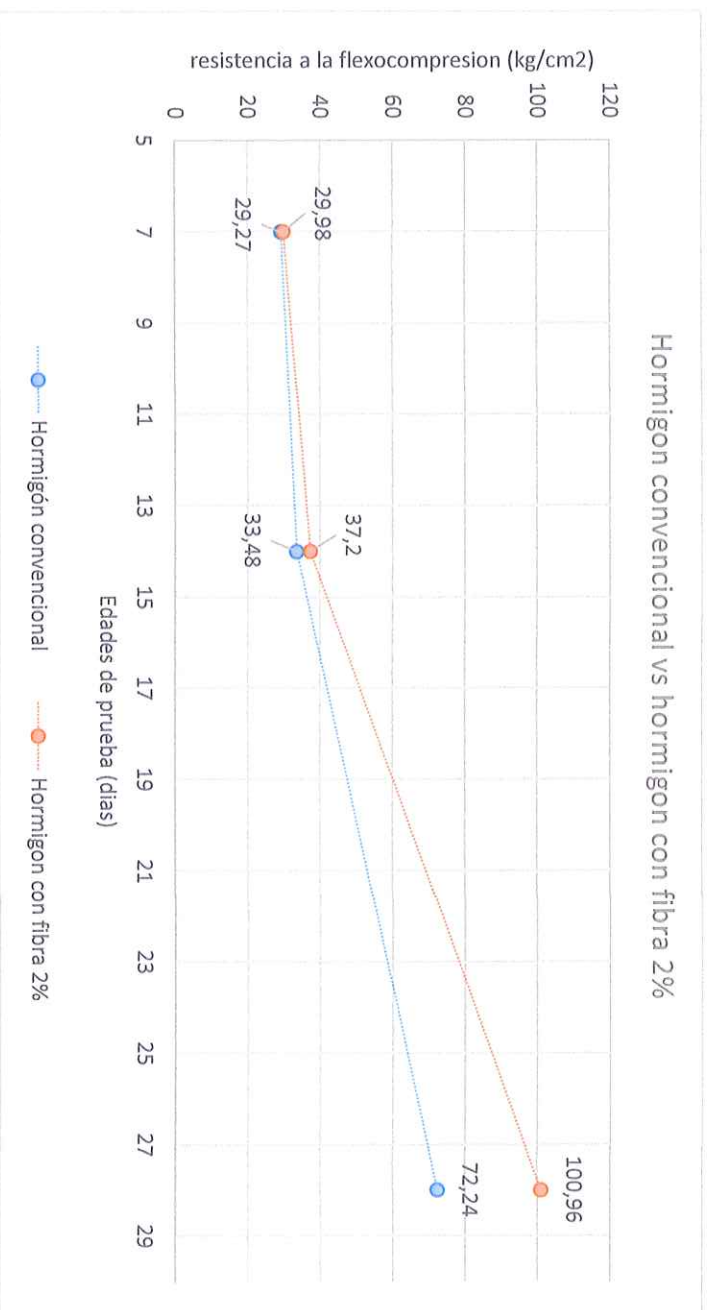


Figura 7. Comparativa de hormigón convencional y con fibra al 2% a la flexocompresión.

### **4.3 Análisis de resultados.**

#### **4.3.1 Análisis de ensayos de compresión.**

Los resultados de ensayos de compresión a pesar de haber empezado con un rendimiento bastante aceptable no pudieron retener la resistencia base que determino el hormigón convencional, esto se puede asumir a que las fibras no actuaron de buena manera en la adhesión de los agregados gruesos, los moldes destruidos evidenciaron que estas fibras evitaron en pequeña pero importante medida que este agregado se conglomerara con la pasta de cemento y por ende la reducción de la resistencia inicial.

#### **4.3.2 Análisis de ensayos a flexocompresión**

Los resultados en este apartado son mejores a los realizados en compresión, pues las fibras actuaron en una especie de cadena entre los agregados, cabe recordar que estas fibras al tener una longitud de 5 cm trabajan mejor a la tracción, por ende, se esperaba resultados más favorables en este ensayo destructivo, incluso superando la base del hormigón tradicional para  $280 \text{ kg/cm}^2$ .

Finalmente, a la edad de 28 días se determina que alcanza un 36.06% de la resistencia esperada que eran los  $280 \text{ kg/cm}^2$ , sin olvidar que en todos los días de ensayos las vigas que contenían fibra natural aumentaban el valor base de un hormigón sin fibras.

#### 4.4. Conclusiones

La fibra de flor de coco demostró, debido a las características físicas y mecánicas que, es un buen agregado de origen natural para trabajar a la tracción. De esta manera se puede establecer que elaborar un hormigón con este agregado cumple satisfactoriamente, sin mermar las propiedades bases el hormigón en flexocompresión.

Las gráficas realizadas muestran una mejora significativa del rendimiento del hormigón a la flexocompresión, sin embargo, a la compresión este tiende a tener resultado un poco más bajo.

La utilización de fibras no solo colabora con propiedades físicas y mecánicas del hormigón tradicional, también es un gran aporte a la reducción de la huella de carbono que se genera por la explotación de materiales pétreos, que, aunque parezca mínimo el porcentaje que se reduce de materiales provenientes de canteras al realizar una visualización macro, se puede notar que se da solución a dos grandes problemas; la contaminación del medio ambiente debió a la gestión no adecuada de los residuos de flor de coco y la reducción de parte de materiales provenientes de explotación minera.

Para finalizar, se puede evidenciar que el hormigón al tener un porcentaje de 2% de fibra de flor de coco trabaja mejor que con las comparaciones de 1% y 3% tanto para la compresión como para la flexocompresión, sin embargo, los resultados obtenidos en compresión no superan los resultados obtenidos por el hormigón base, pero, en ensayos de flexocompresión si mejora significativamente a los 28 días obteniendo un 36.06% más.

#### **4.5 Recomendaciones**

Si bien es cierto la fibra de coco es un material que ya ha sido sometido a análisis para determinar las propiedades físicas y mecánicas que le aporta a un hormigón convencional, el uso de la fibra de flor de coco no tiene estudios realizados, debido, a su dureza aparente, es por ello que se recomienda realizar estudios más a fondo de las capacidades que tiene a la tracción y compresión.

Los resultados obtenidos tienen una mejora considerable, no obstante, no se puede determinar un veredicto final para saber si a lo largo de la vida útil del hormigón este tendrá un rendimiento mejor o peor, debido a que la vida útil de un hormigón es de 50 años aproximadamente y la investigación en esencia solo dura 6 meses, por ello es recomendable continuar realizando la inspección de la fibra dentro del hormigón en intervalo de tiempos prolongados.

Aportar más investigaciones a la inclusión de esta fibra, debido a que no solo muestra interesantes capacidades a la flexocompresión, sino también, como un material que aporta adhesión parecida a la fibra de vidrio.

#### 4.6 Referencias.

ACI-2011.1. (s.f.). *Dosificación de mezclas de hormigon.*

ASTM-c33. (s.f.). *Especificacion estandar para agregados para concretos.*

ASTM-C39. (s.f.). *Resistencia a la compresion de cilindros de concreto.*

Carrillo, J. &. (2013). *Correlaciones entre las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero.* Ingeniería Investigación y Tecnología.

Cemento Selvalegre. (2022). *selvalegre.com.ec.* Obtenido de selvalegre.com.ec:

<https://selvalegre.com.ec/productos/sacos/selvalegre/>

Gina Isabel San Andrés Zevallos, S. M. (2022). *Estado actual del ciclo de vida del coco en Manabí, Ecuador.* MEDWAVE.

GUEVARA O, L. &. (2008). *Anatomía floral de cocos nucifera I. (arecaceae, arecoideae).* Acta Botánica Venezuelica. Obtenido de Anatomía floral de cocos nucifera I. (arecaceae, arecoideae). Acta Botánica Venezuelica: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0084-59062008000100004&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0084-59062008000100004&lng=es&tlng=es).

ICONTEC. (s.f.). *Instituto Colombiano de Normas Técnicas.*

Jesus dos Santos, J. D. (2022). *USO DE FIBRAS DE COCO COMO REFORÇO PARA O CONCRETO.*

Projectus.

Mabberley, D. J. (2008). *Un diccionario portátil de plantas, su clasificación y usos (3ª ed.).* Cambridge University Press.

Marcelo Cadima Pino, J. R. (2006). *COMPORTAMIENTO DE HORMIGONES REFORZADOS CON Y SIN FIBRAS.* Investigación & Desarrollo. Obtenido de <https://www1.upb.edu/revista-investigacion-desarrollo/index.php/id/article/view/117>



- Mehta, P. K. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials (4th ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Miñam, M. (2023). *Definición de Agregadas en construcción*.
- Neville, A. M. (2010). *Concrete Technology*.
- NTE-INEN-1855-1. (2015). *Requisitos hormigones premezclados*.
- NTE-INEN-1855-2. (2015). *Hormigones preparados en obra*.
- NTE-INEN-2554. (2011). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA*.
- Quintero García, S. L., & González Salcedo, L. O. (2006). *Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto*. Barranquilla: Ingeniería y Desarrollo.
- Roque, C. (2012). *Tecnología del concreto*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/219291936/TECNOLOGIA-DEL-CONCRETO-MONOGRAFIA#scribd>
- Sandra, P. G. (2013). Análisis de la resistencia a compresión y flexión del concreto modificado con fibra de Fique. *Repositorio Institucional*.
- Villegas Girón, N. H. (2013). *Elaboración de módulos estructurales a base de fibra de estopa de coco para viviendas de bajo costo*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química.

## Anexos



*Anexo 1 Tutorías previo y post elaboración de muestras.*



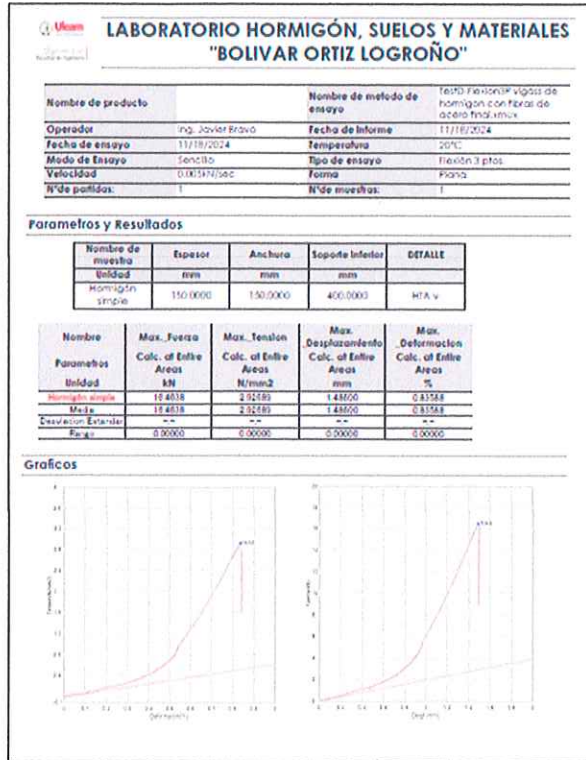
*Anexo 2 Materiales pétreos y fibras para muestras.*



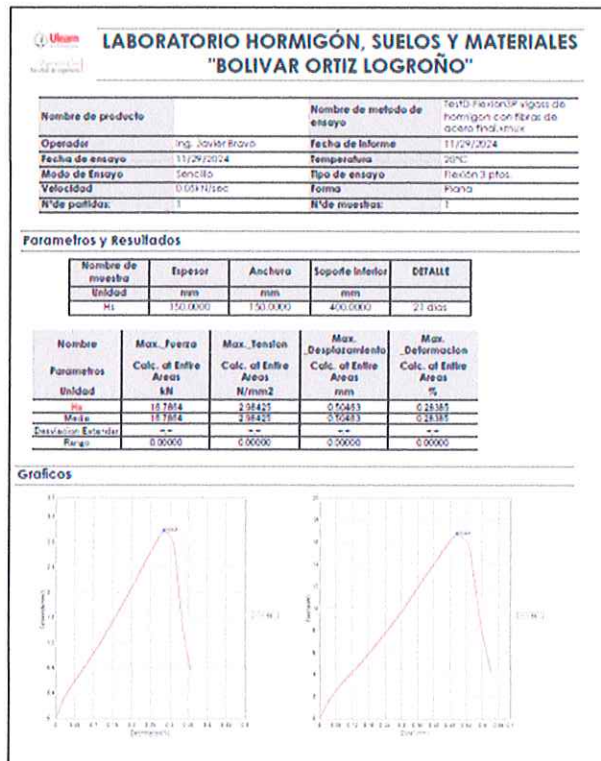
*Anexo 3 Supervisión e inclusión de fibras al hormigón.*



*Anexo 4 Ensayos destructivos en cilindros y vigas (compresión y flexocompresión)*

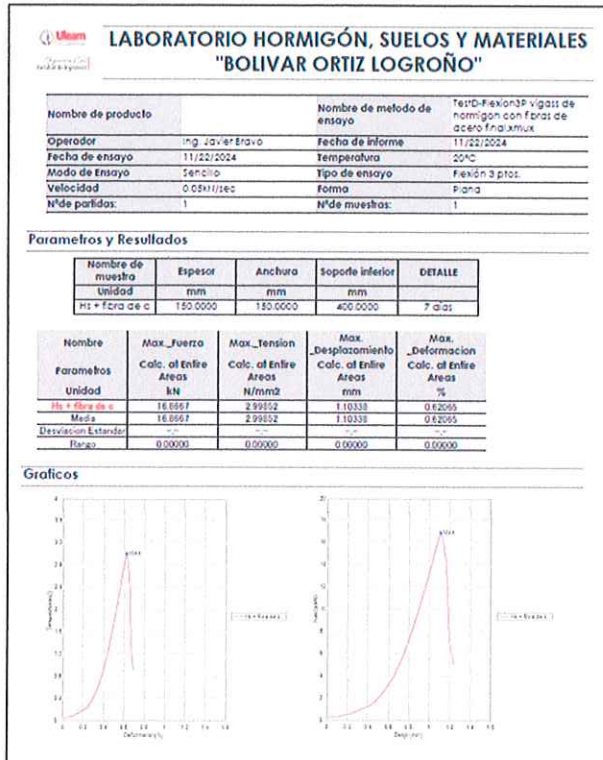


Anexo 6 Resultado inicial de resistencia obtenida en vigas.

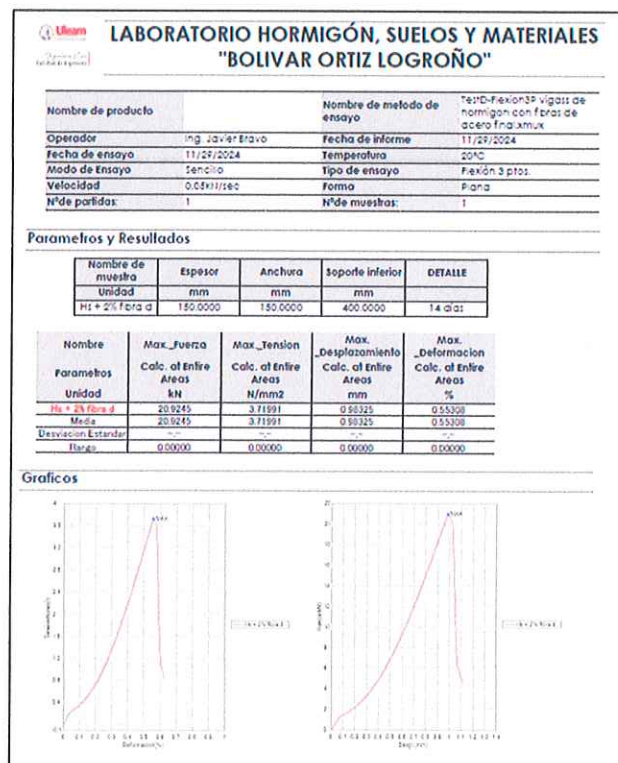


Anexo 5 Resultado a 21 días de resistencia obtenida en vigas.





Anexo 8 Resultado inicial de resistencia obtenido en vigas con la inclusión de fibras al hormigón.



Anexo 7 Resultado a 14 días de resistencia obtenido en vigas con la inclusión de fibras al hormigón.