



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“EFECTO DE LA LONGITUD Y CANTIDAD DE
COCOS NUCÍFERA SOBRE LA RESISTENCIA A
LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO”

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERA CIVIL

Autor:

Stephanny Mariam Portal Arevalo

Asesor:

Mg. Ing. Cinthya Vanessa Alvarado Ruiz

<https://orcid.org/0000-0002-8874-4885>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Rubio Herrera Sonia	42984416
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Peche Melo Nixon	70615775
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Sagastegui Vásquez Germán	45373822
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

A Dios; por ser fuerza y refugio en momentos difíciles, por cuidar mis pasos en el camino que elijo recorrer, llevando una vida basada en valores, y conociendo que todos los logros obtenidos se deben tomar con humildad.

A mis madres: Por brindarme su apoyo y confianza incondicional a lo largo de toda mi vida universitaria, así como mantenerse a mi lado cuesta arriba, brindándome palabras de aliento para no decaer y continuar escalando.

AGRADECIMIENTO

A la facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte, en cuyos pasillos aprendí y conocí buenas personas, amigos y docentes, de los cuales recibí inspiración para mejorar cada día, ayudándome a alcanzar mi posición el día de hoy, frente a expertos quienes evaluarán mi investigación y sabrán valorarla.

A mi asesora, Ing. Cinthya Alvarado, quien me administró las pautas y señaló el camino por el cual debía avanzar y eso marcó la diferencia.

A mi madre quien me provee de amor y recursos para mi crecimiento espiritual y universitario.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR-----	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
3.4. Realidad problemática	11
3.5. Formulación del problema	25
3.6. Objetivos.....	25
3.6.1. Objetivo General	25
3.6.2. Objetivos Específicos.....	25
3.7. Hipótesis	26
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	27
4.4. Tipo de Investigación	27
4.4.1. Según su propósito	27
4.4.2. Según el diseño.....	27
4.4.3. Diseño de investigación	27
4.5. Población y Muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	28
4.5.1. Unidad de estudio.....	28
4.5.2. Población	28

4.5.3.	Muestra.....	28
4.6.	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	30
4.6.1.	Técnica de recolección de datos.....	30
4.6.2.	Instrumento de recolección de datos	31
4.6.3.	Validación del instrumento de recolección de datos.	33
4.6.4.	Análisis de datos.....	33
4.6.4.1.	Análisis de distribución normal.....	33
4.6.4.2.	Análisis de la varianza.....	34
4.7.	Variabes.....	34
4.7.1.	Variabes dependientes.....	34
4.7.2.	Variabes Independientes	34
4.8.	Aspectos éticos	35
4.9.	Procedimiento	37
4.10.	Desarrollo de tesis	38
4.10.1.	Materia Prima.....	38
4.10.2.	Caracterización de los materiales	38
4.10.3.	Diseño de mezcla	45
4.10.4.	Preparación del concreto	46
4.10.5.	Conformación y codificación de probetas.....	48
4.10.6.	Ensayo de resistencia a la flexión	48
CAPÍTULO III: RESULTADOS	50	
5.4.	Caracterización de agregados	50
5.4.1.	Agregado Fino.....	50
5.4.2.	Agregado grueso	52
	52
	Diseño de mezcla.....	53
5.5.	Resistencia a la flexotracción	54
5.6.	Análisis de datos.....	56
5.6.1.	Para la prueba de normalidad se plantean las siguientes hipótesis:	56

En la Tabla 5, se muestran los resultados de prueba de normalidad - Shapiro Wilk obtenidos mediante el programa estadístico SPSS..... 56

5.6.2. Resultado de análisis de varianza ANOVA 57

Resistencia 58

Entre grupos..... 58

Dentro de grupos..... 58

Total..... 58

5.7. Análisis de costos 58

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES 60

5.8. Discusión..... 60

5.9 Contrastación de la hipótesis 67

5.10 Limitaciones..... 67

5.11 Implicancias 67

5.12 Recomendaciones 68

5.13 Conclusiones 69

REFERENCIAS..... 72

ANEXOS 77

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Especímenes sometidos a prueba de resistencia a la flexotracción a 28 días de curado.....	30
TABLA 2: Resultados de caracterización de agregado fino.....	50
TABLA 3: Resultados de caracterización de agregado grueso	52
TABLA 4: Cuadro resumen del diseño de mezcla para cada grupo experimental.....	53
TABLA 5: Resultados de prueba de normalidad para resistencia a la flexotracción	56
TABLA 6: Resultados de analisis de varianza anova grupo fibra corta.....	57
TABLA 7: Resultados de la varianza anova grupo fibra larga.....	58
TABLA 8: Aumento de la resistencia promedio expresada en porcentajes para fibra corta	64
TABLA 9: Aumento de la resistencia promedio expresada en porcentajes para fibra larga	65

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Diagrama de flujo del diseño de la investigación.....	37
FIGURA 2: Curva granométrica de agregado fino (3 muestras)	51
FIGURA 3: Curva granulométrica de agregado grueso (3 muestras).....	52
FIGURA 4: Resistencia a los 28 días para fibra corta (3 cm)	54
FIGURA 5: Resistencia a los 28 días para fibra larga (6 cm).....	55
FIGURA 6: Comparación de precios para cada porcentaje de adición de fibra	58
FIGURA 7: Comparación de resistencias promedio en fibra corta y larga.....	62
FIGURA 8: Comparación de la resistencia promedio expresada en porcentajes para fibra corta y larga	63
FIGURA 9: Comparación de la resistencia promedio expresada en porcentajes para fibra corta	64
FIGURA 10: Comparación de la resistencia promedio expresada en porcentajes para fibra larga	65

RESUMEN

Continúa la búsqueda de insumos naturales que puedan ser usados en la industria de la construcción. En este sentido se investigó la adición de fibra cocos nucífera como un reforzante del concreto. Aplicando los conocimientos experimentales, bajo condiciones de laboratorio requeridas en esta investigación; se elaboraron 21 probetas con una resistencia $f'_c = 181.49 \text{ kg/cm}^2$; a base de cemento portland Tipo I con porcentajes de adición de fibra 0%, 0.5%, 1.5%, y 2.5%, las cuales fueron ensayadas a 28 días de curado, en pruebas de flexotracción usando el método de la viga simple; para su posterior análisis comparativo que determinó el efecto de la longitud y cantidad de porcentajes óptimos de fibra de cocos nucífera sobre la resistencia a la flexotracción del concreto. Se concluye, que el concreto reforzado con mejor comportamiento es la adición de 0.5% de fibras de cocos nucífera con una longitud de 6 cm; incrementando la resistencia a la flexotracción un 46% con respecto al patrón; y un 33% cuando se emplean fibras de 3 cm de longitud. Se deduce que el material en cuestión trabaja a favor de la resistencia a flexotracción y su aplicación deberá ir relacionada directamente al uso que se le desea dar al concreto.

PALABRAS CLAVES: Cemento Portland, fibra de cocos nucífera, resistencia a la flexotracción.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

3.4. Realidad problemática

Hace 200 000 años, la hominización se ha desarrollado a lo largo del tiempo y espacio, y con esta el surgimiento de nuevas necesidades para su existencia y perpetuación de la especie, la humanidad paso de ser nómada a mantenerse en un estado sedentario, por lo que empezó a establecerse en los lugares que iba conquistando, con el transcurrir de los años fue aprendiendo técnicas de construcción, que le permitieron delimitar y protegerse de agentes externos como animales peligrosos y eventos climáticos, en principio los materiales que emplearon fueron rocas, pieles de animales, barro y huesos, con la constante evolución y tras muchos siglos de avances científicos, tecnológicos y demográficos hoy en día; la humanidad es la especie dominante. INEI (2020), el Perú ocupa el puesto 7° de todo el continente americano con un total de 32 millones 626 mil habitantes y es el 19^{avo} en extensión de superficie terrestre. Según el informe técnico del INEI (2021), el porcentaje de consumo de cemento superó el 21% en consecuencia del dinamismo en proyectos de construcción en los organismos públicos y privados; lo cual origina una mayor demanda de: cemento, agua, materia prima, químicos y otros insumos, así como también la búsqueda de nuevas tecnologías constructivas. De lo antes mencionado, conviene decir que las actividades humanas han mermado en un aumento significativo de emisiones de carbono, Crippa et. al (2019); (en su investigación descriptiva) “Fossil CO₂ and GHG emissions of all world countries – 2019”; “el Perú es el país 131° de un grupo formado por 184 países”; el cual clasifica; de país menos contaminante a más contaminante, registrándose en el año 2019; 1.71 toneladas de CO₂ per cápita. En consideración, los futuros ingenieros deben cuestionar; dé qué manera podrían colaborar en la mitigación de la constante contaminación ambiental que vivimos en la actualidad; mencionado esto, la

investigación se centra en aplicar una técnica sostenible para alcanzar los objetivos trazados, un aditivo natural; una fibra que tenga la capacidad de complementar la matriz del concreto, y para estos fines de investigación será la combinación del cemento y la estopa de coco, con el objetivo de alcanzar un concreto que no presente ineficiencias, que aumente sus propiedades físicas y logre alcanzar un mejor rendimiento en cuanto a satisfacer las necesidades que se requieren en su vida útil; como por ejemplo; la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión, del mismo modo trabajabilidad y economía en los procesos constructivos. Por consiguiente, se obtendrá una mezcla con iguales o mejores estadísticas de rendimiento que un concreto convencional; a pesar de presentar porcentaje de su masa constituida por un producto natural, el cual no ha desarrollado emisiones de CO₂ y es totalmente reciclado.

Los futuros ingenieros deben estar inmersos en la toma de decisiones al momento de diseñar y ejecutar una obra, por lo cual esta investigación sugiere hacer un replanteamiento respecto a los materiales que son usados en grandes escalas en la industria de la construcción, en consecuencia, es menester desarrollar un plan de acción para gestionar proyectos civiles, sin perjudicar los recursos naturales; poniendo en uso; potenciales materiales sostenibles; tópico que cada vez asume mayor interés en la comunidad científica.

Según Mercedes et. al (2018), en su investigación experimental pura; “comportamiento mecánico de compuestos de matriz cementicias y tejidos de fibras vegetales” propuso usar fibras vegetales a manera de refuerzos de polímeros y morteros, es un campo con bastante potencial, debido a que las propiedades mecánicas que ha mostrado, para este fin se elaboraron probetas denominadas FCRM con adiciones de fibras de limo, cáñamo, sisal, jute, plátano; a las cuales se aplicó un tratamiento a base de

poliéster, buscando evitar la degradación de la fibra empleada; a fin de determinar las propiedades mecánicas se ejecutaron ensayos de tracción directa, finalizando en resultados excelentes entre la interacción entre tejidos y matriz cementicia. Por tanto, se concluye que las fibras naturales; junto con su bajo costo, baja densidad, reciclabilidad y biodegradabilidad, han hecho de estas una potente alternativa frente a otras propuestas con fibras sintéticas. Hoy en día existen diversos estudios que explican el comportamiento de las fibras vegetales, en los cuales se detalla y se concluye un gran potencial de refuerzo al usar dichas fibras, estas aclaraciones abren el camino de esta investigación así mismo refuerza el procedimiento que debe tener la fibra antes de ser incorporada a la mezcla cementante.

Sustentando lo dicho anteriormente, se profundizó en la investigación experimental presentada en el V Congreso de Hormigones Especiales; en la que se analiza el estudio previo de Menna et. al (2015); “Structural behaviour of masonry panels strengthened with an innovative hemp fibre composite grid”, donde fue considerado el comportamiento a cortante de paneles de mampostería reforzados con malla de fibra de cáñamo las cuales fueron tratadas previamente con resina epoxi, el objetivo del estudio fue evaluar la viabilidad de utilizar el sistema de refuerzo para la rehabilitación externa de muros existentes y comparar su rendimiento con las soluciones típicas de rehabilitación; “mostrando datos de mejora respecto a las técnicas convencionales con resultados favorables en las propiedades a tracción de la matriz”, citado por Mercedes et. al (2018, p.466). Este antecedente reforzó la propiedad mecánica a la cual debería enfocarse la presente investigación.

Environmental impacts and decarbonization strategies in the cement and concrete industries; según Habert et. al (2020); en la investigación descriptiva citada; se precisa el

uso de cemento, para más tarde producir concreto, posicionando a este material como uno de los elementos artificiales de mayor utilidad, lo cual lo mantiene en un punto de análisis y evaluación constante. Como se acota párrafos atrás, la producción a escala industrial de este material, produce emisiones de gases de efecto invernadero e impacta directamente con la depredación acelerada de los recursos naturales. El desarrollo poblacional manifiesta claramente un crecimiento, por ende; una mayor demanda de cemento y concreto en los próximos 50 a 100 años; lo cual nos exhorta a dirigir nuestra búsqueda a estrategias para limitar el impacto negativo que tienen dichas emisiones en el planeta. En este artículo se intenta brindar luz en cuanto a posibles técnicas o métodos de implementación en reemplazo de cemento, todo esto revelado de manera segura y por supuesto, sostenible técnicamente, para el uso y aplicación de estos resultados a quienes lo requieran. Las mínimas mejoras en cada uno de los procesos que abarca la producción de cemento logran reducir hasta en un 50% la producción de CO₂.

Carbon capture and Utilization by mineralization of cement pastes derived from recycled concrete; por Skocek et. al (2020); esta investigación experimental, centró su estudio en técnicas y métodos para reducir las emisiones de CO₂ producidas por la industria cementera lo cual requiere un compromiso de gran desafío, debido a que cada día aumenta la demanda para la producción de la materia prima utilizada en la elaboración de concreto. Este artículo hace énfasis en el CO₂ liberado originalmente por la calcinación de la piedra caliza y de qué manera puede ser secuestrado por la carbonatación completa de los finos, produciendo unos geles de propiedades puzolánicas los cuales trabajarían como reemplazo de clinker. Lo antes mencionado refuerza la idea de aplicar nuevas técnicas para reducir las emisiones de CO₂ e ingeniar nuevas maneras de disminuir su impacto negativo en el medio ambiente.

Nadgouda (2014) en su investigación experimental “Coconut fibre reinforced concrete”; asume la constante necesidad de refuerzo que demanda el concreto, siendo este un elemento que trabaja sometido a grandes fuerzas de estrés; por ende, se busca de manera constante mejorarlo; en particular, en este estudio se desarrolla la investigación del uso de las fibras de coco; debido a su naturaleza, fueron extraídas de manera gratuita y encontradas en varias cantidades, se elaboraron muestras con adiciones de 3%, 5% y 7% respecto al peso del cemento, el estudio revela los resultados obtenidos en laboratorio después de 28 días de curado; tras una comparación en las propiedades de tensión, flexión y compresión del concreto convencional respecto a un concreto reforzado con fibras de coco, lo cual demostró que la adición de las fibras mejoró la resistencia a flexión en aproximadamente 12%, también se determinó que el contenido óptimo de adición de la misma debería ser del 3%. Este antecedente brinda luz respecto al rango máximo de fibra que debería adicionarse al concreto, asimismo el tiempo de curado recomendado para realizar los ensayos mecánicos.

Para ser más específicos, se referencia el artículo científico experimental; Role of coconut coir fiber in concrete; por Syed et. al (2020); en la actualidad, la demanda de cemento aumenta; con esto, el incremento de efectos negativos sobre el medio ambiente, lo cual ha generado un mayor grado de aceptación en la comunidad científica respecto al uso de fibras naturales como las de estopa de coco; las cuales son fácilmente accesibles y abundantes in situ. Se analizaron especímenes de concreto convencional y concreto pretensado con diferentes porcentajes de adición de fibra variando de 0.6% y 1.2% del peso total del volumen de concreto, y sometidos a esfuerzos de flexión, compresión y tracción. Respecto a la composición de la fibra para el artículo en mención; se usó una malla de fibra de coco de dimensiones predefinidas, también se adhirió a la mezcla el uso

de un superplastificante para permitirse una mayor trabajabilidad. Se obtuvieron resultados mayores para una adición de fibra del 0.6% en pruebas a flexión y tracción. Motivo por el cual en la presente investigación se decidió trabajar con un porcentaje mínimo de adición del 0.5% de fibra de coco y enfocar el análisis a ensayos de flexotracción.

Buscando ampliar las referencias; el artículo experimental “Strength and durability of coconut-fiber-reinforced concrete in aggressive environments”; Ramli et. al (2013), las construcciones que se desarrollan cerca de ecosistemas marinos han sufrido ataques agresivos que disminuían drásticamente su rendimiento y vida útil. Al iniciarse una grieta debido a la liberación de energía generado por esfuerzos de expansión y contracción, esta solo tiende a extenderse, propagando los efectos causados por los sulfatos a los que está expuesto, en consecuencia; se disminuirá la durabilidad de la estructura. El objetivo de este experimento es mitigar este factor de riesgo con la incorporación de fibras de coco cortas y discretas en un rango que no exceda el 1.2% del volumen del aglutinante de cada probeta, Los especímenes fueron expuestas a tres tipos de ambiente: clima tropical (serie A), ambientes alternos (serie N) e inmersión continua en agua de mar (serie W). Se evaluaron parámetros de compresión y flexión, así como también; penetración de cloruros, permeabilidad intrínseca y la profundidad de carbonatación. Parámetros que fueron evaluados mediante difracción de rayos X y exámenes de microscopia electrónica de barrido. La investigación concluyó que la resistencia a la compresión y flexión aumentaron de un 13% y un 9%, respectivamente. Por otro lado, la permeabilidad intrínseca aumento en los resultados que mostro la serie N, tras exposiciones de 365 días a 546 días, lo cual significa que las fibras juegan un papel en la restricción del desarrollo de grietas. En general los efectos deletéreos provocados por entornos agresivos pueden ser contrarrestados con la adición de fibras en los concretos. Por último y no menos

importante, esta investigación recomienda que la fibra de coco se someta a un tratamiento previo a su colocación en el concreto, de tal manera estará protegida de la degradación, o en su reemplazo que se use una fibra no corrosiva. Esta investigación fue sumamente útil para el estudio que se realizó, debido a que Trujillo se ubica en una zona costera, cuyas estructuras están sometidas a suelos con contenidos de cloruros y sulfatos, y según conclusiones de la citada investigación los resultados muestran que la fibra de coco llega a jugar un papel importante en la restricción de grietas, así mismo se hace hincapié en el tratamiento previo de la fibra.

Según la investigación experimental; *Effect of Coconut Fiber Length and Content on Properties of High Strength Concrete*, realizada por; Ahmad et. al (2020), donde se muestra la práctica de adicionar fibras naturales al concreto de alta resistencia (HSC); a diferencia de las fibras artificiales, las fibras naturales son económicas y están disponibles en las localidades. De todas las fibras, las de estopa de coco son las que presentan mayor dureza, presentando una “fuerza de cuatro a seis veces mayor que otras fibras naturales”; en esta investigación se exploraron las propiedades mecánicas de (HSC) con refuerzo de fibra de coco (CFR-HSC), también se añadió humo de sílice en un 10% y un superplastificante en 1 % respecto a la masa del CFR-HSC. Se investigó las fibras de coco de 25 mm, 50 mm y 75 mm de longitud y los contenidos en masa del 0.5%, 1%, 1.5% y 2%. Estos parámetros fueron evaluados mediante microscopía de barrido (SEM). Esta investigación revela que el CFR-HSC mejoraron las resistencias a la compresión, la rotura-tracción y la flexión, así como los índices de absorción de energía y tenacidad en comparación con los HSC. Cabe destacar que los mejores resultados se obtuvieron para el CFR-HSC con contenido de fibras de coco de 1.5% respecto a la masa del cemento con una longitud de 50 mm. Esta información brinda evidencia respecto al uso de este insumo

en longitudes mayores con mejores resultados de capacidad de resistencia, por lo cual se decidió usar dos tipos de tamaños en el presente trabajo investigativo para luego compararlos entre sí.

En el caso que se plasma a continuación, específicamente se buscó el aprovechamiento óptimo de este abundante recurso natural; Optimization of Coconut Fiber in Coconut Shell Concrete and Its Mechanical and Bond Properties; por tal motivo se cita a Sekar y Kandasamy (2018), quienes desarrollaron una investigación experimental en la cual proponen que, el hormigón de cáscara de coco es uno de los hormigones ligeros establecidos en la actualidad. Este artículo analiza la optimización de la adición de fibra de coco tanto en el hormigón de cáscara de coco como en el hormigón convencional, para tales fines se emplearon cáscaras de coco con radios de 16.67, 33.33, 50, 66.67, 83.33 y 100, así como porcentajes de 1, 2, 3, 4 y 5%, de lo cual se obtuvo que la resistencia máxima a la compresión se alcanzó con una relación de radio 83.33 y una fracción porcentual de 3% para el concreto convencional, y una relación de radio 66.67 y una fracción porcentual de 3% para el concreto con cáscara de coco, con el mismo comportamiento, la resistencia a la tracción dividida aumentó en un 19,44% y un 30% respectivamente. El número de golpes necesarios para la falla de la muestra a prueba de resistencia al impacto fue mayor para concretos mezclado con fibras. Dando como resultados experimentales superiores a los valores teóricos recomendados por el IS 456:2000 (estándar indio) y BS 810 (estándar británico). Se concluye que la adición de fibra de coco mejora las propiedades del concreto convencional y del concreto con cáscara de coco.

De tal manera, como se ha mostrado anteriormente, las propiedades físicas recomendadas para el uso de estas fibras, fueron analizadas análogamente por Lara (2017);

en su investigación experimental: Determinación de los porcentajes óptimos de fibra de coco en hormigones hidráulicos; se evaluó el comportamiento del concreto con distintas resistencias mediante la adición de fibra de estopa de coco la cual es producto de residuo, se utilizaron porcentajes entre 0.5% al 2%, se ejecutaron especímenes los cuales se sometieron a pruebas axiales y flectoras; mostrando resultados diferentes con cada porcentaje de adición de fibra, concluyendo que cuando se analizaba los especímenes con 2% de fibra de coco, la resistencia decaía. Otro punto que se determinó fue la reducción del peso que presentaban las probetas con adición de fibra respecto a las probetas con concreto convencional. Los resultados obtenidos concuerdan con otras investigaciones relacionadas a este tema, en donde también se corrobora la mejora en la tenacidad de la matriz de los elementos de concreto con fibra cumpliendo un rango máximo de adición de fibra.

En consecuencia, a los motivos planteados previamente y con el compromiso de mantener el deseo por usar materiales alternos obtenidos de manera natural, se explora más propuestas para obtener una mejor trabajabilidad in situ. Effect of super plasticizer on the properties of medium strength concrete prepared with coconut fiber; a razón de esto; la investigación experimental de los científicos Khan y Ali (2018) menciona; “se conoce que las propiedades estructurales del hormigón se pueden mejorar mediante la adición de fibras naturales”, dado a conocer en párrafos anteriores la fibra de estopa de coco es la que posee mayor grado de dureza; el hormigón de sílice con la adición de fibras de coco y diferentes contenidos de superplastificantes aún no se han analizado a fondo. En este estudio se evalúa las propiedades de un concreto de resistencia media (MSC) y un concreto de resistencia media reforzado con fibra de coco (MSCFRC) con la adición de fracciones de superplastificante en 0, 0.5, 1 y 1.5% respecto a la masa de cemento. La relación de diseño de la mezcla de MSCFRC es de 1:2:2 (cemento: arena: agregado) con una relación a/c de

0.50. El contenido optimizado de humo de sílice para MSCFRC es de 15% en masa de cemento. Además la longitud que se empleo fue de 5 cm y un contenido de fibra del 2% respecto a la masa del cemento, tras la realización de los ensayos de laboratorio, se concluyó que los especímenes de MSCFRC tienen generalmente un módulo de elasticidad, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, resistencia a la rotura-tracción, energía absorbida e índices de tenacidad mejorados que los de sus respectivos MSC, cabe mencionar que se observaron las mejores propiedades con una adición de 1 % de superplastificante. En conclusión, el MSCFRC con contenido optimizado de humo de sílice (15%), fibra de coco (2%) y superplastificante (1%) se puede utilizar para aplicaciones de ingeniería civil. El artículo en mención refuerza la premisa del uso de fibras largas y acota el uso de materiales puzolánicos para disminuir el daño a la fibra.

En la tesis de carácter experimental; “Resistencia a compresión del mortero cemento-arena incorporando ceniza de cáscara de arroz, afrecho de cebada y bagazo de caña de azúcar; Ruiz (2015), el cual encontró que la resistencia a compresión varía relativamente incorporando ceniza de cáscara de arroz, afrecho de cebada y bagazo de caña de azúcar con respecto al peso del cemento y se llegó a determinar que, para cada tipo de ceniza incorporada, los resultados han variado notoriamente. (p.10), en la citada investigación se menciona que se ha logrado incrementar la resistencia con respecto al mortero; cemento – arena; sin la incorporación de ningún tipo de aditivo en los siguientes porcentajes, al 0.5% con ceniza de cáscara de arroz y 0.5% afrecho de cebada se logró incrementar la resistencia y en el caso de ceniza de bagazo de caña de azúcar con 1% de incorporación, sin embargo el mayor registro de resistencia máxima lo obtuvo la incorporación al 1% de ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, esta investigación experimental de Quintero y Gonzáles (2006), quienes utilizaron la longitud de fibra de estopa de coco de 2 cm y 5 cm a porcentajes de 0.5% y 1.5% probetas cilíndricas de 3" x 6" para ensayos de compresión sometidas a tiempos de curado de 6, 10, 14 y 28 días, para ensayos de tracción directa se usó cilindros de 6" x 12", los cuales fueron curaron a edad de 28 días; además vigas para ensayos de flexión, igualmente para las muestras de control al 0%. Sus resultados obtenidos muestran una resistencia menor al incorporar fibras de 5 cm en volumen mayor a 1.5%, y se obtuvo una resistencia a la compresión más elevada con fibras de 2 cm en volumen de 1.5%. "La única mezcla que presentó resistencia a la tracción indirecta mayor que el concreto fue la que contenía fibra de 5 cm; en un volumen de 0.5%"; esto se debe a la mayor longitud que presenta la fibra, generando un puente con mayor aguante, con esto se concluye que la adición de fibra afectó positivamente la resistencia a la flexión; por último "el mayor valor de resistencia a la flexión lo presentó el concreto con adición de 0.5% y longitud 5 cm de los compuestos reforzados con volúmenes de fibra de coco (p. 149). Este antecedente al igual que los mencionados anteriormente, refuerza la idea previa del uso de fibras en tamaños mayores debido a que muestran mejores resultados en las pruebas mecánicas teniendo un tiempo mínimo de curado de 28 días.

Como se plantea en los párrafos anteriores, es menester desarrollar esta investigación la cual nace de una conciencia colectiva, que busca generar un impacto positivo a la Tierra y al mismo tiempo ejecutar obras de calidad, beneficiando a la creciente densidad poblacional con productos a bajo costo e incentivando a las empresas constructoras en la búsqueda de los ya mencionados, insumos sostenibles que les permitan reducir sus costos de producción y disminuir las emisiones de carbono. De los puntos

considerados anteriormente la resistencia que puede soportar un concreto; es la que más sobresale; ya sea resistencia a la compresión y resistencia a la flexión, estos factores de los cuales depende que las construcciones cumplan con los requisitos para los cuales son diseñadas, es decir que tengan la capacidad de soportar fuerzas y cargas sin presentar deformaciones.

A causa de lo antes detallado, es viable la hipótesis que sostiene que, al modificar las propiedades mecánicas del concreto a través de la adición de compuestos fibrosos naturales, se pueden alcanzar resistencias óptimas y de mejora para el proceso constructivo.

En la ciudad de Trujillo, una de las principales causas de los problemas antes mencionados es la falta de estudios o conocimientos de técnicas o elementos que pueden llegar a favorecer al concreto para que desempeñe un rendimiento más óptimo, ya que algunas empresas solo se enfocan en realizar proyectos teniendo en cuenta muy poco las resistencias o la durabilidad que las edificaciones pueden llegar a obtener a largo plazo, o en el peor de los casos se tiene conocimientos de nuevas técnicas y adiciones naturales que pueden aportar beneficios a las mezclas pero, son los ingenieros a cargo que no deciden usar estos métodos eligiendo siempre procesos convencionales; particularmente en este caso, el uso de cemento; que es altamente contaminante para nuestro planeta, al mismo tiempo estaremos beneficiando a los pobladores de las zonas, comercializando la estopa, generando ingresos sustentables para la comunidad.

Al tener en cuenta lo que pasa en la ciudad donde se desarrolla esta investigación y en general a lo largo del territorio peruano, se puede observar que las construcciones están propensas a efectos y resultados negativos después de algún desastre, climas agresivos. Las empresas en su afán de seguir elaborando edificaciones monótonamente y abaratar costos,

no invierten en nuevas tecnologías que puedan hacer que sus edificaciones sean mejores, cumplan con requisitos normativos y al mismo tiempo sean amigables con el ecosistema.

Algunas de las causas por la cual no se usan adiconamiento de productos naturales, es debido a que, los profesionales optan por una mezcla estandarizada de concreto, posible consecuencia de insuficientes estudios que demuestren las propiedades físicas y mecánicas de las fibras, sin embargo muchos conocimientos se iluminarían, con más estudios incisivos; se podría llegar a un resultado confiable acerca de las mejoras que tendría el concreto en su análisis a la resistencia por compresión y flexión respectivamente.

A lo largo de la historia, se han realizado estudios para mejorar las propiedades mecánicas que un concreto puede llegar a presentar; de la misma manera en este informe de grado lo que se busca estandarizar es, un óptimo y eficiente diseño de mezcla de concreto el cual satisface propiedades físicas y mecánicas durante un correcto desempeño en elementos estructurales, incluyendo en su elaboración fibras naturales, fibras de estopa de coco; que ayuden a lograr el objetivo planteado anteriormente.

Lo que se busca es investigar la influencia y variabilidad del porcentaje y tamaño de la fibra de coco en la mezcla de concreto, lo cual determinará si la mezcla de materiales es adecuada para fines constructivos, debido a las propiedades que presentará la fibra pueden representar un gran contenido de espacio en el volumen de la mezcla, o pueden presentar un alto contenido de salinidad que terminen ocasionando resultados negativos a nuestro nuevo diseño, haciendo que obtengamos resultados completamente distintos a los deseados, finalizando en la disminución de las propiedades de resistencia a la flexotracción.

La matriz reforzada con fibras naturales funciona óptimamente en condiciones climáticas normales, sin embargo, son sensibles a los efectos de la humedad; de llegarse a sobre hidratar las fibras podrían afectar negativamente la resistencia flexural, que cae vertiginosamente. “El humedecimiento conduce a un aumento hacia la tendencia a la falla por estiramiento antes que a la falla por fractura de la fibra”. Al incrementarse el volumen de fibra se reduce la gravedad específica, pero aumenta la absorción de agua, siendo este un punto de atención. Como menciona Calderón (2000) citado por Quintero y González (2006), existen dificultades por las cuales se atraviesa al tener refuerzos de fibras vegetales en las mezclas cementicias, por su misma naturaleza el cemento poseen características de alta alcalinidad; valores que oscilan entre (pH 12 – 13), que deteriora con el tiempo las fibras naturales celulósicas por lixiviación de los componentes ligantes de las celdas de su microestructura; así mismo puede producirse una mineralización en el interior de las fibras debido a la precipitación de los productos de hidratación del cemento; otro motivo yace en el deterioro de la fibra por aumento de la densificación de la interfase, y degradación de las propias cadenas de celulosa con el tiempo por ataque alcalino; citado por (Quintero y Gonzales, 2006, p. 137). Este estudio nos brinda luz respecto al comportamiento que se genera dentro de la matriz cementicia la cual llega a degradar la estructura natural de la fibra, por lo cual se exhorta a someter a la fibra a un proceso de alcalinización previo a su adición a la mezcla cementante.

La institución responsable de formular y proponer las diversas políticas nacionales y regionales en materia de construcción y saneamiento, es el Ministerio de Vivienda, ente que se encarga de brindar los lineamientos y procedimientos que se deben seguir para la ejecución de obras seguras y sostenibles, con el fin de beneficiar principalmente a las poblaciones vulnerables y de menores recursos, trabajando de la mano con la inversión

privada y el desarrollo del mercado inmobiliario. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021).

Asimismo, se da a conocer que para una previa elaboración del diseño de mezcla se necesita saber las propiedades físicas y mecánicas de los agregados con los cuales se va a trabajar ya que son parte esencial de la estructura de la mezcla, es por este motivo que la materia prima fue analizada, previamente al mezclado final del concreto.

Las consecuencias de no hacer esta investigación, serían continuar alimentando los vacíos en cuanto a conocimiento de nuevos elementos y tecnologías que pueden ayudar a mejorar el desempeño de elementos estructurales usados con alta frecuencia, evitando daños e incidentes en las construcciones e incluso mejorar y reducir los costos para la elaboración, produciendo un concreto ecológico.

3.5. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de la longitud y cantidad de fibras de cocos nucífera en especímenes de concreto sometidos a pruebas de resistencia a flexotracción?

3.6. Objetivos

3.6.1. Objetivo General

- Determinar el efecto de la longitud y cantidad de porcentajes de la fibra de cocos nucífera sobre la resistencia a la flexotracción de un concreto de $f'_c=181.49 \text{ kg/cm}^2$.

3.6.2. Objetivos Específicos

- Realizar ensayos para la determinación de las propiedades de los agregados.
- Someter a los especímenes a pruebas de resistencia de flexotracción.

- Determinar proporciones de mezcla de concreto para una resistencia a la flexotracción de $f'_c=181.49 \text{ Kg/cm}^2$ con adición de fibras de cocos nucífera, mediante el método ACI 318.
- Determinar la resistencia a la flexotracción de mezclas de concreto con adición de fibras de cocos nucífera largas a los 28 días de curado.
- Determinar la resistencia a la flexotracción de mezclas de concreto con adición de fibras de cocos nucífera cortas a los 28 días de curado.

3.7. Hipótesis

La adición de porcentajes al 0.5 %, 1.5% y 2.5% de fibras de cocos nucífera de 3 y 6 cm respectivamente en una mezcla de concreto; mejorará la resistencia a la flexotracción del concreto.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

4.4. Tipo de Investigación

4.4.1. Según su propósito

Según Lozada (2014); este tipo de investigación se basa en la búsqueda de generación de conocimiento con la aplicación directa a los problemas que se desarrollan en la sociedad. Generando una relación entre teoría y el producto del estudio.

La presente investigación describe el propósito de una investigación aplicada; debido a que busca brindar solución a una determinada falencia, tras la elaboración y aplicación de conocimientos adquiridos previamente tras un análisis de textos y nuevas tecnologías.

4.4.2. Según el diseño

El diseño de investigación es experimental, debido que la variable dependiente (resistencia a la flexotracción) será influenciada directamente por la variable independiente (fibras de cocos nucífera), siendo estas manipuladas en condiciones de laboratorio realizando testigos (probetas).

Los testigos que se realizaron para cada tipo de porcentaje mostraron como resultado; la total viabilidad que tiene este proyecto; ya que se plantea una metodología que incrementa la propiedad mecánica de resistencia a la flexotracción con la incorporación de porcentajes de fibra natural de estopa de coco.

4.4.3. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es experimental puro, a razón de la adición de fibras de cocos nucífera respecto al peso del cemento, en longitudes de 3 cm y 6 cm, porcentajes de 0%, 0.5%, 1.5% y 2.5%, los grupos sujetos de estudio, para la certificación de la

viabilidad de la investigación, fueron seleccionadas aleatoriamente y bajo criterios técnicos por la Ingeniera Cinthya Vanessa Alvarado Ruiz.

4.5. Población y Muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

4.5.1. Unidad de estudio

Ahmad (2020) menciona; usando normas ASTM, se determina la resistencia a la flexión del concreto; cargando vigas de hormigón de 150 x 150 mm con un vano de al menos tres veces el canto.

De manera análoga en este estudio, la unidad de estudio para el ensayo estándar de flexotracción, es el concreto reforzado con fibras, probetas normalizadas con dimensiones de 15 x 15 x 45 cm.

4.5.2. Población

La población está conformada por todos los concretos reforzados con fibras naturales.

4.5.3. Muestra

Según Cengiz (2016) en su artículo descriptivo Standard Test Method for flexural strength of concrete; este método está bajo la jurisdicción del comité C09 de ASTM, en el capítulo: Concreto y agregados para el concreto y es responsabilidad directa del Sub Comité C09.61 sobre pruebas de fuerza.

Con estos fines, se confeccionaron vigas de concreto reforzadas con fibras de cocos nucífera con dimensiones de 15 x 15 x 45 cm que se ensayaron según la norma ASTM C293, así mismo se contrastó con la NTP 339.078 Ensayo de la Viga Simple.

Las normas mencionadas en el párrafo anterior, abordan las pruebas de flexión del concreto utilizando un aparato de flexión estilo "tercer punto". Para realizar las pruebas, se utilizó una máquina de marca ELE International; perteneciente al grupo de pruebas de

flexión para vigas, accesorios de marcos de flexión los cuales cumplen con las normas (ASTM C78/C78M, ASTM C293/C293, AASTHO T97, AASTHO T177).

Los especímenes fueron colocados en moldes de material no absorbente, resistente y con la capacidad de retener la mezcla que se le vacíe, se ensayaron probetas en forma de vigas bajo pruebas de flexotracción, las cuales fueron moldeadas y fraguadas en posición horizontal. El muestreo y la preparación de especímenes de concretos hechos en el laboratorio fueron referenciados por ASTM C192. Se aplicaron las instrucciones que se encuentran en la norma ASTM C293 para las tasas de carga, la orientación adecuada de la muestra y la aplicación de precarga para asegurar un contacto "sin espacios" entre la muestra y el accesorio.

En relación a lo antes mencionado, se da a conocer que el tamaño máximo nominal de agregado grueso que fue empleado en el desarrollo de esta investigación no superó las 2 pulgadas (50mm). Es menester mencionar que los ensayos fueron supervisados por técnicos de campo con la certificación que sea conveniente.

Los resultados deseados son los calculados en el módulo de ruptura y que el espécimen falle dentro del tercio medio de la longitud del tramo en el área de tensión o parte inferior del espécimen. PartnerTM Software calculó automáticamente el módulo de ruptura en función de la carga máxima aplicada y los valores dimensionales promedio de la muestra de prueba.

El muestreo se desarrolló según lo establecido en la ASTM C172-08. La muestra de la presente investigación es de tipo no probabilística, a través de la evaluación de juicio por experto a cargo de la Ing. Cinthya Vanessa Alvarado Ruiz, ingeniera capacitada en el campo tecnológico del concreto cuya especialidad y experiencia determinó la ejecución de

21 especímenes; misma cantidad que confecciona Nadgouda (2014), quien recomienda dos ejemplares como mínimo por adición; y muestra resultados de ensayos favorables para flexotracción. Se adicionó porcentajes en 0%, 0.5%, 1.5% y 2.5% de fibra de cocos nucífera respecto al peso del cemento, lo cual se calculó previamente. Y se sometió a ensayos de rotura a los 28 días de curado. Dichas muestras se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 1

Especímenes sometidos a pruebas de resistencia a la flexotracción a 28 días de curado

Porcentajes	Fibra 3 cm	Fibra 6 cm
0.0 %	3	
0.5 %	3	3
1.5 %	3	3
2.5 %	3	3
Total de probetas	21	

Veintiún especímenes fueron confeccionados para esta investigación según referencia de Mercedes et al (2018), quién también propone realizar el ensayo a los 28 días de curado.

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

4.6.1. Técnica de recolección de datos

Según Nadgouda (2014); quien observa y proyecta en gráficas el comportamiento del concreto reforzado con fibras de coco, y hace uso de una secuencia de pasos reglamentados que son observados registrados en una bitácora, para más tarde ser analizados. Por ese motivo en la presente investigación se

utilizó como técnica de recolección de datos; el método científico, esta implicó una observación directa, tras seleccionar y registrar de manera sistemática la conducta y propiedad mecánica de flexotracción de la actual unidad de estudio; en el presente caso, los porcentajes de fibra de coco en el concreto aplicadas a cada grupo de especímenes en forma de viga.

4.6.2. Instrumento de recolección de datos

Según Vilchez y Vilchez (2019); los resultados recaudados se obtuvieron después de realizar ensayos de laboratorio, los cuales fueron plasmados en un estudio estadístico. Dichos datos obtenidos bajo prueba de flexión, se procesaron en el software Excel, donde se calculó los parámetros que indicaron las variaciones en las propiedades del concreto, siguiendo este camino se verificó si la hipótesis es aceptable.

El instrumento de recolección de datos que se utilizó en la presente investigación fue la ficha de datos o guía de observación ver (Anexo N°1), esta permitió dar a conocer una mejor descripción de las características y/o propiedades de la actual unidad de estudio.

Con el propósito de recolectar los datos de manera sistemática y correcta; los ensayos fueron realizados en las instalaciones del grupo IMG.

Conforme a la normativa vigente y las referencias presentadas anteriormente; se realizaron ensayos de caracterización de materia prima: Análisis granulométrico (NTP 400.012), peso específico y absorción (NTP 400.021 y NTP 400.022), porcentaje de humedad (NTP 119.185), peso unitario suelto y compactado (NTP 400.017).

Según Altamirano y Terreros (2018); “se utiliza datos como el contenido de cloruros, pH, etc; para determinar la calidad de agua para amasado y curado de concreto”. Para fines de caracterización del agua empleada, en el desarrollo de esta investigación; fue obtenida de la red pública de agua en las instalaciones del grupo IMG, cumpliendo las características de potabilidad y respetando los parámetros de la NTP 339.088. (ver Anexo N°47)

El diseño de mezcla se realizó siguiendo el método ACI 318, que es usado también en la investigación de Ahmad (2022), contrastando la información con lo parametrado en la NTP 339.183 y 339.033, normativa que explica los procedimientos para la elaboración, curado de especímenes y vaciado de la mezcla respectivamente.

Por último; Nadgouda (2014), utilizó el ensayo de resistencia a la flexión en una viga, por su parte Mercedes et al (2018) somete a las probetas a pruebas de tracción, así mismo Amuthakkannan et al (2000), somete sus muestras a pruebas de tensión, flexión y e impacto. Basando nuestro análisis en los antecedentes mencionados previamente, los especímenes fueron ensayados para pruebas de resistencia a la flexotracción de acuerdo a lo establecido en la norma ASTM C293 / Estándar Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center – Point Loading).

4.6.3. Validación del instrumento de recolección de datos.

El instrumento de recolección en este estudio de investigación fue; la ficha de datos, la cual pasó por un proceso de evaluación para la verificación de su validez en base a la normativa vigente, de igual manera fue representativa para las variables que fueron analizadas, tras su conformidad se procedió a llenar la rúbrica de evaluación en estado; conforme; por parte de la Ing. Cinthya Vanessa Alvarado Ruiz.

4.6.4. Análisis de datos

El procesamiento de datos en la presente investigación fue desarrollado con el método de inferencia estadística, esto basado en la información empírica proporcionada por la muestra, por este camino se modeló el comportamiento de la población estableciendo un riesgo de error mínimo mesurable en términos probabilísticos. A continuación, se detallará cada una de las técnicas:

- Estadística Descriptiva: A razón del uso de gráficos y tablas estadísticas para el correspondiente análisis y comparativa de los resultados obtenidos.
- Estadística Inferencial: Con esta técnica se pudo inducir a posibles reacciones futuras en determinadas poblaciones, después de haber realizado un estudio de los resultados obtenidos tras los ensayos de especímenes además de tener la capacidad de medir el riesgo de error al que se está expuesto.

4.6.4.1. Análisis de distribución normal.

Debido a que se cuenta con un numero de muestra (n) menor a 50, se usó la prueba Shapiro—Wilk para el análisis de la normalidad de datos con una significancia del 5%.

4.6.4.2. Análisis de la varianza

La prueba de hipótesis es paramétrica debido a que se planteó una suposición de datos para determinar si es o no válida, estos datos son medidos en intervalos. En este punto de la investigación se usó el método de análisis de varianza mediante la prueba ANOVA, con una significancia del 5%, en tal sentido se comprobó la igualdad o desigualdad de los promedios de la muestra.

- Hipótesis Nula (H_0): enfatiza que las medidas de los grupos analizados son iguales.
- Hipótesis Alternativa (H_a): enfatiza que todas las medidas de los grupos analizados no son iguales o al menos uno cambia.



4.7. Variables

4.7.1. Variables dependientes

- Resistencia a la flexotracción.

4.7.2. Variables Independientes

- Longitud y cantidad de fibras de cocos nucífera.

4.8. Aspectos éticos

La autora de la presente investigación asegura que los datos plasmados en el presente trabajo investigativo no han sido modificados ni falseados ya que fueron transcritos análogamente a partir de las guías de observación, a fin de conocer de manera objetiva los valores obtenidos mediante una serie de premisas normativas y pasos técnicos que fueron ejecutados según la siguiente reglamentación vigente.

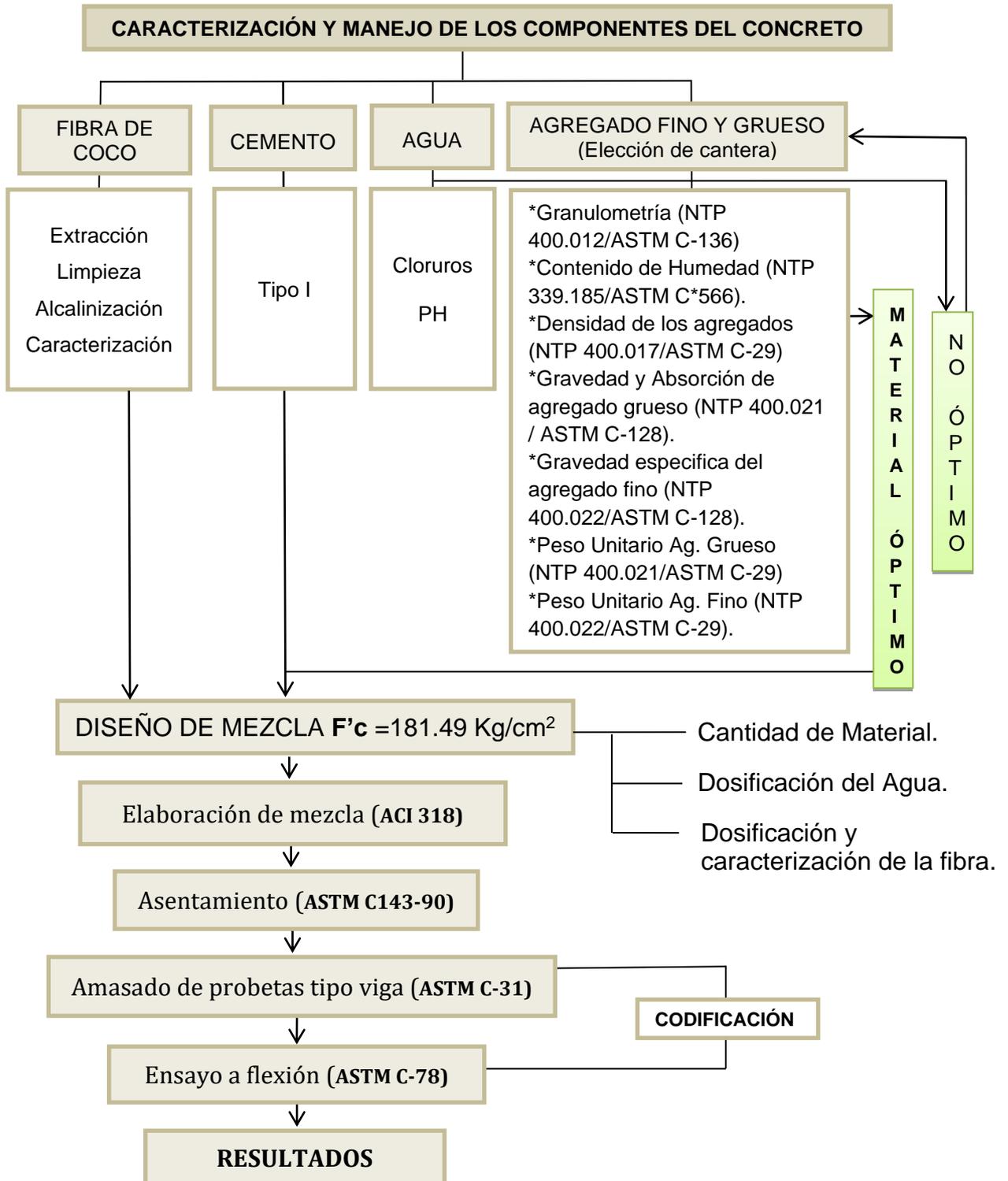
- Respeto a la propiedad intelectual
- Autonomía
- Historical Standard: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto; utilizando viga simple con carga (En el punto central). (ASTM C293 / NTP 339.078).
- Building code requirements for structural concrete (ACI 318)
- Especificación normalizada para ensayos con agregados para concreto (ASTM C33, 2013).
- Historical Standard: Método de ensayo normalizado para determinar la granulometría de agregados gruesos (ASTM C-136/NTP 400.012).
- Historical Standard: Método de ensayo normalizado para determinar el contenido de humedad (ASTM C-566/NTP 339.185).
- Norma Técnica Peruana: Método de ensayo normalizado para determinar la densidad de los agregados (NTP 400.017/ASTM C-29).
- Historical Standard: Método de ensayo normalizado para determinar la gravedad específica y absorción de agregado grueso (ASTM C-128/NTP 400.021).

- Historical Standard: Método de ensayo normalizado para determinar la gravedad específica y absorción de agregado fino (ASTM C-128/NTP 400.022).
- Historical Standard: Método de ensayo normalizado para determinar el peso unitario de agregado grueso (ASTM C-29/NTP 400.021).
- Historical Standard: Método de ensayo normalizado para determinar el peso unitario del agregado fino (ASTM C-29/NTP 400.022).
- Historical Standard: Especificaciones para asentamiento del concreto (ASTM C-143-90).
- Guía APA 6^{TA} edición & Guía APA 7^{MA} edición.
- Reglamento Nacional de Edificaciones
- E0.60 Concreto Armado

4.9. Procedimiento

En la figura 1 se presenta el diagrama de flujo del procedimiento experimental.

Figura 1 Diagrama de flujo del diseño de la investigación



4.10. Desarrollo de tesis

4.10.1. Materia Prima

Para la ejecución de los estudios experimentales en la presente investigación se adquirió materiales constructivos que serán mencionados a continuación: agregado fino, agregado grueso, cemento, agua y fibra de cocos nucífera. Los áridos y piedras fueron extraídos de la cantera “La Soledad”.

4.10.2. Caracterización de los materiales

A. Agregado fino

a. Ensayo de granulometría (NTP 400.012)

- Se seleccionaron 2 Kg del agregado fino de la muestra cuarteada, luego se colocó en una estufa a una temperatura de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- Se procedió a pesar los tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200.
- Se ubicó los tamices en forma de torre encajando unos con otros en orden decreciente según al tamaño de la abertura.
- Se vertió el agregado iniciando con la malla superior, se asegura con una tapa metálica y se somete a vibraciones en un rango de tiempo de 5 – 15 minutos.
- Se registraron los pesos de cada malla incluyendo el material retenido en cada una de ellas, se utilizó una balanza analítica de sensibilidad de 0.1g. y capacidad de 2 kg.
- Se procedió a determinar el módulo de finura mediante la fórmula:

$$MF = \frac{(\sum \% \text{retenido acumulado en } N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100} \quad (1)$$

b. Contenido de humedad (NTP 339.185)

- Se registró el peso de un recipiente metálico en una balanza de sensibilidad de 0.1 gramos (A).
- Se pesó la muestra en estado natural en el recipiente metálico (B).
- Se vertió la muestra en una estufa a $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas y posteriormente se tomó la lectura del peso en estado seco (C).
- Se calculó el contenido de humedad mediante la fórmula:

$$W\% = \frac{(Ph - Ps) \times 100}{Ps} \quad (2)$$

Donde:

W%: Húmedad (%)

Ph: Peso natural del material en gramos (B – A)

Ps: Peso seco del material en gramos (C – A)

c. Peso específico y absorción (NTP 400.022)

- Fue sumergida una muestra de 2 Kg de agregado fino en agua por 24 horas.
- Se realizó un secado parcial del material, el cual puede ser en horno o a la intemperie. Cuando se observó a la muestra superficialmente seca, se colocó el árido en un molde cónico normalizado y se apisonó en 3 capas, con una constante de 25 apisonadas por capa, finalizando con un enrazado en la parte superior utilizando una varilla metálica.
- Se procedió a retirar el molde cónico procurando que $\frac{3}{4}$ partes del agregado se mantengan conglomerados.

- Se prosiguió a tomar el peso del material superficialmente seco en una balanza de sensibilidad de 0.1 gramos (S).
- Se continuó tomando el peso de una fiola de 1000 ml más agua hasta su marca de calibración (B).
- Se vertió el material en estado superficialmente seco y se llenó con una pipeta cuidadosamente el agua hasta la marca de calibración; se procedió a conectar la fiola a una bomba de vacíos o en su defecto realizando movimientos giratorios delicadamente procurando sacar las burbujas atrapadas (C).
- Las siguientes fórmulas fueron empleadas para hallar el peso específico aparente, peso específico de masa, peso específico saturado superficialmente seco y la absorción del agregado:

$$PEa = \frac{A}{(B+A-C)} \times 1000 \quad (3)$$

$$PEm = \frac{A}{(B+S-C)} \times 1000 \quad (4)$$

$$PEsss = \frac{S}{(B+S-C)} \times 1000 \quad (5)$$

$$Abs (\%) = \frac{(S-A)}{A} \times 100 \quad (6)$$

d. Peso unitario suelto y compactado (NTP 400.017)**Peso unitario suelto**

- Fueron seleccionados 5 Kg del total de agregado fino para ser vertido en una estufa a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 24 horas.
- Se calculó el volumen interno del recipiente (V) colocando agua en el molde hasta llenarlo. Calibrado previamente la balanza con la cual se hicieron las mediciones, marcando cero con el molde posado en ella, se procedió a tomar el peso del agua determinado por la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen del recipiente} = \frac{\text{Peso del agua contenida en el recipiente}}{\text{Factor del agua degen temperatura}} \quad (7)$$

- Se continuó pesando únicamente el molde en una balanza y se posó sobre una superficie plana.
- Se colocó el agregado fino a una altura no mayor a 2" de la parte superior del molde hasta el ras.
- A continuación, fue enrazada la superficie usando una varilla metálica normalizada, se tomó lectura de su peso (Gs).
- El peso unitario suelto seco se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$PUSS = \frac{(Gs-T)}{(V)} \quad (8)$$

- Se desarrolló este procedimiento 03 veces para poder determinar un promedio entre los resultados obtenidos y se

concluyó el valor final que más representó las características del agregado en su totalidad.

Peso unitario compactado

- Fueron seleccionados 5 Kg del total del agregado fino para ser colocado en una estufa $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- Se determinó el volumen interno del recipiente (V) vertiendo agua en el molde hasta llenarlo. Fue calibrado previamente la balanza con la cual se hicieron las mediciones, marcando cero con el molde posado en ella, se procedió a tomar el peso del agua y fue determinado por la fórmula siguiente:

$$\text{Volumen del recipiente} = \frac{\text{Peso del agua contenida en el recipiente}}{\text{Factor del agua degun temperatura}} \quad (7)$$

- Se pesó únicamente el molde en una balanza cuidando de posarlo sobre una superficie plana.
- Se procedió a verter el agregado fino, en tres capas compactadas por 25 golpes cada una, usando una varilla metálica a una altura no mayor a 2" desde la parte superior del molde, hasta llegar al ras.
- Tras enrazar la superficie utilizando la varilla normalizada, se procedió a tomar el dato del peso (Gc).
- El peso unitario compactado fue determinado empleando la fórmula siguiente:

$$PUCS = \frac{(Gc-T)}{V} \quad (9)$$

- Se recomendó desarrollar este procedimiento 03 veces para poder determinar un promedio entre los resultados obtenidos y se concluyó el valor final que más represente las características del agregado en su totalidad.

B. Agregado grueso

a. Ensayo granulométrico (NTP 400.012)

- Se seleccionaron 2 Kg del agregado grueso tras haber realizado el cuarteo, para luego ser vertido en una estufa a $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- Se procedió a pesar los tamices $1\frac{1}{2}''$, $3/4''$, $3/8''$, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100.
- Se armó a razón de una torre encajando los tamices unos con otros en orden decreciente según el tamaño de la abertura de las mallas.
- Se vertió el agregado desde la malla superior, se procedió a sellar mediante una tapa metálica y se llevó a una máquina vibradora en un rango de tiempo de 5 a 15 minutos.
- Se registró los valores de los pesos de cada una de las mallas incluyendo el material retenido con una balanza analítica de sensibilidad de 0.1 g. y capacidad de 2 kg.
- Para determinar el módulo de finura del agregado grueso, se empleó la fórmula siguiente:

$$MF = \frac{(\Sigma\% \text{ ret. acum. } 1\frac{1}{2}'' \frac{3}{4}'' \frac{3}{8}'' \text{N}^{\circ}4, \text{N}^{\circ}8, \text{N}^{\circ}16, \text{N}^{\circ}30, \text{N}^{\circ}50, \text{N}^{\circ}100)}{100} \quad (10)$$

b. Contenido de humedad (NTP 339.185)

- De manera análoga, en este ítem fue empleado el procedimiento detallado para el agregado fino y se calcula el valor de humedad mediante la siguiente fórmula:

$$W\% = \frac{(Ph - Ps) \times 100}{Ps} \quad (2)$$

Donde:

W%: Humedad (%)

Ph: Peso natural del material en gramos

Ps: Peso seco del material en gramos

c. Peso específico y absorción (NTP 400.021)

- Se tomó una muestra preferentemente de 3 Kg de agregado grueso en agua durante 24 horas.
- Se registró el peso de la muestra saturada sumergida en agua con una balanza especial, la cual sujeta mediante un alambre, una rejilla metálica normalizada, la cual contuvo el material (C).
- Tras el secado del material superficialmente, fue usada una franela. Se obtuvo la muestra superficialmente seca, se procedió a tomar el peso (B).
- Para determinar el peso específico y la absorción de la muestra se empleó las siguientes ecuaciones:

$$PEax = \frac{A}{(A-C)} \times 1000 \quad (11)$$

$$PEm = \frac{A}{(B-C)} \times 1000 \quad (12)$$

$$PE_{SSS} = \frac{B}{(B-C)} \times 1000 \quad (13)$$

$$ABS(\%) = \frac{(B-A)}{A} \times 100 \quad (14)$$

d. Peso unitario suelto y compactado

- Se empleó el mismo procedimiento plasmado en el ítem de agregado fino.
- Se obtuvo el valor del volumen del recipiente (V).
- Se registró el peso del molde vacío (T) y el peso del molde con el material, peso unitario suelto (Gs) y peso unitario compactado (Gc).
- Fue preciso la aplicación de las siguientes fórmulas para determinar el valor del peso unitario suelto y compactado; reemplazando los datos hallados anteriormente.

$$PU_{SS} = \frac{(G_s - T)}{V} \quad (8)$$

$$PU_{CS} = \frac{(G_c - T)}{V} \quad (9)$$

4.10.3. Diseño de mezcla

Ahmad (2020), hace uso de los lineamientos sugeridos en ACI 318.11, así mismo muestra resultados favorables para una adición de fibra en un porcentaje máximo de 3%, resultados similares a los que llega Nadgouda (2014) en su investigación; motivo que nos limita a mantener la investigación en este rango; se procedió al diseño y dosificación del concreto, la cual fue uniforme para cada grupo experimental, el componente que tuvo una variación respecto a su adición, fue la fibra de cocos nucífera en porcentajes de 0.5%, 1.5% y 2.5%, con longitudes de 3 cm y 6 cm. La relación de agua/cemento que se asumió

conveniente fue de 0.5 debido al uso común en procesos constructivos y antecedentes investigados. Para determinar con precisión los pesos y proporciones adecuadas de cada material, se empleó el Método ACI 318.

4.10.4. Preparación del concreto

Para la elaboración de las probetas en consecuencia de la preparación del concreto se emplearon los siguientes materiales: agregado fino, agregado grueso, agua, cemento y fibra de coco.

Los agregados fueron obtenidos de la cantera La Soledad (ver Anexo N°35) y almacenados en cilindros metálicos en las instalaciones del laboratorio de concreto del grupo IMG, protegiéndolos de las garúas y sol extremo, para evitar así que pierdan o se saturen de agua.

El agua fue obtenida de las instalaciones del grupo IMG, la empresa que se encarga del abastecimiento del agua potable en la ciudad es Sedalib S.A.C, se sometieron a ensayos de Ph y cloruros para definir que sea un agua apta para ser usada en la mezcla cementante (ver Anexo N°34 y N°47).

El cemento que se empleó para la confección de los especímenes fue Tipo I, usado para la construcción de elementos sin requerimientos especiales (ver Anexo N°56).

La fibra empleada para esta investigación fue extraída de la ciudad de Tarapoto, siendo seleccionada la variedad de coco enano amarillo con un tiempo aproximado de 4 meses de maduración, se caracteriza por ser una fibra tosca o también conocida como fibra de cerda (ver Anexo N°51), con un Ph entre 5.5 – 6.5; tras ser expuestas a un proceso de secado a la intemperie se determinó un porcentaje de aireación de 0.42 y una capacidad de retención de agua de 0.48; según Núñez (2010) esta variedad de coco presenta las mejores

características mecánicas, resistencia a la tracción (175 MPa), con un contenido de celulosa de 44.8% y una elongación del 30%. Además; Assis (2005), las fibras brindan resistencia a la compresión de los tejidos o matrices, presentan rigidez en la pared celular y debido al contenido de azúcares son resistentes contra los daños físicos y químicos. El alto contenido de lignina que posee la fibra de coco; la categoriza como una de excelente calidad y de gran flexibilidad.

Según Basha, H., (2014); después de cortar la fibra, estas son lavadas con agua y se deberá remover la suciedad, polvo y cualquier material nocivo, antes de empezar el tratamiento químico.

- Paso previo a adicionar la fibra a la mezcla cementante, fue lavada profundamente, para separar el polvo y material orgánico (ver Anexo N°48).
- Luego la fibra fue sometida a un proceso de alcalinización (ver Anexo N°49), usando como antecedente Osorio et. al (2007); con el fin de adaptar la fibra al ambiente agresivo del concreto, es por esto que las fibras de la presente investigación fueron sumergidas en agua con hidróxido de calcio al 5% durante 24 horas a una temperatura ambiente de 20° Centígrados.
- Continuando con el paso anterior, se procedió a lavar varias veces la fibra con el objetivo de eliminar los restos de hidróxido de calcio, aplicando en el lavado final agua destilada, se colocaron las fibras en una tela y fueron secadas a la intemperie por un periodo de 48 horas expuestas a rayos del sol (ver Anexo N°50), acto seguido se caracterizó las fibras de acuerdo a las longitudes requeridas (3 y 6 cm). (ver Anexo N°52).

- Al mismo tiempo se hicieron uso de herramientas tales como: balanza, recipientes metálicos y plásticos, badilejo, palana, buggy, moldes de madera (ver Anexo N°53). Luego de pesar según el diseño de mezcla, cada uno de los materiales que fueron conglomerados se procedió a mezclarlos manualmente con la ayuda de una palana, agregando el agua en el paso final para obtener fluidez en la mezcla. (ver Anexo N°54 y N°55).

4.10.5. **Conformación y codificación de probetas**

Los especímenes fueron conformados usando moldes de 15 x 15 x 45 cm, aplicando el diseño de mezcla determinado anteriormente. Tras la confección de las probetas, se siguió un registro y codificación según el porcentaje de adición de fibra de coco que fue caracterizada previamente en dos grupos respecto a la longitud de la misma.

4.10.6. **Ensayo de resistencia a la flexión**

Según lo establecido en la normativa ASTM C293:

- Tras la codificación de las probetas, estas fueron sumergidas en agua por un periodo de 28 días.
- Se ubicó la probeta a modo que la cara de tensión corresponda a la parte superior y de manera que quede centrada en los bloques de apoyo de la máquina a fin que la carga aplicada, sea uniforme.
- Se aplicó una carga de entre 3% y 6% respecto a la carga última estimada del bloque, entre los tercios de la longitud de la viga.
- Se hizo uso de unas cuñas en la superficie de contacto de la muestra para eliminar cualquier espacio en exceso de 0.10 mm de ancho. Las cuñas

fueron de tamaño uniforme de 6 mm de ancho y se extendieron a lo largo de todo el ancho del espécimen.

- Se cargó la probeta de forma continua y sin golpes, la misma que se aplicó a una tasa constante hasta el punto de ruptura. Así mismo se aplicó la carga a una velocidad que aumente constantemente el esfuerzo máximo en la cara de tensión entre 0.9 y 1.2 MPa/min hasta que ocurra la ruptura.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

5.4. Caracterización de agregados

5.4.1. Agregado Fino

En la Tabla 2 se muestran los resultados de la caracterización de agregado fino, iniciando con un módulo de finura de (3.03), contenido de humedad (1.7), peso unitario superficialmente seco (1582), peso unitario compactado suelto (1746), peso específico (2727) y absorción (2.1).

Tabla 2:

Resultados de caracterización de Ag. Fino

CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO FINO		
Ensayo	Norma	Resultado
Granulometría (MF)	NTP. 400.012 / ASTM C136	3.03
Contenido de humedad (%)	NTP. 339.185 / ASTM C566	1.7
P.U.S.S. (kg/m³)	NTP. 400.017 / ASTM C138	1582
P.U.C.S. (kg/m³)	NTP. 400.017 / ASTM C138	1746
Peso específico (kg/m³)	NTP. 400.022 / ASTM C128	2727
Absorción (%)	NTP. 400.022 / ASTM C128	2.1

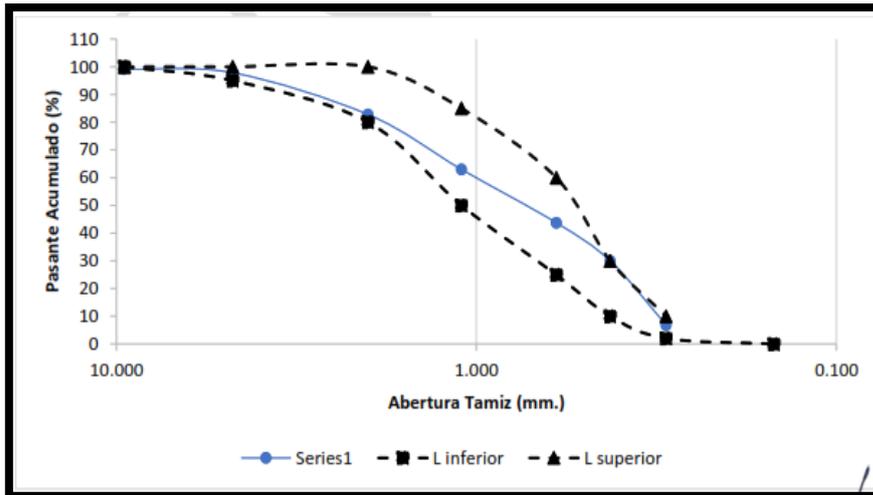
Elaboración propia

En la Tabla 2 se observa las condiciones aceptables del agregado con el cual se desea trabajar, haciendo énfasis en el tamaño máximo nominal de agregado grueso el cual no superó las 2 pulgadas (50mm). Esta por debajo del máximo recomendado (5%) para contenido de humedad en concretos.

En la Figura 2 se puede apreciar la curva granulométrica promedio del agregado fino, además de sus límites máximo y mínimo.

Figura 2

Curva granulométrica Agregado Fino



Según lo plasmado en la Figura 2, la granulometría presenta una separación entre sus partículas de esta manera se conoce las cantidades en peso de cada tamaño que aportan al peso total, los cuales se encuentran entre los rangos aceptables para la confección de concreto. Presentan un módulo de fineza menor al límite máximo permitido el cual indica que el material no tiene partículas demasiado finas.

5.4.2. Agregado grueso

En la Tabla 3 se muestran los resultados de los ensayos realizados para la caracterización del agregado grueso; iniciando con un tamaño máximo nominal (1/2”), módulo de finura (6.7), contenido de humedad (0.4), peso unitario superficialmente seco (1634), peso unitario compactado suelto (1790), peso específico (2504) y absorción (4.0).

Tabla 3:

Resultados de caracterización de Agregado Grueso

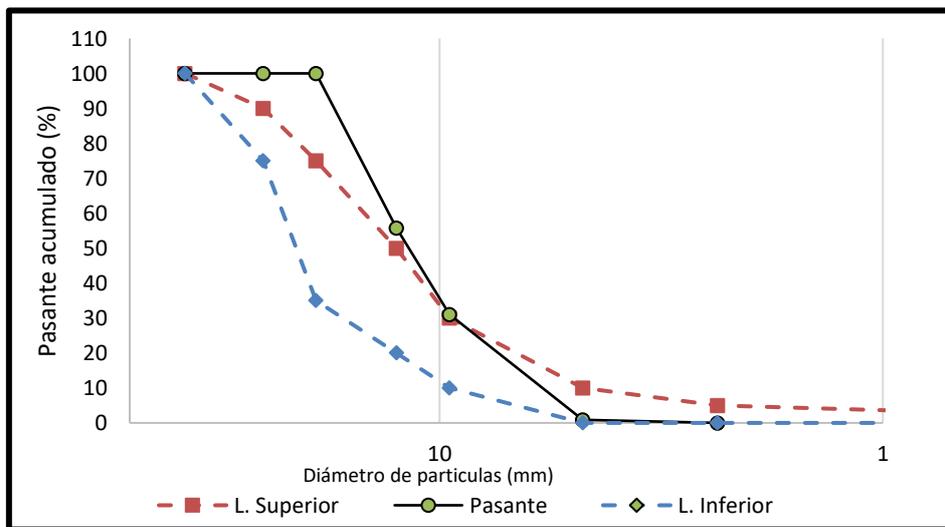
CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO GRUESO		
Ensayo	Norma	Resultado
Tamaño Máximo Nominal (TMN)	-	1/2"
Módulo de finura	NTP. 400.012 / ASTM C136	6.7
Contenido de humedad (%)	NTP. 339.185 / ASTM C566	0.4
P.U.S.S. (kg/m ³)	NTP. 400.017 / ASTM C138	1634
P.U.C.S. (kg/m ³)	NTP. 400.022 / ASTM C127	1790
Peso específico (kg/m ³)	NTP. 400.022 / ASTM C127	2504
Absorción (%)		4.0

Elaboración propia

En la Figura 3 se plasma las curvas granulométricas promedio del agregado grueso, así como sus límites mínimo y máximo.

Figura 3

Curva granulométrica Agregado Grueso de tres muestras



Diseño de mezcla

La Tabla 4 está conformada por el resumen de los (07) diseños de mezcla utilizados para la presente investigación.

Tabla 4:

Cuadro resumen del diseño de mezcla para cada grupo experimental

MATERIAL	CANTIDAD EN KG PARA CADA GRUPO EXPERIMENTAL						
	MEZCLA PATRÓN	FIBRA CORTA (3 cm)			FIBRA LARGA (6 cm)		
		0.5%	1.5%	2.5%	0.5%	1.5%	2.5%
CEMENTO	14.72	14.72	14.72	14.72	14.72	14.72	14.72
AGREGADO GRUESO	36.17	36.17	36.17	36.17	36.17	36.17	36.17
AGREGADO FINO	26.94	26.94	26.94	26.94	26.94	26.94	26.94
AGUA	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60
FIBRA	0	0.07	0.22	0.37	0.07	0.22	0.37
Total	87.43	87.51	87.65	87.80	87.51	87.65	87.80

Luego de realizar el diseño de mezcla mediante el método ACI (318), se procedió a corroborar la resistencia a la compresión de tres especímenes curados por un periodo de 7 días, tras la obtención de los resultados de laboratorio, se aplicó la fórmula empleada en la investigación de Quintero, L. et. al (2013) de factor de corrección para calcular la resistencia estimada a los 28 días de la mezcla.

$$f'c = 13.090 + 4.338 * \ln(t) \quad (15)$$

Para 28 días de curado:

$$f'c = 13.090 + 4.338 * \ln(28)$$

$$f'c = 13.090 + 4.338 * \ln(28)$$

$$f'c = 27.545 \text{ MPa}$$

Para 07 días de curado:

$$f'c = 13.090 + 4.338 * \ln(7)$$

$$f'c = 13.090 + 4.338 * \ln(7)$$

$$f'c = 21.531 \text{ MPa}$$

Factor de corrección:

$$f'c (28 \text{ días}) / f'c (7 \text{ días}) = 27.545 / 21.531 = 1.279 \quad (16)$$

Resistencia a la compresión obtenida:

$$f'c = 141.9 \times f_c = 141.9 \times 1.279 = 181.49 \text{ kg/cm}^2$$

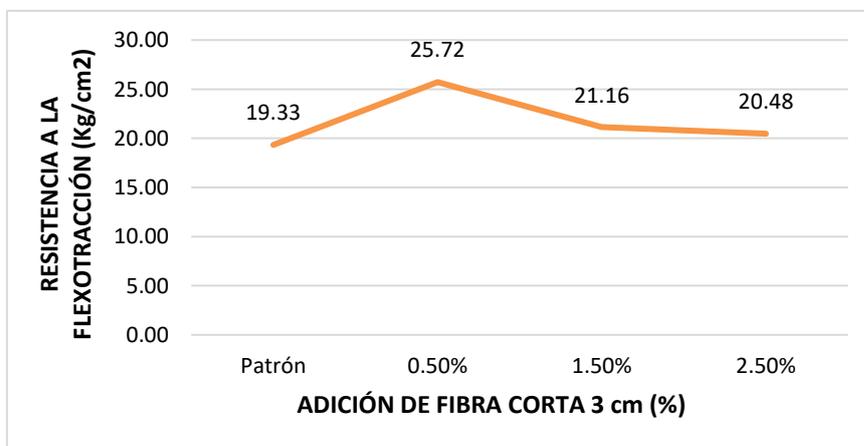
5.5. Resistencia a la flexotracción

A continuación, se muestran los resultados de las pruebas de flexotracción de las 21 probetas empleadas.

La Figura 4 muestra la resistencia a la flexotracción del concreto reforzado con 0%, 0.5%, 1.5% y 2.5% de fibras de cocos nucífera de 3 centímetros de longitud, en la que se puede observar que la resistencia a la flexotracción del concreto patrón es de 19.33 Kg/cm², al adicionar 0.5% de fibra, se manifestó un pico de 25.72 Kg/cm², al adicionar 1.5% de fibra la resistencia a la flexotracción mostró una disminución de 21.16 Kg/cm², alcanzó su resistencia menor con una adición de 2.5% con una resistencia final de 20.48 Kg/cm².

Figura 4

Resistencia a los 28 días para Fibra corta (3 cm)



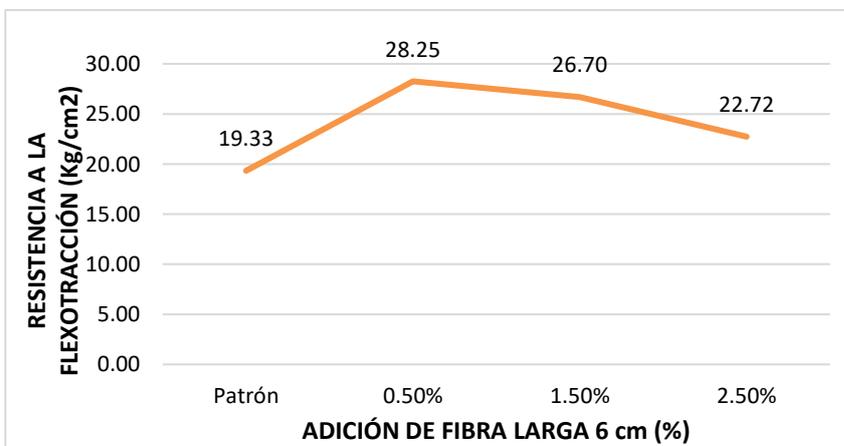
En contraste con los resultados anteriores se muestra la Figura 5, donde se observa el comportamiento del concreto con la adición de fibra de cocos nucífera en un 0%, 0.5%, 1.5% y 2.5% con una longitud de fibras de 6 cm; versus la muestra patrón, a un total de 28 días de curado. Vemos que la gráfica proyecta una resistencia a la flexotracción para el concreto patrón de 19.33 Kg/cm², al adicionar 0.5% de fibra, se manifestó un pico de 28.25

Kg/cm², al adicionar 1.5% de fibra la resistencia a la flexotracción mostro una disminución de 26.70 Kg/cm², alcanzó su resistencia menor con una adición de 2.5% con una resistencia de 22.72 Kg/cm².

En la Figura 5, se enfatiza que existe un aumento de 8.92 puntos en la resistencia a la flexotracción siendo el pico máximo de 28.25 Kg/cm² con una adición de 0.5% de adición de fibra de cocos nucífera, y luego la línea decrece, mostrando disminución de resistencia con un valor de 26.70 Kg/cm² al adicionar 1.5%; por último, con una adición de 2.5% marca una resistencia final de 22.72 Kg/cm². Es preciso mencionar que todos los resultados superaron la resistencia obtenida en la mezcla patrón. Resultados análogos son mostrados en el estudio de Quintero & Gonzales (2006).

Figura 5

Resistencia a los 28 días para fibra larga (6 cm)



La velocidad de ensayo fue de 5.3 Kn/s.

El SPAM es la separación entre los soportes de apoyo en la base de la viga mientras es sometida a cargas puntales y central.

Es necesario recalcar que, los valores encontrados al no ser muy distantes unos con otros, se consideran aceptables ya que todos superan los 19.33 Kg/cm² de la muestra patrón, cumpliendo con el rango de la resistencia a flexión de 10% de la resistencia a

compresión que arrojo los resultados del diseño de mezcla, siendo esta de 181.49 Kg/cm² estimada para 28 días. (Ver Anexo N°11).

5.6. Análisis de datos

5.6.1. Para la prueba de normalidad se plantean las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H₀): La variable “resistencia a flexotracción de un concreto” en la población tiene una distribución normal.

Hipótesis alterna (H_a): La variable “resistencia a la flexotracción de un concreto” en la población tiene una distribución diferente a la normal.

En la Tabla 5, se muestran los resultados de prueba de normalidad - Shapiro Wilk obtenidos mediante el programa estadístico SPSS.

Tabla 5

Resultados de prueba de normalidad para resistencia a la flexotracción.

	Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Patrón	0,833	3	0,195
fc0.5	0,874	3	0,306
fc1.5	0,978	3	0,715
fc2.5	0,877	3	0,315
fl0.5	0,982	3	0,744
fl1.5	0,997	3	0,891
fl2.5	0,979	3	0,724

Nota: Elaborado con el programa IBM SPSS Statistics.

5.6.2. Resultado de análisis de varianza ANOVA

Para el análisis de varianza se utilizará la prueba ANOVA considerando como hipótesis las siguientes:

Hipótesis nula (H₀): La resistencia a flexión de un concreto $f'_c = 181.49$ Kg/cm² con adiciones de porcentajes de fibra de cocos nucífera; no se correlacionan.

Hipótesis alterna (H_a): La resistencia a la flexión de un concreto $f'_c = 181.49$ Kg/cm² con adiciones diferentes de longitud y cantidad de fibra de cocos nucífera; se correlacionan proporcionalmente.

Al plasmar los resultados obtenidos en laboratorio respecto a la resistencia a la flexotracción del concreto en el programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) y luego de separarlos según la longitud de fibra de cocos nucífera; se obtuvo los siguientes resultados mostrados en la Tabla 6 donde se observó una significancia menor al 0.0001 para fibra corta (3 cm); de manera análoga en la Tabla 7 para fibra larga (6 cm) se visualizó una significancia menor al 0.001.

Tabla 6

Resultados de análisis de varianza ANOVA Grupo Fibra Corta

Resistencia	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	68,625	3	22,875	28,006	0,000
Dentro de grupos	6,534	8	0,817		
Total	75,159	11			

Nota: Elaborado con el programa IBM SPSS Statistics

Tabla 7

Resultados de la varianza ANOVA Grupo Fibra Larga

Resistencia	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	145,711	3	48,570	324,818	0,000
Dentro de grupos	1,196	8	0,150		
Total	146,907	11			

Nota: Elaborado con el programa IBM SPSS Statistic

5.7. Análisis de costos

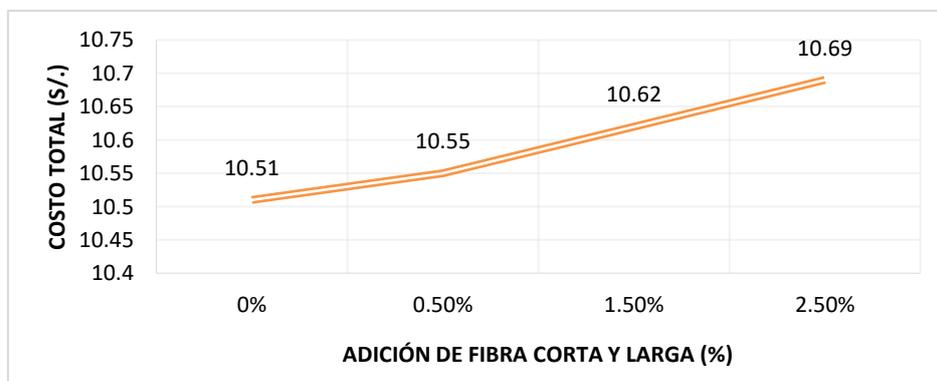
El análisis de costos del concreto empleado para la elaboración de la presente investigación es detallado a continuación. Se consultaron a diferentes tiendas de materiales de construcción para obtener así los precios actualizados, los cuales incluyen IGV, estimados a marzo de 2022 en la ciudad de Trujillo. (ver Anexo N°33).

En la Figura 6 se detalla el análisis de costos para las probetas de muestra patrón.

Con el propósito de hacer una comparación con los precios obtenidos por cada grupo de mezcla, se elaboró una gráfica la cual plasma la variación del costo total por cada aumento de porcentaje de fibra de cocos nucífera para la relación de agua-cemento 0.50 a 28 días de curado.

Figura 6

Comparación de precios para cada porcentaje de adición de fibra



Teniendo en cuenta lo plasmado en la Figura 6, se aprecia que los costos tienen un aumento respecto a la muestra patrón, esto se debe al aumento de porcentaje de fibra de coco en cada una de ellas respectivamente.

El costo del agua fue estimado; según la tasa actual que mantiene SEDALIB S.A. tomando el valor para establecimientos comerciales, en el rango de 0.20 m³ al mes, calculando un costo fijo de 4.262 soles por m³. (ver Anexo N°34). El coco para esta investigación fue obtenido de un productor local de la ciudad de Tarapoto, teniendo un costo de 0.40 céntimos el kilo de fibra de cocos nucífera con una maduración de 4 meses.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.8. Discusión

Resistencia a la flexotracción del concreto

A continuación, se analizó el comportamiento que muestra el desarrollo de los resultados en promedio de la resistencia a la flexotracción del concreto con adición de fibra de cocos nucífera al 0%, 0.5%, 1.5% y 2.5% en longitudes de 3 y 6 cm respectivamente; con una relación agua cemento de 0.50 a la edad de 28 días de curado. Similar al estudio de Nadgouda (2014), se evaluaron las muestras; con un tiempo igual de curado, observándose un aumento de resistencia a la flexión de hasta 12%, únicamente en las probetas con una adición del 3% de fibra de cocos nucífera ensayándose dos especímenes por cada análisis. Podemos ver que se difiere con el porcentaje óptimo de adición de fibra de cocos nucífera, estos resultados podrían interpretarse en sentido que la investigación de referencia usaron porcentajes de fibra al 3, 5 y 7%.

Discusión fibra corta (3 cm).

Los resultados mostrados en el capítulo anterior plasman un pico de 25.72 Kg/cm² para una adición de fibra de 0.5% y disminuye a razón del aumento de la fibra de cocos nucífera; hasta alcanzar una resistencia de 20.48 Kg/cm² para el porcentaje máximo de adición de fibra, cabe destacar que las resistencias obtenidas superan en todos los casos a la resistencia presentada de la muestra patrón, en contraste Ramli et. al (2013), hace uso de fibras discretas y cortas, con el fin de restringir la propagación de grietas a fin de que funcione el refuerzo localizado que brinda la adición de fibra.

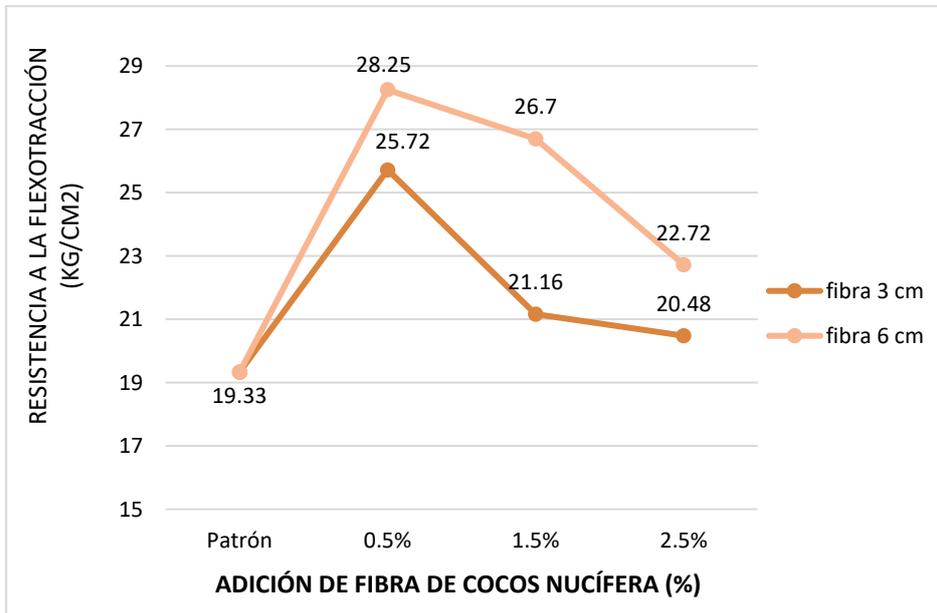
Discusión fibra larga (6 cm).

Los mejores resultados se observan en fibras con longitud de 6 cm, de manera semejante, en el estudio de Khan y Ali (2018), en que se emplearon fibras de 5 cm, en porcentajes de adición de fibra de coco, con una relación agua cemento de 0.50. Se exponen resultados favorables para fibras de larga longitud, sin embargo, existe una diferencia respecto al porcentaje óptimo de adición de fibra de coco obtenidos en la presente investigación la cual es 0.5% respecto a la de Khan y Ali donde se muestra mejor comportamiento para probetas con una adición de fibra de cocos nucífera al 2%, este comportamiento estaría variando debido al uso de humo de sílice y aplicación de superplastificante según la investigación referida, lo cual estaría mejorando la trabajabilidad del concreto y evitando la formación de vacíos, así mismo el remplazo por una puzolana alternativa ayuda en la disminución de la degradación de la fibra lo cual aporta resistencia en las propiedades mecánicas del concreto.

A fin de lograr un mejor entendimiento y discusión de resultados, se desarrolla de manera análoga la Figura 7 situando todos y cada uno de los datos obtenidos en las pruebas, con el objetivo de ser comparados entre sí.

Figura 7

Comparación de resistencias promedio en fibra corta y larga

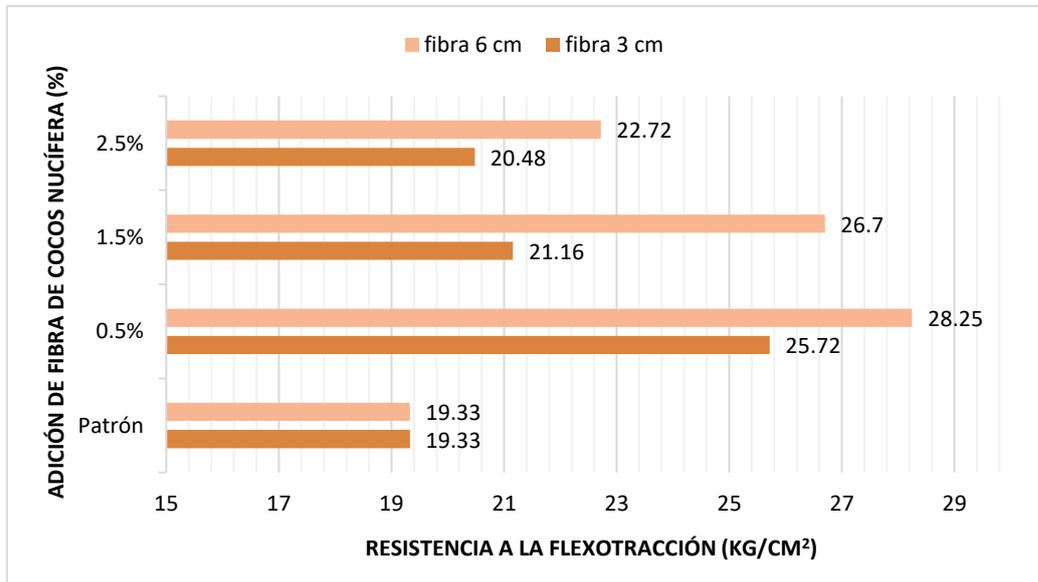


Continuando con nuestro razonamiento, tomamos como referencia el estudio de Ahmad et. al (2022), donde se emplearon mezclas cementantes con adición del 0.5%, 1%, 1.5%, 2% de fibra de coco, con longitudes de 25 mm, 50 mm y 75 mm, llegando a la conclusión que el tamaño óptimo es de 50 mm, ocurre de manera similar con los resultados graficados en la Figura 7; valores donde se aprecia una resistencia de hasta 28.25 Kg/cm² para fibra larga (6 cm) en comparación con una resistencia de 25.72% en fibra corta (3 cm) para adiciones de 0.5%.

Con respecto a lo proyectado, se infiere que para cada parte de reemplazo de fibra de cocos nucífera, la resistencia de probetas con fibra corta supera en todos sus porcentajes a la mezcla patrón, por último, los valores más altos fueron obtenidos para una mezcla con adición de fibra larga (6 cm) en todos sus porcentajes de adición de fibra.

Figura 8

Comparación de resistencias promedio en fibra corta y larga



Podemos resolver que las fibras de 3 cm, presentan una menor resistencia respecto a las fibras de 6 cm. Esto se debe a la falta de adherencia sólida entre la fibra y la interfaz de la matriz cementante; la cual aumenta debido al tamaño corto de la fibra que generó más puntos de inflexión. Añadiendo a lo antes mencionado; en la Figura 8 se muestra, que al aumentar el contenido de fibra más que un 0.5% no hay una mejora notable en la resistencia a la flexotracción y por el contrario decrece. Esto se debería a los vacíos generados entre la fibra y la matriz del concreto. Por lo tanto, esta investigación plantea para fibras cortas, qué al existir mayor concentración de carga en los extremos de las fibras, se genera como consecuencia el agrietamiento de la matriz cementante. Resultados similares a los que llega Amuthakkannan et. al (2013).

En la Tabla 8 se visualiza el aumento porcentual de la resistencia a la flexotracción del concreto respecto a la muestra patrón para fines de esta investigación.

Tabla 8

Aumento de la resistencia promedio expresada en porcentajes para fibra corta

Patrón	0.50%	1.50%	2.50%
19.33	25.72	21.16	20.48
-	33.0%	9.5%	6.0%

Ramli et. al (2013), las resistencias presentadas en su análisis mostraron un aumento en la resistencia a la flexión de 9% esto para probetas expuestas a climas agresivos como ambientes marinos y con un porcentaje de adición de fibra de coco no mayor al 1.2%, comparando con los resultados obtenidos proyectados en la Figura 9, puede apreciarse un rango entre 6% - 33%. Debido a que las probetas ensayadas en la presente investigación no fueron expuestas a sulfatos y cloruros correspondientes al agua de mar.

Figura 9

Comparación de la resistencia promedio expresada en porcentaje para fibra corta

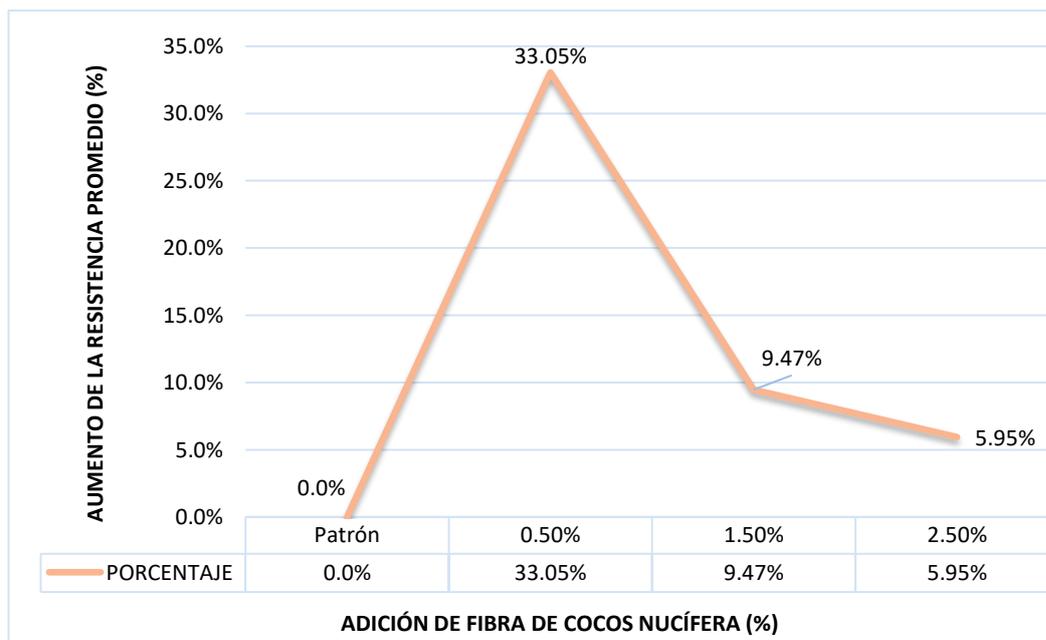


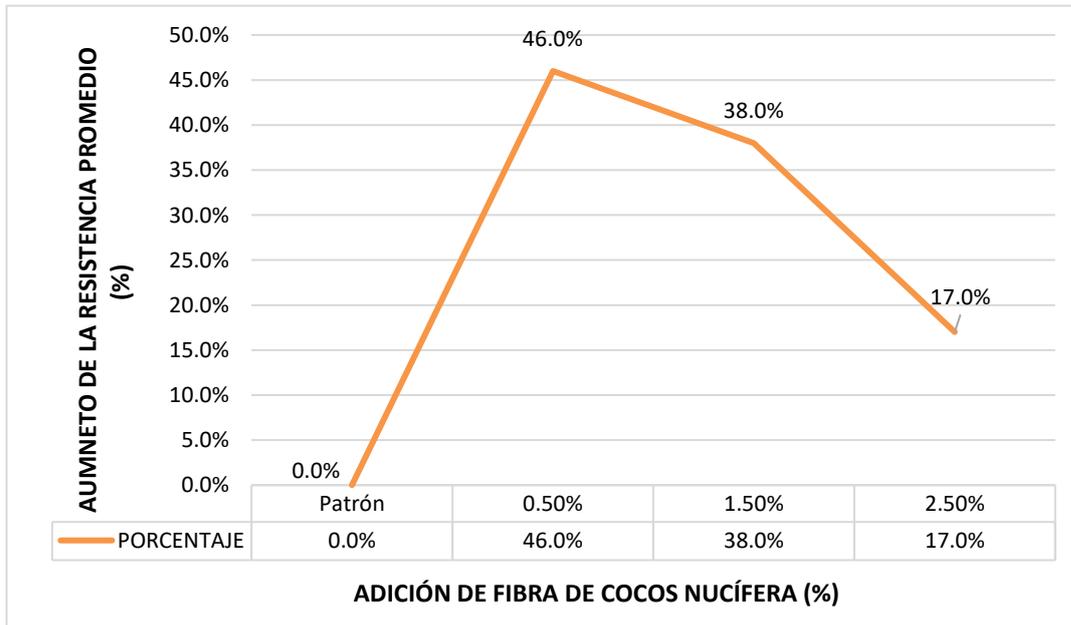
Tabla 9

Aumento de la resistencia promedio expresada en porcentajes para fibra larga

Patrón	0.50%	1.50%	2.50%
19.33	28.25	26.70	22.72
-	46.0%	38.0%	17.0%

Figura 10

Comparación de la resistencia promedio expresada en porcentaje para fibra larga



Podemos notar en la Figura 10 rangos de resistencia a la flexotracción que van desde 17% hasta un 46%, superando por varios puntos a la muestra patrón y los especímenes elaborados con fibra corta.

Esto debido a la adherencia de la fibra de cocos nucífera con la matriz cementante la cual es aceptable, sin embargo no llega a ser excelente; (ver Anexo N°63), en la cual se presentan espaciamientos entre la fibra y la matriz de concreto, debido a la variación del diámetro en la sección transversal de la fibra, a la irregularidad de la longitud y posiblemente a la degradación que sufre la fibra, efecto que produce un desprendimiento del concreto y por el otro lado una fibra debilitada pero aun firme, punto por el cual se

deduce que los tratamientos químicos (alcalinización con hidróxido de calcio) y físicos (lavado y secado) por los que se vio sometida la fibra de cocos nucífera, mermaron en su disminución a la flexión y elongación, esto debido al inicio de la mineralización de las paredes, cambios bruscos de volumen, efectuando una pérdida de elementos constituyentes en la pared celulósica de la fibra. Loic Coubert (2020) es preciso acotar, que fue conveniente tratar la fibra con el fin de ayudar a la misma a adaptarse al ambiente altamente alcalino que presenta el concreto (12 – 13 pH).

Basando las decisiones de esta investigación; en estudios con el mismo marco de referencia, Ahmad et. al (2022), concluye con un máximo óptimo de adición de fibra de coco de 2%; favorable para el concreto respecto a sus características a compresión en un 12% vs. 47% resistencia a la flexión. Consecuentemente al adicionar mayor porcentaje de fibra la disminución en la trabajabilidad de la mezcla, merma significativamente hacia una declinación de la resistencia a la tracción. Podemos ver en el anexo N°61 y N°62 respectivamente, como la fibra ha servido como puente soportando la carga y mitigando la energía ejercida por la máquina; tal como afirma Ahmad et. al (2022); las fibras funcionan como inhibidor de formaciones de fracturas, aumentaron a la vez su resistencia a la tracción del hormigón. Así mismo se observa que la fibra llega a detener la falla, motivo por el cual los datos obtenidos de especímenes con adición de fibra larga presentan los mejores resultados, consecuentemente presentando un buen comportamiento post-fisurado.

Sintetizando los resultados citados en este acápite, puede inferirse que existe una relación directamente proporcional entre la resistencia a la flexotracción y el porcentaje de reemplazo de fibra de cocos nucífera solo para adiciones de 0.5% en ambas longitudes. El comportamiento continúa de manera inversamente proporcional según se va adicionando porcentajes de fibra a la mezcla. De donde resulta una disminución de la resistencia

mientras el porcentaje de fibra de cocos nucífera aumenta, esto debido al aumento de vacíos generados por la textura de la fibra y la interfaz de la matriz cementante, así como la disminución de la trabajabilidad de la mezcla; sin embargo y cabe mencionarlo, los resultados de resistencia a flexotracción a partir del 0.5% de fibra de coco son superiores en ambas longitudes (3 cm y 6 cm) a los resultados de la muestra patrón.

5.9 Contrastación de la hipótesis

En la Figura 29; se encuentran cada uno de los datos obtenidos mediante el ensayo de resistencia a la flexotracción, con los cuales se pudo realizar la contrastación de hipótesis, a través del uso del programa estadístico SPSS IBM.

5.10 Limitaciones

Debido a que la industria de la construcción no ha logrado posicionarse como consumidor de fibra de coco, en el mercado no se encuentra una fibra libre de material orgánico, razón por la cual se inicia un proceso largo y tedioso hasta conseguir una fibra libre de residuos.

Las fibras con mejores características; pertenecen a la región selva, por lo cual el proceso de envío a la ciudad de Trujillo fue lento.

El cemento Tipo I no es un cemento comercial, por lo que su obtención tuvo un cierto grado de dificultad.

5.11 Implicancias

En el ámbito académico, contribuye a construir las bases de la investigación de adiciones de fibras naturales y el estudio de su repercusión en el comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto.

Respecto al aporte que implica el desarrollo del presente documento, al presentar resultados favorables, por encima de la resistencia a flexotracción de la muestra patrón, podríamos decir que; la fibra de cocos nucífera mejoraría la capacidad de resistencia del concreto, con un valor de costo beneficio; aceptable, sin embargo, para el uso en el campo de la industria de la construcción, debería ser mejor planificada la optimización del manejo de la fibra, previo a la adición de la misma, en la mezcla cementante.

5.12 Recomendaciones

Hacer pruebas respecto a la disminución del peso de las probetas y ser comparados con probetas de concreto convencional, para cuantificar la reducción del peso. Y plantear su uso en concreto ligeros.

Hacer ensayos de Slump de la mezcla con la adición de fibra de coco basándose en la norma Especificación Estándar ASTM C 1116.

Manejo de la fibra para uso en la construcción civil, debido que hoy en día está ubicado como un sub producto de desecho, siendo epicentro de focos infecciosos peligrosos para la población. Se recomienda la industrialización de la fibra de manera local, generándose puestos de trabajos e ingresos eco amigables para las poblaciones.

Implementar pruebas de impacto y absorción de energía en probetas de concreto con adición de fibra de coco.

Se recomienda trenzar la fibra a razón de formar una malla con el fin de homogenizar el reforzamiento, de igual modo cubrir la fibra con poliéster o aditivo a modo manual y lograr una mejor adherencia entre la interfaz de la matriz cementicias y la fibra natural.

Se recomienda brindar un tratamiento de limpieza, secado y alcalinización de la fibra antes de ser inmersa en el ambiente agresivo del concreto.

Se recomienda usar este tipo de concreto con adición de fibras naturales en elementos no estructurales, ya sean veredas, losas deportivas, vías de ligero y bajo tránsito.

5.13 Conclusiones

Tras el ensayo de los especímenes y observar el fallo de la matriz resultando en una probeta rota, pudieron inferirse algunos puntos:

Se concluyó que los porcentajes adicionados de fibras de cocos nucífera con longitudes 3 y 6 cm mejoran la propiedad de flexotracción del concreto, superando en todos los casos la resistencia de la mezcla patrón.

Los agregados usados para la presente investigación cumplen con los estándares permisibles para uso en mezclas de concreto.

El diseño de mezcla usado en la presente investigación mediante el método ACI 318 fue de 1:0.50:0.56:0.40, en relación a las cantidades de cemento, agua, agregado fino y agregado grueso.

Se determinó una resistencia máxima a la flexotracción del concreto de 28.25 Kg/cm² para probetas con adición de fibras de cocos nucífera en un 0.5% con longitud de 6 cm.

Se determinó una resistencia máxima a la flexotracción del concreto de 25.72 Kg/cm² para probetas con adición de fibras de cocos nucífera en un 0.5% con longitud de 3 cm.

La adición de las fibras de cocos nucífera en probetas de concreto, mejora de manera significativa en el desempeño a flexotracción de los especímenes ensayados.

Los resultados obtenidos tras el ensayo de flexotracción muestran resultados superiores en especímenes con adición de fibra respecto a los especímenes sin adición de la misma.

Se concluyó mejor comportamiento para probetas con adición de fibras de cocos nucífera largas (6 cm) respecto a las cortas (3 cm), los resultados mayores se evidenciaron con porcentajes de 0.5% para ambos casos.

La evaluación comparativa de los porcentajes de adición de fibra de cocos nucífera muestra un mejor comportamiento en adiciones de hasta 0.5%, disminuyendo progresivamente según se aumenta el porcentaje de fibras de cocos nucífera a la mezcla.

Longitudes de fibra más corta crearán más extremos de fibra, que actúan como puntos de concentración de tensión por ende una mayor probabilidad de inicio de falla. Esto merma en una clara reducción de la resistencia a la flexotracción comparada con la fibra de 6 cm.

El diseño de mezcla que obtuvo mayor resistencia a la flexotracción fue el espécimen que contenía fibra de 6 cm de longitud, con un porcentaje de adición total de 0.5%. Podemos concluir que la adición de fibra de cocos nucífera, afecto directa y positivamente a la resistencia a flexión del concreto para esta investigación.

Las tensiones de flexotracción en el fallo de los especímenes elaborados en esta investigación arrojaron como resultados, aumentos en la resistencia a la flexión de 33.05%, 9.47% y 5.95%, respectivamente para cada porcentaje de adición de fibra corta (3 cm).

Las tensiones de flexotracción en el fallo de los especímenes elaborados en esta investigación arrojaron como resultados, aumentos en la resistencia a la flexión en un

46.0%, 38.0% y 17.0%, respectivamente para cada porcentaje de adición de fibra larga (6 cm).

En la figura 7 se puede concluir que las probetas que tienen de 0,5 a 2,5% en volumen, tienen una influencia mucho mayor en la resistencia a la tracción del hormigón que fibras que contienen 0% en volumen, de manera análoga se descubrió, que aumentar el contenido de fibra de 0 a 0.5 por ciento en peso del cemento, aumentaba la resistencia a la tracción casi tres veces.

Se verifica que disminuye la trabajabilidad de la mezcla cementante, según aumenta el porcentaje de fibra de cocos nucífera.

Se concluye que la fibra de coco al presentar un alto contenido de lignina por ende propiedades viscoelásticas, lo cual nos lleva a inferir que, al ser sometidas a cargas de tensión, la composición de lignina desempeña el papel de amortiguador y es resiliente a estas cargas, además el contenido de hemicelulosa que presenta la fibra, resultó en una alta durabilidad a pesar del ambiente alcalino del concreto.

REFERENCIAS

- Ahmad, W., Farooq, S., Usman, M., Khan, M., Ahmad, A., Aslam, F., Yousef, R., Abduljabbar, H. & Muhammad, S. (2020). Effect of Coconut Fiber Length and Content on Properties of High Strength Concrete. *Materials*, 13(5), 1075.
<https://doi.org/10.3390/ma13051075>
- Altamirano Medina, R. y Terreros Lazo, R. (2018). Metodología para determinar la calidad de agua del río Rímac para uso en amasado y curado de concreto. *Ingeniería Industrial*, (36), 123-135.
<http://dx.doi.org/10.26439/ing.ind2018.n036.2451>
- Amuthakkannan, P., Manikandan, V., Winowlin, J. & Uthayakumar. (2013). Efect of fibre length and fibre content on mechanical properties of short basalt fibre reinforced polymer matrix composites. *Materials Physics and Mechanics / Institute of Problems of Mechanical Engineering*, 16(2013), 107-117.
<https://bit.ly/3hYaTUz>
- Assis, P (2005). *Destinação sustentável de cascas de coco (cocos nucífera) verde obtenção de telhas e chapas de partículas*. [Tesis de doctorado, Universidade Federal de Rio de Janeiro].
Repositorio Institucional de la Universidad Federal de Rio de Janeiro
<https://bit.ly/3gjKAb6>
- Basha, H., Chakra, H., Elkordi, A. & Machaka, M. (2014). Alkali treatment of pan palm natural fibers for use in fiber reinforced concrete. *European Scientific Journal, ESJ*, 10(12), 1857-7431.
<https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/3198>
- Cergiz (02 de mayo de 2022), *Estándar test method for flexural strength of concrete (using simple beam third-point loading)*. Academia. <https://bit.ly/3HEiD8N>.

Crippa, M., Guizzardi, D., Muntean, M., Schaaf, E., Solazzo, E., Monforti-Ferrario, F., Olivier, J. & Vignati, E. (2019). *Fossil CO₂ and GHG emissions of all world countries – 2019*. JRC Science for policy Report

<https://bit.ly/3hV4VnD>

Hernández, N., López, B., Morales, V., Mendez, O. & Calderón, O. (2018). Caracterización química de la fibra de coco (Cocos nucífera L.) de México utilizando espectroscopía de Infrarrojo (FTIR). *Ingeniería y Región / Bogotá, Colombia*, 20(1), 67-71.

<https://doi.org/10.25054/22161325.1914>

Habert, G., Miller, S., John, V., Provis, J., Horvath, A. & Scrivener, K. (2020). Environmental impacts and decarbonization strategies in the cement and concrete industries. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1, 559–573.

<https://doi.org/10.1038/s43017-020-0093-3>

INEI (2020). *Estado de la población peruana en 2020*.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1743/Libro.pdf

INEI (2021). *Avance coyuntural de la actividad económica*. N°03.

<https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/03-informe-tecnico-avance-coyuntural-ene-2021.pdf>

Informe económico de la construcción. (2022). *Construcción e Industria / CAPECO*.

<https://bit.ly/3B94Jrr>

Khan M. & Ali, M. (2018) Effect of super plasticizer on the properties of medium strength concrete prepared with coconut fiber. *ScienceDirect / Construction and Building Materials*. (182), 703-715.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.06.150>

Lara, G. (2017). *Determinación de los porcentajes óptimos de fibra de coco en hormigones hidráulicos*. [Tesis de pregrado, Universidad de Especialidades Espíritu Santo].

Repositorio Institucional de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo

<http://repositorio.uees.edu.ec/handle/123456789/1942>

Loic, C. (2020). *Influencia del tratamiento superficial de las fibras de fique en las propiedades mecánicas del compuesto fibra-matriz cementante*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia]

Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Colombia

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78742>

Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *CienciAmerica. Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica* 3(1), 47-50.

<http://bit.ly/3iYOIE4>

Morsyleide, R., Medeiros, E., Malmonge, J., Gregorski, K., Wood, D., Mattoso, L., Glenn, G., Orts, W. & Imam, S. (2010). Cellulose nanowhiskers from coconut husk fibres: Effect of preparation conditions on their thermal and morphological behavior. *ScienceDirect | Carbohydrate Polymers* 81(1), 83-92.

<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.01.059>

Mercedes, L., Gil, L. & Bernat, E. (2018). Comportamiento mecánico de compuestos de matriz cementicias y tejidos de fibras vegetales. *HAC2018 | V Congreso Iberoamericano de Hormigón Autocompactantes y Hormigones Especiales*. Repositorio de la Universidad Politécnica de Catalunya

<http://dx.doi.org/10.4995/HAC2018.2018.5501>

Ministerio de vivienda construcción y saneamiento (2006) *Reglamento Nacional de Edificaciones*.

<https://bit.ly/3XXqdRR>

Ministerio de Vivienda (2018). *Dirección General de Políticas y Regulación en Vivienda y Urbanismo – DGPRVU*.

[https:// bit.ly/3P1IeL5](https://bit.ly/3P1IeL5)

Nadgouda, K. (2014). Coconut fibre reinforced concrete. *Thirteenth IRF International Conference*.

http://www.digitalxplore.org/up_proc/pdf/102-14109319585-7.pdf

Norma ASTM: c31/c 31m – 03^a (2003). Práctica normalizada para la preparación y curado en obra de las probetas para ensayo del hormigón. *Este método de prueba cae bajo la jurisdicción del Comité C-09 Hormigón y Áridos para Hormigón de la ASTM.*

Norma ASTM C293 (2020). Estándar Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With One – Point Loading).

Nuñez, K. (2010). *Estudio tecnológico del componente fibra de dos variedades de coco enano (cocos nucífera) de los distritos de Lamas, Tarapoto y Pucacaca en la región San Martín.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín].

Repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Martín.

<http://hdl.handle.net/11458/2266>

Osorio, J., Aristizabal, F. & Herrera, J. (2007). *Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín]. *Dyna*, 74(153), 69-79.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49615322>

Quintero, S. & González, L. (2006). Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. *Ingeniería y Desarrollo*, (20), 134-150.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85202010>

Quintero, L., Cruz, R. & Peña, D. (2013). Efecto del contenido de agua sobre la resistencia y la velocidad de pulso ultrasónico del concreto. *Tecnura*, 18(42), 103-113.

<https://www.redalyc.org/pdf/2570/257032091009.pdf>

Ramli, M., Hoe, W. & Faisal, N. (2013). Strength and durability of coconut-fiber-reinforced concrete in aggressive environments. *ScienceDirect | Construction and Building Materials*, 38, 554-566.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.09.002>

Ruiz, A. (2015). Resistencia a compresión del mortero cemento-arena incorporando ceniza de cáscara de arroz, afrecho de cebada y bagazo de caña de azúcar [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]

Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte

<https://hdl.handle.net/11537/7330>

Sekar, A. & Kandasamy, G. (2018) Optimization of Coconut Fiber in Coconut Shell Concrete and Its Mechanical and Bond Properties. *Materials*. 11(9), 1726.

<https://doi.org/10.3390/ma11091726>

Skocek, J., Zajac, M. & Ben, M. (2020). Carbon capture and Utilization by mineralization of cement pastes derived from recycled concrete. *Scientific Reports* 10(5614).

<https://doi.org/10.1038/s41598-020-62503-z>

Syed, H., Nerella, R. & Rama, S. (2020). Role of coconut coir fiber in concrete.

ScienceDirect | MaterialsToday: Proceedings, 27(2), 1104-1110.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320305824>

Vidaud E. (2013). De la historia del concreto. *Construcción y tecnología en concreto*.

<http://www.revistacyt.com.mx/index.php/ingenieria/60-de-la-historia-del-cemento>.

Vilchez, G. & Vilchez, R. (2019). Diseño de concreto con adición de fibras secas de maíz para habilitaciones en el distrito de villa maría del triunfo año 2019 [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]

Repositorio Institucional de la Universidad Ricardo Palma.

<https://hdl.handle.net/20.500.14138/2602>

ANEXOS

ANEXO N°1. Guía de observación para pruebas de flexotracción

GUÍA DE OBSERVACIÓN	
Código	N00125888
Observador	Bachiller
	Stephanny Mariam Portal Arevalo
Fecha	1/06/2022
Ubicación	Laboratorio de concreto - Grupo IMG - Trujillo
DATOS DE LA MEZCLA:	
1. Relación agua/cemento:	<input type="text"/>
2. Cantidad de fibra:	<input type="text"/> %
3. Longitud de fibra:	<input type="text"/> cm
DATOS DE PROBETA	
3. Tiempo de curado:	<input type="text"/> días
4. Medidas:	<input type="text"/> cm
5. SPAM:	<input type="text"/> cm
6. Carga máxima:	<input type="text"/> Mpa
7. Resistencia a flexión:	<input type="text"/> kg/cm ²
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto;"></div>	
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> <p>Técnico encargado</p>	

ANEXO N°2. Análisis granulométrico promedio del agregado grueso

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS
(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

Tesista: Stephanny Mariam Portal Arevalo

Fecha : Abril 2022

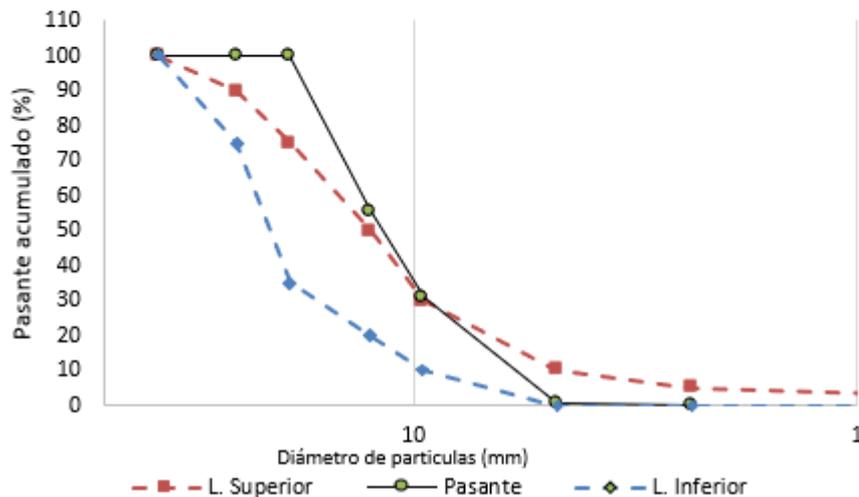
Asesor: Ing. Cinthya Alvarado Ruiz

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación : Muestra promedio - Agregado Grueso
Procedencia : Cantera "La Soledad"

Tamaño Max. : 3/4"
Tamaño Max. Nominal : 1/2"

TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO TAMIZ (g.)	TAMIZ + MUESTRA (g.)	PESO RETENIDO (g.)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO (%)			
						RETENIDO	PASANTE	L. Inferior	L. Superior
1 1/2"	37.500	205.4	205.40	0.00	0.00	0.0	100.0	100	100
1"	25.000	175.05	175.05	0.00	0.00	0.0	100.0	75	90
3/4"	19.000	171.01	171.01	0.00	0.00	0.0	100.0	35	75
1/2"	12.500	204.83	846.21	641.38	44.23	44.2	55.8	20	50
3/8"	9.500	186.32	545.95	359.63	24.80	69.0	31.0	10	30
Nº4	4.750	189.87	625.45	435.58	30.04	99.1	0.9	0	10
Nº8	2.360	177.56	190.98	13.42	0.93	100.0	0.0	0	5
PESO TOTAL				1450.01	100	T.M.	3/4"		
						T.M.N.	1/2"		



ANEXO N°3. Análisis granulométrico promedio del agregado fino.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS
(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

Tesista: Stephanny Mariam Portal Arevalo

Fecha: Abril 2022

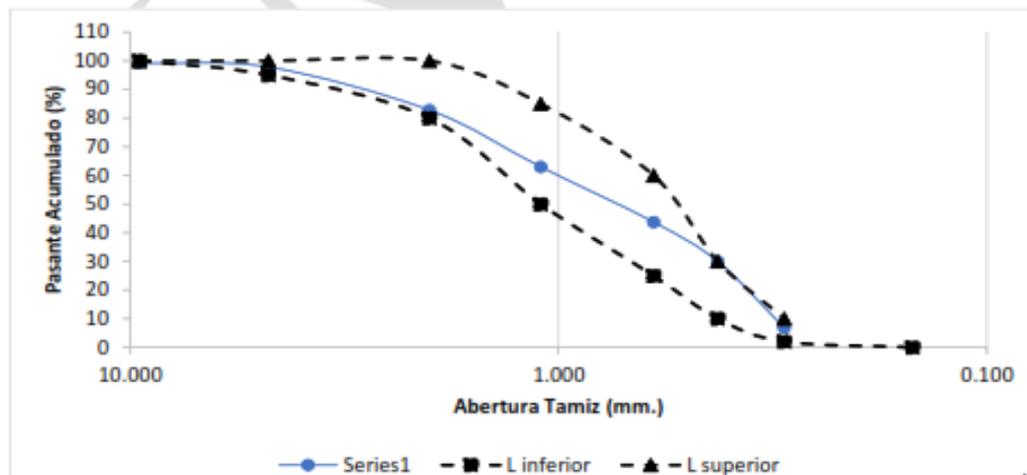
Asesor: Ing. Cinthya Alvarado Ruiz

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación: Muestra Promedio - Agregado Fino
Procedencia: Cantera "La Soledad"

Tamaño Max.: 3/8"
Tamaño Max. Nominal: N° 100

TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO TAMIZ (g.)	TAMIZ + MUESTRA (g.)	PESO RETENIDO (g.)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO (%)	
						RETENIDO	PASANTE
3/8"	9.500	542.1	544.75	2.65	1	1	99
N°4	4.750	537.54	541.99	4.45	1	2	98
N°10	2.000	502.45	551.74	49.29	15	17	83
N°16	1.100	405.12	470.06	64.94	20	37	63
N°30	0.600	305.15	368.16	63.01	19	56	44
N°40	0.425	366.15	411.28	45.13	14	70	30
N°50	0.297	425.12	500.96	75.84	23	93	7
N°100	0.149	332.84	344.39	11.55	4	97	3
N°200	0.075	306.45	314.22	7.77	2	99	1
B	0	370	373.07	3.07	1	100	0
PESO TOTAL				327.70		100	
				M. FINURA		2.67	



ANEXO N°4. Peso Unitario del agregado grueso.

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE AGREGADOS (NORMA DE ENSAYO: NTP 400.017)	
<p>Stephanny Mariam Portal</p> <p>Tesistas: Arevalo</p> <p>Asesor: Ing. Cinthya Alvarado Ruiz</p>	<p>Fecha: Abril 2022</p>

PESO UNITARIO SECO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	Kg	1.2	1.2	1.2
Altura del molde	M	0.15	0.15	0.15
Diametro del molde	M	0.3	0.3	0.3
Radio del molde	M	0.15	0.15	0.15
Volumen del molde	m ³	0.01060	0.01060	0.01060
Peso de molde + Muestra	Kg	18.41	18.654	18.51
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m ³	1623	1646	1633
Promedio	kg/m ³	1634		
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	1634	kg/m ³		

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	Kg	1.2	1.2	1.2
Altura del molde	M	0.15	0.15	0.15
Diametro del molde	M	0.3	0.3	0.3
Radio del molde	M	0.15	0.15	0.15
Volumen del molde	m ³	0.01060	0.01060	0.01060
Peso de molde + Muestra	Kg	20.12	20.24	20.19
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	kg/m ³	1784	1796	1791
Promedio	kg/m ³	1790		
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	1790	kg/m ³		

ANEXO N°5. Peso Unitario suelto del agregado fino.

PESO UNITARIO SUELTO COMPACTADO AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	4.054	4.054	4.054
Altura del molde	m	0.12	0.12	0.12
Diametro del molde	m	0.3	0.3	0.3
Radio del molde	m	0.15	0.15	0.15
Volumen del molde	m ³	0.00848	0.00848	0.00848
Peso de molde + Muestra	kg	13.54	13.484	13.24
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m ³	1596	1590	1561
Promedio	kg/m ³	1582		
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	1582	kg/m ³		

PESO UNITARIO SECO COMPACTADO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	4.054	4.054	4.054
Altura del molde	m	0.12	0.12	0.12
Diametro del molde	m	0.3	0.3	0.3
Radio del molde	m	0.15	0.15	0.15
Volumen del molde	m ³	0.00848	0.00848	0.00848
Peso de molde + Muestra	kg	14.524	14.95	14.954
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	kg/m ³	1712	1762	1763
Promedio	kg/m ³	1746		
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	1746	kg/m ³		

ANEXO N°6. Peso específico y absorción del agregado grueso.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS (NORMAS DE ENSAYO: NTP 400.021 y NTP 400.022)			
Tesista:	Stephanny Mariam Portal Arevalo	Fecha:	Abril 2022
Asesor:	Ing. Cinthya Alvarado Ruiz		

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
B =Peso de la muestra SSS	g	39.46	40.51	42.94
C = Peso de la muestra SSS en el agua	g	24.67	25.02	25.94
Peso de bandeja	g	16.00	16.00	16.00
Peso de bandeja + Muestra seca	g	54.15	54.99	57.05
A = Peso de la muestra secada en el horno	g	38.15	38.99	41.05
Peso específico de masa SSS	kg/m ³	2668.02	2615.24	2525.88
Peso específico aparente	kg/m ³	1836.84	1834.83	1833.82
Peso específico de masa	kg/m ³	2579	2517	2415
Promedio del peso específico de masa	kg/m ³	2504		
Peso específico de masa:	2504	kg/m³		

ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA		
		M-1	M-2	M-3
B =Peso de la muestra SSS	kg	39.46	40.51	42.94
A = Peso de la muestra secada en el horno	kg	38.15	38.99	41.05
Porcentaje de absorción (%)	%	3.4	3.9	4.6
Promedio	%	4.0		
Absorción:	4.0	%		

ANEXO N°7. Peso específico y absorción del agregado fino.

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Volumen de agua en la fiola	cm ³	500.0	500.0	500.0
Peso de la fiola (limpio y seco)	G	159.4	161.0	164.6
B = Peso de la fiola + Agua	G	657.0	661.0	664.1
Peso de la fiola + Peso muestra SSS	G	602.1	600.5	286.2
C = Peso de la fiola + Peso muestra SSS + Agua	G	945.2	950.2	738.2
Peso del agua (5-4)	G	343.0	349.7	452.0
Peso de recipiente	G	114.4	114.4	70.0
Recipiente + Muestra seca	G	546.3	524.0	115.0
A = Peso de la muestra secada al horno	G	433.0	431.0	119.0
S = Peso de la muestra SSS (4-2)	G	442.8	439.5	121.6
Peso específico de masa SSS	kg/m ³	2863.8	2924.5	2564.9
Peso específico aparente	kg/m ³	2989.3	3039.5	2653.9
Peso específico de masa	kg/m ³	2801	2868	2511
Promedio peso específico de masa	kg/m ³	2727		
Peso específico de masa:	2727	kg/m³		

ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA		
		M-1	M-2	M-3
Peso de la muestra SSS (4-2)	G	442.75	439.47	121.55
Peso de la muestra secada al horno	G	433	431	119
Porcentaje de absorción (%)	%	2.3	2.0	2.1
Promedio	%	2.1		
Absorción:	2.1	%		

ANEXO N°8. Contenido de humedad del agregado grueso.

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM C566				
PROYECTO	EFFECTO DE LA LONGITUD Y CANTIDAD DE FIBRA DE COCOS NUCÍFERA SOBRE LA RESISTENCIA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO.			
SOLICITANTE	STEPHANNY MARIAM PORTAL AREVALO			
CANTERA	LA SOLEDAD – TRUJILLO			
MATERIAL	AGREGADO GRUESO			

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de tara	g	318.00	320.00	309.00
Peso de tara + muestra humeda	g	1478.00	1502.00	1461.00
Peso de tara + muestra seca	g	1472.00	1499.00	1456.48
Contenido de humedad	%	0.5	0.3	0.4
Promedio	%	0.4		
Contenido de humedad:	0.4	%		

ANEXO N°9. Contenido de humedad del agregado fino.

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM C566				
PROYECTO	EFECTO DE LA LONGITUD Y CANTIDAD DE FIBRA DE COCOS NUCÍFERA SOBRE LA RESISTENCIA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO.			
SOLICITANTE	STEPHANNY MARIAM PORTAL AREVALO			
CANTERA	LA SOLEDAD – TRUJILLO			
MATERIAL	AGREGADO FINO			

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de tara	g	75.10	68.88	59.20
Peso de tara + muestra humeda	g	118.04	112.56	88.35
Peso de tara + muestra seca	g	117.26	111.81	87.90
Contenido de humedad	%	1.9	1.7	1.6
Promedio	%	1.7		
Contenido de humedad:	1.7	%		

ANEXO N°10. Prueba de asentamiento (SLUMP) de diseño de mezcla a los 7 días.



ANEXO N°11. Resultados de pruebas de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla.



GRUPO IMG
Ingeniería, materiales y geotecnia

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
ASTM C - 39

PROYECTO : EFECTO DE LA LONGITUD Y CANTIDAD DE FIBRA DE COCOS NUCÍFERA SOBRE LA RESISTENCIA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO

UBICACION : TRUJILLO - LA LIBERTAD

MATERIAL : CONCRETO 210 kg/m³ - 7 DÍAS DE CURADO

AUTORES : STEPHANNY MARIAM PORTAL AREVALO

N° DE PRUEBA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLEDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD DIAS	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	CARGA N	AREA (cm ²)	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	F _c DISEÑO (Kg/cm ²)	% OBTENIDO	
												%	% PROMEDIO
1.00	CONCRETO SIMPLE	5/02/2022	11/02/2022	7.00	302.00	151.00	246,540.00	17,907.34	13.94	141.02	210	6715	67.57
2.00	CONCRETO SIMPLE	5/02/2022	11/02/2022	7.00	301.00	150.00	246,570.00	17,670.94	13.95	141.21	210	6724	
3.00	CONCRETO SIMPLE	5/02/2022	11/02/2022	7.00	302.00	150.00	250,450.00	17,670.94	14.17	143.43	210	6830	

OBSERVACIONES:

Las pruebas se ensayaron con alfileres de respaldo en ambos lados para la correcta ejecución del ensayo

La velocidad de ensayo fue de 5.3 mm/s



GRUPO IMG
Ingeniería, materiales y geotecnia

Ing. Jorge Brito Vilanova
REPRESENTANTE LEGAL
COP N° 197384
GRUPO IMG

ANEXO N°12. Resistencia a la flexotracción del concreto con adición del 0% de fibra de cocos nucífera

N° DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	ANCHO mm	SPAM mm	ALTURA mm	FUERZA N	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	
							Mpa	Kg/cm ²
1	PATRÓN	154	400	150	10980	1.9		
2	PATRÓN	154	400	150	10970	1.9	1.90	19.18
3	PATRÓN	154	400	150	10890	1.89		

ANEXO N°13. Resistencia a la flexotracción del concreto con adición del 0.5% de fibra de cocos nucífera (3 cm)

N° DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	ANCHO mm	SPAM mm	ALTURA mm	FUERZA N	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	
							Mpa	Kg/cm ²
1	0.5% fibra corta	151	400	150	13570	2.4		
2	0.5% fibra corta	151	400	150	14540	2.57	2.52	25.53
3	0.5% fibra corta	151	400	150	14740	2.6		

ANEXO N°14. Resistencia a la flexotracción del concreto con adición del 1.5% de fibra de cocos nucífera (3 cm)

N° DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	ANCHO mm	SPAM mm	ALTURA mm	FUERZA N	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	
							Mpa	Kg/cm ²
1	1.5% fibra corta	151	400	150	12400	2.19		
2	1.5% fibra corta	152	400	150	11950	2.1	2.07	20.99
3	1.5% fibra corta	151	400	150	10970	1.94		

ANEXO N°15. Resistencia a la flexotracción del concreto con adición del 2.5% de fibra de cocos nucífera (3 cm)

N° DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	ANCHO mm	SPAM mm	ALTURA mm	FUERZA N	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	
							Mpa	Kg/cm ²
1	2.5% fibra corta	150	400	150	11450	2.04		
2	2.5% fibra corta	150	400	150	11240	2	2.01	20.32
3	2.5% fibra corta	151	400	150	11270	1.99		

ANEXO N°16. Resistencia a la flexotracción del concreto con adición del 0.5% de fibra de cocos nucífera (6 cm)

N° DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	ANCHO	SPAM	ALTURA	FUERZA N	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	
		mm	mm	mm			Mpa	Kg/cm 2
1	0.5% fibra larga	151	400	151	15780	2.75		
2	0.5% fibra larga	151	400	151	16040	2.8	2.77	28.04
3	0.5% fibra larga	151	400	150	15670	2.77		

ANEXO N°17. Resistencia a la flexotracción del concreto con adición del 1.5% de fibra de cocos nucífera (6 cm)

N° DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	ANCHO	SPAM	ALTURA	FUERZA N	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	
		mm	mm	mm			Mpa	Kg/cm 2
1	1.5% fibra larga	151	400	150	14500	2.56		
2	1.5% fibra larga	150	400	150	15070	2.68	2.62	26.49
3	1.5% fibra larga	151	400	151	15000	2.61		

ANEXO N°18. Resistencia a la flexotracción del concreto con adición del 2.5% de fibra de cocos nucífera (6 cm)

N° DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	ANCHO	SPAM	ALTURA	FUERZA N	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	
		mm	mm	mm			Mpa	Kg/cm 2
1	2.5% fibra larga	151	400	150	12410	2.19		
2	2.5% fibra larga	150	400	151	12950	2.27	2.23	22.55
3	2.5% fibra larga	151	400	150	12580	2.22		

ANEXO N°19. Análisis de costos para mezcla patrón.

Análisis de costo de 3 probetas con 0% adición de fibra				
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	C.U	PARCIAL (S/.)
Cemento Tipo I	Bolsas	0.35	27	9.35
Piedra	M3	0.0144	50	0.72
Arena	M3	0.0099	40	0.40
Agua	M3	0.0096	4.262	0.04
Fibra de coco	Kg	0	0.5	0
Total				10.51

ANEXO N°20. Análisis de costos para mezcla con adición de 0.5% de fibra de cocos nucífera.

Análisis de costo de 3 probetas con 0.5% adición de fibra				
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	C.U	PARCIAL (S/.)
Cemento Tipo I	Bolsas	0.35	27	9.35
Piedra	M3	0.014	50	0.72
Arena	M3	0.010	40	0.40
Agua	M3	0.010	4.262	0.04
Fibra de coco	Kg	0.074	0.5	0.037
Total				10.55

ANEXO N°21. Análisis de costos para mezcla con adición de 1.5% de fibra de cocos
nucífera.

Análisis de costo de 3 probetas con 1.5% adición de fibra de coco				
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	C.U	PARCIAL (S/.)
Cemento Tipo I	Bolsas	0.346	27	9.35
Piedra	M3	0.014	50	0.72
Arena	M3	0.010	40	0.40
Agua	M3	0.010	4.262	0.04
Fibra de coco	Kg	0.221	0.5	0.11
Total				10.62

ANEXO N°22. Análisis de costo de 3 probetas con 2.5% adición de fibra de coco.

Análisis de costo de 3 probetas con 2.5% adición de fibra de coco				
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	C.U	PARCIAL (S/.)
Cemento Tipo I	Bolsas	0.35	27	9.35
Piedra	M3	0.01	50	0.72
Arena	M3	0.01	40	0.40
Agua	M3	0.01	4.262	0.04
Fibra de coco	Kg	0.37	0.5	0.18
Total				10.69

ANEXO N°23. Hoja de observación – Muestra con Ra/c = 0.5, adición de 0% de fibra de coco evaluado a los 28 días de curado.

GUÍA DE OBSERVACIÓN			
Código	N00125888		
Observador	Bachiller		
	Stephanny Mariam Portal Arevalo		
Fecha	1/06/2022		
Ubicación	Laboratorio de concreto - Grupo IMG - Trujillo		
DATOS DE LA MEZCLA:			
1. Relación agua/cemento:	0.5		
2. Cantidad de fibra:	0 %		
3. Longitud de fibra:	0 cm		
DATOS DE PROBETA			
3. Tiempo de curado:	28 días		
4. Medidas:	15*15*45 cm		
5. SPAM:	4.00 cm		
6. Carga máxima:	1.90 Mpa		
7. Resistencia a flexión:	19.18 kg/cm ²		
 Ing. Jorge Barrantes Villanueva REPRESENTANTE LEGAL OIP N° 197384 GRUPO IMG			
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> Técnico encargado			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Foto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">  </td> </tr> </tbody> </table>		Foto	
Foto			
			

ANEXO N°24. Hoja de observación – Fibra corta - Muestra con $r_{a/c} = 0.5$ y 0.5% de fibra de coco a 28 días de curado.

GUÍA DE OBSERVACIÓN	
Código	N00125888
Observador	Bachiller
	Stephanny Mariam Portal Arevalo
Fecha	
Ubicación	Laboratorio de concreto - Grupo IMG - Trujillo

<p>DATOS DE LA MEZCLA:</p> <p>1. Relación agua/cemento: <input style="width: 80px;" type="text" value="0.5"/></p> <p>2. Cantidad de fibra: <input style="width: 80px;" type="text" value="0.5"/> %</p> <p>3. Longitud de fibra: <input style="width: 80px;" type="text" value="3"/> cm</p> <p>DATOS DE PROBETA</p> <p>3. Tiempo de curado: <input style="width: 80px;" type="text" value="28"/> días</p> <p>4. Medidas: <input style="width: 80px;" type="text" value="15*15*45"/> cm</p> <p>5. SPAM: <input style="width: 80px;" type="text" value="4.00"/> cm</p> <p>6. Carga máxima: <input style="width: 80px;" type="text" value="2.52"/> Mpa</p> <p>7. Resistencia a flexión: <input style="width: 80px;" type="text" value="25.53"/> kg/cm²</p>	<p>Foto</p> 
---	--



Ing. Jorge Barrantes Villanueva
REPRESENTANTE LEGAL
OIP N° 197384
GRUPO IMG

Técnico encargado

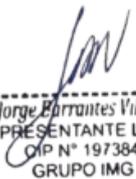
ANEXO N°25. Hoja de observación – Fibra corta - Muestra con r a/c = 0.5 y 1.5% de fibra de coco a 28 días de curado.

GUÍA DE OBSERVACIÓN			
Código	N00125888		
Observador	Bachiller		
	Stephanny Mariam Portal Arevalo		
Fecha			
Ubicación	Laboratorio de concreto - Grupo IMG - Trujillo		
DATOS DE LA MEZCLA:			
1. Relación agua/cemento:	0.5		
2. Cantidad de fibra:	1.5 %		
3. Longitud de fibra:	3 cm		
DATOS DE PROBETA			
3. Tiempo de curado:	28 días		
4. Medidas:	15*15*45 cm		
5. SPAM:	4.00 cm		
6. Carga máxima:	2.07 Mpa		
7. Resistencia a flexión:	20.99 kg/cm ²		
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Foto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">  </td> </tr> </tbody> </table>	Foto	
Foto			
			
 Ing. Jorge Barrantes Villanueva REPRESENTANTE LEGAL O.P. N° 197384 GRUPO IMG			
<hr style="width: 50%; margin: auto;"/> Técnico encargado			

ANEXO N°26. Hoja de observación – Muestra con r a/c = 0.5 y 2.5% de fibra de coco a 28 días de curado.

GUÍA DE OBSERVACIÓN	
Código	N00125888
Observador	Bachiller
	Stephanny Mariam Portal Arevalo
Fecha	
Ubicación	Laboratorio de concreto - Grupo IMG - Trujillo

<p>DATOS DE LA MEZCLA:</p> <p>1. Relación agua/cemento: <input style="width: 80px;" type="text" value="0.5"/></p> <p>2. Cantidad de fibra: <input style="width: 80px;" type="text" value="2.5"/> %</p> <p>3. Longitud de fibra: <input style="width: 80px;" type="text" value="3"/> cm</p> <p>DATOS DE PROBETA</p> <p>3. Tiempo de curado: <input style="width: 80px;" type="text" value="28"/> días</p> <p>4. Medidas: <input style="width: 80px;" type="text" value="15*15*45"/> cm</p> <p>5. SPAM: <input style="width: 80px;" type="text" value="4.00"/> cm</p> <p>6. Carga máxima: <input style="width: 80px;" type="text" value="2.01"/> Mpa</p> <p>7. Resistencia a flexión: <input style="width: 80px;" type="text" value="20.32"/> kg/cm²</p>	<p>Foto</p> 
---	--



Ing. Jorge Barrantes Villanueva
REPRESENTANTE LEGAL
OIP N° 197384
GRUPO IMG

Técnico encargado

ANEXO N°27. Hoja de observación – Fibra larga - Muestra con r a/c = 0.5 y 0.5% de fibra de coco a 28 días de curado.

GUÍA DE OBSERVACIÓN	
Código	N00125888
Observador	Bachiller
	Stephanny Mariam Portal Arevalo
Fecha	
Ubicación	Laboratorio de concreto - Grupo IMG - Trujillo
DATOS DE LA MEZCLA:	
1. Relación agua/cemento:	0.5
2. Cantidad de fibra:	0.5 %
3. Longitud de fibra:	6 cm
DATOS DE PROBETA	
3. Tiempo de curado:	28 días
4. Medidas:	15*15*45 cm
5. SPAM:	4.00 cm
6. Carga máxima:	2.77 Mpa
7. Resistencia a flexión:	28.04 kg/cm ²
	
 Ing. Jorge Parrantes Villanueva REPRESENTANTE LEGAL CIP N° 197384 GRUPO IMG	
_____ Técnico encargado	

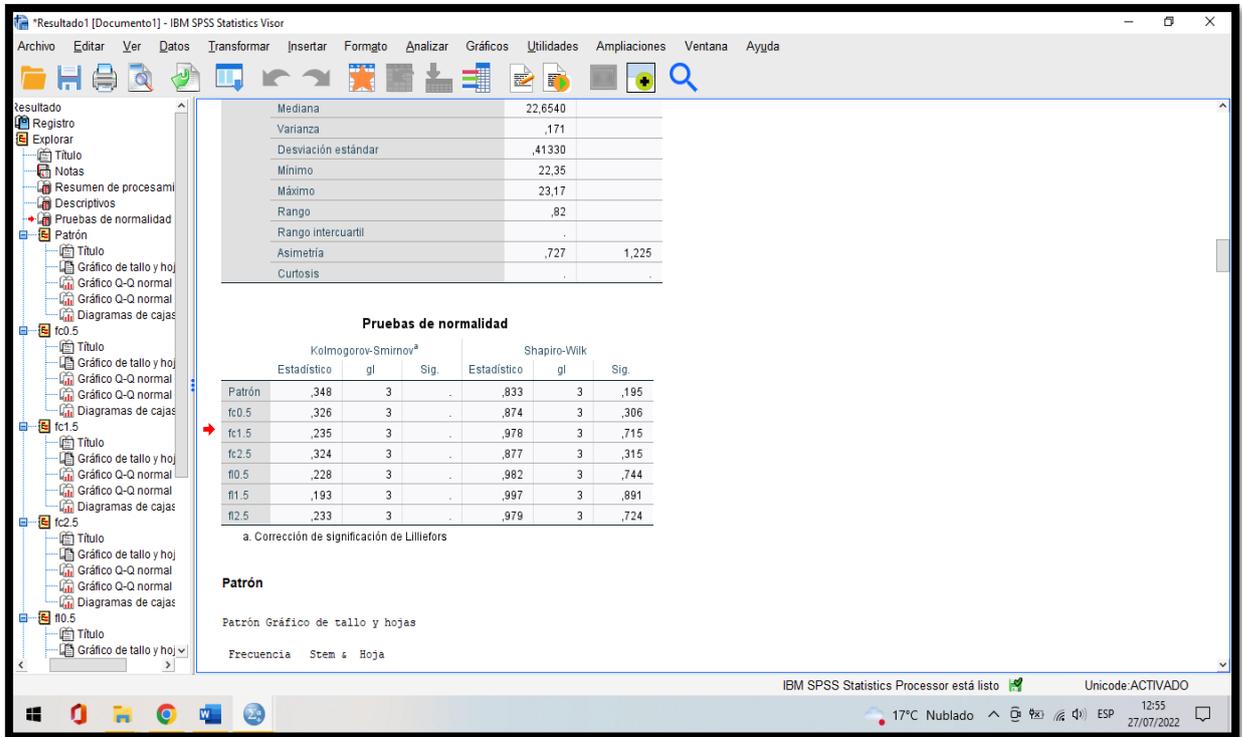
ANEXO N°28. Hoja de observación – Fibra larga - Muestra con r a/c = 0.5 y 1.5% de fibra de coco a 28 días de curado.

GUÍA DE OBSERVACIÓN	
Código	N00125888
Observador	Bachiller
	Stephanny Mariam Portal Arevalo
Fecha	
Ubicación	Laboratorio de concreto - Grupo IMG - Trujillo
DATOS DE LA MEZCLA:	
1. Relación agua/cemento:	<input type="text" value="0.5"/>
2. Cantidad de fibra:	<input type="text" value="1.5"/> %
3. Longitud de fibra:	<input type="text" value="6"/> cm
DATOS DE PROBETA	
3. Tiempo de curado:	<input type="text" value="28"/> días
4. Medidas:	<input type="text" value="15*15*45"/> cm
5. SPAM:	<input type="text" value="4.00"/> cm
6. Carga máxima:	<input type="text" value="2.62"/> Mpa
7. Resistencia a flexión:	<input type="text" value="26.49"/> kg/cm ²
	
 Ing. Jorge E. Villanueva REPRESENTANTE LEGAL CIP N° 197384 GRUPO IMG	
<hr/> Técnico encargado	

ANEXO N°29. Hoja de observación – Fibra larga - Muestra con r a/c = 0.5 y 2.5% de fibra de coco a 28 días de curado.

GUÍA DE OBSERVACIÓN	
Código	N00125888
Observador	Bachiller
	Stephanny Mariam Portal Arevalo
Fecha	
Ubicación	Laboratorio de concreto - Grupo IMG - Trujillo
DATOS DE LA MEZCLA:	
1. Relación agua/cemento:	0.5
2. Cantidad de fibra:	2.5 %
3. Longitud de fibra:	6 cm
DATOS DE PROBETA	
3. Tiempo de curado:	28 días
4. Medidas:	15*15*45 cm
5. SPAM:	4.00 cm
6. Carga máxima:	2.23 Mpa
7. Resistencia a flexión:	22.55 kg/cm ²
	
 Ing. Jorge Barrantes Villanueva REPRESENTANTE LEGAL OIP N° 197384 GRUPO IMG	
_____ Técnico encargado	

ANEXO N°30. Prueba normalidad Shapiro Wilk



ANEXO N°31. Prueba ANOVA fibra corta Nota: Captura del análisis ANOVA en SPSS (Ra/c=0.5 y 28 días de curado).

Tabla dinámica ANOVA

Archivo Editar Ver Insertar Lista dinámica Formato Ayuda

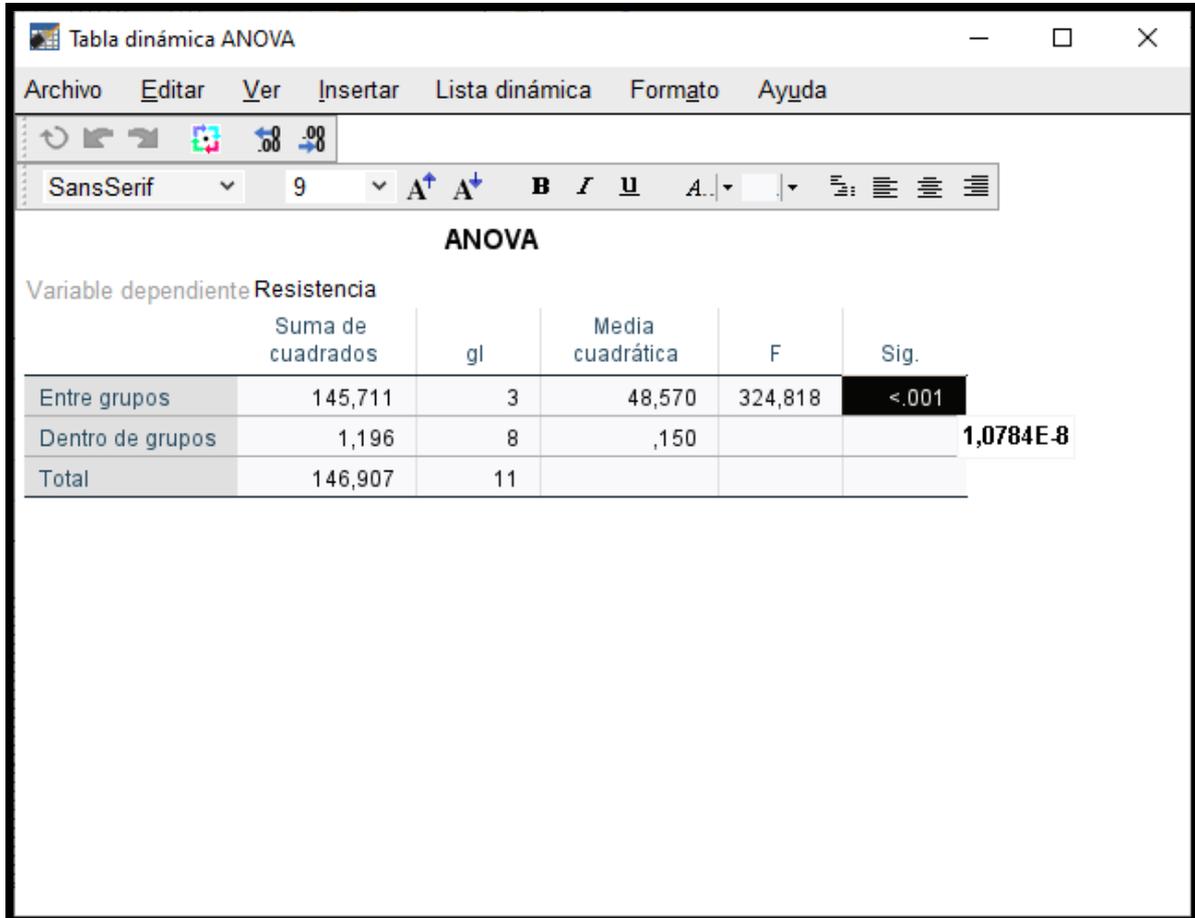
SansSerif 9 | A↑ A↓ B I U A. |

ANOVA

Variable dependiente Resistencia

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	68,625	3	22,875	28,006	<.001
Dentro de grupos	6,534	8	,817		0,000136
Total	75,159	11			

ANEXO N°32. Prueba ANOVA fibra larga Nota: Captura de análisis ANOVA en SPSS (Ra/c=0.5 y 28 días de curado).



ANOVA

Variable dependiente Resistencia

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	145,711	3	48,570	324,818	< .001
Dentro de grupos	1,196	8	,150		1,0784E-8
Total	146,907	11			

ANEXO N°33. Cotización de materiales de construcción.

INVERSIONES BEMOSA S.R.L.			COTIZACION	
Principal: Jr. Rimac 220 - Urb. El Molino - Telefono: 044-203648			20481235899	
Sucursal: Jr. Amazonas 303 - Urb. El Molino - Trujillo PRINCIPAL			0001 -00003285	
correo: inversionesbemosasrl@hotmail.com whatsapp: 949326412			Fecha: 25/03/2022	
Cliente: STEPHANNY PORTAL			11:45 am	
Dirección:			DNI:	
RUC:	Correo @: portalarevalo96@gmail.com			
CANT.	U. M.	PRODUCTO	P. U.	TOTAL
1.00	M3.	AGREGADO FINO -	40.00	40.00
1.00	M3.	AGREGADO GRUESO -	50.00	50.00
1.00	UND.	CEMENTO TIPO I -	27.00	27.00
Son: CIENTO DIECISIETE CON 00/100 SOLES.			Total S/. 117.00	
Deposito BCP - Banco Credito. Titular: Inversiones Bemosa SRL. Cuenta S/. Soles: 570-2314109-0-12				
Observación:				

ANEXO N°34. Tarifa de agua por SEDALIB S.A.C



"Comprometidos con la Vida y el Bienestar Humano"

ESTRUCTURA TARIFARIA VIGENTE A PARTIR DE AGOSTO 2018
 Resolución de Consejo Directivo N° 009-2007-SUNASS-CD
 Resolución de Consejo Directivo N° 006-2013-SUNASS-CD
 Resolución de Consejo Directivo N° 017-2014-SUNASS-CD
 Decreto Legislativo N° 1280 - Artículo 73°
 Resolución N° 368-2018-SEDALIB S.A.-40000-GG

Localidades :Trujillo, La Esperanza, Florencia de Mora, El Porvenir, Victor Larco, Huanchaco y Salaverry

ESTRUCTURA TARIFARIA						
Categoría	Rangos m3/mes	Tarifa (S./m3)		Cargo Fijo (S./Mes)	Asignación de consumo (m3/mes)	Código Tarifario
		Agua	Alcantarillado			
Social	0 a más	0.745	0.427	3.788	15	S01
Doméstico	0 a 8	1.942	1.110	3.788	(*)	D01
	8 a 20	2.122	1.212			
	20 a más	4.992	2.854			
Estatal	0 a 20	2.837	1.622	3.788	19	E01
	20 a más	4.992	2.854			
Comercial	0 a 20	4.381	2.503	3.788	28	C01
	20 a más	6.571	3.755			
Industrial	0 a 100	6.939	3.966	3.788	90	I01
	100 a más	7.994	4.569			

(*) Categoría	Continuidad semanal (días/semana)	Continuidad diaria (horas/día)	Volumen asignado (m3/mes)
Doméstico	continuidad semanal <= 4	continuidad diaria < 5	8
Doméstico	continuidad semanal <= 4	5 <= continuidad diaria <= 10	10
Doméstico	continuidad semanal <= 4	continuidad diaria > 10	12
Doméstico	continuidad semanal > 4	continuidad diaria < 5	10
Doméstico	continuidad semanal > 4	5 <= continuidad diaria <= 10	12
Doméstico	continuidad semanal > 4	continuidad diaria > 10	19

NOTA:
 * Uso exclusivo de alcantarillado se factura por rangos de consumo
 * Fuente propia se factura por rangos de consumo aplicando el 20% del precio según categoría.

ANEXO N°35. Visita de campo - Imagen panorámica "La Soledad"



ANEXO N°36. Peso de muestra de agregado fino



ANEXO N°37. Ensayo granulométrico de agregado grueso



ANEXO N°38. Ensayo granulométrico de agregado fino.



ANEXO N°39. Ensayo de peso unitario del agregado grueso



ANEXO N°40. Ensayo de peso unitario del agregado grueso



ANEXO N°41. Toma del peso de material en molde normalizado



ANEXO N°42. Toma de datos en molde normalizado



ANEXO N°43. Ensayo del cono para agregado fino saturado superficialmente seco



ANEXO N°44. Llenado de fiola con agregado fino y agua



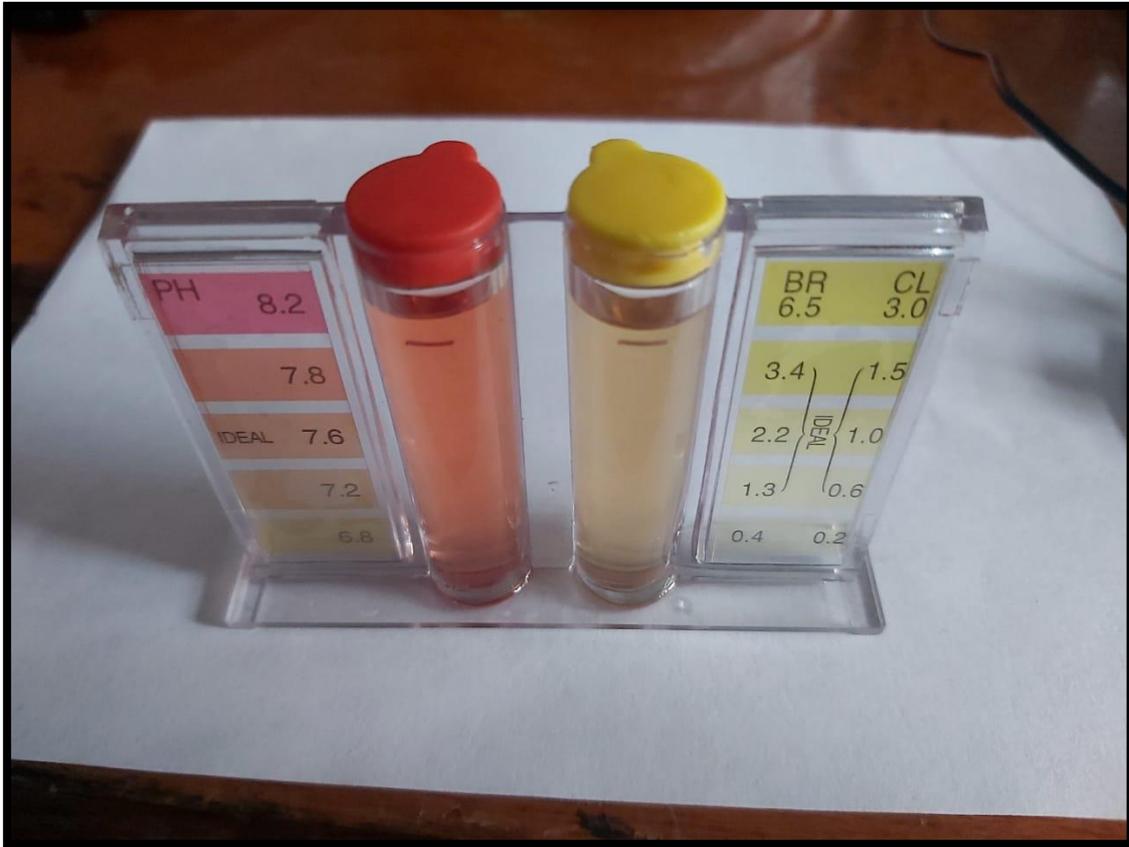
ANEXO N°45. Eliminación de burbujas dentro de fiola normalizada



ANEXO N°46. Secado del material al horno



ANEXO N°47. Análisis de Ph y cloruros del agua usada para la mezcla.



ANEXO N°48. Lavado de fibra de cocos nucífera



ANEXO N°49. Alcalinización de la fibra de coco con un 5% de Hidróxido de calcio.



ANEXO N°50. Secado de la fibra a temperatura ambiente



ANEXO N°51. Selección de filamentos que serán usados en los especímenes



ANEXO N°52. Fibra de cocos nucífera larga 6 cm



ANEXO N°53. Moldes para la confección de las vigas simples



ANEXO N°54. Adición de fibra de coco a mezcla cementante



ANEXO N°55. Acercamiento del concreto con adición de fibra de coco



ANEXO N°56. Cemento usado para la elaboración de la mezcla



ANEXO N°57. Confección de probetas con adición de fibra de cocos nucífera



ANEXO N°58. Probetas listas para el ensayo de rotura



ANEXO N°59. Marcación de los puntos donde serán colocados los apoyos de la máquina



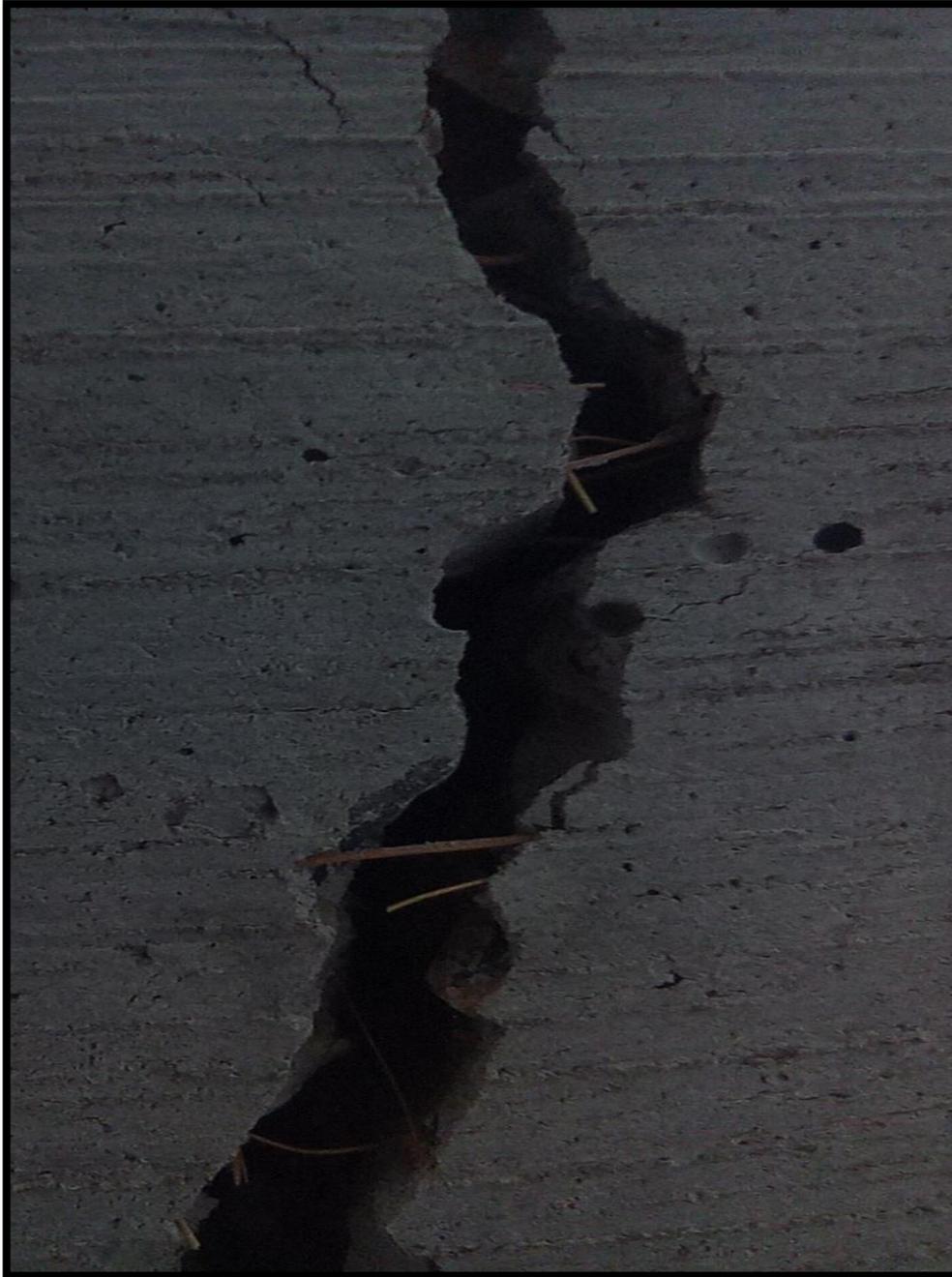
ANEXO N°60. Ubicación de probeta en la máquina de resistencia a la flexotracción.



ANEXO N°61. Probeta post ensayo de resistencia a la flexotracción.



ANEXO N°62. Acercamiento de probeta post sometimiento al ensayo de flexotracción.



ANEXO N°63. Probeta rota, se observó degradación de la fibra.

