

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Titulación Previo a la Obtención del Título de

INGENIERO CIVIL

Título del Trabajo de Titulación

**COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN DE F'C 240 KG/CM²
REFORZADO CON FIBRAS DE COCO.**

Nombres completos del autor.

FABRICIO EDUARDO CAJAMARCA QUINLLIN

TUTOR:

LUIS ALBERTO SORIA NUÑEZ

Quito, septiembre de 2023

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Fabricio Eduardo Cajamarca Quinllin, con cédula de identidad # 060438332-3, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual que correspondan relacionados a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

D. M. Quito, septiembre de 2023

Fabricio Eduardo Cajamarca Quinllin

Correo electrónico: fabry-junio1993@hotmail.com

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“Comportamiento mecánico del hormigón de f’c 240 kg/cm² reforzado con fibras
de coco”**

Realizado por:

FABRICIO CAJAMARCA

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

ha sido dirigido por el profesor

LUIS ALBERTO SORIA NUÑEZ

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

FIRMA

Título del trabajo de titulación

**Comportamiento mecánico del hormigón de f'c 240 kg/cm² reforzado con fibras
de coco.**

Por

Fabricio Eduardo Cajamarca Quinllin

Septiembre 2023

Aprobado:

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Tutor

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Presidente del Tribunal

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Miembro del Tribunal

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Miembro del Tribunal

Aceptado y Firmado: _____ día, mes, año
Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Aceptado y Firmado: _____ día, mes, año
Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Aceptado y Firmado: _____ día, mes, año
Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

_____ día, mes, año

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Presidente(a) del Tribunal

Universidad Internacional SEK

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mis Padres y Hermanos quienes con mucho trabajo, esfuerzo y dedicación me brindaron la oportunidad de culminar mis estudios superiores y poder ser profesional, quienes me enseñaron que incluso en las circunstancias más adversas de la vida con paciencia y perseverancia poco a poco se puede llegar lejos.

A la escuela de Ingeniería Civil por permitir nutrirme de sus conocimientos, a todos los docentes que formaron parte de mi aprendizaje durante todo este tiempo; también a mis familiares y amigos (A.A) que siempre estuvieron apoyándome en todo momento.

Fabricio Eduardo Cajamarca Quinllin

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis Padres Lorenzo y Cecilia a mis hermanos Jorge, Víctor, Jonathan y Juan por ser los actores intelectuales de este hecho ya que con paciencia y su apoyo incondicional logre culminar uno de mis sueños más anhelados, varios de mis logros se los debo a mi familia ya que siempre me motivaron a no rendirme, que un tropezón no es caída, que debo aprender a levantarme a pesar de las adversidades que la vida nos pone en frente, gracias por todo familia. Al ser superior y a mis amigos (A.A) por darme la oportunidad de vivir una nueva vida y disfrutar de la misma a plenitud junto a las personas que siempre han estado ahí apoyándome en todas las circunstancias posibles, soy bendecido de vivir estos procesos que me regalan. A mi docente tutor por compartirme sus conocimientos y experiencia de la rama de Ingeniería Civil a lo largo de todo este proceso académico.

Fabricio Eduardo Cajamarca Quinllin

Este trabajo de tesis fue realizado bajo el Programa de Investigación:
Convocatoria para la presentación de programas y/o proyectos de investigación
científica y desarrollo tecnológico – Universidades.

Nombre de Programa

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

Y con el financiamiento de

(colocar el que aplique)

Proyecto de Investigación de la Dirección de Investigación e Innovación

DII-UISEK-PXXXXXX_X.X

Resumen

En el cantón Guano surge la necesidad de intervenir en el campo de la construcción de manera profesional y responsable ya que las estructuras de dicho lugar son propensas a recibir toda la fuerza de la naturaleza por su poco habito profesional constructivo ya que la mayoría de las construcciones son antiguas, tanto construcciones estructurales macizas como livianas.

En la presente investigación, se diseñará un hormigón con una $f'c$ de 240 kg/cm² añadiendo fibras de coco a la mezcla, se analizarán sus cualidades mecánicas y físicas, así como las propiedades de sus agregados. Para ello se elaboró probetas cilíndricas siendo sus medidas 150 X 300 mm, para la mezcla de hormigón se utilizó cemento Holcim tipo GU, agregado grueso de la cantera Cerro Negro y agregado fino (arena de río) del río Chambo, las fibras de coco que fueron utilizadas son producidas en San Lorenzo, Esmeraldas las mismas son suministradas como monofilamentos.

Se diseño tres muestras diferentes para analizar el comportamiento mecánico y físico del hormigón sin y con fibras de coco: la primera muestra no contiene fibras de coco, la segunda y tercera muestra contienen el 5% y 10% de fibras de coco del peso de un saco de cemento (50 kg). El resultado de los ensayos a compresión de los cilindros de Hormigón, los cuales se curaron a las edades de 7, 14 y 28 días, cumpliendo los 28 días de edad se tuvo para los cilindros SN de Fibra de coco el valor de 229.93 Kg/cm², para los cilindros con el 5% de Fibra de coco el valor de 229.99 Kg/cm² y para los cilindros con el 10% de Fibra de coco el valor de 257.82 Kg/cm², teniendo que es resistente y le podemos dar uso en la construcción de cerramientos, aceras y bordillos.

Palabras clave: Hormigón, comportamiento, fibras de coco, muestras.

Abstract

In the Guano canton there is a need to intervene in the field of construction in a professional and responsible manner, since the structures of this place are prone to receive the full force of nature due to the lack of professional building habits, since most of the constructions are old, both solid and light structural constructions.

In the present investigation, a concrete with a $f'c$ of 240 kg/cm² will be designed by adding coconut fibers to the mixture, its mechanical and physical qualities will be analyzed, as well as the properties of its aggregates. For this purpose, cylindrical specimens were made, measuring 150 X 300 mm, for the concrete mix Holcim cement type GU, coarse aggregate from the Cerro Negro quarry and fine aggregate (river sand) from the Chambo river were used, the coconut fibers that were used are produced in San Lorenzo, Esmeraldas and are supplied as monofilaments.

Three different samples were designed to analyze the mechanical and physical behavior of the concrete without and with coir fibers: the first sample does not contain coir fibers, the second and third samples contain 5% and 10% of coir fibers of the weight of a bag of cement (50 kg). The result of the compression tests of the concrete cylinders, which were cured at the ages of 7, 14 and 28 days, after 28 days of age, the value for the SN cylinders of coconut fiber was 229.93 Kg/cm², for the cylinders with 5% of coconut fiber the value of 229.99 Kg/cm² and for the cylinders with 10% of coconut fiber the value of 257.82 Kg/cm², having that it is resistant and we can use it in the construction of enclosures, sidewalks and curbs.

Keywords: Concrete, behavior, coir fibers, samples.

Tabla de Contenidos

Lista de Tablas.....	xii
Lista de Figuras	xv
Capítulo 1: INTRODUCCIÓN.....	1
Planteamiento	1
Formulación.....	2
Objetivos.....	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos.....	3
Justificación.....	3
Capítulo 2: MARCO TEÓRICO	4
Marco Referencial	4
Antecedentes.....	4
Agregados pétreos.	4
Clasificación.....	4
Propiedades de los agregados.....	5
Caracterización de los agregados para la mezcla.	6
Hormigón.....	9
Introducción.....	9
Elementos del Hormigón.....	10
Características del Hormigón.	12
Características en estado fresco.....	13
Propiedades del hormigón en estado endurecido.	13
Fibras Naturales.....	14
Fibras de coco.....	14

Proceso para la Obtención de la Fibra de Coco.....	17
Capítulo 3: METODOLOGÍA	19
Capítulo 4: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	30
Ensayo Granulométrico	30
Ensayo del contenido de Humedad	32
Ensayo de Absorción y Densidad.....	32
Agregado Fino	32
Agregado Grueso.....	33
Masa unitaria compacta (MUC)	33
Resistencia a la abrasión.....	34
Dosificación.....	41
Preparación de los cilindros.....	42
Preparación de los cilindros de hormigón con la inclusión de las fibras de coco	43
Resistencia a la Compresión.....	44
Caracterización de las Fibras de Coco.....	35
Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones	46
Conclusiones.....	46
Recomendaciones	48
Bibliografía.....	49
Anexos.....	53

Lista de Tablas

Tabla 1: Tamices para realizar el ensayo de granulometría.	6
Tabla 2: Componentes del cemento Tipo GU.	10
Tabla 3: Limites de resistencias en hormigones diseñados con cemento Tipo GU	11
Tabla 4: Composición Química del monofilamento de coco	16
Tabla 5: Propiedades Mecánicas del monofilamento de coco.....	16
Tabla 6: Propiedades Físicas del monofilamento de coco.....	17
Tabla 7: Materiales y su procedencia para realizar los ensayos	20
Tabla 8: Relación Agua/Cemento según su resistencia.....	23
Tabla 9: Granulometría del agregado fino del rio Chambo.....	30
Tabla 10: Granulometría del agregado grueso de la mina Cerro Negro.....	31
Tabla 11: Contenido de humedad de los Agregados Grueso y Fino	32
Tabla 12: Absorción y densidad del agregado fino del rio Chambo	33
Tabla 13: Absorción y densidad del agregado grueso de la cantera Cerro Negro.....	33
Tabla 14: MUC del agregado grueso de la cantera Cerro Negro	34
Tabla 15: Resistencia a la abrasión del agregado grueso de la cantera Cerro Negro.	34
Tabla 16: Elaboración de la dosificación por saco de cemento (50 kg) para un f'c de 240 kg/cm ²	42
Tabla 17: Cantidad de cilindros elaborados para ensayar a las edades de 7, 14 y 28 días	42
Tabla 18: Resistencia de los especímenes sometidos a compresión a edades de 7, 14 y 21 días.....	44
Tabla 19: Densidad específica de la fibra de coco.	35
Tabla 20: Porcentaje de absorción de la fibra de coco	36
Tabla 21: Densidad lineal de la fibra de coco	37

Tabla 22: Área transversal de la fibra de coco	38
Tabla 23: Ensayo de tracción de las fibras de coco	40
Tabla 24 : Granulometría del Agregado Fino del Rio Chambo proporcionado por "Hormigones Moreno"	53
Tabla 25: Granulometría del Agregado Grueso de la cantera Cerro Negro.	56
Tabla 26: Contenido de Humedad del agregado fino del rio Chambo	59
Tabla 27: Contenido de Humedad del agregado grueso de la cantera Cerro Negro	60
Tabla 28: Porcentaje de absorción y densidad del agregado fino del Rio Chambo	60
Tabla 29: Porcentaje de absorción y densidad del agregado grueso de la cantera Cerro Negro	60
Tabla 30: Calculo de la Masa Unitaria Compactada del agregado grueso de la cantera Cerro Negro	61
Tabla 31: Cálculo de la Resistencia a la abrasión del agregado grueso de la cantera Cerro Negro	61
Tabla 32: Cálculo de la dosificación para un F'c de 240 Kg/cm ²	62
Tabla 33: Resistencia a compresión de los cilindros sin Fibras de Coco a la edad de 7 días.....	63
Tabla 34: Resistencia a compresión de los cilindros con el 5% de Fibras de Coco a la edad de 7 días.	63
Tabla 35: Resistencia a compresión de los cilindros con el 10% de Fibras de Coco a la edad de 7 días.	64
Tabla 36: Resistencia a compresión de los cilindros sin Fibras de coco a la edad de 14 días.....	64
Tabla 37: Resistencia a compresión de los cilindros con el 5% de Fibras de Coco a la edad de 14 días.	65

Tabla 38: Resistencia a compresión de los cilindros con el 10% de Fibras de Coco a la edad de 14 días.	65
Tabla 39: Resistencia a compresión de los cilindros sin y con el 5% y 10% de Fibras de Coco a la edad de 28 días.	66

Lista de Figuras

Figura 1: Curva de desarrollo de resistencia referencial del Hormigón con Cemento Tipo GU.....	11
Figura 2 Explicación grafica de proceso realizado en la presente investigación	19
Figura 3: Separación de la masa unitaria compacta	22
Figura 4: Selección y medición del agregado grueso para utilizar en la mezcla de hormigón.....	24
Figura 5: Monofilamentos de coco para utilizar en el hormigón a diseñar.	25
Figura 6: Ensayo de Densidad Específica del monofilamento de coco.....	26
Figura 7: Ensayo de Densidad Lineal del monofilamento de coco.	27
Figura 8: Ensayo de Absorción de las Fibras de coco.....	27
Figura 9: Ensayo de Absorción de las Fibras de coco-Peso SSS	28
Figura 10: Ensayo de Tracción de las Fibras de coco	28
Figura 11: Maquina para ensayo a tracción del monofilamento de coco	29
Figura 12: Curva granulométrica de agregado fino del rio Chambo.....	31
Figura 13: Curva granulométrica de agregado grueso de la cantera Cerro Negro	32
Figura 14: Ensayo de asentamiento y elaboración de cilindros de hormigón f'c 240 kg/cm ²	43
Figura 15: Representación gráfica de la inclusión de fibras de coco a la mezcla de hormigón f'c 240 kg/cm ²	43
Figura 16: Toma de datos del ensayo a compresión del cilindro de Hormigón de f'c 240 kg/cm ²	44
Figura 17: Resistencias validadas obtenidas a edades de 7, 14 y 28 días sin y con Fibras de Coco.....	45
Figura 18: Curva Granulométrica espécimen N.º 1 agregado fino del rio Chambo.....	54

Figura 19: Curva Granulométrica espécimen N.º 2 agregado fino del rio Chambo.....	55
Figura 20: Curva Granulométrica espécimen N.º 3 agregado fino del rio Chambo.....	55
Figura 21: Curva Granulométrica espécimen N.º 4 agregado fino del rio Chambo.....	55
Figura 22: Curva Granulométrica espécimen N.º 5 agregado fino del rio Chambo.....	56
Figura 23: Curva Granulométrica espécimen N.º 1 agregado grueso de la cantera Cerro Negro	58
Figura 24: Curva Granulométrica espécimen N.º 2 agregado grueso de la cantera Cerro Negro	58
Figura 25: Curva Granulométrica espécimen N.º 3 agregado grueso de la cantera Cerro Negro	58
Figura 26: Curva Granulométrica espécimen N.º 4 agregado grueso de la cantera Cerro Negro	59
Figura 27: Curva Granulométrica espécimen N.º 5 agregado grueso de la cantera Cerro Negro	59
Figura 28: Datos obtenidos del ensayo a compresión de los cilindros a la edad de 7 días en el laboratorio "Estudios Especializados"	66
Figura 29: Datos obtenidos del ensayo a compresión de los cilindros a la edad de 28 días en el laboratorio "Estudios Especializados"	67
Figura 30: Datos obtenidos del ensayo a compresión de los cilindros a la edad de 14 días en el laboratorio "Estudios Especializados"	67

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

Planteamiento

El hormigón siendo un elemento principal y trascendental dentro del sistema constructivo, siendo sus tecnologías de fabricación y aplicación de las que depende la construcción de una edificación y el tiempo de servicio de la misma, lo cual también incide que sea una acción dañina para el medio que nos rodea, como lo señala (O'Reilly et al., 2010)

Si tenemos en cuenta las numerosas ventajas que ofrece este elemento, como su eficiente resistencia a compresión además de la durabilidad en condiciones extremas como el fuego o el agua, así como el hecho de que es moldeable y puede adoptar diversas formas en función de las necesidades del proyecto, queda claro por qué ha tenido tanto éxito en proyectos de todo el mundo. También ofrece una alternativa asequible (la única alternativa en nuestro entorno) para cimentar estructuras sea superficial o profundas (pilotes). Sin embargo, tiene algunos inconvenientes, como su baja resistencia a la tensión, su alta densidad y peso, que se necesitan 28 días para garantizar la máxima resistencia, y otros (Lara, 2017)

Se ofrecen soluciones adecuadas para cada inconveniente que presenta el material, como la adición de varillas para aumentar su resistencia a los esfuerzos de tensión, el uso de aditivos para acelerar el proceso de fraguado y aumentar la resistencia, y la utilización de diversos materiales para reducir el peso del material sin disminuir significativamente su resistencia (Lara, 2017)

Para aumentar la resistencia del hormigón y hacerlo más ligero, se ha investigado la integración de fibras de distinto origen, como fibras de amianto que mejoran el rendimiento, fibras de polipropileno, fibras inorgánicas como el carbono, el vidrio o el boro, así como fibras orgánicas como la fibra de coco (Lara, 2017)

Con el fin de alivianar las estructuras y, por supuesto, brindar un nivel suficiente de beneficio y rentabilidad, los monofilamentos de coco pueden servir como sustituto viable del uso de materias primas como agregado ligero en la composición del hormigón (Lara, 2017)

Los investigadores se han centrado en la utilización de fibras de origen natural como elemento de refuerzo en construcciones estructurales, y los datos obtenidos se ha presentado en conferencia internacionales.

Observando que los monofilamentos de coco es un material económico capaz de coordinarse eficazmente en la estructura del hormigón para encontrar un material más ligero para la construcción, la investigación al respecto se considera importante en Ecuador (Lara, 2017)

Formulación

¿La adición de fibras de coco es útil en el mejoramiento de la resistencia de la mezcla hormigón?

En el cantón Guano propio de la Provincia de Chimborazo, desde hace muchos años se vienen utilizando agregados de la región en los proyectos de construcción, los mismos que hasta el día de hoy se siguen desarrollando con los mismos utilizando el método convencional de la mezcla de hormigón. Se necesita verificar si estas construcciones se apegan a las normas técnicas de diseño con materiales de origen del sector y además incluiremos monofilamentos de coco partiendo de investigaciones anteriores donde resaltan el beneficio que éste da al comportamiento mecánico del Hormigón a diseñar, garantizando así a la población el correcto uso de estos diseños catalogándolo como seguro y excelente calidad y poder concluir si estas construcciones cumplen con las normas técnicas de diseño.

Objetivos

Objetivo general

Utilizar ensayos de compresión en cilindros de hormigón con y sin adicionamiento de fibras de coco a diferentes edades para evaluar su resistencia con la finalidad de verificar su aceptabilidad para el uso en las construcciones del sector.

Objetivos específicos

Medir las resistencias de los especímenes de un hormigón de $f'c$ 240kg/cm² sin y con distintos porcentajes de monofilamentos de coco a los 7, 14 y 28 días para determinar las propiedades mecánicas mediante la relación Resistencia vs Tiempo.

Analizar los ensayos realizados a los especímenes de un hormigón $f'c$ 240 kg/cm² con y sin monofilamentos de coco a los 7, 14 y 28 días mediante tablas que se generan a partir de los resultados para comprobar si es correcto o incorrecto la inclusión de dichas fibras de coco en sus respectivos porcentajes.

Considerar una valoración de los beneficios económicos y ambientales al añadir fibra de coco al hormigón en una construcción.

Justificación

Este estudio ayudará a determinar si es correcta la adición de monofilamentos de coco al hormigón de materiales pétreos ya utilizados en la región y otras industrias daría lugar a un producto duradero y de alta calidad que pueda utilizarse en todo tipo de proyectos de construcción del sector.

Capítulo 2: MARCO TEÓRICO

Marco Referencial

Antecedentes

Debe tenerse en cuenta las definiciones del hormigón y su comportamiento, así como la fibra de coco y las ventajas de la mezcla (Lara, 2017)

Estudios realizados con anterioridad, han culminado que la adición de fibras orgánicas, como los monofilamentos de coco a la mezcla de hormigón permite reducir el peso de los elementos manteniendo su resistencia en niveles aceptables. Además, la adición de fibras orgánicas al hormigón también permite aumentar la resistencia a la tensión, ya que la fibra permite tejer las fallas por corte (Lara, 2017)

En teoría, la fibra debería tener una densidad inferior a la del hormigón, por lo que, al ocupar una parte del volumen total, el peso de las muestras se reducirá inmediatamente (Lara, 2017)

Agregados pétreos.

Constan de un conjunto de materiales de variadas dimensiones siendo de origen natural su procedencia tales como la arena, piedras, siendo estas obtenidas mediante la trituración.

Clasificación.

Por su lugar de origen y por las maneras de obtenerlos se clasifican en:

Naturales.

Son los que se han creado por procesos geológicos, se emplean por cambio de tamaño y cumplen las normas de uso en construcciones.

Artificiales.

Se trata de materiales reciclables y reutilizables procedentes de determinados residuos y demoliciones.

Marginales.

Se trata de materiales que no cumplen ningún requisito para su uso en la construcción.

Triturados.

Pueden producirse cribando y lavando rocas y arenas almacenadas por las corrientes de agua, o triturando y reelaborando materiales en canteras para producir granulometrías variadas.

Propiedades de los agregados.**Agregados calcáreos.**

La roca caliza se utiliza en todas las estructuras y se emplea como árido grueso para carreteras, ya que es fácil de pulir y presenta menos problemas de unión. Estas rocas se encuentran de forma natural en la tierra, son abundantes y su producción por trituración es extremadamente barata.

Este tipo de agregado se utiliza con otros materiales más duraderos en las mezclas para carreteras.

Agregados silíceos.

Los agregados más grandes se separan mediante cribado, y los más pequeños se emplean como agregados silíceos, para producir estos materiales de construcción. Las piedras brutas necesarias para fabricarlos se extraen de canteras de roca natural. Cuando se utilizan con mezclas asfálticas, estos componentes pueden causar ciertos problemas, sin embargo, si el agregado tiene una cantidad significativa de sílice, puede utilizarse como mezcla asfáltica sola para el tráfico de vehículos.

Agregados volcánicos y metamórficos.

Este tipo de materiales, como el basalto, el granito y las cuarcitas, se utilizan como áridos gruesos en las carreteras porque tienen buenas propiedades y pueden soportar la circulación de vehículos gracias a sus cualidades de alta resistencia al pulido y garantías de resistencia superficial a largo plazo.

Caracterización de los agregados para la mezcla.

Agregados Finos.

El material más fino, la arena, se produce cuando las piedras se trituran de forma natural y se recoge tanto orgánica como sintéticamente de las piedras. Estos materiales pasan por un tamiz de 3/8" y se conservan mediante un tamiz N° 200.

Granulometría.

La distribución uniforme de las granulometrías que componen el agregado se realiza tamizando los materiales de la muestra. Para la granulometría se utiliza la normativa ASTM C-33, que mide las limitaciones granulométricas.

Tabla 1: Tamices para realizar el ensayo de granulometría.

Tamices	%Pasa
3/8	100%
No. 4	95 a 100 %
No. 8	80 a 100 %
No. 16	50 a 85 %
No. 30	25 a 60 %
No. 50	5 a 30 %
No. 100	0 a 10 %

Fuente: Cajamarca F.

Módulo de Finura.

Utilizando la normativa ASTM C-125, se determina que los porcentajes que aumentan y se detienen en los tamices cuando su agregado se divide por 100. Los tamices utilizados incluyen los números 100, 50, 30, 16, 8, 4, y los N° 3/8", 3/4", 1 1/2", 3", y 6". Con este procedimiento se puede determinar si el agregado es aceptable para fabricar hormigón, el cual debe tener un tamaño comprendido entre 2,3 y 3,1 mm.

Fórmula:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados retenidos (N}^\circ 100, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 4, \text{N}^\circ 3/8", 3/4", 1 1/2", 3", 6")}{100}$$

Peso Especifico

Es la propiedad utilizada para la obtención del volumen que ocupa el material en las mezclas hechas y es analizado respecto al volumen absoluto igual al agua. Si los cálculos dan un resultado de bajas densidades eso significa que el agregado tiene porosidad, tiene una debilidad y tiene una absorción muy alta.

Humedad

Es la cantidad de agua en el agregado; si absorbe más agua de lo común, el aprovechamiento del agua y del cemento desciende y se reduce la trabajabilidad del hormigón; por lo tanto, al haber más agua, aumenta la proporción y se reduce la resistencia del hormigón.

Fórmula:

$$\% H = \frac{P. \text{ natural} - P. \text{ seco}}{P. \text{ seco}} * 100$$

Porcentaje de vacíos.

La normativa ASTM C29 lo determina midiendo la proporción de huecos entre huecos de los granos y realizándolo a partir de cómo están dispuestos los granos.

Fórmula:

$$\% \text{ VACIOS} = \frac{(S * W - M)}{(S * W)} * 100$$

Agregado Grueso.

Las piedras pueden triturarse de forma natural o artificial para producir agregado grueso, que se definen como partículas retenidas por el tamiz N°4. Pueden encontrarse de forma natural en los ríos y en las minas como roca triturada. Se puede encontrar también piedras trituradas artificialmente conocidas como piedras chancadas.

Granulometría

Dado que los tamaños de grano de su granulometría son algo similares, el hormigón es más fácil de trabajar sin sufrir daños ni alteraciones en el cemento y el contenido de agua.

Tamaño.

Antes del primer tamiz, en el que la retención debe ser del 15% o más del agregado, es importante determinar qué parte del tamiz comercial está aún en uso.

El diseño del hormigón requeriría más agua y cemento si los agregados fueran superiores al máximo nominal.

Peso específico.

Cuando la saturación esta seca en su superficie y el peso específico ha alcanzado la sequedad de estufa, se determinan los pesos medio, específico y de absorción de una porción del agregado.

Humedad.

Se introduce una muestra seca en el horno para determinar el porcentaje de humedad, que se utiliza para determinar la cantidad de agua presente en el agregado

grueso. Por lo general los agregados se mantienen en estado húmedo, son sometidos a la cuantía de humedad que permite modificar las dosis utilizadas en las combinaciones de hormigón.

Absorción.

Después de que el agregado haya sufrido esta absorción durante 24 horas, se seca superficialmente, para obtener datos finales de la absorción se determina por variación de masa seca del agregado.

Fórmula:

$$\% \text{ ABSORCIÓN} = \frac{M_{ss} - MS}{MS} * 100$$

Hormigón

Introducción

Según (Sánchez et al., 1996) cuando se exponen al aire, las pastas, los morteros y el hormigón experimentan retracción, lo que reduce su volumen antes, durante y después del fraguado, la retracción se produce cuando los hormigones y morteros presentan fluctuaciones de volumen con la expansión o contracción durante el transcurso de su vida útil debido a factores físico-químicos. Cuando el mortero no está siempre húmedo o saturado, se produce una pérdida de agua que hace que el agua capilar y el agua absorbida de la fase plástica se evaporen progresivamente a temperatura ambiente. Como consecuencia de esta evaporación se produce una contracción de menisco, que hace converger los granos de los áridos y reduce su volumen (Cabrera et al., 2015).

(Altamirano et al., 2015) comentan que el valor del líquido (agua) necesario en la mezcla como la resistencia de un hormigón dependen en gran medida de la granulometría del árido fino. Como se necesita más agua cuando se utiliza arena más fina, el volumen

del hormigón disminuye y empiezan a aparecer grietas como consecuencia de la pérdida de agua, lo que provoca un aumento de la retracción y una reducción de la resistencia.

Elementos del Hormigón

Cemento

Es un conglomerante fundamental para la construcción, mezclado con áridos y agua, da a lugar a un compuesto resistente y confiable a largo plazo, pues la mezcla se endurece transcurrido un tiempo determinado, partiendo desde cuando se empezó a realizar la mezcla, dándonos la facilidad de (moldear) el compuesto resultante. Debido a eso, los materiales diseñados de cemento se emplean con frecuencia en la rama de la Ingeniería Civil (Sanjuán & Chinchón, 2014), siendo sus componentes los siguientes:

Tabla 2: Componentes del cemento Tipo GU.

Componentes	Fórmula Química	Fórmula Abreviada
Silicato tricálcico	$3\text{CaO}-\text{SiO}_2$	C_3S
Silicato dicálcico	$2\text{CaO}-\text{SiO}_2$	C_2S
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Ferritoaluminato tetracálcico	$4\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4FA
Yeso	$\text{CaSO}_4-2\text{H}_2\text{O}$	Y
Álcalis	$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	N+K
Magnesia	MgO	M
Cal libre	$\text{CaO}+\text{Ca}(\text{OH})_2$	C.L.
Residuo insoluble	$\text{SiO}_2+\text{R}_2\text{O}_3$	R.I.

Fuente: Adaptado de (Porrero et al., 2009)

Se va a utilizar en el presente tema investigativo el cemento tipo GU de la marca Holcim Rocafuerte, el cual es un cemento que cuenta con reducción de emisiones de CO₂,

además cumple con la normativa NTE INEN 2380. La densidad de este cemento es de 3.0 g/cm^3 (Holcim, 2022)

El estado de curado de las probetas, que controla el desarrollo de sus características mecánicas y para el que se han determinado límites superiores e inferiores para las resistencias a la compresión utilizando cementos de uso general (GU), es un factor importante que influye en la resistencia a la compresión. (Dávila & Fabián, 2013)

Tabla 3: Límites de resistencias en hormigones diseñados con cemento Tipo GU

Edad	Lím. Inferior (% $f'c$)	Lím. Superior (% $f'c$)	Promedio Límites (% $f'c$)
1	10	40	25
3	30	60	45
7	55	85	70
14	75	105	90
28	95	125	110

Fuente: Adaptado de (Dávila & Fabián, 2013)

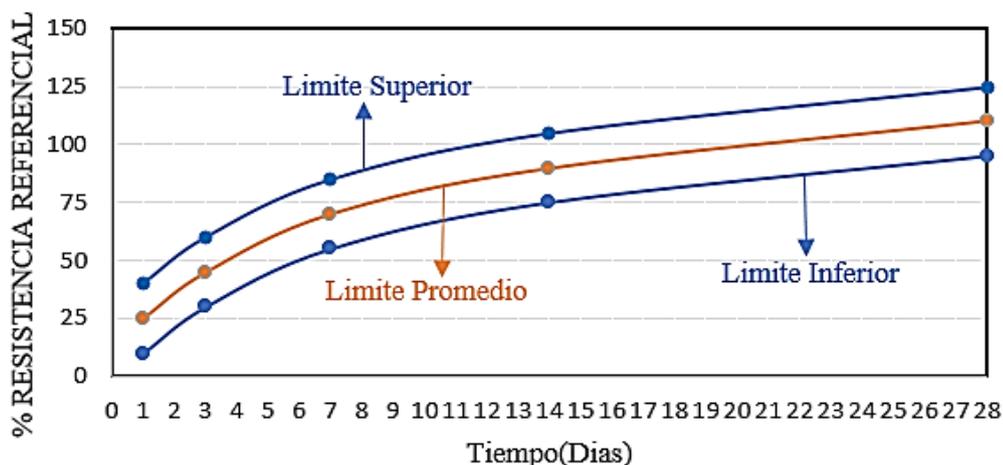


Figura 1: Curva de desarrollo de resistencia referencial del Hormigón con Cemento Tipo GU

Fuente: Cajamarca F.

Los Agregados

Los agregados tanto finos como gruesos representan el 80% ó el 90% del peso de la mezcla de hormigón y tienen un impacto considerable en las cualidades del mismo al mezclarlo y al endurecerse. Los agregados finos suelen estar formados por arena natural

o piedra triturada, y por lo general estos agregados contienen partículas de una longitud baja a 5 mm. Los agregados gruesos en cambio están formados por una mezcla de grava y agregado triturado con partículas que suelen tener un tamaño superior a 5 mm y por lo general están en 9,5 mm y 38 mm (Porrero et al., 2009)

Agua

El agua hace que la mezcla de hormigón sea fluida y, mediante una reacción química con el cemento, crea el endurecimiento característico del hormigón, por lo que es uno de los ingredientes clave (Porrero et al., 2009)

Aditivos

Los aditivos naturales e inorgánicos vienen en forma líquida o en polvo, y pueden añadirse antes o mientras se mezcla del hormigón, estos son usados para cambiar la hidratación o alterar las características básicas del material en su forma dura con el fin de hacerlo más útil en su nueva condición.

Se puede encontrar aditivos de diferentes usos en el mercado nacional como por ejemplo:

- ✓ Aditivos plastificantes.
- ✓ Aditivos super plastificantes
- ✓ Aditivos acelerantes
- ✓ Aditivos retardantes

Características del Hormigón.

Las cualidades que tiene el sustancial en el estado nuevo donde muy bien puede ser controlado en una amplia gama de estructuras hasta que se fragua en una forma y el estado solidificado donde adquiere una naturaleza inflexible.

Características en estado fresco.

Trabajabilidad

Cuando un hormigón puede adoptar cualquier forma con poco esfuerzo mecánico, se considera trabajable. El cono de Abrams se utiliza para cuantificar esta trabajabilidad; si el asentamiento es mayor, se considera que el hormigón puede ser usado en obra.

Homogeneidad

Es una propiedad que permite la circulación de materiales pesados como el hormigón, los agregados, el agua y sustancias adicionales por toda la masa. Una homogeneidad decente sólo es posible con una mezcla adecuada, y su soporte se obtiene mediante un intercambio cuidadoso.

Consistencia

Estas son las propiedades de deformación del hormigón nuevo. Durante la mezcla, el agua es la que más influye en la deformación. Para realizar esta prueba puede realizarse mediante el uso del cono de Abrams.

Densidad

Si conseguimos una alta densidad de agregados, se puede afirmar que el hormigón obtendrá una mayor densidad en estado fresco. Es la relación entre el volumen de la mezcla de hormigón fresco y la masa del recipiente.

Propiedades del hormigón en estado endurecido.

Resistencia a la compresión

La relación agua/cemento de los hormigones es la que genera la resistencia a la compresión; y cuando ésta es menor, el hormigón es más resistente; si tenemos una mejor compactación y utilizamos más cemento, mejorara la resistencia.

Módulo de elasticidad.

Tras dibujar la gráfica de Esfuerzo-Deformación de los especímenes sometidos a ensayo de compresión se obtienen las curvas que muestran la resistencia a la rotura de la misma, por lo contrario, los especímenes de baja resistencia se rompen más rápidamente y presentan mayor deformación.

Ductilidad

Se refiere a la capacidad de un material para continuar la deformación no lineal incluso cuando la carga mínima aumenta, permanece nula o incluso disminuye. La deformación máxima por un proceso elástico lineal y el coeficiente de deformación de ruptura serían indicadores de ductilidad.

Resistencia a la tracción

El concreto es un material que no puede resistir las cargas a tracción, esta resistencia muestra un 10% de la capacidad del hormigón a compresión. Por eso los esfuerzos a tracción en el concreto es absorbido por los aceros de refuerzo.

Fórmula:

$$f_t = 1.5\sqrt{f'_c}$$

Fibras Naturales

En los últimos años, muchos investigadores han optado por utilizar fibras naturales en la construcción, en lugar de algunos de los agregados finos necesarios para fabricar hormigón. Su importancia radica en su capacidad para abaratar los precios y conservar la energía empleada en la fabricación de otras formas de fibra (Limonte, 2016)

Fibras de coco

La cáscara, o mesocarpio, es lo que constituye la parte externa del coco. La composición en fibras de este componente le da mucho valor, ya que puede sustituir a las

materias primas fibrosas utilizadas como agregados en la industria de la construcción (Estrella, 2016)

(Altamirano et al., 2015) crearon compuestos con monofilamentos de coco con y sin tratamiento químico. Como se comprobó que los especímenes cilíndricos no mostraron fisuramiento a lo largo de su contorno, no se observó retracción en estas mezclas, ni siquiera en las que necesitaron una pequeña cantidad extra de agua para hacerlas más trabajables en el momento de la mezcla. Los monofilamentos de coco, según el estudio se concluyó que evitan grietas, las mezclas frescas no se rompen gracias a las fibras naturales de coco, lo que también aumenta su durabilidad con el paso del tiempo.

Su nombre científico es *cocos nucifera*, y clasificándose con otros monofilamentos resistentes. A pesar de tener una resistencia a la tracción inferior a la del sisal, la fibra de coco seca se degrada mucho menos cuando se sumerge en agua. Sólo se pierde entre el 35% y el 45% de su resistencia tras 4 meses de inmersión (Paricaguán, 2015)

Composición Química de la fibra de coco

La cáscara de coco es donde se encuentran las fibras de coco. Para ello, es necesario colocar la cáscara en una máquina desfibradora después de dejarla reposar al sol hasta que adquiera una tonalidad parecida a la de la cabuya. Se calcula que doce cáscaras de coco producen un kilogramo de fibra (Estrella, 2016)

Tabla 4: Composición Química del monofilamento de coco

Componentes	% Peso
Lignita	42.5
Celulosa	32.3
Pentosa	14.7
Grasas saponificables	5.1
Grasas insaponificables	0.7
Cenizas	3.5
Proteínas	1.2
Total	100

Fuente: Adaptado de (Estrella, 2016)

Según (Quito, 2016) las tres variedades principales de fibra de coco son: la fibra larga y fina o hilo, que se utiliza sobre todo como aislante térmico y acústico y como cuerda; la fibra de cerdas más gruesas, que se utiliza en la fabricación de escobas y cepillos; y un monofilamento corto para usar en la fabricación de colchones.

Propiedades Mecánicas de la fibra de coco

El número de estudios sobre el uso de fibras como refuerzo del hormigón ha aumentado considerablemente. Este método se utilizó en la construcción durante muchos años antes de que se inventaran el cemento Portland y el hormigón, cuando se añadían al adobe elementos como hierba, cañas, juncos e incluso pelo de animales para reducir el agrietamiento y aumentar la resistencia a la tensión (Altamirano et al., 2015)

Tabla 5: Propiedades Mecánicas del monofilamento de coco

Propiedad	Valor	Unidad
Densidad	1,28	[g/cm ³]
Densidad Lineal	44,59	[Tex]
Módulo de Young	7939,04	[MPa]
Tenacidad	0,66	[N/Tex]

Resistencia a la tracción	849,38	[MPa]
Absorción	94,77	[%]

Fuente: Adaptado de (Estrella, 2016)

Propiedades Físicas de la fibra de coco

(Estrella, 2016) utilizó para su investigación fibras de coco de una empresa que procesa cocos en la localidad de San Lorenzo en Esmeraldas, las cuales tenían las siguientes características:

Tabla 6: Propiedades Físicas del monofilamento de coco.

Propiedad	Valor	Unidad
Diámetro de la fibra	297,35	[μm]
Área	0,04	[mm^2]
Deformación al romperse	15,72	[%]

Fuente: Adaptado de (Estrella, 2016)

Proceso para la Obtención de la Fibra de Coco

OBTENCIÓN DE LAS FIBRAS DE COCO	
Estudiante: Fabricio Cajamarca	
Revisado por: Ing. Luis Soria	
Aprobado por: Ing. Luis Soria	
	<p>1.- Obtención y separación manual de la cáscara de coco para obtener su fibra húmeda.</p>

	<p>2.- Se realiza el secado natural (al sol) de las fibras de coco hasta verificar que se hayan secado en su totalidad y tomen una tonalidad como la de la cabuya (Estrella, 2016)</p>
	<p>3.- Se procede a realizar la separación manual de las fibras de coco en monofilamentos.</p>
	<p>4.- Se procede a cortar los monofilamentos de las fibras de coco en longitudes de 5 cm.</p>

Capítulo 3: METODOLOGÍA

Dado que se examinan diferentes muestras para cada caso, la investigación aplicada es de tipo experimental y se lo realizó en dos fases: la primera estuvo orientada a la separación granulométrica y la resolución de las propiedades de los agregados utilizados, y en la segunda fase se contempló la preparación y ensayo a compresión de cilindros.

En la siguiente figura se da a conocer el orden sistemático que se llevó a cabo para realizar la presente investigación.



Figura 2 Explicación gráfica de proceso realizado en la presente investigación

Fuente: Cajamarca F.

La comprobación bibliográfica inicia con la investigación de bases científicas que demuestren la realidad del comportamiento mecánico y físico del hormigón al ser incluido fibras de coco en su mezcla, usando diferentes depósitos centralizados de información digital y navegadores web con la finalidad de sustentar de manera legal y real la información obtenida.

El agregado grueso utilizado en este tema investigativo se recolectó de la cantera de Cerro Negro, la cual se encuentra en la ciudad de Riobamba vía al sector de Porlón (cerca del relleno sanitario de Porlón). El tamaño mayor de este tipo de agregados fue de $\frac{3}{4}$ ". Los agregados finos naturales (arena de río) provienen de la fábrica de agregados

“Hormigones Moreno” localizada en la Avenida Edelberto Bonilla y Avenida Antonio Santillán, la misma que se encarga de recolectar este agregado del río Chambo que pasa por el cantón Penipe.

Lo principal es describir detalladamente los materiales necesarios para preparar las muestras de ensayo e indicar las fuentes de estos utilizados en la investigación:

Tabla 7: Materiales y su procedencia para realizar los ensayos

MATERIAL	PROCEDENCIA
Laboratorio	Estudios Especializados Corporación
Cemento Portland tipo GU	Holcim Rocafuerte S.A.
Agua	Estudios Especializados Corporación
Piedra de 3/4" (Agregado Grueso)	Cantera Cerro Negro
Arena de río (Agregado Fino)	Hormigones Moreno S.A.
Fibra de coco	Fabrica San Lorenzo

Fuente: Cajamarca F.

Teniendo en cuenta que los agregados son un material fundamental que proporciona al hormigón su resistencia, las pruebas preliminares son esenciales. Dichos ensayos permiten determinar las propiedades mecánicas de cada agregado para garantizar que sus parámetros cumplen los requisitos normativos.

La primera fase comienza con la obtención del método de dosificación de la mezcla de hormigón que vamos a utilizar, para esto según la norma (ACI 211, 2002) se necesita diseñar ensayos de masa unitaria compacta, densidad, porcentaje de absorción, contenido de humedad y granulometría (Calvopiña & Cubiña, 2018)

La normativa (NTE INEN 696, 2011) detalla el procedimiento a seguir para realizar la granulometría de los agregados mismo que se realiza para determinar el

porcentaje granulométrico de las partículas y su módulo de finura. El procedimiento de este ensayo consiste en colocar las muestras de agregado fino en bandejas metálicas para posteriormente ponerlas a secar en el horno por un lapso de 24 horas a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Una vez transcurrido este tiempo, la muestra se encontrará libre de contenido de humedad y lista para sacarla del horno. Se pesa una muestra de 2000 g, y se coloca en los tamices ordenados de manera descendente: 3/8", N° 4, N° 8, N°16, N° 30, N°50 y N°100 y se los coloca en la máquina tamizadora por 5 minutos. Una vez tamizada se retira cuidadosamente y se procede a registrar los pesos acumulados en cada uno de los tamices para finalmente calcular y tabular los datos obtenidos. El proceso es el mismo para el agregado grueso, salvo que la muestra de ensayo es de 5000 g y la secuencia de tamices se coloca en orden descendente desde 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4 y N°8 y se los coloca en la máquina tamizadora por 5 minutos, posteriormente se pesa la cantidad de material retenido en cada uno de los tamices y en la bandeja (Calvopiña & Cubiña, 2018)

El análisis de contenido de humedad de los agregados fino y grueso se toma en cuenta la normativa (NTE INEN 862, 2011) señalando que se pesan muestras iniciales en condiciones normales o estado natural, el peso de la muestra debe ser superior a 500 g para el agregado fino y mayor a 3000 g para el agregado grueso, las muestras son colocadas en bandejas y éstas a su vez se las ubican en el horno de secado a una temperatura constante de 110°C por 24 horas hasta tener una masa constante, posteriormente se pesan las muestras en estado seco (Calvopiña & Cubiña, 2018)

Para el análisis del porcentaje de absorción y densidad se empleó la normativa (NTE INEN 856, 2010) para agregado fino y (NTE INEN 857, 2010) para agregado grueso. Para lo cual se obtiene muestras de agregados gruesos y finos en su estado natural, se introducen en un horno de secado a una temperatura constante de 110°C durante 24 horas para conseguir una masa constante, y se registra su peso. A continuación, las

muestras se sumergen en agua a una temperatura de 21°C durante 24 horas, se elimina la humedad superficial de las muestras y se registran los pesos de las muestras una vez que éstas han alcanzado un estado seco superficial saturado (SSS) (Calvopiña & Cubiña, 2018)

Para el análisis de densidad de agregados finos, el picnómetro se calibra con agua a 21° C de temperatura. A continuación, se añade la muestra al picnómetro en el estado SSS y se gira continuamente hasta que desaparezca todo el contenido de aire atrapado. después se pesa el picnómetro junto con el agregado y el agua hasta la marca de calibración. En el caso de los agregados gruesos, se utiliza una cesta metálica sujeta a una balanza de precisión para sostener la muestra, que se llena con el árido y se pesa después de la inmersión (Calvopiña & Cubiña, 2018)

La separación de la masa unitaria compacta se obtuvo mediante la normativa (NTE INEN 858, 2010) la cual manifiesta que cuando el molde está lleno, se enraíza y se registra el peso del molde más el agregado. Se calibra el molde con una placa de vidrio y se determina su peso. A continuación, se añade el agregado grueso al molde en capas a un tercio de su altura, y cada capa se compacta con 25 golpes de la barra compactadora.



Figura 3: Separación de la masa unitaria compacta

Fuente: Cajamarca F.

También se realizó el estudio de la resistencia a la abrasión del agregado grueso de acuerdo a la normativa (NTE INEN 860, 2011) donde se tiene que preparar muestras de 5000 g, se eliminan las partículas finas mediante un proceso de lavado, a continuación se seca a una temperatura constante de 110 °C durante 24 horas, se añade la muestra seca a la máquina de ángeles junto con 12 esferas, se hace girar la máquina 500 veces a una velocidad de 30 revoluciones por minuto, se tamiza la muestra y se pesa todo el material retenido por el tamiz n.º 12. Para determinar las cualidades físicas y mecánicas de cada uno de los agregados, se coteja y examina la información obtenida en las pruebas realizadas en la primera fase (Calvopiña & Cubiña, 2018)

El avance de la segunda fase empieza por el modelo de la dosificación para tener la resistencia de 240 kg/cm² tomando en cuenta las características de los agregados en estudio solicitadas por la normativa (ACI 211, 2002), En función del tamaño máximo del agregado grueso, se eligió inicialmente un asentamiento de entre 7,5 y 10 cm para su uso en columnas o cimientos. A continuación, se determinó el contenido de agua de la mezcla. Luego, se calculó la relación A/C teniendo en cuenta la resistencia necesaria, lo que arrojó un factor de 0,52 y a partir de este factor se determinó la cantidad de cemento necesaria. Se calculó la dosis seca de agregados gruesos y finos, y se aplicaron los ajustes correspondientes por humedad y absorción de agregados para obtener las proporciones de cada componente para la mezcla de hormigón (Calvopiña & Cubiña, 2018)

Tabla 8: Relación Agua/Cemento según su resistencia

Relación A/C	Resistencia del Hormigón (Compresión) (Kg/cm²)
0.63	190
0.57	210
0.52	240
0.44	270
0.39	350

Fuente: Cajamarca F.

Se procede a la preparación de muestras en forma de cilindros para los ensayos básicos de compresión tras comprobar los parámetros adquiridos en los ensayos que los materiales son adecuados para la mezcla. Según las especificaciones del ACI (American Concrete Institute), las resistencias utilizadas para los ensayos fluctúan debido a las relaciones variables agua/cemento.

Los siguientes ensayos de compresión se los diseños de acuerdo a lo enunciado en la normativa (NTE INEN 1573, 2010), se realizará 3 muestras de cada mezcla de hormigón a edades de 7, 14 y 28 días con una velocidad de carga constante de 0.25 Mpa/s hasta lograr la esperada la carga última de rotura (Calvopiña & Cubiña, 2018)



Figura 4: Selección y medición del agregado grueso para utilizar en la mezcla de hormigón

Fuente: Cajamarca F.

Otro componente clave en esta investigación es el valor en porcentaje del monofilamento de coco utilizado en la mezcla del hormigón para obtener los datos de los especímenes de ensayo, para esto se procedió a realizar su secado ya que como estas fibras se encuentran dentro de una capa gruesa que conforma la superficie del coco tiene a mantenerse húmedo. Se obtendrán diferentes valores de resistencia (ensayo a compresión) en función de la proporción de monofilamentos de coco utilizada para los

especímenes que posteriormente se utilizarán para sacar conclusiones sobre la eficacia de los monofilamentos en los compuestos del hormigón.



Figura 5: Monofilamentos de coco para utilizar en el hormigón a diseñar.

Fuente: Cajamarca F.

Para obtener la caracterización de las fibras de coco empleadas se lo realizo mediante:

Ensayo de Densidad Especifica

La densidad de los monofilamentos de coco se calculó utilizando la normativa (ASTM-D792, 2007). Como parte de este procedimiento, se sumergen especímenes secos de entre 0,5 y 2 gramos en agua destilada durante 24 horas. Después, se limpia el agua de las fibras y se utiliza papel absorbente para quitar el agua sobrante. El peso de la fibra sumergida se determinó utilizando un dispositivo compuesto por una balanza y una báscula (véase la fig. 6).



Figura 6: Ensayo de Densidad Específica del monofilamento de coco.

Fuente: Cajamarca F.

Ensayo de Masa por Unidad de Área

Se lo realizó utilizando la normativa (UNE-EN ISO 3344, 2014), en el que se cortaron especímenes de 10x10 cm de monofilamentos de coco, se secaron en el horno en un lapso de 24 horas para luego verificar su peso, el gr/cm² es la unidad de medida en este ensayo para la muestra.

Ensayo de Densidad Lineal

La densidad lineal del monofilamento de coco se estimó según la normativa (ISO 1889, 2009), utilizando muestras de hilo de 60 cm de longitud para de igual manera obtener su peso (véase la fig. 7).



Figura 7: Ensayo de Densidad Lineal del monofilamento de coco.

Fuente: Cajamarca F.

Ensayo de Absorción de las Fibras de coco

Utilizando la normativa (UNE-EN ISO 3344, 2014), mediante el uso de muestras de monofilamentos de coco estas son secadas al horno a 50 °C durante 24 horas, a continuación, se obtiene su peso y en agua destilada son colocadas durante otras 24 horas. Transcurrido este tiempo, se sacan los monofilamentos del agua, se elimina el agua sobrante y volvemos a pesar la muestra (véase la fig. 8-9).

Para la obtención del porcentaje de absorción lo realizamos de la siguiente manera:

$$\% \text{Asorción} = \frac{\text{Peso SSS} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}}$$

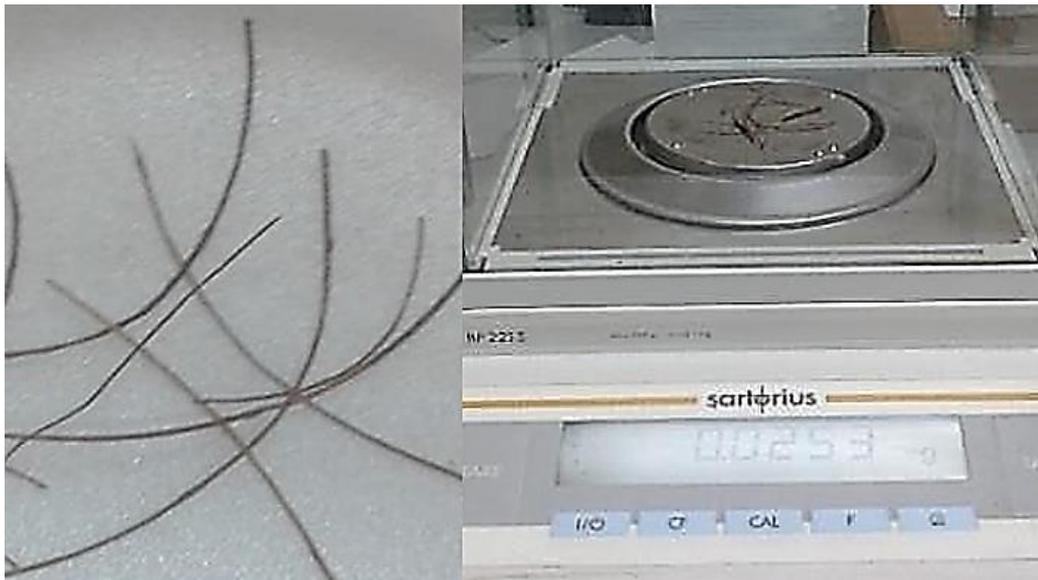


Figura 8: Ensayo de Absorción de las Fibras de coco

Fuente: Cajamarca F.



Figura 9: Ensayo de Absorción de las Fibras de coco-Peso SSS

Fuente: Cajamarca F.

Ensayo de Tracción de las Fibras de coco

Se utilizó la normativa (ISO 2062, 2009) para investigar el desenvolvimiento a tracción de los monofilamentos de coco. Para obtener sus especímenes como monofilamentos se redujeron su longitud de 16 a 21 cm.

Se usaron placas de aluminio para evitar el deslizamiento durante todo el ensayo, y los extremos de los especímenes se adhirieron con masillado para autos (véase la fig. 10).



Figura 10: Ensayo de Tracción de las Fibras de coco

Fuente: Cajamarca F.

La máquina polivalente "Master Load Tester" fue el aparato seleccionado para el ensayo de tracción. Se modificó con una placa con cuatro orificios para los tornillos, así evitamos que la placa se mueva durante el ensayo, un adaptador con dos orificios por los que pasa un tornillo para colocar las muestras y otro adaptador para colocarlo encima de la máquina (véase la figura 11).

Mediante el uso del transductor de deformación (LVDT) y a una rapidez de 250 mm/min fueron recogidos los datos automáticamente y se almacenaron en un ordenador.



Figura 11: Máquina para ensayo a tracción del monofilamento de coco

Fuente: Cajamarca F.

Una vez culminados todos los ensayos necesarios para la investigación se procederá a realizar los cálculos respectivos mediante tablas en Excel, representaciones gráficas, tabulaciones de resultados obtenidos a través de cuadros comparativos, etc.

Capítulo 4: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Comenzamos con los resultados de las características físicas y mecánicas adquiridas del agregado grueso de la cantera Cerro Negro y fino (arena de río) del río Chambo proporcionado por la fábrica de agregados “Hormigones Moreno” siguiendo el enfoque indicado en la Fase I de la metodología, cabe mencionar que los datos del material que utilizamos en nuestra investigación fueron obtenidos en el Laboratorio “Estudios Especializados Corporación” de previos ensayos realizados para diferentes actividades profesionales, también se utilizó información de investigaciones y páginas web referidos a este tema investigativo.

Ensayo Granulométrico

Según la normativa (NTE INEN 696, 2011) la siguiente Tabla demuestra los resultados de las características del ensayo granulométrico y el módulo de finura del agregado fino perteneciente al río Chambo y del agregado grueso de la mina Cerro Negro.

Tabla 9: Granulometría del agregado fino del río Chambo

Tamiz	% pasa	Desviación Estándar
3/8”	98,6	0,49
# 4	91,8	0,63
# 8	79,3	0,67
# 16	60,4	1,08
# 30	39,8	0,64
# 50	18,7	1,03
# 100	5,5	1,44
Módulo de Finura	2,97	

Fuente: Cajamarca F.

Los módulos de finura calculados se encuentran dentro del límite permitido siendo estos de 2.3 a 3.1 según la normativa (ASTM C 33 - 03, 2003)

En la siguiente Figura se pretende demostrar la curva granulométrica del agregado fino proveniente del río Chambo con su respectivo límite tanto Inferior como Superior.

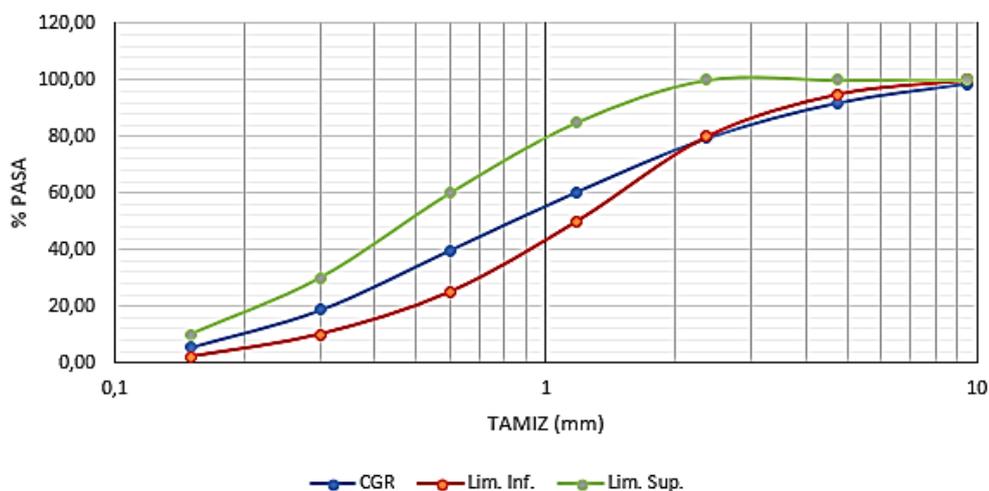


Figura 12: Curva granulométrica de agregado fino del rio Chambo

Fuente: Cajamarca F.

La Tabla 8 corresponde al resultado de la separación granulométrica del agregado grueso proveniente de la cantera Cerro Negro donde nos muestra que el tamaño nominal máximo de este agregado es de 3/4".

Tabla 10: Granulometría del agregado grueso de la mina Cerro Negro

TAMIZ	% pasa	Desviación Estándar
1 1/2"	100,00	0,00
1"	99,60	0,65
3/4"	80,19	2,73
1/2"	14,78	2,28
3/8"	3,28	2,20
# 4	0,29	1,65
# 8	0,02	0,06
Tamaño máximo Nominal	3/4"	

Fuente: Cajamarca F.

La Figura 6 demuestra la curva granulométrica del agregado grueso proveniente de la cantera Cerro Negro con su respectivo limite tanto Inferior como Superior.

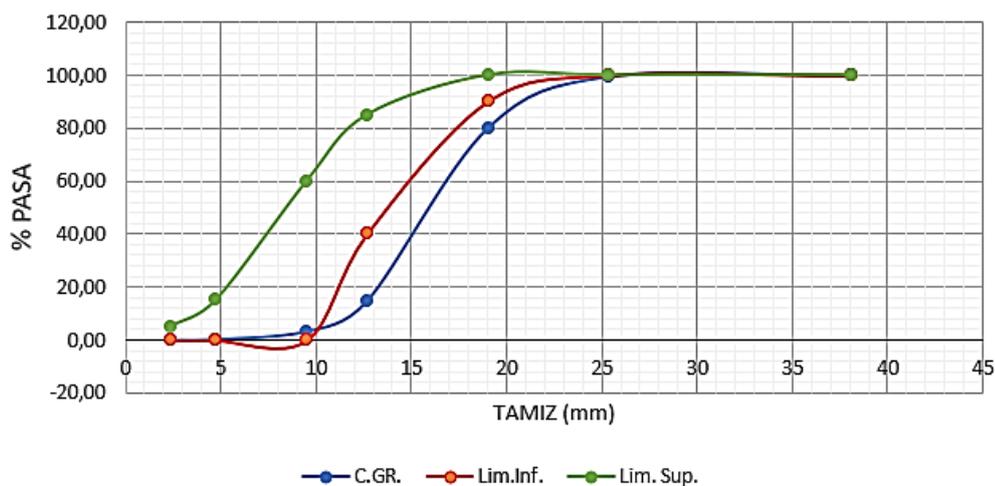


Figura 13: Curva granulométrica de agregado grueso de la cantera Cerro

Fuente: Cajamarca F.

Ensayo del contenido de Humedad

La Tabla 9 nos muestra los resultados del contenido de humedad de los agregados tanto fino como grueso, para este análisis se usó la normativa (NTE INEN 862, 2011)

Tabla 11: Contenido de humedad de los Agregados Grueso y Fino

Tipo de Agregado	Río Chambo	Cantera Cerro Negro
Grueso	-	0,99 %
Fino	4,76 %	-

Fuente: Cajamarca F.

Debido a los porcentajes de humedad altos obtenidos de los agregados tanto del fino procedente del río Chambo como del agregado grueso que proviene de la cantera Cerro Negro se utilizará menos cantidad de agua en la mezcla de hormigón.

Ensayo de Absorción y Densidad

Agregado Fino

Mediante la verificación en la normativa (NTE INEN 856, 2010) podemos deducir que los resultados obtenidos del porcentaje de absorción del agregado fino proveniente del río Chambo es apto para continuar con la investigación ya que está dentro de los parámetros normalizados establecidos para lo cual tenemos que la densidad seca

al horno del agregado fino del río Chambo contiene mayor masa de partículas por consiguiente tiene poca cantidad de poros en la misma.

Tabla 12: Absorción y densidad del agregado fino del río Chambo

Tipo de Agregado	Absorción (%)	Desviación Estándar	Densidad SH (g/cm³)	Desviación Estándar
Fino (Río Chambo)	3,73	0.003	2,54	0,117

Fuente: Cajamarca F.

Agregado Grueso

Según la normativa (NTE INEN 857, 2010) el análisis obtenido de absorción y densidad del agregado grueso proveniente de la cantera Cerro Negro es apto para continuar con la investigación ya que está dentro de los parámetros normalizados establecidos respecto a otros materiales de la zona como me indico el profesional del laboratorio "Estudios Especializados Corporación", además se puede comprobar que el agregado grueso tiene baja densidad porque tiene mayor cantidad de poros en sus partículas.

Tabla 13: Absorción y densidad del agregado grueso de la cantera Cerro Negro

Tipo de Agregado	Absorción (%)	Desviación Estándar	Densidad SH (g/cm³)	Desviación Estándar
Grueso (cantera Cerro Negro)	2,19	0,003	2,57	0,0071

Fuente: Cajamarca F.

Masa unitaria compacta (MUC)

Tomando en consideración que el modelo de delineación de mezclas según la normativa (ACI 211, 2002) necesita la Masa Unitaria Compactada solo del agregado grueso, para este procedimiento se empleó la normativa (NTE INEN 858, 2010) para obtener los resultados que se consideran en la Tabla a continuación:

Tabla 14: MUC del agregado grueso de la cantera Cerro Negro

Cantera Cerro Negro	Desviación Estándar
1446,82 (kg/cm ²).	56,62

Fuente: Cajamarca F.

Tenemos que el peso volumétrico del agregado grueso de la cantera Cerro Negro es menor respecto a otros materiales de la zona como me indico el profesional del laboratorio "Estudios Especializados Corporación", esto se debe a que sus partículas tienen una deficiente partición dentro del volumen destinado lo que conlleva a tener mayor cantidad de vacíos.

El cemento que se usó (Tipo GU) para la fabricación de los cilindros de hormigón es fabricado por la Empresa Holcim S.A., cumpliendo con todos los requisitos de desempeño necesarios, asumiendo de esta manera una densidad de **3gr/cm³**.

Resistencia a la abrasión

Para este procedimiento se tuvo que utilizar la normativa (NTE INEN 861, 2011), obteniendo de esta manera los resultados de la degradación del agregado grueso de la cantera Cerro Negro como se muestra en la siguiente Tabla:

Tabla 15: Resistencia a la abrasión del agregado grueso de la cantera Cerro Negro.

Cantera Cerro Negro (A.G.) (%)	D. Estándar
24,75	0.0026

Fuente: Cajamarca F.

Caracterización de las Fibras de Coco

DENSIDAD ESPECÍFICA

La siguiente Tabla muestra la densidad específica de las fibras de coco que fueron utilizadas en la investigación, obteniendo un valor promedio de 1.27 gr/cm³.

Tabla 16: Densidad específica de la fibra de coco.

		ESTUDIOS ESPECIALIZADOS "CORPORACIÓN"			
		GEOTECNIA-CONCRETO-VÍAS-MATERIALES			
		¡ ... PORQUE YA NO SOMOS UN ENSAYO... AHORA SOMOS LA NORMA... !			
DENSIDAD ESPECÍFICA					
FIBRAS DE COCO					
Especimen N°	Masa de especimen al aire seca [g]	Masa espécimen sumergida + canastilla + estructura [g]	Masa canastilla sumergida + estructura [g]	Masa de estructura [g]	Densidad [g/cm ³]
1	0,53	233,25	233,16	241,27	1,20
2	0,52	231,9	231,75	241,27	1,41
3	0,54	233,85	233,72	241,27	1,32
4	0,52	235,25	235,16	241,27	1,21
5	0,52	233,84	233,74	241,27	1,24
Media [g/cm ³]					1,27
Desviación Estándar [g/cm ³]					0,06
Coeficiente de Variación [%]					5,07
FÓRMULAS A UTILIZAR					
$Densidad = \frac{A}{A + W - B}$					
Donde:					
A : masa del espécimen al aire seca					
W : masa canastilla sumergida					
B : masa espécimen sumergida + canastilla					

Fuente: Cajamarca F.

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

La siguiente Tabla muestra el porcentaje de absorción que tienen las fibras de coco que fueron utilizadas en la investigación, obteniendo un valor promedio de 92.76%

Tabla 17: Porcentaje de absorción de la fibra de coco

	ESTUDIOS ESPECIALIZADOS "CORPORACIÓN" GEOTECNIA-CONCRETO-VÍAS-MATERIALES ¡ ... PORQUE YA NO SOMOS UN ENSAYO... AHORA SOMOS LA NORMA... !		
	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN		
FIBRAS DE COCO			
Espécimen N°	Peso Seco [g]	Peso SSS [g]	% Absorción
1	0,0231	0,0453	96,10
2	0,018	0,031	72,22
3	0,0225	0,0428	90,22
4	0,0107	0,0211	97,20
5	0,0151	0,0295	95,36
6	0,0251	0,0491	95,62
7	0,0126	0,025	98,41
8	0,0196	0,0386	96,94
Media [%]			92,76
Desviación Estándar [%]			2,37
Coeficiente de Variación [%]			2,5
FÓRMULAS A UTILIZAR			
$\% \text{Asorción} = \frac{\text{Peso SSS} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} * 100$			
Peso SSS: peso en el aire de la muestra saturada y superficialmente seca			

Fuente: Cajamarca F.

DENSIDAD LINEAL

La siguiente Tabla muestra la densidad lineal que tienen las fibras de coco que fueron utilizadas en la investigación, obteniendo un valor promedio de 42.48 Tex

Tabla 18: Densidad lineal de la fibra de coco

 ESTUDIOS ESPECIALIZADOS "CORPORACIÓN" GEOTECNIA-CONCRETO-VÍAS-MATERIALES ¡ ... PORQUE YA NO SOMOS UN ENSAYO... AHORA SOMOS LA NORMA... !			
DENSIDAD LINEAL			
FIBRAS DE COCO			
Especimen N°	Peso [g]	Longitud [cm]	Densidad [g/km] = [Tex]
1	0,0098	16,4	59,76
2	0,0083	17,5	47,43
3	0,0025	20	12,50
4	0,008	20,96	38,17
5	0,009	16,5	54,55
Media [Tex]			42,48
Desviación Estándar [Tex]			12,25
Coeficiente de Variación [%]			27,97
FÓRMULAS A UTILIZAR			
$\text{DENSIDAD L.} = \frac{\text{Peso}}{\text{Longitud}} * 100000$			

Fuente: Cajamarca F.

ÁREA TRANSVERSAL

La siguiente Tabla muestra el área transversal que tienen las fibras de coco que fueron utilizadas en la investigación, obteniendo un valor promedio de 0.0332 mm²

Tabla 19: Área transversal de la fibra de coco

 ESTUDIOS ESPECIALIZADOS "CORPORACIÓN" GEOTECNIA-CONCRETO-VÍAS-MATERIALES ¡ ... PORQUE YA NO SOMOS UN ENSAYO... AHORA SOMOS LA NORMA... !			
ÁREA TRANSVERSAL			
FIBRAS DE COCO			
Especimen N°	Tex [g/km]	Densidad [g/cm ³]	Área [mm ²]
1	59,76	1,28	0,0467
2	47,43	1,28	0,0371
3	12,50	1,28	0,0098
4	38,17	1,28	0,0298
5	54,55	1,28	0,0426
Media [mm ²]			0,0332
Desviación Estándar [mm ²]			0,0097
Coeficiente de Variación [%]			28,329
FÓRMULAS A UTILIZAR			
$A_{tr} = \frac{Tex}{\rho_{fib}}$			
Donde: <ul style="list-style-type: none"> Atr : área transversal de la fibra Tx : Tex de la fibra ρfib : densidad específica de la fibra 			

Fuente: Cajamarca F.

TENACIDAD

La siguiente Tabla muestra la tenacidad que tienen las fibras de coco que fueron utilizadas en la investigación, obteniendo un valor promedio de 0.70 N/Tex

 ESTUDIOS ESPECIALIZADOS "CORPORACIÓN" GEOTECNIA-CONCRETO-VÍAS-MATERIALES ¡ ... PORQUE YA NO SOMOS UN ENSAYO... AHORA SOMOS LA NORMA... !			
TENACIDAD			
FIBRAS DE COCO			
Espécimen N°	Tex [g/km]	Carga [N]	Tenacidad [N/Tex]
1	59,76	22,39	0,37
2	47,43	21,3	0,45
3	12,50	21,35	1,71
4	38,17	22,89	0,60
5	54,55	21,14	0,39
Media [mm ²]			0,70
Desviación Estándar [mm ²]			0,13
Coeficiente de Variación [%]			16,81
FÓRMULAS A UTILIZAR			
$T = \frac{Carga}{Tex}$			

Fuente: Cajamarca F.

ENSAYO DE TRACCIÓN

La siguiente Tabla muestra la resistencia a la tracción que tienen las fibras de coco que fueron utilizadas en la investigación, obteniendo un valor promedio de 900.882 MPa

Tabla 20: Ensayo de tracción de las fibras de coco

	ESTUDIOS ESPECIALIZADOS "CORPORACIÓN" GEOTECNIA-CONCRETO-VÍAS-MATERIALES ¡ ... PORQUE YA NO SOMOS UN ENSAYO... AHORA SOMOS LA NORMA... !		
	ENSAYO DE TRACCIÓN		
FIBRAS DE COCO			
Espécimen N°	Carga [N]	Área [mm ²]	Resistencia a Tracción [MPa]
1	22,39	0,047	479,603
2	21,3	0,037	574,843
3	21,35	0,010	2186,240
4	22,89	0,030	767,639
5	21,14	0,043	496,085
Media [MPa]			900,882
Desviación Estándar [MPa]			145,59
Coeficiente de Variación [%]			17,56
FÓRMULAS A UTILIZAR			
$R = \frac{Carga}{Área}$			
Donde: R : resistencia a tracción			

Fuente: Cajamarca F.

Propiedades Mecánicas de la fibra de coco utilizadas en la Investigación.

Propiedad	Valor	Unidad
Densidad Especifica	1,27	[g/cm^3]
Porcentaje de Absorción	92.76	[%]
Densidad Lineal	42.48	[Tex]
Tenacidad	0,70	[N/Tex]
Resistencia a la tracción	900.882	[MPa]

Propiedades Físicas de la fibra de coco utilizadas en la Investigación.

Propiedad	Valor	Unidad
Área	0,03	[mm^2]
Deformación al romperse	17,56	[%]

Mediante estos ensayos podemos comparar con la información de la investigación realizada por (Estrella, 2016) verificando que nuestros resultados están dentro de sus parámetros propuestos, por consiguiente, con las propiedades obtenidas de estas muestras se procedió a la adición de las fibras de coco a los cilindros de hormigón propuestos en la investigación.

Dosificación

Con los resultados obtenidos de la Fase I y tomando en cuenta la metodología de estudio para la dosificación, continuamos con la Fase II de la investigación utilizando la normativa (ACI 211, 2002) para la preparación de mezclas de hormigón utilizando cemento de uso general tipo GU y agregados naturales.

Este estudio expone los resultados de las muestras seleccionadas, realizando las rectificaciones de absorción y humedad de los agregados empleados.

Tabla 21: Elaboración de la dosificación por saco de cemento (50 kg) para un $f'c$ de 240 kg/cm²

Procedencia del Material	Característica del Cemento	Proporciones de Diseño			
		Cemento	A. Grueso	A. Fino	Agua (Lt.)
Rio Chambo	GU	1	-	1,89	26,37
Cantera Cerro Negro	GU	1	2,24	-	26,37

Fuente: Cajamarca F.

Dadas las proporciones de la tabla anterior con agregado grueso de la cantera Cerro Negro y agregado fino del río Chambo, la normativa (ACI 211, 2002) especifica la relación de A/C de 0.52 y un asentamiento de 7.5 y 10 cm para un hormigón simple de 240 kg/cm². También podemos observar que la cantidad de agua es considerable ya que su porcentaje de absorción (Tabla 11) es notablemente alto y también que su densidad es baja en comparación con los demás materiales de la zona.

Preparación de los cilindros

Ya obtenido anteriormente la dosificación de la mezcla de hormigón, se procedió a la elaboración de los cilindros, también se verificó que el resultado del ensayo de asentamiento realizado a la mezcla está dentro de los parámetros (8 cm) recomendados por la normativa (ACI 211, 2002). La siguiente Tabla da a conocer el número de cilindros elaborados para el ensayo a compresión.

Tabla 22: Cantidad de cilindros elaborados para ensayar a las edades de 7, 14 y 28 días

Normativa	Ensayo a realizar	Forma	Cantidad
NTE INEN 1573	Compresión	Cilindros	27

Fuente: Cajamarca F.



Figura 14: Ensayo de asentamiento y elaboración de cilindros de hormigón f_c 240 kg/cm^2

Fuente: Cajamarca F.

Preparación de los cilindros de hormigón con la inclusión de las fibras de coco

Para esta preparación de cilindros de hormigón de f_c 240 kg/cm^2 incluyendo fibras de coco, se empezó utilizando la dosificación calculada y a ésta se le añadió el 5% y 10% de fibras de coco respecto al peso del saco de cemento (50kg) resultando de esta manera el 5% de fibras de coco equivalente a 2.5 kg y el 10% equivalente a 5 kg.



Figura 15: Representación gráfica de la inclusión de fibras de coco a la mezcla de hormigón f_c 240

Fuente: Cajamarca F.

Siendo un tema investigativo se procedió a preparar 27 cilindros a edades de 7, 14 y 28 días, de los cuales 9 están sin ninguna fibra de coco, a los siguientes 9 cilindros se les añadió el 5% de Fibra de coco respecto al peso de un saco de cemento (50 kg) y a

los 9 últimos cilindros con el 10% de Fibra de coco de igual forma, estos para cada edad mencionada y para posteriormente ser sometidos al ensayo de compresión respectivo.

Resistencia a la Compresión

Utilizando la normativa (NTE INEN 1573, 2010) podemos verificar que los resultados obtenidos de los cilindros sometidos al ensayo de compresión varían su resistencia mejorando la misma al ser incluidas las Fibras de coco, de esta manera se tiene que, a mayor porcentaje de inclusión de Fibras de coco, mayor es la resistencia esperada.



Figura 16: Toma de datos del ensayo a compresión del cilindro de Hormigón de $f'c$ 240 kg/cm^2

Fuente: Cajamarca F.

La siguiente Tabla nos muestra los resultados obtenidos del ensayo a compresión de los cilindros de Hormigón a las edades de 7, 14 y 28 días notando una considerable diferencia de resistencias entre los cilindros que están sin fibras de coco y los cilindros con el 5% y 10% de fibras coco respectivamente.

Tabla 23: Resistencia de los especímenes sometidos a compresión a edades de 7, 14 y 21 días

Edad(días)	SN F.C (Kg/cm ²)	5% F.C (Kg/cm ²)	10% F.C (Kg/cm ²)
7	156,90	161,76	177,62
14	194,45	193,83	223,77
28	229,93	229,99	257,82

Fuente: Cajamarca F.

Mediante la siguiente Figura se puede verificar la valides de los datos obtenidos respecto a los límites de resistencia a compresión mencionados por (Dávila & Fabián, 2013) y a la vez se puede observar que la resistencia adquirida sin fibras de coco y la resistencia adquirida con el 5% de Fibras de coco tienen similitudes de resistencias incluso se aproximan al límite Inferior de resistencia, en cambio la resistencia adquirida con el 10% de Fibras de coco se encuentra notablemente en la media de los límites de resistencia.

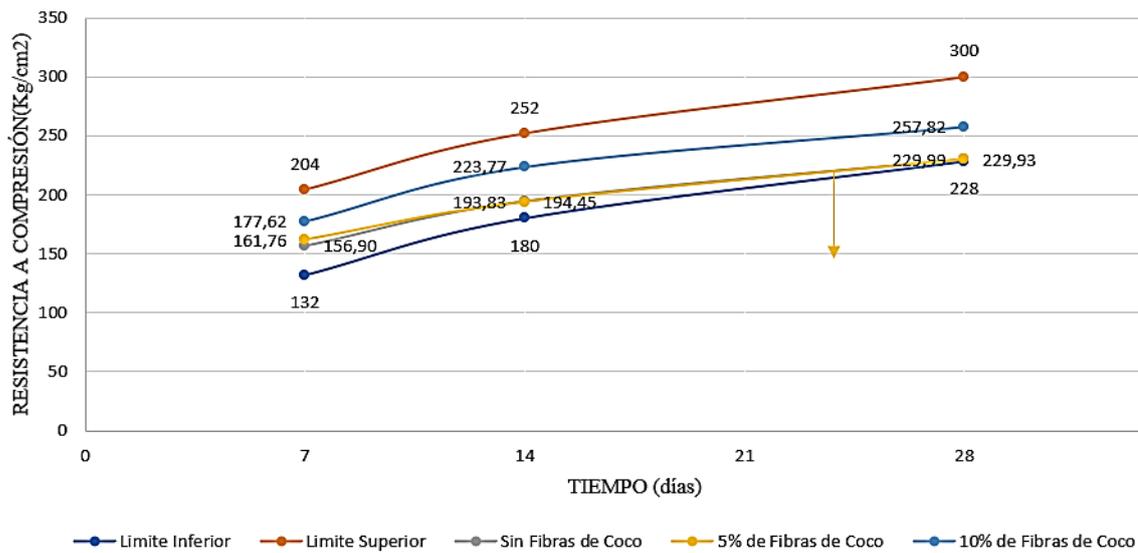


Figura 17: Resistencias validadas obtenidas a edades de 7, 14 y 28 días sin y con Fibras de Coco

Fuente: Cajamarca F.

Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Los cilindros elaborados a los 28 días para un $F'c$ de 240 Kg/cm² con el agregado grueso de la cantera Cerro Negro, el agregado fino del río Chambo proporcionado por la fábrica de agregados “Hormigones Moreno” así como con el cemento Holcim Tipo GU mostraron una resistencia de 229.93 Kg/cm², los cilindros que fueron añadidos con el 5% de las Fibras de coco y a una medida de 5cm mostraron una resistencia de 229.99 Kg/cm² y los cilindros que fueron añadidos con el 10% de las Fibras de coco y a una medida de 5cm mostraron una resistencia de 257.82 Kg/cm² demostrando de esta manera que el comportamiento mecánico del hormigón con y sin Fibras de coco es bajo debido al porcentaje de porosidad del agregado grueso que es considerable por su alto contenido de poros en sus partículas haciendo que baje la resistencia del hormigón, las mezclas de hormigón con fibra de coco pueden utilizarse como alternativa al hormigón normal en nuestro país, para la construcción de cerramientos, aceras y bordillos, ya que son más ecológicos y resistentes.

Las resistencias de los cilindros de Hormigón sin y con el 5% y 10% de Fibras de coco a los 7 días son de 156.90 Kg/cm², 161.76 Kg/cm² y 177.62 Kg/cm² respectivamente, las resistencias de los cilindros de Hormigón sin y con el 5% y 10% de Fibras de coco a los 14 días son de 194.45 Kg/cm², 193.83 Kg/cm² y 223.77 Kg/cm² respectivamente y las resistencias de los cilindros de Hormigón sin y con el 5% y 10% de Fibras de coco a los 28 días son de 229.93 Kg/cm², 229.99 Kg/cm² y 257.82 Kg/cm² respectivamente, con estos resultados se pudo verificar en la curva de Resistencia(Kg/cm²) vs Tiempo(días) que la investigación está dentro de los límites tanto superior como inferior de resistencias, pero también se verificó que se tiene una resistencia baja de acuerdo al límite inferior, el adicionamiento de las Fibras de coco en

un 5% a la mezcla de hormigón no demostró una elevada resistencia o disminución de la misma, al contrario su resultado de resistencia es idéntico al del hormigón sin Fibras de coco, caso opuesto tenemos en los cilindros que fueron añadidos el 10% de Fibras de coco ya que se pudo obtener una resistencia acorde a la media de los límites de resistencia pero no una alta resistencia significativa.

Los ensayos realizados en esta investigación demuestran que no todos los cilindros a los que fueron añadidos Fibras de cocos lograron dar resultados esperados al igual que los cilindros a los que no se les añadió ninguna Fibra de coco, solo los cilindros que fueron añadidos con el 10% de Fibras de coco lograron pasar el 100% de la resistencia esperada aunque en valores mínimos ya que el $F'c$ del Hormigón diseñado fue de 240Kg/cm² y al añadirle Fibras de coco al 10% nos dio una resistencia de 257.82 Kg/cm², teniendo en cuenta que las Fibras de coco dependen en gran medida de sus propiedades físicas, químicas y mecánicas para que sea efectiva su utilización, se verifico que existe un ligero aumento en la resistencia de los cilindros de hormigón que fueron añadidos a su mezcla ya que sus propiedades mencionadas con anterioridad están dentro de los parámetros recomendados por investigaciones realizadas por anterioridad respecto al uso de las Fibras de coco en la fabricación de los cilindros de hormigón.

Mediante esta investigación podemos demostrar que el reciclaje, el cual ha avanzado significativamente durante estos últimos años, es una de las maneras más recomendables para reducir la contaminación ambiental alrededor del mundo. Haciendo énfasis en los resultados obtenidos en esta investigación respecto al uso de las fibras de coco en construcciones civiles se le puede usar para construcción livianas ya que su obtención y preparación no demanda un esfuerzo económico alguno.

Recomendaciones

Por la gran demanda de basura que se genera día tras día y al uso excesivo de recursos no renovables, es importante ser conscientes del problema y aplicar o sugerir soluciones prácticas para disminuir el daño medioambiental. Estos residuos pueden utilizarse en la rama de la construcción civil.

Se aconseja tener en cuenta los métodos adecuados(normativas) a la hora de desarrollar las pruebas para obtener resultados precisos.

Bibliografía

- ACI 211. (2002). *Práctica Estándar para Seleccionar el Proporcionamiento de Concreto de Peso Normal, Pesado y Masivo. American Concrete Institute.*, 1–91.
- Altamirano, G., Sánchez, S., & Cuevas, A. (2015). UTILIZACIÓN DE FIBRA DE COCO EN LA ELABORACIÓN DE PIEZAS ECOSUSTENTABLES DE MAMPOSTERÍA, PERSPECTIVA EN MÉXICO Y AVANCE DE ESTUDIO. *Acapulco, Mexico*, 1–17.
- ASTM C 33 - 03. (2003). *Especificación estándar para AGREGADOS PARA CONCRETO 1.*
- ASTM-D792. (2007). *Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement 1.*
- Cabrera, F. G., Gómez, J. M., Almaral, J. L., Arredondo, S. P., & Corral, R. (2015). Mechanical properties of mortars containing recycled ceramic as a fine aggregate replacement. *Revista de La Construcción*, 14(3), 22–29.
<https://doi.org/10.4067/S0718-915X2015000300003>
- Calvopiña, O. G., & Cubiña, P. F. (2018). *POROSIDAD, RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN EN HORMIGONES PREPARADOS CON AGREGADOS LOCALES; ESTUDIO COMPARATIVO MINA CERRO NEGRO Y RÍO CHAMBO.*
- Dávila, M. C., & Fabián, J. C. (2013). *Estudio experimental de la influencia del tiempo de desencofrado en el comportamiento de los elementos estructurales en edificios de ductilidad limitada.* 1–100.
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5286>

- Estrella, S. A. (2016). *ESTUDIO DE UN MATERIAL COMPUESTO A BASE DE FIBRAS NATURALES DE CABUYA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO.*
- Holcim, E. S. A. (2022). *Cemento Holcim Fuerte Ecoplanet.* Guayaquil, Ecuador.
<https://www.holcim.com.ec/cemento-holcim-fuerte>
- ISO 1889. (2009). *Reinforcement yarns-Determination of linear density.* www.iso.org
- ISO 2062. (2009). *Textiles-Yarns from packages-Determination of single-end breaking force and elongation at break using constant rate of extension (CRE) tester.*
www.iso.org
- Lara, G. (2017). *DETERMINACIÓN DE LOS PORCENTAJES ÓPTIMOS DE FIBRA DE COCO EN HORMIGONES HIDRÁULICOS.*
<http://repositorio.uees.edu.ec/handle/123456789/1942>
- Limonte, G. (2016). Evaluación de medidas de mitigación de la fisuración debido a la retracción por secado en hormigones para obras hoteleras en Cayo Coco. In *Santa Clara* (pp. 1–74). <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/7409>
- NTE INEN 696. (2011). *ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO.*
- NTE INEN 856. (2010). *ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO.*
- NTE INEN 857. (2010). *ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO.*
- NTE INEN 858. (2010). *ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS.*

- NTE INEN 860. (2011). *ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DEGRADACIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS MENORES A 37,5 mm MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.*
- NTE INEN 861. (2011). *ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DEGRADACIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS MAYORES DE 19 mm MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.*
- NTE INEN 862. (2011). *ÁRIDOS PARA HORMIGÓN. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD.*
- NTE INEN 1573. (2010). *HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO.*
- O'Reilly, V. A., Bancroft, R. A., & Ruiz, L. (2010). *LAS TECNOLOGÍAS DEL CONCRETO EN SU CICLO DE VIDA. 1(2), 42–47.*
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=361233546004>
- Paricaguán, B. M. (2015). *"CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO MECANICO Y FISICOQUIMICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS NATURALES DE COCO Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA SU USO EN CONSTRUCCION.*
- Porrero, J., Ramos, C., Grases, J., & Velazco, G. J. (2009). *Manual del concreto estructural : conforme a la norma COVENIN 1753:2003. Caracas, 3.*
<https://vdocuments.mx/manual-de-concreto-estructural-covenin-17532003.html>
- Quito, A. J. (2016). *Aprovechamiento de los residuos de coco para su uso interno y exportación. Guayaquil, Ecuador, 1–60.*
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/15715>

Sánchez, J. A., Barrios, J., Barrios, Á., & Arellano, A. R. (1996). *La retracción en los morteros de cal*. <http://materconstrucc.revistas.csic.es>

Sanjuán, M. Á., & Chinchón, S. (2014). Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland. *Alicante, España*, 1–181.

<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/45347>

UNE-EN ISO 3344. (2014). *Determinación del contenido de humedad*. www.aenor.es

Anexos

Anexo 1. Granulometría del agregado fino del río Chambo.

Tabla 24 : Granulometría del Agregado Fino del Río Chambo proporcionado por "Hormigones Moreno"

Especimen N.º 1							
Tamices		Masa Retenida (g)	Porcentaje Retenido	% Retenido Acumulado	%Que Pasa	Límites	
mm	pulg					Inferior	Superior
9,5	3/8"	20	1,0	1,0	99,0	100	100
4,75	#4	105	5,3	6,3	92,8	95	100
2,36	#8	249	12,5	18,7	80,3	80	100
1,18	#16	408	20,4	39,1	59,9	50	85
0,6	#30	417	20,9	60,0	39,1	25	60
0,3	#50	423	21,2	81,1	17,9	10	30
0,15	#100	245	12,3	93,4	5,7	2	10
	Recipiente	132	6,6	100,0	-0,9	0	0
	Masa Total	1999					
	Módulo de Finura	2,99					

Especimen N.º 2							
Tamices		Masa Retenida (g)	Porcentaje Retenido	% Retenido Acumulado	%Que Pasa	Límites	
mm	pulg					Inferior	Superior
9,5	3/8"	33	1,7	1,7	98,4	100	100
4,75	#4	129	6,5	8,1	90,3	95	100
2,36	#8	244	12,2	20,3	78,1	80	100
1,18	#16	373	18,7	39,0	59,4	50	85
0,6	#30	403	20,2	59,1	39,3	25	60
0,3	#50	399	20,0	79,1	19,3	10	30
0,15	#100	286	14,3	93,4	5,0	2	10
	Recipiente	131	6,6	99,9	-1,6	0	0
	Masa Total	1998					
	Módulo de Finura	3,01					

Especimen N.º 3							
Tamices		Masa Retenida (g)	Porcentaje Retenido	% Retenido Acumulado	%Que Pasa	Límites	
mm	pulg					Inferior	Superior
9,5	3/8"	41	2,1	2,1	98,0	100	100
4,75	#4	95	4,8	6,8	91,2	95	100
2,36	#8	233	11,7	18,5	79,5	80	100
1,18	#16	367	18,4	36,8	61,2	50	85
0,6	#30	400	20,0	56,8	41,2	25	60
0,3	#50	425	21,3	78,1	19,9	10	30
0,15	#100	290	14,5	92,6	5,4	2	10
	Recipiente	146	7,3	99,9	-1,9	0	0
	Masa Total	1997					
	Módulo de Finura	2,92					

Especimen N.º 4							
Tamices		Masa Retenida (g)	Porcentaje Retenido	% Retenido Acumulado	%Que Pasa	Límites	
mm	pulg					Inferior	Superior
9,5	3/8"	29	1,5	1,5	98,6	100	100
4,75	#4	106	5,3	6,8	91,8	95	100
2,36	#8	250	12,5	19,3	79,3	80	100
1,18	#16	396	19,8	39,1	59,5	50	85
0,6	#30	430	21,5	60,6	38,0	25	60
0,3	#50	454	22,7	83,3	15,3	10	30
0,15	#100	223	11,2	94,4	4,1	2	10
Recipiente		110	5,5	99,9	-1,4	0	0
Masa Total		1998					
Módulo de Finura		3,05					

Especimen N.º 5							
Tamices		Masa Retenida (g)	Porcentaje Retenido	% Retenido Acumulado	%Que Pasa	Límites	
mm	pulg					Inferior	Superior
9,5	3/8"	17	0,9	0,9	99,2	100	100
4,75	#4	105	5,3	6,1	93,1	95	100
2,36	#8	270	13,5	19,6	79,6	80	100
1,18	#16	355	17,8	37,4	61,8	50	85
0,6	#30	402	20,1	57,5	41,7	25	60
0,3	#50	410	20,5	78,0	21,2	10	30
0,15	#100	275	13,8	91,7	7,5	2	10
Recipiente		159	8,0	99,7	-0,5	0	0
Masa Total		1993					
Módulo de Finura		2,91					

Fuente: Cajamarca F.

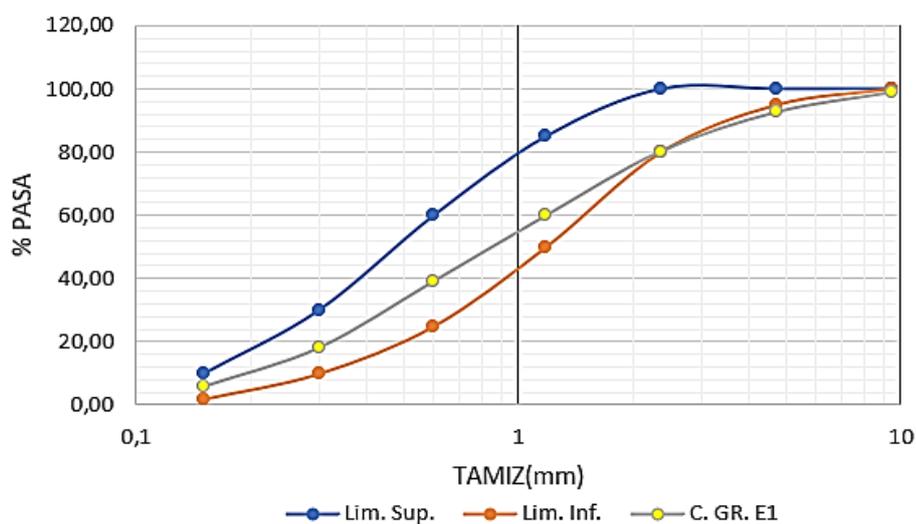


Figura 18: Curva Granulométrica espécimen N.º 1 agregado fino del río Chambo

Fuente: Cajamarca F.

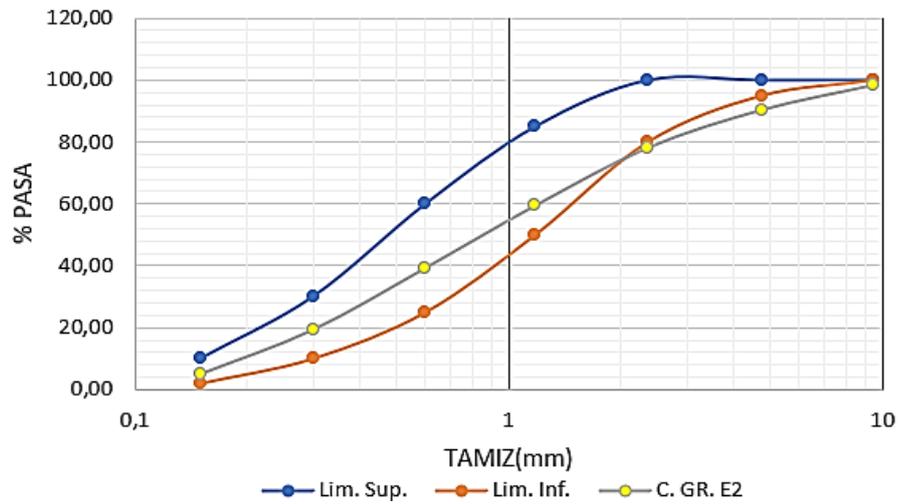


Figura 19: Curva Granulométrica espécimen N.º 2 agregado fino del rio Chambo

Fuente: Cajamarca F.

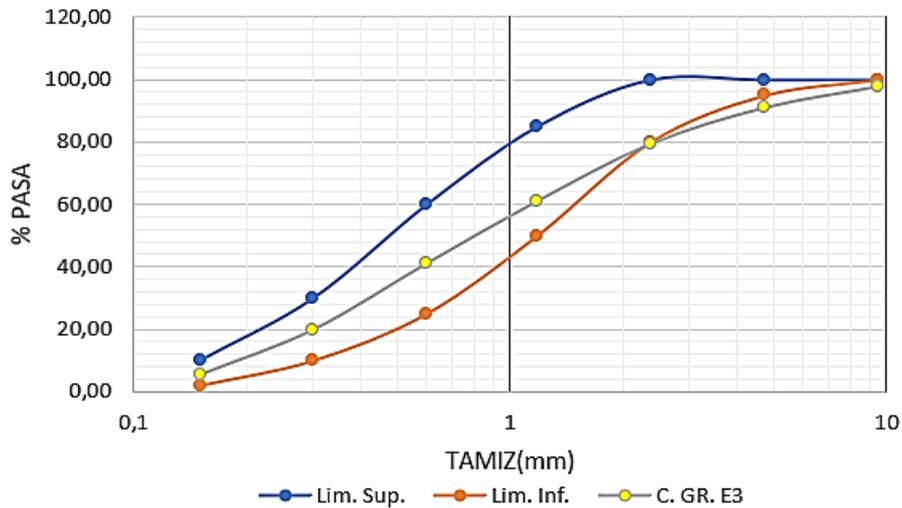


Figura 20: Curva Granulométrica espécimen N.º 3 agregado fino del rio Chambo

Fuente: Cajamarca F.

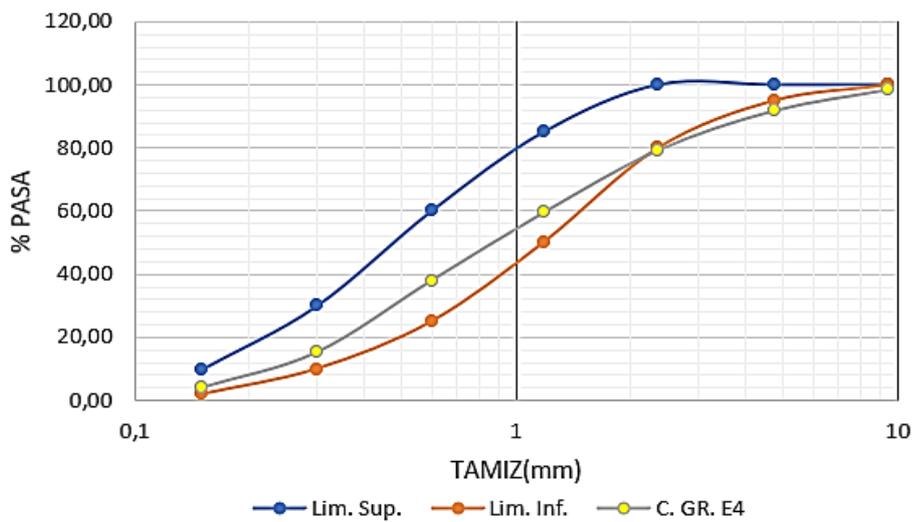


Figura 21: Curva Granulométrica espécimen N.º 4 agregado fino del rio Chambo

Fuente: Cajamarca F.

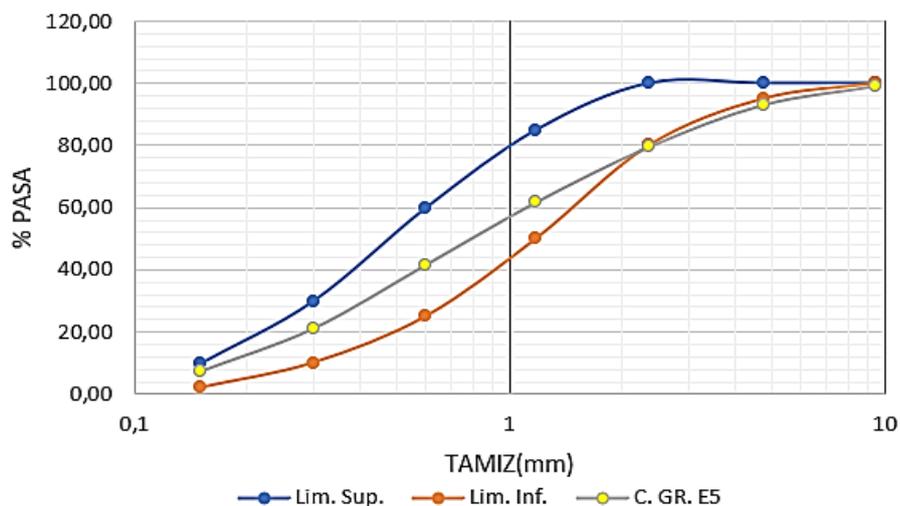


Figura 22: Curva Granulométrica espécimen N.º 5 agregado fino del río Chambo

Fuente: Cajamarca F.

Anexo 2. Granulometría del agregado grueso de la cantera Cerro Negro.

Tabla 25: Granulometría del Agregado Grueso de la cantera Cerro Negro.

Espécimen N.º 1							
Tamices		Masa Retenida (g)	Porcentaje Retenido	% Retenido Acumulado	%Que Pasa	Límites	
mm	pulg					Inferior	Superior
38,10	1 1/2	0	0,00	0	100	100	100
25,40	1	75	1,50	2	99	100	100
19,05	3/4	830	16,60	18	82	90	100
2,70	1/2	3280	65,60	84	16	40	85
9,53	3/8	635	12,70	96	4	0	60
4,75	#4	169	3,38	100	0	0	15
2,36	#8	9	0,18	100	0	0	5
Recipiente		0	0,00	100	0	0	0
Masa Total		4998					
Tamaño Máximo Nominal		3/4 "					

Espécimen N.º 2							
Tamices		Masa Retenida (g)	Porcentaje Retenido	% Retenido Acumulado	%Que Pasa	Límites	
mm	pulg					Inferior	Superior
38,10	1 1/2	0	0,00	0	100	100	100
25,40	1	25	0,50	1	100	100	100
19,05	3/4	853	17,06	18	82	90	100
2,70	1/2	3150	63,00	81	19	40	85
9,53	3/8	735	14,70	95	5	0	60
4,75	#4	218	4,36	100	0	0	15
2,36	#8	17	0,34	100	0	0	5
Recipiente		0	0,00	100	0	0	0
Masa Total		4998					
Tamaño Máximo Nominal		3/4 "					

Espécimen N.º 3							
Tamices		Masa Retenida (g)	Porcentaje Retenido	% Retenido Acumulado	%Que Pasa	Límites	
mm	pulg					Inferior	Superior
38,10	1 1/2	0	0,00	0	100	100	100
25,40	1	0	0,00	0	100	100	100
19,05	3/4	945	18,90	19	81	90	100
2,70	1/2	3450	69,00	88	12	40	85
9,53	3/8	482	9,64	98	2	0	60
4,75	#4	110	2,20	100	0	0	15
2,36	#8	12	0,24	100	0	0	5
Recipiente		0	0,00	100	0	0	0
Masa Total		4999					
Tamaño Máximo Nominal		3/4 "					

Espécimen N.º 4							
Tamices		Masa Retenida (g)	Porcentaje Retenido	% Retenido Acumulado	%Que Pasa	Límites	
mm	pulg					Inferior	Superior
38,10	1 1/2	0	0,00	0	100	100	100
25,40	1	0	0,00	0	100	100	100
19,05	3/4	1120	22,40	22	78	90	100
2,70	1/2	3275	65,50	88	12	40	85
9,53	3/8	476	9,52	97	3	0	60
4,75	#4	116	2,32	100	0	0	15
2,36	#8	13	0,26	100	0	0	5
Recipiente		0	0,00	100	0	0	0
Masa Total		5000					
Tamaño Máximo Nominal		3/4 "					

Espécimen N.º 5							
Tamices		Masa Retenida (g)	Porcentaje Retenido	% Retenido Acumulado	%Que Pasa	Límites	
mm	pulg					Inferior	Superior
38,10	1 1/2	0	0,00	0	100	100	100
25,40	1	0	0,00	0	100	100	100
19,05	3/4	1104	22,08	22	78	90	100
2,70	1/2	3198	63,96	86	14	40	85
9,53	3/8	547	10,94	97	3	0	60
4,75	#4	135	2,70	100	0	0	15
2,36	#8	15	0,30	100	0	0	5
Recipiente		0	0,00	100	0	0	0
Masa Total		4999					
Tamaño Máximo Nominal		3/4 "					

Fuente: Cajamarca F.

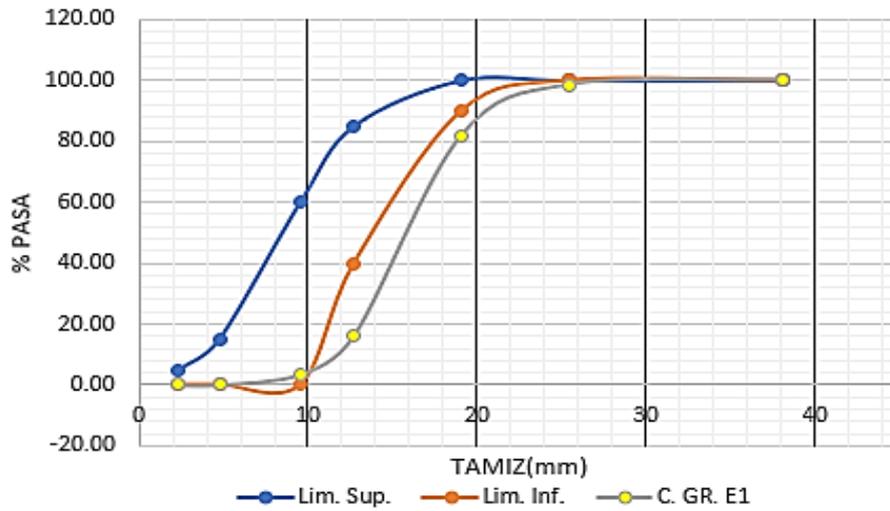


Figura 23: Curva Granulométrica espécimen N.º 1 agregado grueso de la cantera Cerro Negro
Fuente: Cajamarca F.

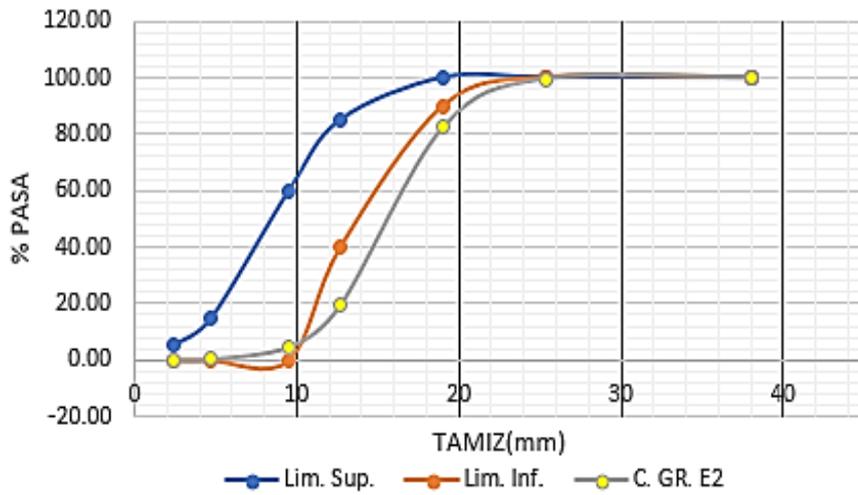


Figura 24: Curva Granulométrica espécimen N.º 2 agregado grueso de la cantera Cerro Negro
Fuente: Cajamarca F.

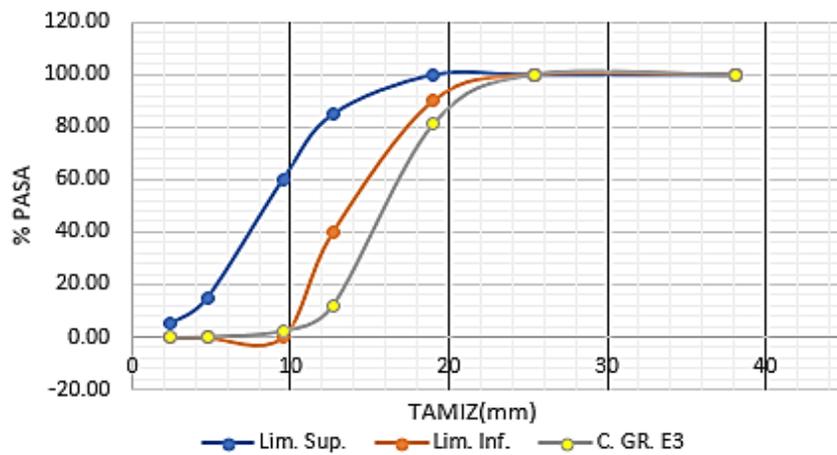


Figura 25: Curva Granulométrica espécimen N.º 3 agregado grueso de la cantera Cerro Negro
Fuente: Cajamarca F.

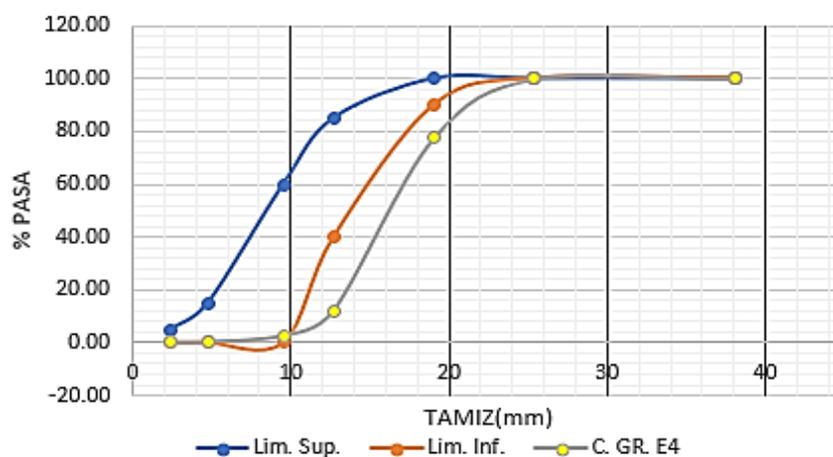


Figura 26: Curva Granulométrica espécimen N.º 4 agregado grueso de la cantera Cerro Negro
Fuente: Cajamarca F.

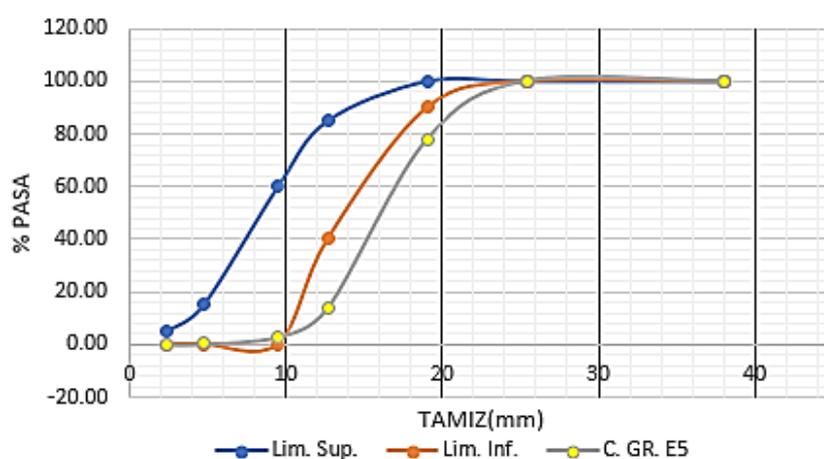


Figura 27: Curva Granulométrica espécimen N.º 5 agregado grueso de la cantera Cerro Negro
Fuente: Cajamarca F.

Anexo 3. Análisis del Contenido de Humedad del Agregado Fino.

Tabla 26: Contenido de Humedad del agregado fino del río Chambo

Definición	Unidad	Valor
Peso de la bandeja	g	1287
Peso de la bandeja + agregado	g	3840
Peso de la bandeja + agregado seco	g	3724
Masa inicial	g	2553
Masa muestra seca	g	2437
Humedad	%	4.76

Fuente: Cajamarca F.

Anexo 4. Análisis del Contenido de Humedad del Agregado Grueso.*Tabla 27: Contenido de Humedad del agregado grueso de la cantera Cerro Negro*

Definición	Unidad	Valor
Peso de la bandeja	g	2005
Peso de la bandeja + agregado	g	7502
Peso de la bandeja + agregado seco	g	7448
Masa inicial	g	5497
Masa muestra seca	g	5443
Humedad	%	0.99

Fuente: Cajamarca F.**Anexo 5. Cálculo del Porcentaje de Absorción y Densidad del Agregado Fino.***Tabla 28: Porcentaje de absorción y densidad del agregado fino del Rio Chambo*

	Nomenclatura	Unidad	Espécimen 1	Espécimen 2	Espécimen 3
K	Masa seca al horno	g	482.00	485.00	483.00
L	Masa picnómetro vacío	g	415.00	419.00	415.00
M	Masa picnómetro + árido en sss	g	9175.00	919.00	914.00
N	Masa picnómetro + árido sss + agua	g	1553.00	1538.00	1552.00
O	Masa del picnómetro calibrado	g	1235.00	1240.00	1235.00
P	Masa del árido en sss	g	500.00	500.00	500.00
Q	Volumen desalojado	cm ³	179.00	198.00	185.00
S (SH)	Densidad relativa (seca al horno)	g/cm ³	2.69	2.35	2.58
R	Densidad relativa sss	g/cm ³	2.78	2.46	2.63
T	Densidad relativa aparente	g/cm ³	2.95	2.61	2.82
% Abs	Absorción	%	3.33	3.92	3.94

Fuente: Cajamarca F.**Anexo 6. Cálculo del Porcentaje de Absorción y Densidad del Agregado Grueso***Tabla 29: Porcentaje de absorción y densidad del agregado grueso de la cantera Cerro Negro*

	Nomenclatura	Unidad	Espécimen 1	Espécimen 2	Espécimen 3
L	Masa seca al horno	g	2938.00	2936.00	2934.00
M	Masa del recipiente	g	543.00	544.00	542.00
N	Masa del recipiente +árido en sss	g	3533.00	3549.00	3519.00
O	Masa de la canastilla sumergida en agua	g	1396.00	1396.00	1396.00
P	Masa canastilla +árido sumergido	g	3253.00	3266.00	3269.00
Q	Masa del árido en sss	g	3000.00	3000.00	3000.00
R	Masa del árido en agua	g	1864.00	1864.00	1867.00
S	Volumen desalojado	cm ³	1130.00	1138.00	1142.00
U (SH)	Densidad relativa (seca al horno)	g/cm ³	2.56	2.59	2.58
T	Densidad relativa sss	g/cm ³	2.63	2.65	2.62
V	Densidad relativa aparente	g/cm ³	1.61	1.63	1.62
% Abs	Absorción	%	2.15	2.18	2.25

Fuente: Cajamarca F.

Anexo 7. Cálculo de la MUC del Agregado Grueso.*Tabla 30: Cálculo de la Masa Unitaria Compactada del agregado grueso de la cantera Cerro Negro*

	Nomenclatura	Unidad	Valor
D	Masa recipiente + placa	g	4948.2
E	Masa recipiente + agua + placa	g	7947.95
F	Volumen recipiente	cm ³	2998.605
γ	Densidad agua	g/ cm ³	0.999
U	Temperatura Agua	°C	19
Espécimen 1	Árido + recipiente + placa	g	9259.387
Espécimen 2	Árido + recipiente + placa	g	9236.548
Espécimen 3	Árido + recipiente + placa	g	9363.952
H	Promedio árido + recipiente + placa	g	9286.629
I	Masa árido compacto	g	4324.244
MUC	Masa Unitaria Compacta	kg/ m ³	1446.8158

Fuente: Cajamarca F.

Anexo 8. Cálculo de la Resistencia a la Abrasión del Agregado Grueso.*Tabla 31: Cálculo de la Resistencia a la abrasión del agregado grueso de la cantera Cerro Negro*

Nomenclatura	Espécimen 1	Espécimen 2	Espécimen 3
Masa inicial (g)	5000	5000	5000
Retiene tamiz 1.70mm (g)	3769	3755	3763
Degradación (%)	24.62	24.9	24.74

Fuente: Cajamarca F.

Anexo 9. Cálculo de la Dosificación para un $F'c$ de 240 Kg/cm² según la normativa ACI 211.

Tabla 32: Cálculo de la dosificación para un $F'c$ de 240 Kg/cm²

Nomenclatura	Valor	Unidad	
Densidad del Cemento	3	g/cm ³	
Densidad Agregado Fino	2.54	g/cm ³	
Módulo de Finura	2.97		
% Absorción Agregado Fino	3.73	%	
% Humedad Agregado Fino	4.76	%	
Densidad Agregado Grueso	2.57	g/cm ³	
MUC Agregado Grueso	1446.82	kg/m ³	
TMN Agregado Grueso	19	mm	
% Absorción Agregado Grueso	2.19	%	
% Humedad Agregado Grueso	0.99	%	
Densidad del Agua	1000	kg/m ³	
Asentamiento	(7,5-10,0)	cm	
Relación A/C	0.52		
Dosificación en estado seco (kg)			
Cemento	A Fino	A Grueso	Agua
394.23	711.50	874.60	205
Dosificación (corrección por humedad y absorción) (kg)			
Cemento	A Fino	A Grueso	Agua
394.23	745.36	883.26	207.92
Dosificación por saco de cemento (50 kg)			
Cemento	A Fino	A Grueso	Agua
1	1.89	2.24	26.37

Fuente: Cajamarca F.

Anexo 10. Resistencia a Compresión de los Cilindros 150 mm x 300 mm.

Tabla 33: Resistencia a compresión de los cilindros sin Fibras de Coco a la edad de 7 días.

ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LA EDAD DE 7 DÍAS						
Probeta SN	Diámetro (mm)	Carga (kN)	Área (mm²)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (Kg/cm²)	Tipo de Falla
I	151	273.85	17907.86	15.29	155.88	Tipo III
II	152	278.69	18145.84	15.36	156.56	Tipo III
III	151	278.01	17907.86	15.52	158.25	Tipo II

Gráficos



Fuente: Cajamarca F.

Tabla 34: Resistencia a compresión de los cilindros con el 5% de Fibras de Coco a la edad de 7 días.

ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LA EDAD DE 7 DÍAS						
Probeta 5% F.C	Diámetro (mm)	Carga (kN)	Área (mm²)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (Kg/cm²)	Tipo de Falla
I	152	282,5	18145,839	15,57	158,70	Tipo III
II	152	289,65	18145,839	15,96	162,71	Tipo II
III	151	287,85	17907,864	16,07	163,85	Tipo II

Gráficos



Fuente: Cajamarca F.

Tabla 35: Resistencia a compresión de los cilindros con el 10% de Fibras de Coco a la edad de 7 días.

ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LA EDAD DE 7 DÍAS

Probeta 10% F.C	Diámetro (mm)	Carga (kN)	Área (mm ²)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (Kg/cm ²)	Tipo de Falla
I	151	312,05	17907,864	17,43	177,63	Tipo III
II	153	323,05	18385,386	17,57	179,11	Tipo III
III	149	301,25	17436,625	17,28	176,11	Tipo III

Gráficos



Fuente: Cajamarca F.

Tabla 36: Resistencia a compresión de los cilindros sin Fibras de coco a la edad de 14 días

ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LA EDAD DE 14 DÍAS

Probeta SN	Diámetro (mm)	Carga (kN)	Área (mm ²)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (Kg/cm ²)	Tipo de Falla
I	153	363,6	18385,39	19,78	201,60	Tipo III
II	152	328,75	18145,84	18,12	184,68	Tipo II
III	153	355,45	18385,39	19,33	197,08	Tipo II

Gráficos



Fuente: Cajamarca F.

Tabla 37: Resistencia a compresión de los cilindros con el 5% de Fibras de Coco a la edad de 14 días.

ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LA EDAD DE 14 DÍAS						
Probeta 5% F.C	Diámetro (mm)	Carga (kN)	Área (mm²)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (Kg/cm²)	Tipo de Falla
I	152	379,35	18145,839	20,91	213,11	Tipo II
II	153	342,4	18385,386	18,62	189,84	Tipo II
III	155	330,5	18869,191	17,52	178,55	Tipo II

Gráficos



Fuente: Cajamarca F.

Tabla 38: Resistencia a compresión de los cilindros con el 10% de Fibras de Coco a la edad de 14 días.

ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LA EDAD DE 14 DÍAS						
Probeta 10% F.C	Diámetro (mm)	Carga (kN)	Área (mm²)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (Kg/cm²)	Tipo de Falla
I	152	408,9	18145,839	22,53	229,71	Tipo II
II	150	395	17671,459	22,35	227,85	Tipo II
III	153	385,55	18385,386	20,97	213,77	Tipo II

Gráficos



Fuente: Cajamarca F.

Tabla 39: Resistencia a compresión de los cilindros sin y con el 5% y 10% de Fibras de Coco a la edad de 28 días.

ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LA EDAD DE 28 DÍAS						
Probeta SN	Diámetro (mm)	Carga (kN)	Área (mm ²)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (Kg/cm ²)	Tipo de Falla
I	153	423,95	18385,39	23,06	235,06	Tipo II
II	152	388,55	18145,84	21,41	218,27	Tipo II
III	151	415,38	17907,86	23,20	236,45	Tipo II

ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LA EDAD DE 28 DÍAS						
Probeta 5% F.C	Diámetro (mm)	Carga (kN)	Área (mm ²)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (Kg/cm ²)	Tipo de Falla
I	152	439,69	18145,839	24,23	247,00	Tipo II
II	153	402,9	18385,386	21,91	223,39	Tipo II
III	152	390,89	18145,839	21,54	219,59	Tipo II

ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LA EDAD DE 28 DÍAS						
Probeta 10% F.C	Diámetro (mm)	Carga (kN)	Área (mm ²)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (Kg/cm ²)	Tipo de Falla
I	150	463,56	17671,459	26,23	267,40	Tipo II
II	153	455,31	18385,386	24,76	252,44	Tipo II
III	151	445,52	17907,864	24,88	253,60	Tipo II

Fuente: Cajamarca F.

Anexo 11. Hojas de campo sobre los ensayos a compresión realizados a los cilindros.

N° SECHC-REN-...-CESES-2023

HOJA CAMPO PARA ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS

GEOTECNIA-CONCRETO-MÁS-MATERIALES
¡... PORQUE YA NO SOMOS UN ENSAYO ... AHORA SOMOS LA NORMA ...!

CONTRATO No.:
FECHA: 14/8/2023

N°	DESCRIPCIÓN	DATOS DE LAS PRÓBETAS											DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (mm)	MASA (kg)	FECHA DE LA MUESTRA	CARGA (kN)	FALLA
		DEFECTOS			CAVIDADES		SEGREGACIÓN		ACABADO SUPERFICIAL									
		N	FS	FI	NORMAL	GRANDE	SI	NO	B	R	M							
1	P1 5% F. coco	/			/			/	/			151	307	12,703	07/8/23	273,85	3	
2	P2 5% F. coco	/			/			/	/			152	304	12,667	07/8/23	278,69	3	
3	P3 5% F. coco	/			/			/	/			151	304	12,724	07/8/23	278,01	2	
4	P1 5% F. coco	/			/			/	/			152	304	12,676	07/8/23	282,50	3	
5	P2 5% F. coco	/			/			/	/			152	305	12,479	07/8/23	289,65	2	
6	P3 5% F. coco	/			/			/	/			151	305	12,666	07/8/23	287,85	2	
7	P1 10% F. coco	/			/			/	/			151	298	12,212	07/8/23	312,05	3	
8	P2 10% F. coco	/			/			/	/			153	300	12,379	07/8/23	323,05	3	
9	P3 10% F. coco	/			/			/	/			149	301	11,886	07/8/23	301,95	3	

DESCRIPCIÓN TIPO FALLA	DEFECTOS / OBSERVACIONES	TIPO DE FALLA		
1 CONOS EN AMBOS EXTREMOS FISURAS EN CABECERA < 25 mm	DEFECTOS: NINGUNO - FRACTURA SUPERIOR, INFERIOR O AMBAS.	"1"	"3"	"5"
2 CONOS EN UN EXTREMO FISURAS VERTICALES EN CABECERA	CAVIDADES: NORMAL-GRANDE			
3 FISURAS VERTICAL COLUMNA AMBOS EXTREMOS	SEGREGACIÓN: SIN O CON SEGREGACIÓN			
4 FRACTURA DIAGONAL SIN FISURAS A TRAVÉS DE LOS BORDES	FRACTURA EN ÁRIDO: ALREDEDOR O A TRAVÉS DEL ÁRIDO	"2"	"4"	"6"
5 FRACTURAS A LOS LADOS EN EL EXTREMO SUPERIOR O EN EL INFERIOR	ACABADO SUPERFICIAL: BUENO - REGULAR - MALO			
6 SIMILAR AL TIPO "5" PERO EN EL UN EXTREMO ESTÁ LA PUNTA				

Figura 28: Datos obtenidos del ensayo a compresión de los cilindros a la edad de 7 días en el laboratorio "Estudios Especializados"

Fuente: Cajamarca F.

HOJA DE CAMPO PARA ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS

GEOECNIA-CONCRETO-VÍAS-MATERIALES
¡... PORQUE YA NO SOMOS UN ENSAYO ...! AHORA SOMOS LA NORMA ...!

N° SEC-HC-REN. _____-CESES-2022
CONTRATO No.: _____
FECHA: 21/8/2023

N°	DESCRIPCIÓN	DEFECTOS			CAVIDADES		SEGREGACIÓN		ACABADO SUPERFICIAL			DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (mm)	MASA (kg)	FECHA DE LA MUESTRA	CARGA (kN)	FALLA
		N	FS	FI	NORMAL	GRANDE	SI	NO	B	R	M						
1	P4 50% F. COLO	/			/		/		/			153	307	12,709	07/8/23	363,6	3
2	P5 50% F. COLO	/			/		/		/			152	304	12,701	07/8/23	320,75	2
3	P6 50% F. COLO	/			/		/		/			153	307	12,769	07/8/23	355,45	2
4	P4 50% F. COLO	/			/		/		/			152	304	12,574	07/8/23	349,35	2
5	P5 50% F. COLO	/			/		/		/			153	307	12,560	07/8/23	342,4	2
6	P6 50% F. COLO	/			/		/		/			155	307	12,675	07/8/23	330,5	2
7	P4 100% F. COLO	/			/		/		/			152	299	12,216	07/8/23	408,9	2
8	P5 100% F. COLO	/			/		/		/			150	302	12,176	07/8/23	395	2
9	P6 100% F. COLO	/			/		/		/			153	304	12,609	07/8/23	385,55	2

DESCRIPCIÓN TIPO FALLA	DEFECTOS / OBSERVACIONES	TIPO DE FALLA		
1 CONOS EN AMBOS EXTREMOS FISURAS EN CABECERA < 25 mm	DEFECTOS: NINGUNO - FRACTURA SUPERIOR, INFERIOR O AMBAS.	"7"	"3"	"5"
2 CONOS EN UN EXTREMO FISURAS VERTICALES EN CABECERA	CAVIDADES: NORMAL-GRANDE			
3 FISURAS VERTICAL COLLARIN AMBOS EXTREMOS	SEGREGACIÓN: SIN O CON SEGREGACIÓN			
4 FRACTURA DIAGONAL SIN FISURAS A TRAVÉS DE LOS BORDES	FRACTURA EN ÁRDO: ALREDEDOR O A TRAVÉS DEL ÁRDO	"2"	"4"	"6"
5 FRACTURAS A LOS LADOS EN EL EXTREMO SUPERIOR O EN EL INFERIOR	ACABADO SUPERFICIAL: BUENO - REGULAR - MALO			
6 SIMILAR AL TIPO "5" PERO EN EL UN EXTREMO ESTÁ LA PUNTA				

Figura 30: Datos obtenidos del ensayo a compresión de los cilindros a la edad de 14 días en el laboratorio "Estudios Especializados"

Fuente: Cajamarca F.

HOJA DE CAMPO PARA ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS

GEOECNIA-CONCRETO-VÍAS-MATERIALES
¡... PORQUE YA NO SOMOS UN ENSAYO ...! AHORA SOMOS LA NORMA ...!

N° SEC-HC-REN. _____-CESES-2022
CONTRATO No.: _____
FECHA: 04/9/2023

N°	DESCRIPCIÓN	DEFECTOS			CAVIDADES		SEGREGACIÓN		ACABADO SUPERFICIAL			DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (mm)	MASA (kg)	FECHA DE LA MUESTRA	CARGA (kN)	FALLA
		N	FS	FI	NORMAL	GRANDE	SI	NO	B	R	M						
1	P7 50% F. COLO	/			/		/		/			153	304	12,605	07/8/23	423,95	2
2	P8 50% F. COLO	/			/		/		/			152	302	12,560	07/8/23	388,55	2
3	P9 50% F. COLO	/			/		/		/			151	305	12,640	07/8/23	415,38	2
4	P7 50% F. COLO	/			/		/		/			152	305	12,675	07/8/23	439,69	2
5	P8 50% F. COLO	/			/		/		/			153	303	12,589	07/8/23	402,9	2
6	P9 50% F. COLO	/			/		/		/			152	307	12,601	07/8/23	390,89	2
7	P7 100% F. COLO	/			/		/		/			150	301	12,350	07/8/23	463,56	2
8	P8 100% F. COLO	/			/		/		/			153	303	12,408	07/8/23	455,31	2
9	P9 100% F. COLO	/			/		/		/			151	303	12,390	07/8/23	445,57	2

DESCRIPCIÓN TIPO FALLA	DEFECTOS / OBSERVACIONES	TIPO DE FALLA		
1 CONOS EN AMBOS EXTREMOS FISURAS EN CABECERA < 25 mm	DEFECTOS: NINGUNO - FRACTURA SUPERIOR, INFERIOR O AMBAS.	"1"	"3"	"5"
2 CONOS EN UN EXTREMO FISURAS VERTICALES EN CABECERA	CAVIDADES: NORMAL-GRANDE			
3 FISURAS VERTICAL COLLARIN AMBOS EXTREMOS	SEGREGACIÓN: SIN O CON SEGREGACIÓN			
4 FRACTURA DIAGONAL SIN FISURAS A TRAVÉS DE LOS BORDES	FRACTURA EN ÁRDO: ALREDEDOR O A TRAVÉS DEL ÁRDO	"2"	"4"	"6"
5 FRACTURAS A LOS LADOS EN EL EXTREMO SUPERIOR O EN EL INFERIOR	ACABADO SUPERFICIAL: BUENO - REGULAR - MALO			
6 SIMILAR AL TIPO "5" PERO EN EL UN EXTREMO ESTÁ LA PUNTA				

Figura 29: Datos obtenidos del ensayo a compresión de los cilindros a la edad de 28 días en el laboratorio "Estudios Especializados"

Fuente: Cajamarca F.