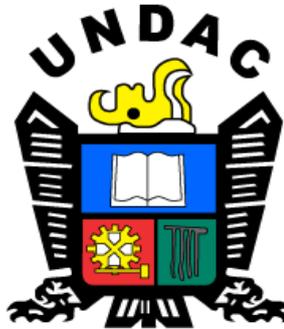


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

Fibras de caucho de neumáticos reciclados en el comportamiento del concreto estructural para la utilización en las obras civiles de la provincia de Pasco- 2023

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Deyvin Eli YACHAS TENA

Asesor:

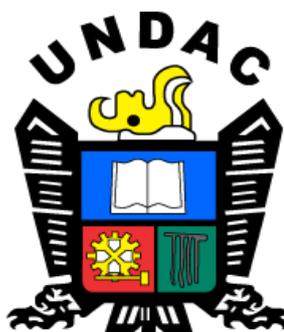
Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL

Cerro de Pasco – Perú – 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

Fibras de caucho de neumáticos reciclados en el comportamiento del concreto estructural para la utilización en las obras civiles de la provincia de Pasco- 2023

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. José Germán RAMIREZ MEDRANO
PRESIDENTE

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA
MIEMBRO

Mg. Jose Luis SOSA SANCHEZ
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 112-2023-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

"FIBRAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS EN
EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL
PARA LA UTILIZACIÓN EN LAS OBRAS CIVILES DE LA
PROVINCIA DE PASCO- 2023"

Apellidos y nombres de los tesisistas

Bach. YACHAS TENA, DEYVIN ELI

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Civil

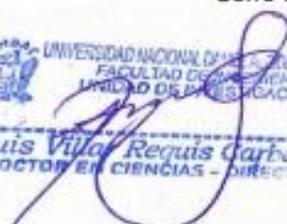
Indici de Similitud

10 %

APROBADO

Se informa al decanato para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 08 de setiembre del 2023


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Luis Villar Requiza Garbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

A mi familia, por su constante apoyo,
amor y paciencia. A mis docentes,
por su guía y conocimientos compartidos
. A mis amigos, por sus ánimos y risas
en los momentos más intensos.
A todos aquellos que creyeron
en mí, este logro también es suyo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, a los docentes que empeñaron su sabiduría en todo momento, a mis colegas quienes motivaron a mejorar cada día y a los alumnos de la escuela de Ingeniería Civil de la mencionada Universidad, quienes fueron, son y serán siempre fuente de inspiración en el desarrollo de mi existencia profesional.

RESUMEN

El concreto es un componente más empleado en la construcción, se busca experimentar materiales que puedan proporcionar más eficiencia, en este aspecto experimentamos con residuos provenientes del reciclado de los neumáticos, incorporando las fibras de caucho reciclado a los componentes del concreto, utilizando los agregados de la zona de estudio.

El objetivo es la investigación del comportamiento del concreto con incorporación de fibra de caucho de neumático reciclado en el concreto estructural. Utilizándose en la investigación el enfoque cuantitativo, diseño no experimental, método estadístico diferencia de medias: distribución t de student con nivel de significancia al 5%.

La proporción de fibra utilizada fue; 3%, 5%, 7% en relación a la gravedad específica del cemento, agregado fino y agregado grueso; apoyado en la norma técnica peruana N° 400.037.

El concreto patrón tuvo una resistencia promedio a compresión de 397.24 kg/cm², la fibra de caucho incorporada en 3% al peso del agregado grueso tiene menor disminución llegando a la resistencia de 382.03 kg/cm² una variación de 3.83%, y la fibra incorporada en 5% al peso del agregado fino llego a una resistencia de 379.16 kg/cm² habiendo una variación de 4.55%. La resistencia promedio a flexión del concreto patrón tuvo 46.08 kg/cm², la incorporación de la fibra en peso del cemento; al 3% se tuvo 45.89 kg/cm² siendo una variación de 0.41% y 5% se tuvo 45.13 kg/cm² siendo una variación de 2.06%. Se llegó a concluir que la resistencia a compresión desciende en mayor porcentaje con respecto a la resistencia a flexión, en ambos resultados hay disminución gradual con respecto al concreto patrón.

Palabras clave: Fibra de caucho, neumático reciclado, concreto, estructural.

ABSTRACT

Concrete is a component most used in construction, we seek to experiment with materials that can provide more efficiency, in this aspect we experiment with waste from tire recycling, incorporating recycled rubber fibers into the concrete components, using aggregates of the study area.

The objective is to investigate the behavior of concrete with the incorporation of recycled tire rubber fiber in structural concrete. Using the quantitative approach in the research, non-experimental design, statistical method mean difference: student's t distribution with a 5% level of significance.

The proportion of fiber used was; 3%, 5%, 7% in relation to the specific gravity of cement, fine aggregate and coarse aggregate; supported by the Peruvian technical standard No. 400,037.

The pattern concrete had an average compressive strength of 397.24 kg/cm², the rubber fiber incorporated in 3% to the weight of the coarse aggregate has less decrease, reaching the resistance of 382.03 kg/cm², a variation of 3.83%, and the incorporated fiber At 5% of the weight of the fine aggregate, it reached a resistance of 379.16 kg/cm², with a variation of 4.55%. The average flexural strength of the pattern concrete was 46.08 kg/cm², the incorporation of the fiber by weight of the cement; At 3%, there was 45.89 kg/cm², a variation of 0.41%, and at 5%, there was 45.13 kg/cm², a variation of 2.06%. It was concluded that the compressive strength decreases in a greater percentage with respect to the flexural strength, in both results there is a gradual decrease with respect to the standard concrete.

Keywords: Rubber fiber, recycled tire, concrete, structural.

INTRODUCCIÓN

En estos últimos años, el empleo de fibras como refuerzo del concreto ha tenido un realce significativo en los diseños y la fabricación de la mezcla de concreto. No obstante, no se trata de un método nuevo en el mundo de la Ingeniería de la construcción; en realidad, se remonta a muchos años atrás antes del surgimiento del cemento pórtland y del concreto, cuando se aprovechaba materiales como pasto, hilo, vara, e incluso, pelo animal, el hichu, los cuales fueron incorporados al adobe con el fin de evitar las fisuraciones y mejorar las resistencias a tensiones.

El avance en la tecnología de la construcción ha permitido evolucionar en fibras diversos materiales, siendo resistentes a los álcalis (sodio y potasio), tales como: polipropileno, polietilenos, acero, carbono, etc.

En consecuencia, es necesario conocer las propiedades del producto resultante, sus componentes y su correlación, ya que son los que otorgan su particularidad, permitiendo controlar un óptimo uso de fibras de caucho de neumático reciclado.

La generación numerosa de neumáticos, provoca insuficientes sitios de disposición final y la carencia de recursos pétreos (agregados). Si se reutiliza los neumáticos como material de reciclable podría contribuir en beneficio del medio ambiente, la tecnología y contribuir a la economía de la sociedad. Se pretende lograr lo antes mencionado con la investigación titulada: “Fibras de caucho de neumáticos reciclados en el comportamiento del concreto estructural para la utilización en las obras civiles de la Provincia de Pasco- 2023”.

La investigación es en beneficio tecnológico y ambiental, se presenta la mejoría y los resultados de ensayos de probetas cilíndricas y las probetas prismáticas de concretos incorporados con fibras de caucho, con el fin de evaluar el comportamiento

del concreto, determinándose las propiedades mecánicas la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión, siendo útil para el calculista en el diseño estructural.

La tesis se desarrolló en cuatro capítulos en el Capítulo 1 se desarrolló el planteamiento del problema estableciendo los objetivos con el fin de determinar las características y resultados que se puedan obtener del concreto con incorporación de fibras de caucho reciclado para que el concreto cumpla con las necesidades de construcción establecidas por las normas técnicas peruanas y el reglamento nacional de edificaciones que estipulan los materiales.

En el Capítulo 2 se desarrolló el marco conceptual enfatizando en las variables de los objetivos y el desarrollo metodológico del marco teórico del concreto convencional y concreto modificado.

En el Capítulo 3 se desarrolló la metodología de la investigación con enfoque cuantitativo siendo de diseño experimental, correlacional y explicativo, se determinó el tamaño de la población y la muestra.

En el Capítulo 4 se establecen los resultados y discusiones en los resultados obtenidos en laboratorio partiendo de una mezcla de concreto tradicional denominándose concreto patrón ($f'c=210 \text{ kg/cm}^2$), se realizó 9 mezclas diferentes de concreto de 210 kg/cm^2 con su respectivo porcentaje de caucho fino y grueso en 3, 5 y 7% al peso respectivamente del cemento, agregado fino, agregado grueso con relación agua/ cemento de 0.56 y edad de curado de 7, 14 y 28 días. Se realizaron las pruebas de resistencia a la compresión y flexión, obteniéndose valores para precisar cuál muestra se acerca a los valores esperados y posibles ventajas, de esta manera definir qué cantidad de fibra de caucho reciclado de neumáticos es favorable y a que componente favorece (cemento, agregado fino o grueso).

La metodología de la investigación se siguió a los parámetros establecidos del diseño de mezcla del método ACI-211. Para el análisis de la prueba de hipótesis se desarrolló por la distribución de medias de t de student. la limitancia de la investigación se tuvo básicamente de los equipos necesarios para determinar las propiedades físico – químicos de las fibras de caucho las cuales son molidas o trituradas de forma global sin distinción del tipo de neumático.

El autor

INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
INDICE	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.2. Delimitación de la investigación.....	1
1.3. Formulación del problema	4
1.3.1. Problema general.....	4
1.3.2. Problemas específicos.....	4
1.4. Formulación de objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Justificación de la investigación	6
1.6. Limitaciones de la investigación.....	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	8
2.2. Bases teóricas – científicas	16
2.3. Definición de términos básicos	25
2.4. Formulación de hipótesis	26
2.4.1. Hipótesis general	26
2.4.2. Hipótesis específicas.....	26
2.5. Identificación de variables.	27
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	28

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	29
3.2. Nivel de investigación.....	29

3.3. Métodos de investigación.....	29
3.4. Diseño de investigación.	30
3.5. Población y muestra.....	30
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	32
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	32
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.	33
3.9. Tratamiento estadístico	33
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	33

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de trabajo de campo	35
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	46
4.3. Prueba de hipótesis.....	92
4.4. Discusión de resultados.....	104

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El concreto es un elemento compuesto por la mezcla de cierta correspondencia de cemento, agua, agregados y alternativamente los aditivos, al inicio se observa un cuerpo plástico y moldeable, con el transcurso del tiempo llega a adquirir una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, haciendo que sea un material ideal para la construcción. Al adicionar o incorporar otro componente implica mayor consumo del concreto.

Los usos de fibras según estudios realizados concuerdan en:

- Disminuir las fisuraciones por revenimiento.
- Disminuir la fisuración por contracción plástica, por la pérdida de agua superficial del concreto antes del fraguado.
- Disminuir la permeabilidad
- El incremento en la resistencia a la abrasión y al impacto.
- Desempeño Mecánico y la trabajabilidad del concreto con fibra.

- El concreto con incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado, con el fin de tomar medidas a la problemática de los tamaños de fisuras y agrietamientos en el revestimiento de construcciones, las cuales pueden afectar la durabilidad del concreto, al incorporar las fibras de caucho es proporcionar un refuerzo secundario a la mezcla del concreto. Otro de los propósitos es alcanzar nuevas condiciones y propiedades para ser utilizados en varias aplicaciones dentro del campo de la ingeniería.

Por otro lado, la contaminación ambiental es un problema global o mundial, los Neumáticos son unos de los productos de mayor consumo en el mundo y uno de los residuos de más difícil descomposición en la naturaleza. Cuando se vuelven inservibles son colocados en basurales donde pueden permanecer por más 500 años sin presentar ningún tipo de degradación, esto constituye un problema de la ingeniería ambiental. El descarte de neumáticos usados es un problema técnico, para la utilización de tecnologías en el proceso de la separación de componentes que en la actualidad se utiliza: es la trituración criogénica y mecánica, la mecánica es el método que se emplea en la mayoría de las plantas trituradoras de llantas. En la actualidad, existen empresas que han decidido formar parte de este problema, y con el uso de innovación y tecnología.

Se realizó encuestas de la zona de estudio que comprende la Provincia de Pasco, se desechan un promedio de 410 llantas semanalmente, de las cuales 338 son desechados, 56 llantas se reencauchan y 16 llantas de lona son usados para trabajos artesanales (ojotas, lavadores, sogas, etc.). En mayor porcentaje se tiene el 82.48%; donde resalta los neumáticos usados son desechados en depósitos clandestinos como son las azoteas de las casas en sus retiros de las viviendas, espacios públicos como ríos, calles, parques y rellenos sanitarios que traen graves

consecuencias en términos ambientales, sanitarios y ecológicos. Según la encuesta se tiene que arbitrariamente son eliminados como desmonte y/o basura las cuales son transportados por motocarga o en camiones de basura en la Provincia de Pasco en un porcentaje. Otro porcentaje de 3.86% minoritario que corresponde al reciclaje.

La acumulación de neumáticos reciclados se convierte en el hábitat ideal para las ratas y mosquitos, se sabe que en un corto tiempo su efecto propaga enfermedades infecciosas en la salud de la población, siendo las más comunes; el dengue, fiebre amarilla y la encefalitis equina.

Se conoce que el concreto se caracteriza por tener un excelente comportamiento a la resistencia a la compresión, aunque su capacidad a la tensión es menor por lo cual se le desestima para propósitos estructurales. Al caucho de neumático reciclado ha obtenido varios usos en la línea de la construcción; grass artificial, pavimentaciones flexibles, protecciones en los parques, etc. pero en la línea de estructuras de la ingeniería es investigado y no se tiene antecedentes de aplicación, incorporar las fibras de caucho de neumático reciclado para el concreto estructural y es innovador realizar una investigación en la Provincia de Pasco, evaluar el comportamiento del concreto estructural con incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado, siguiendo las especificaciones sismo-resistentes que estipulan las normas técnicas peruanas y el reglamento nacional de edificaciones.

Es importante manejar una cultura en el reciclaje de los neumáticos, ya que este material se puede usar en la construcción obras civiles y poder cuidar nuestro medio ambiente, en tal sentido se plantea la siguiente investigación denominada:

“Fibras de caucho de neumáticos reciclados en el comportamiento del concreto estructural para la utilización en las obras civiles de la Provincia de Pasco- 2023”.

1.2. Delimitación de la investigación

Señala Morles (1979:15), citado por Vergara-Otero (s/f), “Delimitar un tema significa enfocar en términos concretos nuestras áreas de interés, especificar sus alcances y determinar sus límites” (p.7).

Delimitación espacial

La investigación se desarrolló en la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, con la participación exclusiva de los estudiantes de los semestres I al X.

Delimitación conceptual

El presente estudio se delimita en el nivel investigativo de la delimitación espacial; cuyas definiciones principales son:

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿En qué medida la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del cemento, influyen en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023?
- ¿En qué medida la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino, influyen en el

comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023?

- ¿En qué medida la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso, influyen en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del cemento en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023.
- Determinar la influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023.
- Determinar la influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023.

1.5. Justificación de la investigación

De acuerdo a la revisión de los antecedentes de investigación a nivel mundial y nacional desarrollados en el tema de la inclusión fibras de caucho de neumático reciclado en el concreto, lograron mejorar a nivel promedio de 1 al 5% de fibra un comportamiento del concreto elástico aceptable y la resistencia a la compresión no sufre una drástica disminución.

El incremento del parque automotor que circula en la Provincia de Pasco es considerable, que trae como consecuencia el incremento de neumáticos desechados y no cuentan con zonas de almacenamiento por el Gobierno Local, motivo por el cual merece ser estudiado y mejorar el uso de las fibras de neumáticos reciclados en el concreto, así dándose la reutilización de los neumáticos desechados.

La razón del desarrollo de la presente investigación es por la necesidad de proponer diseños de mezcla óptimos, proponiendo la mejora en la tecnología de producción de concreto en el ámbito local, empleando agregados locales y cemento con la inclusión de las fibras de caucho neumático reciclado.

1.6. Limitaciones de la investigación

El concreto es un componente más empleado en la construcción, se busca experimentar materiales que puedan proporcionar más eficiencia, en este aspecto experimentamos con residuos provenientes del reciclado de los neumáticos, incorporando las fibras de caucho reciclado a los componentes del concreto, utilizando los agregados de la zona de estudio.

El objetivo es la investigación del comportamiento del concreto con incorporación de fibra de caucho de neumático reciclado en el concreto estructural. Utilizándose en la investigación el enfoque cuantitativo, diseño experimental,

método estadístico diferencia de medias: distribución t de student con nivel de significancia al 5%.

Limitaciones

Las limitaciones que probablemente encontramos en el desarrollo del presente proyecto son los siguientes:

- a. Carencia bibliográfica actualizada en la biblioteca de la UNDAC sobre las variables en estudio.
- b. Carencia de investigadores especializados, para la elaboración y validación de los instrumentos de investigación.
- c. Escasa disponibilidad de recursos económicos para poder solventar los costos en la ejecución del presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Nacional.

Jeffrey Alata Apaza (2019), Tesis de la Universidad Cesar Vallejo en Perú que se titula “Diseño de bloquetas de concreto con caucho reciclado de neumáticos para uso en muros de albañilería confinada, Lima-2019” El objetivo de la investigación es desarrollar nuevas mezclas de concreto sustituyendo 5 los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados.

La presente investigación tuvo como finalidad el diseño de bloquetas de concreto con caucho reciclado de neumáticos para uso en muros de albañilería confinada, Lima-2019. Esta investigación fue aplicada con un enfoque cuantitativo. El nivel de la investigación fue explicativo con un diseño experimental.

Surco y Suni, (2008). Estudio del comportamiento del concreto con adición de fibras de caucho (tesis de pregrado). Universidad de San Agustín, Arequipa, Perú. El objetivo de la presente investigación es evaluar el comportamiento del

concreto con adición de fibras de caucho, obtenida a partir del reciclaje de neumáticos y proponer una aplicación en el diseño de pavimentos rígidos, analizándose las deformaciones sufridas por estos elementos estructurales sobre esfuerzos de flexión, la cantidad de fibra utilizada fue de 1%, 2%, 3% en relación al peso de cemento. La resistencia de compresión del concreto patrón disminuye conforme se aumenta la dosificación de la fibra de caucho, así tenemos que la variación con respecto al concreto patrón con el menor porcentaje de fibra, 1% del peso de cemento, está en un intervalo de 3.64% a 3.77% y para el mayor porcentaje de fibra, 3% del peso de cemento, alcanzó valores entre 15.6% a 23. % con respecto al concreto patrón, el módulo de elasticidad estático disminuye conforme se aumenta la dosificación de la fibra de caucho, así tenemos que la variación del concreto patrón con respecto al concreto con mayor porcentaje de fibra añadida, 3% del peso del cemento, está en un intervalo de 84% a 88%. Además se observó que el módulo de elasticidad hallado en laboratorio fue menor que el módulo de elasticidad teórico. La resistencia al impacto del concreto patrón se incrementa conforme se aumenta la dosificación de la fibra de caucho, así tenemos que la variación del concreto patrón con respecto al concreto con mayor porcentaje de fibra añadida, 3% en peso de la mezcla en fibra, está en un intervalo de 11.1% a 8.35%, para ambos casos el caucho ya toma más participación en el aporte frente a la resistencia al impacto del concreto. Podríamos afirmar que el concreto reforzado con fibras es más tenaz y por ello es más resistente al impacto.

Guzmán y Guzmán, (2015). Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en Chimbote-2015 (tesis de pregrado). Universidad de Santa, Chimbote, Perú. La investigación descriptiva experimental con la recolección de datos para el análisis del ensayo de

laboratorios con diferentes porcentajes de fibras de caucho en las variaciones de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con fibras de caucho de neumático reciclado. Tuvo como objetivo desarrollar nuevas mezclas de concreto y el estudio del comportamiento físico y mecánico de las mezclas de concreto sustituyendo parcialmente los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural. Se realizará una mezcla convencional de concreto, de una resistencia de diseño de 210 kg/cm^2 , según el método ACI-211, además de tres mezclas con la misma resistencia, en donde se sustituirá parcialmente el 5, 15 y 25% de los áridos del agregado grueso y el agregado fino por la fibra de caucho, utilizando dos tamaños de partículas de caucho reciclado que oscile entre 1-4mm grano fino y 10-20mm grano grueso. Luego se efectuaran testigos de concreto en forma de cilindros y con ello ejecutar los ensayos pertinentes en base a la norma técnica peruana (NTP) y ASTM. Dichos ensayos son: de consistencia, densidad, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción indirecta, módulo de elasticidad, comportamiento al fuego y microestructura. Las partículas de caucho originan mayores espacios intersticiales que se encuentran probablemente llenos de agua, por lo que produce una pérdida en la resistencia a la compresión. Es importante destacar que el valor esperado de la resistencia a la compresión para mezclas de concretos para los 28 días de curado según el método ACI-211, está alrededor de los 294 kg/cm^2 por lo cual el valor de la resistencia a la compresión para esta edad, obtenido para el CP-S/C fue de 282.7 kg/cm^2 , se concluye que se puede incorporar a la mezcla de concreto hasta un 5% de contenido de caucho reciclado sin que ésta sufra una drástica disminución de la resistencia a la compresión, siendo este el porcentaje óptimo permisible para adicionarle. La sustitución parcial de los áridos en un C5%-FCR-G y C5%-FCR-F mejoró algunas

propiedades físicas y mecánicas del concreto, y ello se comprueba en el modelamiento estructural de una edificación, que tuvo un comportamiento elástico aceptable, por lo que se recomienda el uso de este porcentaje de sustitución del árido. En los ensayos de resistencia a la compresión y de resistencia a tracción, en el momento de la rotura, se pudo observar que el comportamiento era distinto dependiendo de la mezcla, ya que cuando las probetas no contenían caucho producían un ruido estruendoso, lo que no sucedía con las muestras sin caucho (evaluación auditiva).

Calle, J.(2015). Estudio comparativo del concreto convencional y concreto reforzado con fibras de caucho sintético reciclado (tesis de pregrado). Universidad de Señor de Sipan, Chiclayo, Peru. La investigación fue enfocada en el estudio comparativo de dos tipos de concreto: el concreto convencional o patrón (CP) y concreto con fibra de caucho sintético reciclado (CP+CSR); a una resistencia de diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$, de las cuales se realizaron sus respectivos ensayos a compresión y flexión en relación a las normas técnicas peruanas. Para el concreto con fibra de caucho sintético reciclado (CP+CSR), se plantearon tres dosificaciones en función a la cantidad del cemento en el diseño de mezclas en los siguientes porcentajes 1%, 3% y 5%. Se evaluó el concreto: primero en su estado fresco, teniendo en cuenta su trabajabilidad, peso y temperatura, en su estado endurecido, su resistencia a compresión y a flexión. Se tuvo como factor influyente el tiempo de curado (usando agua para este tipo de curado) en ambos concretos. Como resultado se observó que el uso de fibras de caucho sintético reciclado aumenta la resistencia a flexión del concreto, siendo la dosis 2 = 34.90 kg/cm^2 ($210=\text{kg/cm}^2$) y a compresión la dosis 1 = 219 kg/cm^2 ($210=\text{kg/cm}^2$),

concluyeron que su aplicabilidad puede mejorar las propiedades del concreto convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Cabanillas, E. (2017). Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado (tesis de pregrado). Universidad de Cajamarca, Perú. La investigación tuvo un enfoque metodológico cuantitativo Explicativa el contexto donde se desarrollo fue en laboratorio se realizó probetas de concreto reemplazando en porcentajes de 0%, 10%, 15% y 20% de agregado fino por caucho reciclado y se aplicó 3 dosis para evaluar la resistencia mecánica a la compresión en estado endurecido a los 7,14 y 28 días. Su objetivo principal fue determinar el comportamiento mecánico del concreto elaborado con la adición de partículas de caucho reciclado, así como también determinar su influencia en sus propiedades físicas como su peso unitario. Los porcentajes usados de caucho reciclado con una granulometría bien gradada con un m:f de 3.70, fueron 10%, 15% y 20% respecto al volumen del agregado fino en una mezcla homogénea de concreto cuya resistencia a la compresión, de diseño fue de 210 kg/cm^2 . Al finalizar este trabajo de investigación se obtuvo como resultado que la resistencia mecánica a la compresión varía un 8.47% entre ambos diseños; el diseño elaborado con el 10% de adición de partículas de caucho reciclado obtuvo una resistencia de: 191.65 Kg/cm^2 , mientras que el concreto patrón es de 209.39 kg/cm^2 ; la diferencia de un 38.15% en la resistencia mecánica a la compresión lo obtuvo el concreto patrón y el 15% de adición de partículas de caucho reciclado obteniendo este una resistencia a la compresión de 129.52 Kg/cm^2 y por último la variación del concreto patrón y el concreto elaborado con el 20% de adición de partículas de caucho reciclado fue de 46.13%, obteniendo una resistencia de 112.79 Kg/cm^2 el concreto adicionado el 20% de partículas de caucho reciclado. El porcentaje de

disminución del módulo de elasticidad del concreto diseñado con la sustitución de diferentes porcentajes del agregado fino por partículas de caucho reciclado a los 28 días con respecto al módulo de elasticidad del concreto patrón es de: *4.66% con respecto al concreto elaborado con una sustitución del 10%*, un 21.62% con sustitución del 15% y un 26.87% con sustitución de 20%.

Carrizales (2015), presento la tesis titulada Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles. Cuyo objetivo de estudio considera encontrar un diseño de mezcla adecuado para la zona del altiplano, agregando el caucho en una mezcla asfáltica y cumpliendo con lo propuesto por MTC y que La rigidez de la mezcla modificada con caucho reciclado de llanta es menor que al de la mezcla asfáltica convencional, donde el flujo es muy elevado lo cual amenora la estabilidad del pavimento y no es el adecuado para la zona porque presentaría aguellamientos en la carretera.

Pereda y Cubas (2015) presentaron la tesis titulada Investigación de los AMCR de llantas y su comparación técnico-económico con los asfaltos convencionales. Cuyo objetivo de estudio fue demostrar la importancia de los asfaltos modificados y comparar las diferentes propiedades de acuerdo a las pruebas que exigen las normas establecidas adicionando como parte del agregado el caucho reciclado en la preparación del asfalto, el cual mejora las propiedades mecánicas y la resistencia a la reformación plástica con el uso del asfalto líquido RC-70.

Cervera (2016) en su tesis Influencia en las propiedades mecánicas de una MACR de neumáticos, Cajamarca, 2016. Cuyo objetivo de estudio es saber cómo el caucho reciclado combinado en proporciones adecuadas, se emplea para un diseño de una mezcla asfáltica lo cual mejora en forma positiva el aumento de su

resistencia a la deformación y el flujo en un 2.6% y 2.3% para el tránsito pesado, según el diseño que se utilizó con 1% de PCR, obteniendo el mejor resultado según lo indica el Manual de Carreteras EG 20013.

2.1.2. Internacional.

Juan Sebastian Albañil Villalba y Carlos Augusto Ortega Rodríguez (2019) “EVALUACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS PARA LA FABRICACIÓN DE MAMPUESTOS TERMO - ACÚSTICOS” DE LA UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERIA SECCIONAL ALTO MAGDALENAGIRARDOT – CUNDINAMARCA y fue escrita por. Este proyecto de investigación encaminado de manera experimental, describe el proceso para fabricar mampuestos sin inclusión y con inclusión de caucho de llantas recicladas en una maquina artesanal tipo lego, además delimita el comportamiento físico - mecánico de estos; se manifiesta la necesidad de preservar el medio ambiente y el desarrollo sostenible y se invita a fomentar el mercado circular de residuos de llantas. El trabajo de campo se llevó a cabo en el Laboratorio PC Diseños y Construcción y en el laboratorio de la universidad Piloto, sede Alto magdalena. Para fabricar los mampuestos se utilizó cemento y agregados como, residuos de cantera, extraídos de Concretos La Floresta; en cuanto a la calcinación de los mampuestos, Se transportaron a la ladrillera Santa Inés, con horno tipo hoffman se les indujo alta temperatura para modificar sus propiedades y optimizar los resultados esperados; ¿Sería factible implementar estos mampuestos con caucho de neumáticos reciclados como elementos termo - acústicos? Este interrogante se analizó por medio de ensayos de laboratorio para los mampuestos como: resistencia a la compresión, trasmisión térmica y aislación acústica.

Mediante los ensayos de laboratorio, se comprobó que los mampuestos tipo lego con inclusión caucho resultaron ser aislantes termo – acústicos, pero no alcanzaron la resistencia a compresión establecida por la norma técnica colombiana, (NSR-10); para lograr la resistencia a compresión y el porcentaje de absorción, se realizaron otros mampuestos sin inclusión de caucho con dosificaciones más optimas y agregados de cantera, (arena de planta y arcilla de ladrillera), las muestras se ensayaron en laboratorio y se comprobó que los mampuestos con agregados de mina que ofrecen mayor resistencia al mampuesto con lo cual se logró adquirir la resistencia establecida en la (NSR-10, título D), además de una óptima aislación termo - acústica.

Yung, (2013) en su estudio titulado la Caracterización, diseño y verificación de una MAM con grano de llanta triturado y fibra kaltex, con el propósito de obtener el título de ingeniero civil en la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Su fin es que el objetivo principal de estudio era llegar a mejorar las propiedades del asfalto convencional adicionándole granos de caucho reciclado y la fibra de kaltex, cuyo objetivo es alcanzar un buen ligante que ayude a mejorar la viscosidad a altas temperaturas consiguiendo el aumento de la rigidez y así poder contar con un ligante que posea buenas propiedades adhesivas.

Páez y Valarezo (2015) presentaron su estudio titulado Diseño de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho pulverizado por vía húmeda, con el propósito de obtener el título de ingeniero civil en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Cuyo objetivo es encontrar un diseño de mezcla el cual sea apropiado según el uso que se pueda dar, para lo cual el agregado pétreo debe de cumplir con los ensayos que exigen las normas y poder obtener buenos resultados de ellas y como la estabilidad se amenera al adicionar caucho pulverizado, llegando

a la conclusión la pérdida de la fuerza a las deformaciones de la briqueta, haciendo que ésta se vuelva más flexible; sin embargo esta prueba cumple con los parámetros establecidos en el Método Marshall, que especifica que deben ser mayores a 2200 libras.

Díaz y Castro (2017) presentaron su tema de investigación titulada Implementación del GCR proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá, Cuyo objetivo de estudio fue el de incluir al grano de caucho reciclado como agregado pétreo y obtener una mezcla modificada, para mejorar su vida útil del pavimento y mejorar sus propiedades de ahuellamiento y reducir los contenidos de vacíos de aire en las mezclas asfálticas, considerando que el caucho mejora esta propiedad.

2.2. Bases teóricas – científicas

Metodologías Existentes.

Las diferentes fibras se usaron como elemento de construcción por muchos siglos. En los últimos años se le dado mayor interés el uso de fibras en concreto premezclado, concreto prefabricado y concreto lanzado. (Zarco, n.d.) según el artículo de IMCYC.

Existe una gran variedad de fibras que son utilizadas en el concreto. las más usadas son las fibras de acero y de vidrio y fueron usadas a partir del año 1960, no obstante fue en 1971 en Estados Unidos, se hicieron las primeras investigaciones con el uso del concreto consolidado con incorporación de fibras, desde entonces se han convertido en componentes importantes en la industrias de alto desempeño, pavimentos rígidos, cubiertas para puentes, concretos lanzados(shotcrete) para la estabilización de taludes de diferentes pendientes, revestimientos de túneles de las

obras civiles y mineras, elementos estructurales prefabricados, bóvedas y refractarios, entre otros usos. (Zarco, n.d.).

Estas fibras son comercializadas en formas, tamaños y materiales diferentes que entre otros se pueden citar las fibras de acero, las fibras de vidrio y las fibras de polipropileno, y demostrando altos y bajos módulos de elasticidad.

El objetivo de adicionarse fibras al concreto es inducir una costura entre las infinitas secciones que componen el sólido; combatiendo principalmente las fisuras provocadas por la retracción sobre tensiones aplicadas, esas fisuras se propagan rápidamente, siendo responsables por la ruptura del material.

Se tienen la disponibilidad de fibras de acero, plástico, vidrio y materiales naturales (celulosa de madera) de amplia diversidad, dimensiones, tamaños y grosor; pueden ser cilíndricas, llanas, onduladas (rizadas) las fibras son vertidas a la mezcla del concreto durante el proceso de batido.

Principales factores del desempeño de las fibras:

Propiedades físicas y mecánicas de las fibras.

Resistencia de adherencia entre la fibra.

La adición de fibras al concreto es normalmente muy bajos volúmenes (aproximadamente menor del 1%) se verifico eficiencia en el control de la fisuración por contracción (retracción).

La aplicación adecuada de las fibras puede aumentar las resistencias al agrietamiento

(fisuración) y disminuir la abertura de las fisuras. (“Los diferentes tipos y beneficios de las fibras para concreto,” n.d.).

La propuesta de agregar caucho al concreto surge con la idea de contribuir con el desarrollo de algunas propiedades citadas. Para eso haremos un análisis de

la bibliografía a respecto a la incorporación de caucho de neumático reciclado. Así podremos tener una idea de sus propiedades mecánicas, su dosificación específica y sus perspectivas aplicaciones.

La investigación realizada por Urra, I. (2006), el desarrollo de la investigación experimental parte con el análisis físico de las propiedades del concreto, realizando el diseño de un hormigón sin caucho y se prepararon 4 conjuntos de probetas de hormigón con caucho con porción de caucho de 5%, 10%, 15% y 20%, se elaboraron probetas de 20x20x20 cm. de hormigón, en las cuales se sustituyó parte del volumen de los áridos por trozos de caucho de 10-20mm y 30-40 mm proveniente del reciclaje de neumáticos usados. La reducción de la Resistencia a la Compresión fue gradual siendo de concreto patrón 328 kg/cm² al sustituir el árido (grava y gravilla) del 5% $f'c=280$ kg/cm², del 10% $f'c=256$ kg/cm², del 15% $f'c=224$ kg/cm² y de 20% $f'c=200$ kg/cm². El módulo de elasticidad se incrementa a media que se adiciona en mayor porcentaje de fibras.

La investigación realizada por García, M. (2007), de la misma forma que la anterior se partió definición de sus variables seguidamente se realizó análisis físico de los componentes del concreto. Se elaboró testigos cilíndricos partiendo de un concreto patrón siendo el tamaño promedio de la partícula de caucho 0.29 mm. Se sustituyó a los áridos en porcentajes de 1%, 3%, 6%, 12% y 18% de caucho. La resistencia a compresión del concreto patrón fue de 28.66 Mpa se observó que al incorporar fibra de caucho al 6% no hubo drástica disminución a la resistencia a compresión. La prueba de resistencia a la flexión también sufrió una disminución gradual.

La investigación realizada por Alfonso y Badillo, (2011), siguiendo las mismas metodologías de las anteriores, se diseñó concreto sin adición (N) y el

concreto adicionado con tiras de fibra de caucho en remplazo del 10% del volumen de agregado grueso (C), las dosificaciones del concreto adicionado con fibras metálicas de 15 kg/m³ (F1) y el concreto adicionado con fibras metálicas con de 30 kg/m³ (F2). Los resultados obtenidos a la resistencia a la compresión a los 28 días para N: 368.8 kg/cm², C: 338.4 kg/cm² F1: 446.10 kg/cm² y F2: 355.6 kg/cm²., la resistencia disminuyo en 8%. La investigación realizada por Hernández, B. (2011), con la misma metodología anterior se elaboraron los 3 tipos de diseño de mezclas de concreto, la primera con adición de plástico PET, la segunda con adición de material de llantas y la tercera sin materiales extra. La concentración de materiales de reciclaje (plástico y llantas) del 10% del total del volumen de la base de concreto simple, el material de caucho empleado tiene forma cubica, de tamaño aproximado de 4 mm de lado. Su peso unitario fue calculado en aproximadamente 720 kg/m³.

Los testigos cilíndricos de ensayo fueron de 6 pulgadas de diámetro por 12 pulgadas de altura. Los resultados obtenidos a los 28 días a la resistencia a la compresión del concreto patrón 201.12 kg/cm², mezcla con plástico 119.74 kg/cm² y la mezcla con material de llanta 136.31 kg/cm². La mezcla con plástico PET alcanzó un 89% de la resistencia esperada, mientras que la mezcla con material de llanta se logró un 81%, lo que indica una disminución del 11% y 19% respectivamente.

La investigación realizada por Torres, H. (2014), habiéndose definido la parte teórica sus variables y habiendo realizado el análisis de sus componentes del concreto, se diseñaron 4 prototipos de mezclas: la primera sin adición de grano de caucho, la segunda `sustituyo el 10% del agregado fino de igual cantidad en volumen de caucho, la tercera y cuarta mezcla de igual forma, pero con porcentajes

de reemplazo de 20% y 30% respectivamente. La resistencia a la compresión a los 90 días del 0% 28.1 kg/cm², 10% 21.5 kg/cm², 20% 21.0 kg/cm² y al 30% 12.2 kg/cm². El módulo de elasticidad desciende respecto al concreto sin sustitución.

La investigación realizada por Ramos y Eraso, (2015), después de conocer las propiedades físicas de sus componentes del concreto se realizaron 4 mezclas: partiendo de un concreto sin sustitución de fibra, la segunda en con sustitución parcial de agregado fino por caucho al 5%, la tercera es al 10% y la cuarta al 15%. La resistencia a la compresión con respecto al diseño patrón va bajando gradualmente de 20.38 Mpa, al 5% 19.44 Mpa, al 10% 18.19 y al 15% 12.58 Mpa. Con los mismos porcentajes también se sustituyó con polvo calcáreo la cual tiene mejor comportamiento a los 28 días en 5%. El módulo de elasticidad disminuyo a medida que se aumenta el porcentaje de caucho molido.

La investigación realizada por Guzmán y Guzmán, (2015), se usaron dos tamaños de caucho; el caucho de grano fino usado de tamaño de 1-4 mm y el caucho de grano grueso usado de tamaño de 10-16 mm proveniente de neumáticos usados de trituración manual. Se sustituyó sus áridos (agregado fino y agregado grueso) por fibras de caucho reciclados en dosis de 5%, 15% y 25%, respectivamente, se elaboró testigos cilíndricas de 30x15 cm. Los resultados a la resistencia a la compresión en sustitución al agregado fino de diseño patrón 282.7 kg/cm² y va disminuyendo 5% 262.4 kg/cm², 15% 191.9 kg/cm² y al 25% 157.9 kg/cm². El resultado sustitución al agregado grueso al 5% 237.6 kg/cm², 15% 174.2 kg/cm² y al 25% 129.9 kg/cm².

Los resultados de módulo de elasticidad tienden a bajar gradualmente.

El concreto normal

El concreto es una estructura compuesta por cemento portland, agregados, agua y aire; en proporciones adecuadas, que permitan obtener un elemento que cumpla propiedades de durabilidad y de resistencia a la compresión, entre otras. En algunos casos, con el fin de mejorar las características del concreto, se incorporan aditivos. El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Opcionalmente se añaden los aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. (Abanto, 2017, p.19).

Variedades de concreto.

Según el Ing. Flavio Abanto Castillo (Abanto C., 2009, p.12) menciona los siguientes tipos de concreto:

Concreto Simple: “se denomina mezcla del concreto a la unión cemento Portland, agua, agregado fino y agregado grueso. El agregado grueso es totalmente cubierto por pasta de cemento y el agregado fino llena los espacios vacíos que deja el agregado grueso”. (Abanto C., 2009, p.12)

$$\text{Cemento} + A. \text{ Fino} + A. \text{ Grueso} + \text{Agua} = \text{Concreto Simple (EC- 1)}$$

Concreto Armado: “Concreto simple cuando éste lleva armaduras de acero como refuerzos, diseñado bajo la presunción de que los dos materiales trabajan conjuntamente, la armadura actúa para soportar los esfuerzos de tracción o incrementar la resistencia a la compresión del concreto” (Abanto C., 2009, p.12).

$$\text{Concreto Simple} + \text{Armaduras} = \text{Concreto Armado (EC- 2)}$$

Concreto Estructural: “Se le designa así al concreto simple, cumpliendo las especificaciones precisas que garanticen su resistencia mínima pre establecido en el diseño, garantizando su durabilidad. Comprende la dosificación, mezclado, transportado y colocado” (Abanto C., 2009, p.12)

Concreto Ciclópeo: Es el concreto simple que esta complementado con piedras boleadas de tamaño máximo de 10”, cubriendo hasta un promedio de 30% como máximo, del volumen total. Las piedras seleccionadas son introducidas y lavados, con el requisito indispensable de que cada piedra boleada, en su ubicación definitiva debe estar totalmente rodeada de concreto simple.

(Abanto C., 2009, p.12).

Concretos livianos: “Son elaborados con agregados livianos y su peso unitario varía desde 400 a 1700 kg/m³” (Abanto C., 2009, p.12).

Concretos normales: “Son elaborados con agregados comunes y su peso unitario varía de 2300 a 2500 Kg/m³. Según el tamaño máximo del agregado. El peso del concreto tiene un promedio de 2400 kg/m³” (Abanto C., 2009)

Concretos Pesados: Son diseñados utilizando agregados pesados, obteniendo peso unitario valores entre 2800 kg/m³ - 6000 kg/m³. Comúnmente se usan agregados como las baritas, minerales de fierro como la magnetita, limonita y hematita. También, agregados artificiales como el fósforo de hierro y partículas de acero. La aplicación principal de los concretos pesados la constituye la protección biológica contra los efectos de las radiaciones nucleares. También se utiliza en paredes de bóveda y cajas fuertes, en pisos industriales y en la fabricación de contenedores para desechos radiactivos. (Abanto C., 2009, p.18)

El Neumático

Es importante en el uso de los vehículos y está hecho de caucho que ayuda a tener un buen contacto con el pavimento, permitiendo el arranque y frenado lo cual es usado en las unidades de transporte ligero y pesado a nivel mundial es de caucho.

El uso de fibras de caucho de neumáticos reciclados en diversos campos y aplicaciones ha sido objeto de investigación por parte de varios autores. A continuación, se presenta un marco teórico con algunos de los autores más destacados en este campo:

Hassan Marzouk et al. (2016): En su estudio titulado "Evaluation of mechanical properties of recycled rubber fibers for reinforcement of cementitious composites", los autores investigaron las propiedades mecánicas de las fibras de caucho reciclado para su uso como refuerzo en materiales cementicios. Se centraron en evaluar la resistencia a la tracción y la adherencia de las fibras de caucho reciclado en diferentes proporciones en mezclas de mortero.

Laura Rocío Martínez et al. (2018): En su investigación titulada "Recycled Rubber Fibers as Reinforcement for Cement-Based Composites", los autores evaluaron las propiedades mecánicas y la durabilidad de compuestos cementicios reforzados con fibras de caucho reciclado. Realizaron pruebas de resistencia a la compresión, flexión y adherencia, demostrando la viabilidad del uso de estas fibras como refuerzo en la mejora de las propiedades de los materiales de construcción.

Yiyan Li et al. (2019): En su estudio "Performance evaluation of recycled tire fiber-reinforced concrete beams", los autores investigaron las propiedades mecánicas y de deformación de vigas de hormigón reforzadas con fibras de neumáticos reciclados. Realizaron pruebas de flexión y observaron mejoras significativas en la capacidad de carga y en la ductilidad de las vigas reforzadas con las fibras de caucho reciclado.

Yashar Aliabdo et al. (2020): En su investigación titulada "Investigation of recycled tire fiber reinforced geopolymer composites", los autores evaluaron las propiedades mecánicas y la durabilidad de los compuestos geopoliméricos

reforzados con fibras de neumáticos reciclados. Realizaron pruebas de resistencia a la compresión y al desgaste, mostrando mejoras significativas en las propiedades mecánicas y en la resistencia a la abrasión de los compuestos reforzados.

La utilización de fibras de caucho de neumáticos reciclados en el concreto estructural es una práctica cada vez más común y prometedora en la construcción sostenible. Diversos autores han investigado y publicado estudios sobre este tema, y a continuación te proporcionaré algunos ejemplos:

"Use of recycled rubber tires in concrete pavement: feasibility analysis" (2019) por M. L. Rubio et al.: Este estudio analiza la viabilidad de utilizar caucho de neumáticos reciclados como sustituto parcial del agregado fino en pavimentos de concreto. Se exploran los efectos en las propiedades mecánicas y durabilidad del concreto.

"Mechanical behavior of concrete with recycled rubber waste" (2018) por A. M. Ruiz et al.: En este artículo se investiga el comportamiento mecánico del concreto con fibras de caucho de neumáticos reciclados. Se evalúa la resistencia a la compresión, flexión y adherencia, entre otras propiedades.

"Rubberized concrete: a review on its properties, applications, and sustainability" (2017) por F. Pacheco-Torgal et al.: Esta revisión destaca las propiedades del concreto con caucho reciclado y sus aplicaciones potenciales en diferentes contextos constructivos. También se discute la sostenibilidad de esta tecnología.

"Use of recycled tire rubber to partially replace fine aggregate in the concrete for noise reduction" (2017) por T. Rajendran et al.: En este estudio se investiga la posibilidad de utilizar caucho de neumáticos reciclados como

reemplazo parcial del agregado fino en el concreto para reducir el ruido de impacto.

Se examinan las propiedades acústicas y mecánicas del material.

2.3. Definición de términos básicos

Fibras de caucho de neumáticos reciclados:

Las fibras de caucho de neumáticos reciclados son materiales obtenidos a partir de la trituración y procesamiento de neumáticos usados. Estas fibras se utilizan como aditivos en diversas aplicaciones, como en la industria de la construcción y en la fabricación de productos de caucho. El reciclaje de neumáticos contribuye a reducir la cantidad de residuos generados y a aprovechar los materiales y recursos disponibles.

El caucho de los neumáticos se procesa para obtener fibras de diferentes tamaños y características. Estas fibras pueden tener forma de partículas o hilos, y se incorporan a diferentes materiales para mejorar sus propiedades mecánicas y proporcionar otras ventajas. Algunas de las aplicaciones comunes de las fibras de caucho de neumáticos reciclados incluyen la fabricación de pavimentos, mezclas asfálticas, productos de caucho moldeado y materiales de construcción.

Concreto estructural:

El concreto estructural, también conocido como hormigón armado, es un material compuesto utilizado ampliamente en la construcción debido a su resistencia y durabilidad. Consiste en una mezcla de cemento, agregados (como arena y grava), agua y aditivos, que se combina para formar una masa cohesiva que se endurece con el tiempo.

La principal característica del concreto estructural es la inclusión de refuerzo de acero, generalmente en forma de barras o mallas, que se coloca dentro de la masa de concreto. Este refuerzo de acero proporciona resistencia a la tracción,

que complementa la resistencia a la compresión del concreto. La combinación de concreto y acero crea un material con propiedades estructurales superiores, capaz de soportar cargas y resistir tensiones y deformaciones.

El concreto estructural se utiliza en una amplia gama de aplicaciones de construcción, como cimientos, columnas, vigas, losas, muros y estructuras de puentes. Su versatilidad, resistencia y capacidad para ser moldeado en diversas formas lo convierten en uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La incorporación de fibra de caucho neumático reciclado influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023.

2.4.2. Hipótesis específicas

- La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del cemento influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023.
- La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco – 2023.
- La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso influye en el comportamiento del

concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la
Provincia de Pasco – 2023.

2.5. Identificación de variables.

2.5.1. Variable Independiente

Fibras de caucho de neumático reciclado.

2.5.2. Variable Dependiente

Comportamiento del concreto estructural

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Índice
<p>Variable independiente.</p> <p>Fibras de caucho de neumático reciclado.</p>	<p>Se entiende por reciclaje al proceso fisicoquímico o mecánico que permite que una materia o un producto ya utilizado se conviertan en materia prima o un nuevo producto que pueda ser reintroducido en un ciclo de vida útil. (Hernández, 2013, p.7).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fibra de caucho de neumático reciclado al peso de cemento - Fibra de caucho de neumático reciclado al peso de agregado fino. - Fibra de caucho de neumático reciclado al peso de agregado grueso. 	<p>% de fibra de caucho de neumático reciclado</p>	<p>Nominal</p>
<p>Variable dependiente</p> <p>Comportamiento del concreto.</p>	<p>concreto de calidad, que una vez colocado en los elementos estructurales (...) tengan un comportamiento optimo frente a las acciones mecánicas, físicas, químicas y/o biológicas; durante la vida útil de la estructura. (Abanto, 2017, P.47).</p>	<p>Resistencia a la Flexión</p>	<p>Donde: Mr.: Modulo de rotura. P: Carga máxima aplicada (kg) L: Longitud libre entre apoyos (cm) b: Ancho del prisma (cm) h: altura del prisma (cm).</p>	<p>Nominal</p>

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación realizada es el descriptiva correlacional. Puesto que el propósito fue medir el grado de relación que existe entre las variables de la investigación.

3.2. Nivel de investigación

En el caso del nivel de investigación, el trabajo presenta el nivel correlacional, porque busca conocer el grado de asociación existente entre la mejora continua y la gestión educativa; según indica Hernández,

3.3. Métodos de investigación

El presente estudio presenta el método científico, hipotético – deductivo, porque partimos de una hipótesis, alcanzamos una deducción y concluimos en una explicación. Según indica Santisteban Naranjo, (2014),

Para el presente trabajo de investigación se empleará el método de Analítico, Deductivo – Sintético, ya que cuando se emplea el análisis sin llegar a

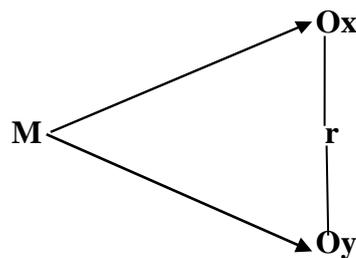
la síntesis, los conocimientos no se comprenden verdaderamente y cuando ocurre lo contrario el análisis arroja resultados ajenos a la realidad.

3.4. Diseño de investigación.

El diseño de investigación ejecutada en la investigación es el no experimental longitudinal.

Puesto que se realizó un análisis de la información sobre cómo las variables y sus relaciones progresan a través del tiempo y en el ámbito de estudio, después se formuló las respuestas a las interrogantes planteadas y finalmente se evaluó el efecto de las soluciones.

Gráfico del diseño de investigación



Donde:

M = Muestra

O = Observación

x = Fibras de caucho de neumático reciclado

y = Comportamiento del concreto.

r = Correlación de variables

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Una vez que se ha determinado la unidad de muestreo/análisis, se empieza a delimitar la población a cuál será estudiada y sobre cual se debe generalizar los resultados obtenidos. “Se define la población como conjuntos de todos los casos

que conllevan a una serie de especificaciones”, “en algunos trabajos de investigación una de las deficiencias que se observa es no describir las características de la población o lo consideran que la muestra representa de manera automática” (Hernández et al., 2014).

La aplicación de la población de la investigación son los concretos utilizados en la Provincia de Pasco de uso estructural, siendo el concreto con una resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm², la resistencia mínima del concreto Estructural no debe ser menor a 17 Mpa, y no habiendo restricción para $f'c$ máximo; según el reglamento Nacional de Edificaciones E-060, y las disposiciones especiales para el diseño sísmico en el acápite 21.3.1 indica que $f'c$ no debe ser menor a 21 Mpa.

3.5.2. Muestra

Las investigaciones deben ser transparentes, así como estar sometido a críticas y replicas, solamente ocurre si el investigador delimita con claridad la población a estudiar y se hace claro la selección de la muestra. Una parte de la población es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido que lo dominamos población. (Hernández et al., 2014, p.175).

Para la presente investigación se tomó como muestra; la cantidad de 90 unidades de testigos cilíndricos (15x30cm) de concreto y 20 unidades de testigos Prismáticos (15x15x60cm) de concreto, que incluyen tanto los testigos elaborados con incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado y el concreto patrón con una resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm² (concreto de peso Normal y concreto utilizado con propósitos estructurales, E-060 RNE) siendo el concreto más común en la Provincia de Pasco. Siguiendo la NTP 339.183 Elaboración y Curado de Especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio; se elaboró tres testigos para

cada edad y condición del ensayo. La edad de rotura se realizó siguiendo las recomendaciones de la norma NTP 339.183, para las pruebas se hicieron a edades de 7, 14 y 28 días para compresión y a edades de 14 y 28 días para flexión.:

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas.

Entre las técnicas e instrumentos de recolección de datos, se emplearán los siguientes elementos:

- Encuestas
- Entrevistas
- Recopilación bibliográfica y/o documental.
- Recopilación electrónica (Internet)

3.6.2. Instrumentos.

- Textos
- Documentos bibliográficos
- Software de aplicación.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Selección del instrumento de investigación

En el presente estudio se aplicó el cuestionario, como instrumento para el análisis de las variables en investigación. Hernández, et al., (2014), señala que “el instrumento es un recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tienen en mente” (p. 199).

Validez del instrumento de investigación

En el presente estudio, la validez de los instrumentos de recolección de datos fue valorada por el juicio de expertos, distinguidos profesionales peritos en

investigación del área de Ciencias de la educación e ingeniería. La Tabla 3.3, presenta los resultados de los expertos según descrito

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Después de hacer la evaluación y crítica de los datos a fin de garantizar la veracidad y confiabilidad se procederá a la depuración de datos innecesarios, mediante las herramientas estadísticas adecuadas.

3.9. Tratamiento estadístico

La estrategia para probar las hipótesis, se iniciará primero con la formulación de la encuesta. Para realizar la prueba de hipótesis se empleará el programa informático SPSS en su versión 26,0, este programa procesa los datos de la encuesta y comparando las variables en función a las hipótesis planteadas, se determinará el estadístico de prueba seleccionado y corresponde al investigador la interpretación del resultado.

El estadístico a emplear será el chi-cuadrado, porque permite determinar la relación entre las dos variables determinadas, como es en el caso de la presente investigación, que se presentan en una tabla de contingencia, asimismo la prueba de independencia del Chi-cuadrado, partirá de la hipótesis de que las variables son independientes; es decir, que no existe ninguna relación entre ellas y que por lo tanto ninguna ejerce influencia sobre la otra. El objetivo de la prueba de Chi-cuadrado, es comprobar la hipótesis mediante el nivel de significación, por lo que si el valor de significación es mayor o igual que el alfa predeterminada (0.05 ó 5%) se aceptara la hipótesis, pero si esta es menor, será rechazada.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Dignidad, consideración y respeto, la investigación ampara que todos los participantes contaron con los mismos derechos, al tratamiento justo, derecho a la

socialización de los resultados del estudio; ningún participante sufrió discriminación de ninguna índole ni bajo ningún argumento, pues se busca el cumplimiento al derecho de la justicia y equidad. Según señala Martin, (2013), es el último de los principios, no por casualidad, sino porque históricamente también fue el más tardío en tenerse en cuenta en la ética biomédica. El concepto de justicia según la tradición aristotélica consiste en “tratar igual lo que es igual y desigualmente lo que es desigual” o, dicho de otro modo, a casos iguales, tratamientos iguales. (p.29)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Para realizar el ensayo se empleó el método mecánico en un periodo de un minuto de tamizado manual que consiste en lo siguiente: se sostiene individualmente el tamiz en la parte superior con tapa fija y el fondo de la cazuela, se empieza con el batido con la mano en una posición inclinada. Se golpea suave el filo del tamiz con movimiento para arriba con la palma de la mano, a razón de 150 veces por un periodo de un minuto, el tamiz se gira un sexto ($1/6$) de vuelta en cada intervalo de 25 golpes.

Resultados:

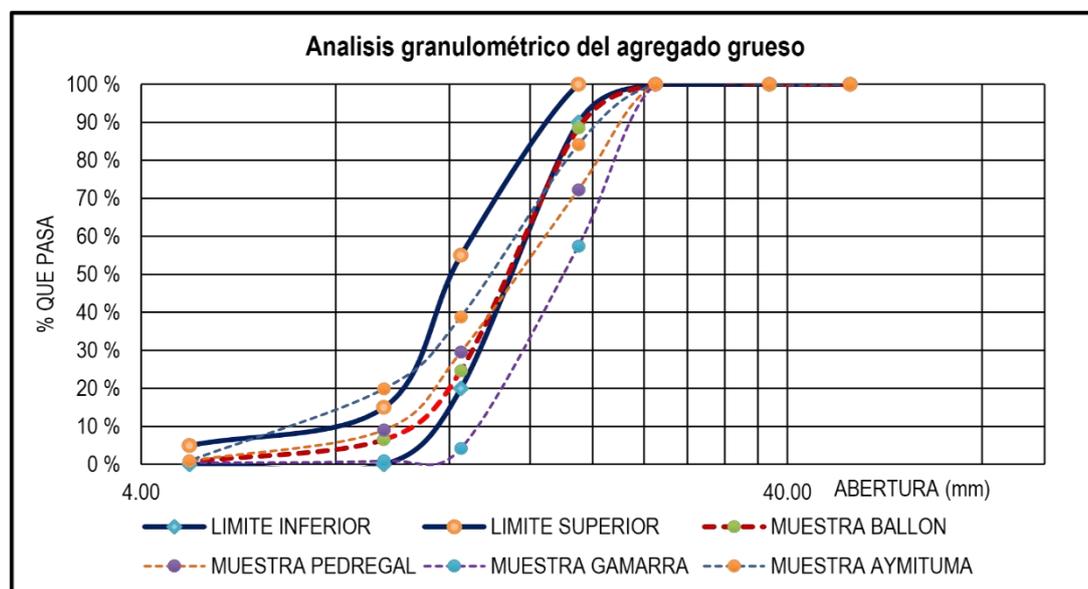
Tabla 1
Resultado de prueba de granulometría del agregado grueso.

Tamiz	Abertura (mm)	C. 1		C. 2		C. 3		C. 4	
		% retenido o acum.	% que pasa	% retenido o acum.	% que pasa	% retenido o acum.	% que pasa	% retenido o acum.	% que pasa
2"	50.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	11.44	88.56	27.74	72.26	42.55	57.45	15.85	84.15
1/2"	12.50	75.32	24.68	70.46	29.54	95.79	4.21	61.17	38.83
3/8"	9.50	93.48	6.52	90.94	9.06	99.01	0.99	80.13	19.87
Nº4	4.75	99.38	0.62	99.07	0.93	99.53	0.47	99.05	0.95
Cazuela		100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
Módulo de Fineza		7.04		7.18		7.41		6.95	

Fuente: elaboración propia.

El análisis granulométrico de la cantera 1 se encuentra dentro de la curva de los usos de la norma NTP 400.012.

Figura 1 de curva granulométrica del agregado grueso



Fuente: elaboración propia.

En la figura anterior, se observa la curva granulométrica, el eje de las ordenadas representa el porcentaje que pasa y de las abscisas la abertura del tamiz cuya escala es logarítmica, el gráfico permite visualizar mejor la distribución de tamaños dentro de una masa de agregados. Es apreciable notar que el agregado

grosso de la cantera cumple con los límites de husos especificados de la norma NTP 400.037.

Módulo de fineza del agregado grueso.

Sumado los porcentajes retenidos acumulados de la serie de tamices 3", 1½", ¾", 3/8", # 4, # 8, # 16, # 30, # 50 y # 100 el resultado se divide entre 100, el sustento matemático del módulo de fineza según la NTP 400.037.

Resultados:

El módulo de fineza del agregado grueso de la cantera 1 es:

$$MF = \frac{(0 + 11.44 + 93.48 + 99.38 + 5 * 100)}{100} = 7.04$$

Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 µm (N° 200) por lavado

Procedimiento:

Se siguió el protocolo de la NTP 400.018

- Se secó la muestra ensayada en la estufa, hasta obtener el peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Luego se secó y se determinó la masa, se colocó la muestra en un recipiente y se añadió bastante cantidad de agua hasta cubrirla. Se agito la muestra con el propósito de desprender completamente todas las partículas más finas que el tamiz de 75 µm de las partículas gruesas y llevar el material fino a suspensión. inmediatamente se vació el agua del lavado con el material fino en suspensión sobre el juego de tamices armado. Evitando la perdida de las partículas más gruesas en la decantación de la muestra.
- Se adiciono la segunda carga de agua sobre la muestra en el recipiente, se agito y se decantó, hasta conseguir que el agua este completamente clara.

- Todo el material retenido es colocado en un envase para secarla en una temperatura constante de 110 ± 5 °C y luego se determina el valor del peso con una aproximación de 0,1% del peso original de la muestra.

Resultados:

Tabla 2
Resultado del material más fino que pasa el tamiz N°200

Ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75uM(N°200) por lavado en agregados. NTP 400.018

Descripción	C. 1	C. 2	C. 3	C. 4
Peso Seco Inicial (g)	1027.97	2537	2501.00	2481
Peso Seco Lavado (g)	1022.66	2525	2480.00	2468
Pérdida de Peso(g)	5.31	12	21.00	13
% que pasa la malla N°200	0.52%	0.47%	0.84%	0.52%

Fuente: elaboración propia.

La cantera 2 tiene menor porcentaje de material fino, según la norma técnica peruana los agregados deben tener menor de 3% de material fino que pasa la malla N°200.

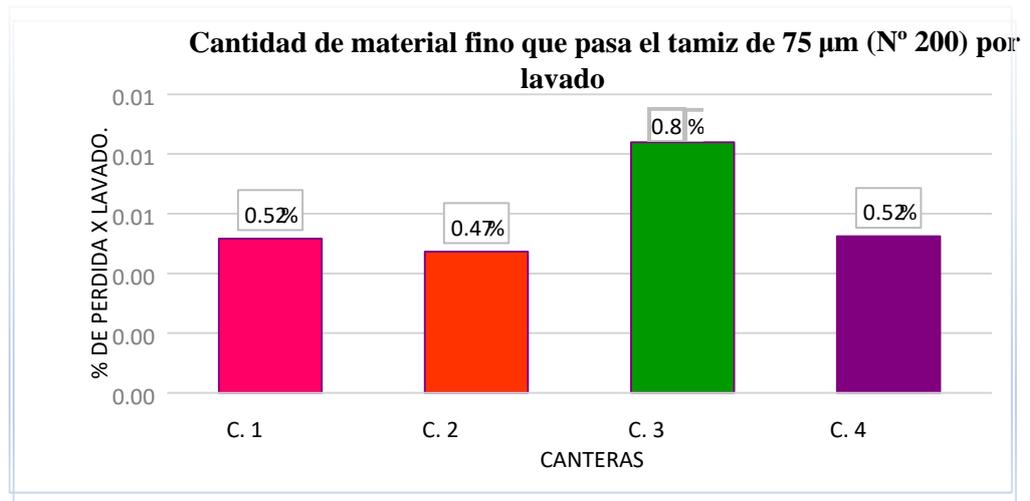
$$A = \frac{B - C}{B} * 100$$

A: % *del Material Fino que pasa el Tamiz N°200*

B: Peso seco de la muestra original, en gramos

C: Peso seco de la muestra después del lavado, en gramos.

Figura 2 Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200 por lavado.



Fuente: Elaboración propia.

Peso específico del agregado grueso

Procedimiento:

- Se sumergió la muestra del agregado grueso en agua durante 24 hrs.
- Se retiró el agregado del agua y se secó superficialmente con una franela húmeda, se pesó una cantidad de material, obteniéndose de esta forma el peso saturado y superficialmente seco de agregado grueso o gravas (W_{sss}).
- Se determinó el volumen desalojado de agregado grueso ($V_{des.}$), considerando el Principio de Arquímedes, se pesó el agregado en una canastilla, sumergida en agua, obteniéndose el peso de agregado sumergida ($W_{sum.}$).

$$V_{des.} = W_{sss} - W_{sum}$$

Dónde: Peso específico del agua = 1 gr/cm³

- Sin perder el material, se vació el agregado a una bandeja para secarlas totalmente en la estufa, obteniéndose el peso de gravas secas (W_s).
- determinó el peso específico del agregado grueso como sigue:

$$P. E = W_s / V_{des}$$

Resultados:

Tabla 3

Resultado de peso específico y absorción del agregado grueso.
Cuadro comparativo del peso específico y % de absorción del agregado grueso
NTP 400.021

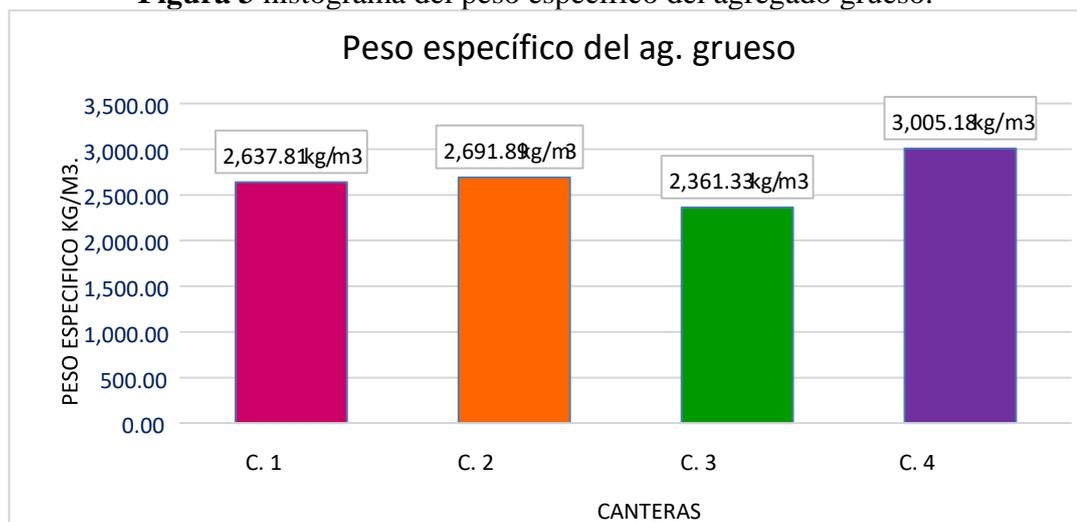
Descripción	C. 1	C. 2	C. 3	C. 4
Peso de la tara (grs).....A	291.03	292.80	1,077.00	292.80
Peso de la tara + muestra Saturado Superficialmente Seco (grs).....B	3,612.30	1,292.80	4,371.00	880.80
Peso de la muestra Saturado Superficialmente Seco (SSS) (grs).....C = BA	3,321.27	1,000.00	3,294.00	588.00
Peso de la canastilla en el agua (grs).....D	1,102.00	1,192.00	1,251.00	888.00
Peso de la muestra Sat. Sup. Seco + la canastilla en el agua (grs).....E	3,183.00	1,822.00	3,164.00	1,283.00
Peso de la muestra Saturado Superficialmente Seco en el agua (grs).....F = E-D	2,081.00	630.00	1,913.00	395.00
Peso de la tara + muestra Secada (grs).....G	3,560.90	1,288.80	3,464.34	872.80
Peso de la muestra secada .....H = G-A	3,271.60	996.00	3,261.00	580.00
Peso específico de masa (kg/m³).....I = ((H)/((C+D)-E))*1000	2,637.81	2,691.89	2,361.33	3,005.18
Porcentaje de absorción (%).....K = (CH)/H)*100	1.52%	0.40%	1.01%	1.38%

Fuente: elaboración propia.

El peso específico de la cantera 1 de 2,637.81 kg/m³ encontrándose dentro de los rangos establecidos de la norma técnica peruana. El peso específico de la masa de mayoría de los agregados comúnmente empleados está comprendido dentro de los límites de 2.6 a 3 gr/cm³. Rivva E. (2010).

Peso específico de agregado grueso cantera Ballon = 2,637.81 Kg/m³

Figura 3 histograma del peso específico del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia.

Según el histograma muestra que los agregados se encuentran dentro de lo esperado según las normas establecida.

Absorción del agregado grueso.

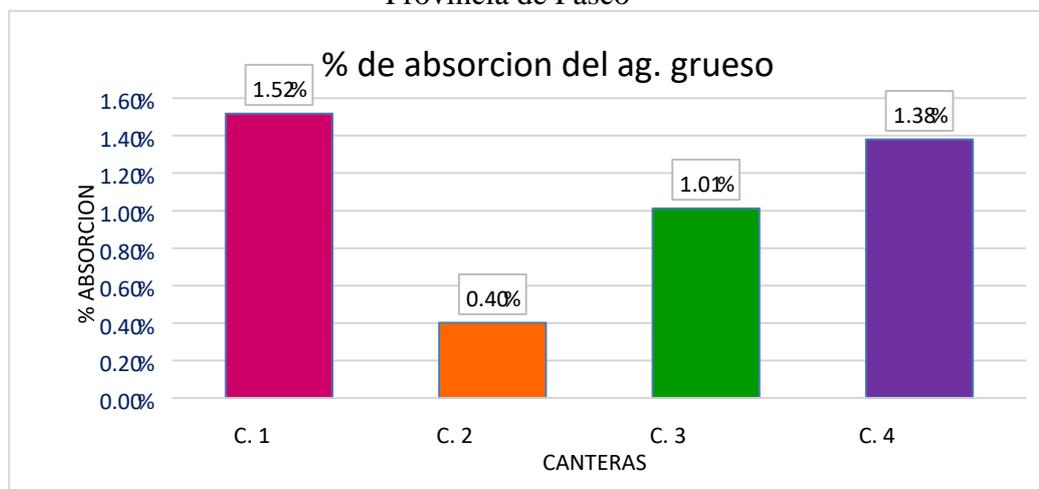
Procedimiento:

Es sumergido la muestra en un periodo de 24 horas en agua potable, se debe llevar a densidad aparente (SSS);

Después se pesa la muestra y seguidamente llevado al horno para su posterior pesado.

la diferencia expresada en porcentaje del peso de la muestra seca, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla, la cantera 1 el agregado grueso muestra una absorción de 1.52%

Figura 4 Histograma % de absorción del agregado grueso de las canteras de la Provincia de Pasco



Fuente: Elaboración propia.

Las capacidades de absorción de los agregados gruesos se encuentran a menores valores de 2% al 3%, mayores a estos valores pueden ser un índice de agregados de alta porosidad efectiva.

Peso unitario suelto del agregado grueso.

Procedimiento:

- Se llenó de agregado grueso al molde normalizado hasta el ras sin necesidad de varillar el material para compactarlo, para obtener una muestra en su estado suelto. Este procedimiento de llenado con la pala se descargó el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2”) hasta que rebose el recipiente.
- Se realizó el enrasado de la superficie del agregado con una varilla, compensado las partes salientes y se determina la masa en kg. del recipiente lleno. NTP 400.017.

$$P. u. s. m = P(m + ml) - P(ml)$$

Donde:

Pm.: Peso de muestra (gr)

P (m+ml): Peso de muestra incluido el molde (gr)]

P (ml): Peso del molde (gr)

Resultados:

Tabla 4

Peso unitario suelto del agregado grueso.

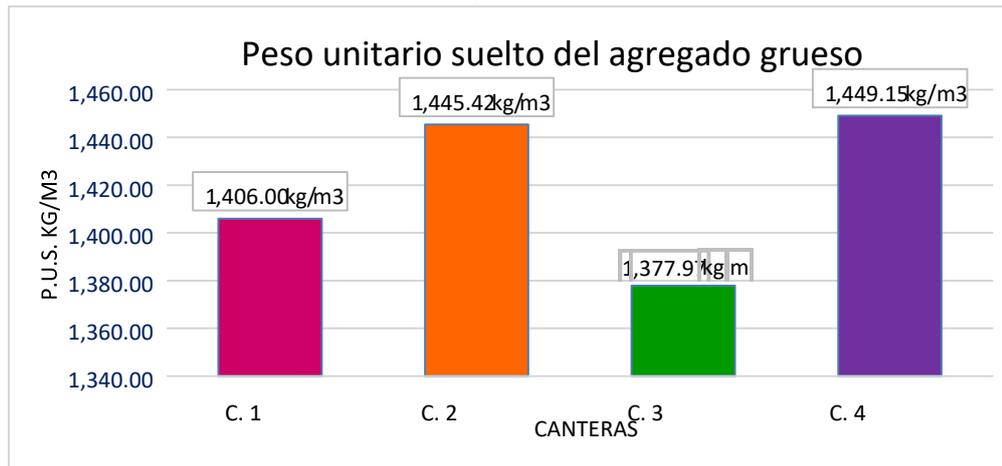
Cuadro comparativo del peso unitario suelto del agregado grueso NTP 400.017					
Descripción		C. 1	C. 2	C. 3	C. 4
Medidas del Recipiente	Diámetro (cm)	20.10	15.80	20.10	20.10
	Altura (cm)	29.00	17.50	29.00	29.00
	Área (cm ²)	317.31	196.07	317.31	317.31
	Volumen (cm ³)	9201.97	3431.18	9201.97	9201.97
Datos Obtenidos	Peso del molde (grs).....A	4982.00	6,701.00	4,982.00	4,982.00
	Volumen del molde (cm ³).....B	9201.97	3431.18	9201.97	9201.97
	Peso del molde + muestra suelta (grs).....C	17920.00	11,660.50	17,662.00	18,317.00
	Peso de la muestra suelta (grs).....D = C-A	12938.00	4,959.50	12,680.00	13,335.00
	Peso unitario Suelto (P.U.S.)(kg/m³).....E	= 1,406.00	1,445.42	1,377.97	1,449.15
(D/B)*1000					

Fuente: elaboración propia.

El peso unitario suelto aproximado del agregado grueso comúnmente usado varía de 1380 kg/m^3 a 1600 kg/m^3 los agregados de la Provincia de Pasco se encuentran en los rangos establecidos.

$P. u. s. m = 1,406.00 \text{ kg/m}^3$

Figura 5 Histograma del peso unitario suelto del ag. Grueso



Fuente: elaboración propia.

El agregado grueso de la cantera de 1 cumple con los intervalos establecidos de la

NTP 400.017.

Peso unitario compactado del agregado grueso.

Procedimiento:

- Se llenó de material el molde normalizado en 3 capas de igual altura, cada capa a 1 ó 2 cm. Arriba de la capa respectiva.
- Se varillo para compactar, con acero, cilíndrica, de 16 mm (5/8") de diámetro, con una longitud aproximada de 600 mm (24"). Un extremo es semiesférico y de 8 mm de radio (5 /16"). Se comienza a dar unos golpes distribuidos uniformemente (en forma de espiral) para compactar el material, se da 25 golpes por cada capa. la varilla solo deberá penetrar la capa que corresponde compactar y no debe pasar a la de más abajo.

- Se enrasa la última capa con la varilla y se pesa.

Resultados:

Tabla 5

Resultado de peso unitario compactado del agregado grueso.

Cuadro comparativo del peso unitario compactado del agregado grueso NTP

400.017

Descripción		C. 1	C. 2	C. 3	C. 4
Medidas del Recipiente	Diámetro (cm)	20.10	15.80	20.10	20.10
	Altura (cm)	29.00	17.50	29.00	29.00
	Área (cm ²)	317.31	196.07	317.31	317.31
	Volumen (cm ³)	9201.97	3431.18	9201.97	9201.97
Datos Obtenidos	Peso del molde (grs).....A	4982.00	6,701.00	4,982.00	4,982.00
	Volumen del molde (cm ³).....B	9201.97	3431.18	9201.97	9201.97
	Peso del molde + muestra suelta (grs).....C	18900.00	11,847.00	19,092.00	21,674.49
	Peso de la muestra suelta (grs).....D = C-A	13918.00	5,146.00	14,108.00	16,692.49
Peso unitario Compactado (P.U.C.)(kg/m³).....E = (D/B)*1000	1,512.50	1,499.78	1,533.15	1,814.01	

Fuente: Elaboración propia.

El peso unitario compactado del agregado grueso aproximadamente varía de 1500 kg/m³ a 1700 kg/m³ (Rivva E., 2010), los agregados se encuentran dentro del rango a excepción de la cantera 4. El peso unitario compactado del agregado grueso de la cantera 1 tiene:

$$P. u. c. m = 1,512.50 \text{ kg/m}^3$$

Ensayo resistencia al desgaste agregado grueso

Procedimiento:

- Se pesó 5000 grs de muestra seca, la pérdida después de 100 revoluciones frente a la pérdida de 500 revoluciones no debe exceder mayor a 0,20 en material de dureza uniforme. Se tiene cuidado del desperdicio de la muestra,

se retoma la muestra fractura para las 400 revoluciones finales requeridas para completar el ensayo.

- Luego del tiempo establecido se retiró el material del cilindro para hacer pasar por el tamiz # 12 siguiendo los pasos establecidos en la norma NTP 400.019. El material retenido en el tamiz #12 se lavó y se secó en el horno a una temperatura comprendida entre 105 °C y 110 °C. se realiza el pesado final de la muestra después del secado en el horno después de 24 horas y eliminando los finos.

Resultados:

Tabla 6

Resultado de abrasión los Ángeles de los agregados menor de 1 1/2"

Cuadro comparativo abrasión los Ángeles (L.A.) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 1/2") NTP 400.019

Descripción	C. 1	C. 2	C. 3	C. 4	
Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Peso Retenido (gr)	Peso retenido (gr)	Peso retenido (gr)
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	0.00
1"	25.00	1276.00	1251.00	1265.00	1258.00
3/4"	19.00	1499.00	1253.00	1252.00	1253.00
1/2"	12.50	1484.00	1256.00	1250.00	1254.00
3/8"	9.50	741.00	1240.00	1240.00	1235.00
TOTAL		5000	5000	5007	5000
Peso de la muestra inicial		5000	5000	5007	5000
Peso de la muestra final		3,853.00	3,782.00	3,705.00	3,786.00
Peso de la muestra perdida		1,147.00	1,218.00	1,302.00	1,214.00
Perdida de la muestra (%)		29.77%	32.21%	35.14%	32.07%

Fuente: Elaboración propia.

Establece la NTP 400.037, que las resistencias mecánicas de los agregados gruesos por el método de abrasión (método los Ángeles): no debe ser mayor a 50 %. Los resultados obtenidos, la cantera 1 tienen menor pérdida al desgaste, se concluye que el agregado grueso es óptimo según las condiciones establecidas en la norma. Además, se establece la NTP 400.019 para tamaño

máximo nominal de agregado grueso de 19,0 mm (3/4 pulg), con porcentajes de pérdida en el rango de 10 % a 45 %.

Contenido de humedad - agregado grueso

Procedimiento:

Se empezó con la muestra inicial de 3000gr. del agregado grueso de la cantera 1, seguidamente se hizo el cuarteo con una aproximación de 0.1% para ser pesado en la balanza, en el proceso se tubo precaución con la muestra para evitar la pérdida de humedad, después del pesado de la muestra se procedió a someterlo a una temperatura de 110°C ±5°C al horno para extraer la humedad establecido los pasos a seguir en la norma NTP 339.185, después de haber culminado el tiempo en el horno se sacó la muestra y se dejó por un periodo dejándolo enfriar y se realizó el pesado de la muestra.

Resultados:

Tabla 7

Contenido de humedad del agregado grueso.

Contenido de humedad total de los agregados por secado NTP 339.185

	Muestra promedio
Peso de la tara (grs).....A	0.00
Peso de la tara + muestra natural (grs).....B	3000.00
Peso de la tara + muestra secada a horno (grs).....C	2976.83
Peso del contenido del agua (grs).....D = B-C	23.17
Contenido de humedad (%W).....E = ((B-C)/C)*100	0.78%

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Granulometría del agregado fino.

Procedimiento:

- La muestra de ensayo tiene como mínimo 500 gr
- El tamizado de la muestra se realizó según la norma NTP 400.012.

- Cada ensayo de tamizado debe ser con tapa superior y cazuela en el fondo para evitar pérdidas, seguidamente se aplicará un movimiento oscilatorio de viven: atrás, adelante, derecha, izquierda, arriba, abajo y forma circular.
- Después de un periodo de un minuto se da finalizada la operación de tamizado no debe pasar más del 1% en peso de la muestra retenido sobre el tamiz.

Resultados:

Tabla 8

Análisis granulométrico del agregado fino.

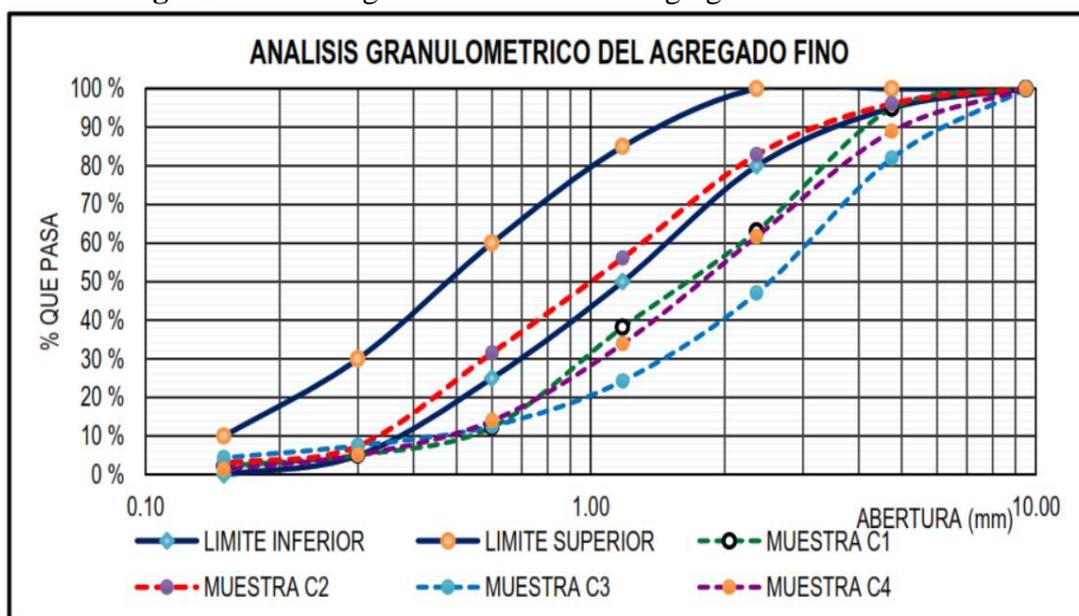
Cuadro comparativo de análisis granulométrico de agregado fino (NTP 400.012)

Tamiz	Abertura (mm)	C. 1		C. 2		C. 3		C. 4	
		% retenido o acumulado	% que pasa	% retenido o acumulado	% que pasa	% retenido o acumulado	% que pasa	% retenido o acumulado	% que pasa
3/8"	9.50	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
N°4	4.75	5.16	94.84	3.88	96.12	18.00	82.00	11.01	88.99
N°8	2.36	36.89	63.11	17.13	82.87	52.97	47.03	38.27	61.73
N°16	1.18	61.85	38.15	43.88	56.12	75.70	24.30	66.06	33.94
N°30	0.60	87.73	12.27	68.48	31.52	87.37	12.63	86.02	13.98
N°50	0.30	94.96	5.04	92.61	7.39	92.46	7.54	94.86	5.14
N°100	0.15	97.81	2.19	97.09	2.91	95.58	4.42	98.59	1.41
Cazuela		100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
Módulo de Fineza			3.84		3.23		4.22		3.95

Fuente: Elaboración propia.

La cantera seleccionada es cantera 2 por la aproximación de los límites de la curva granulométrica de la NTP 400.037.

Figura 6 Análisis granulométrico de los agregados finos.



Fuente: Elaboración propia.

El agregado fino de la cantera 2 se encuentra dentro de los límites de los usos establecidos en NTP 400.037

La distribución granulométrica de la cantera 2 tiende a estar dentro de los límites del uso granulométrico de la norma NTP. 400.037.

Módulo de fineza del agregado fino

Resultados:

El módulo de fineza del agregado fino de la cantera de 2 es de:

$$MF = \frac{(3.88 + 17.13 + 44.88 + 68.48 + 92.61 + 97.09)}{100} = 3.23$$

Según la norma NTP 400.037 el agregado fino no tendrá que exceder 45% entre 2 mallas que están consecutivamente de los tamices normado para módulo de fineza. El módulo de fineza debe estar preferentemente en el rango 2.3 – 3.1, si la muestra excede el limite indicado de ± 0.2 el agregado debe ser rechazado (según la Ing. Sheyla Yuliana Cornejo Rodríguez). la muestra en estudio se encuentra dentro de los rangos permitidos.

Peso específico del agregado fino

Procedimiento:

Saturada la arena se sumergió en agua por 24 hrs, se llevó al estado saturado y superficialmente seco en la estufa; en superficie limpia y seca, para verificar el estado superficialmente se usó el cono truncado, llenándose de la muestra en dos capas y en cada capa se da 15 golpes con el pisón en la primera capa y 10 golpes en la segunda capa, después se enrasa y se retira el molde haciendo un movimiento vertical. Estará conforme cuando la muestra se desmorone lentamente indicando que se encuentra en el estado saturado y superficialmente seco, si no se desmorona se vuelve a la estufa.

Posterior al paso anterior se pesó dos muestras de 500 grs. cada una de arena (W_{ss}), se vació agua en la fiola hasta la mitad de la parte curva, se vertió una de las muestras apoyándose en un embudo y en la parte inferior de la fiola se colocó un recipiente para recoger el material que pueda caer durante esta operación, después del vaciado al fiola, La otra muestra se sometió al secado total, en la estufa, para obtener el peso seco de arena (W_s).

Se extrajo el aire atrapado en la fiola empleando el método manual para los vacíos; se agito el material de la fiola sobre su eje longitudinal.

Se completó la capacidad de la fiola con agua hasta la línea de marca de aforo, hasta coincidir con la marca (1000 ml).

- Se pesó la fiola + arena (W_{fa})
- Se obtiene el peso de la fiola + arena + agua hasta la marca de aforo (W_{faw}).
- Se realiza el cálculo de los valores obtenidos en la fórmula siguiente y se obtiene la densidad siguiendo la norma NTP 400.022.

Por las siguientes relaciones se determina las características del agregado:

- Peso específico de masa
(Pem) $Pem = W_o/(V - V_a)$
- Peso específico de masa saturado con superficie seca (Pesss).
 $Pesss = 500/(V - V_a)$
- Peso específico aparente (Pe a) $Pea = W_o/[(V - V_a)-(500 - W_o)]$

Donde:

W_o = Peso en el aire de la muestra secada en el horno, gramos.

V = Volumen del frasco en cm^3 .

V_a = Peso en gramos o volumen en cm^3 de agua añadida a la fiola.

Resultados:

Tabla 9

Resultados del peso específico de los agregados finos.

Cuadro comparativo del peso específico del agregado fino (NTP 400.022)

Descripción	C. 1	C. 2	C. 3	C. 4
Peso de la tara (grs).....A	82.43	29.80	82.42	178.50
Peso de la tara + muestra saturada superficialmente seca (grs).....B	582.43	529.85	582.45	678.50
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (grs) aprox. 500grs.....C = B-A	500.00	500.05	500.03	500.00
Peso del Picnómetro	176.67	176.67	176.67	176.67
Peso de Pic. + agua de 500cm ³ .....D	674.58	665.00	674.93	315.72
Volumen del Picnómetro....V cc	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso de Pic. Con agua de 500 cm ³ + muestra S.S.S(grs).....E	990.08	977.00	986.71	997.00
Peso de la tara + muestra seca(grs).....F	691.90	521.80	611.07	581.50
Peso de la muestra seca(grs).....G = F-A	495.28	492.00	491.39	489.00
Peso específico de masa (kg/m ³).....H = ((G/((C+D)E))*1000	2,684.44	2,616.33	2,610.31	2,697.48
Porcentaje de Absorción (%).....J = ((C-G)/G)*100	0.95%	1.64%	1.76%	2.25%

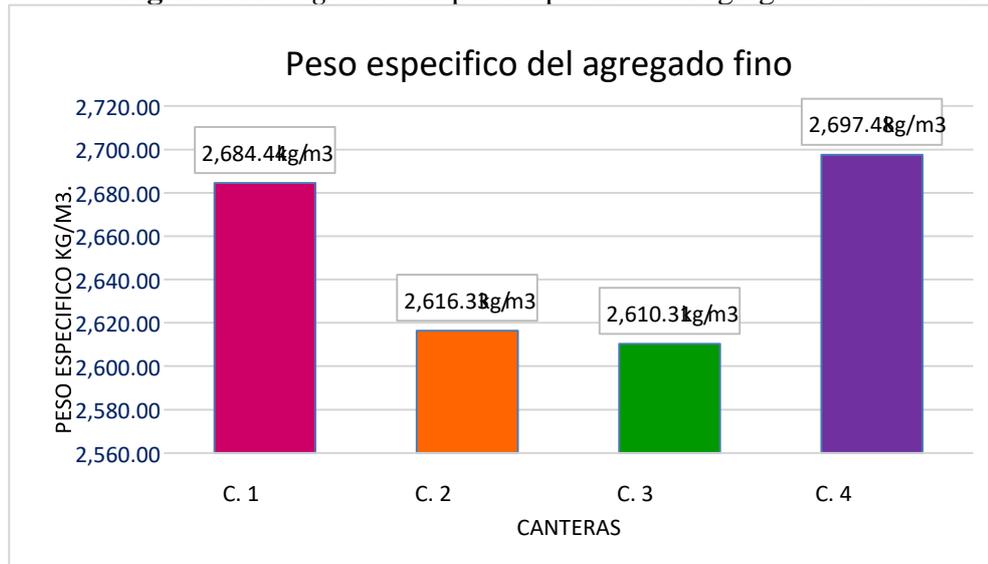
Fuente: Elaboración propia.

El peso específico (gravedad específica) de las muestras la mayoría de los agregados comúnmente empleados están comprendido dentro de los límites de 2.6 a 3 gr/cm³.

La capacidad de absorción de los agregados se estima que en los valores en exceso del 2% al 3% pueden ser un índice de agregados de alta porosidad efectiva. Los agregados que absorben valores mayores que los indicados pueden ser aceptables si el tamaño de los poros es grande.

Peso específico de Agr. fino cantera Pedregal = 2,616.33 Kg/m³

Figura 7 Histograma del peso específico del agregado fino de canteras.



Fuente: Elaboración propia.

El peso específico del agregado fino de las canteras estudiadas se encuentra dentro del rango establecido.

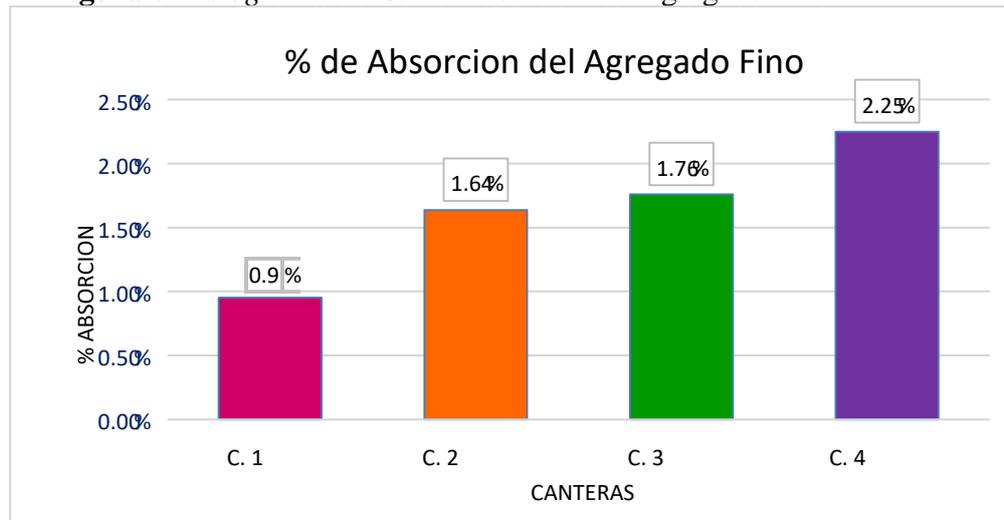
El cono de la muestra se desmorono lentamente; la muestra llegó al estado saturado y superficialmente seco.

Colocado la muestra se extrajo el aire atrapado en la fiola; el material con el agua se agita sobre su eje longitudinal y se pesó luego de extraer el aire atrapado.

Absorción del agregado fino.

Resultados: %Absorción de Agr. Grueso Cantera Pedregal = 1.64%

Figura 8 Histograma del % de Absorción del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia.

El histograma mostrado de la absorción de cantera 2 se encuentra con un porcentaje de absorción de 1.64%.

Peso unitario suelto del agregado fino

Procedimiento:

- Se llenó de material (agregado fino) al molde normalizado hasta el ras sin necesidad de varillar el material para compactarlo, para obtener una muestra en su estado suelto. Se llenó el recipiente hasta el reboce con un cucharón, se descargó el agregado de una altura no mayor de 50 mm encima del borde superior del molde.
- Se enrasó con una varilla con sumo cuidado y se pesó.

Se llenó de agregado fino al molde normalizado hasta el ras sin necesidad de varillar.

Cuadro comparativo del peso unitario suelto del agregado fino (NTP 400.017).

Resultados:

Tabla 10

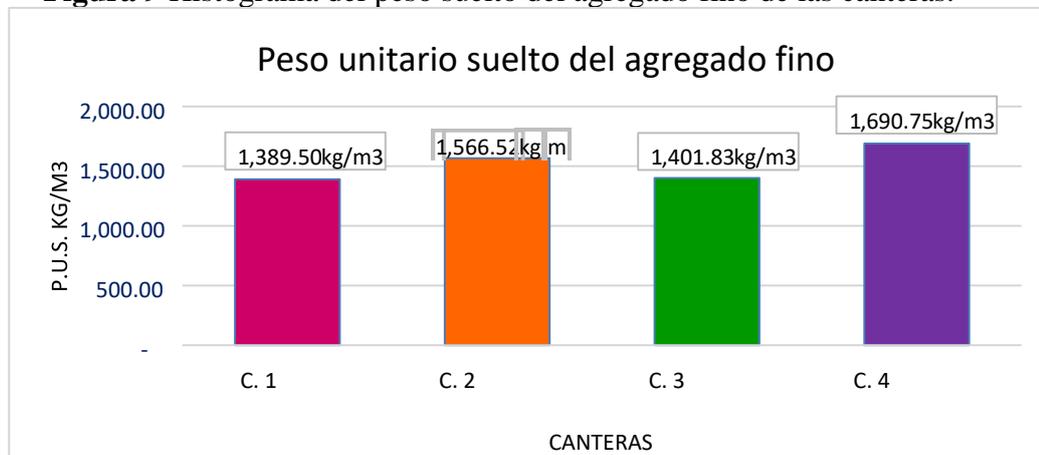
Resultado de peso unitario suelto del agregado fino.

Cuadro comparativo del peso unitario suelto del agregado fino (NTP 400.017)					
Descripción		C. 1	C. 2	C. 3	C. 4
Medidas del Recipiente	Diámetro (cm)	15.10	15.80	15.10	15.10
	Altura (cm)	15.40	17.50	15.40	15.40
	Área (cm ²)	179.08	196.07	179.08	179.08
	Volumen (cm ³)	2757.82	3431.18	2757.82	2757.82
Datos Obtenidos	Peso del molde (grs).....A	1622.00	6,701.00	1,622.00	1,622.00
	Volumen del molde (cm ³).....B	2757.82	3431.18	2757.82	2757.82
	Peso del molde + muestra suelta (grs).....C	5454.00	12,076.00	5,488.00	6,284.77
	Peso de la muestra suelta (grs).....D = C-A	3832.00	5,375.00	3,866.00	4,662.77
Peso unitario suelto (P.U.S.)(kg/m³)... ..E = (D/B)*1000		1,389.50	1,566.52	1,401.83	1,690.75

Fuente: Elaboración propia.

El peso unitario suelto del agregado fino según la NTP 400.017, indica el intervalo de 1400 a 1600 kg/m³, la cantera 2 con peso unitario suelto de 1566.52 kg/m³ se encuentra dentro del rango.

Figura 9 Histograma del peso suelto del agregado fino de las canteras.



Fuente: Elaboración propia.

P. u. s. m de la Cantera Pedregal = 1,566.52 kg/m³

Peso unitario compactado del agregado fino.

Resultados:

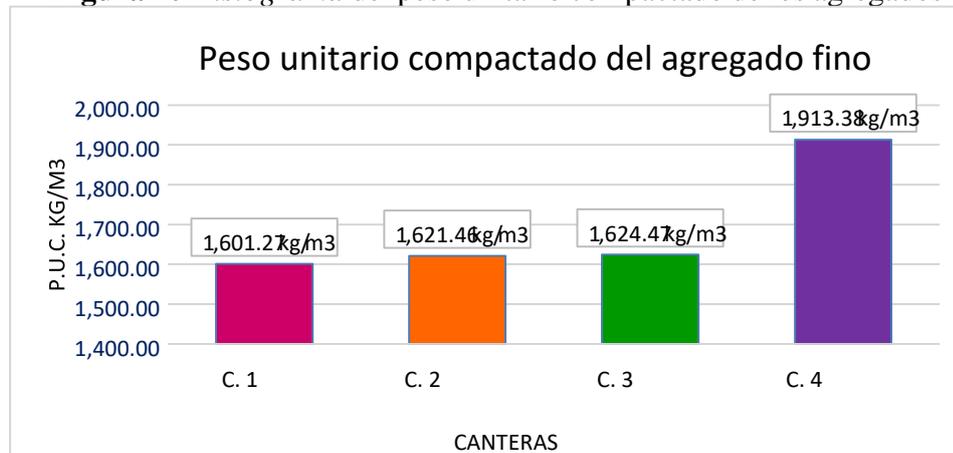
Tabla 11*Resultado peso unitario compactado del agregado fino.*

Cuadro comparativo del peso unitario compactado del agregado fino NTP 400.017

Descripción		C. 1	C. 2	C. 3	C. 4
Medidas del Recipiente	Diámetro (cm)	15.10	15.80	15.10	15.10
	Altura (cm)	15.40	17.50	15.40	15.40
	Área (cm ²)	179.08	196.07	179.08	179.08
	Volumen (cm ³)	2757.82	3431.18	2757.82	2757.82
Datos Obtenidos	Peso del molde (grs).....A				
	Volumen del molde (cm ³).....B	1622.00	6,701.00	1,622.00	1,622.00
	Peso del molde + muestra suelta (grs).....C	2757.82	3431.18	2757.82	2757.82
	Peso de la muestra suelta (grs).....D = C-A	6038.00	12,264.50	6,102.00	6,898.74
	Peso unitario Compactado (P.U.C.)(kg/m ³).....E = (D/B)*1000	4416.00	5,563.50	4,480.00	5,276.74
Peso unitario Compactado (P.U.C.)(kg/m³).....E = (D/B)*1000		1,601.27	1,621.46	1,624.47	1,913.38

Fuente: Elaboración propia.

El peso unitario compactado del agregado fino según la NTP 400.017, indica el intervalo de 1500 a 1700 kg/m³, la cantera 2 tiene 1621.46 kg/m³ se encuentra dentro del rango.

Figura 10 Histograma del peso unitario compactado de los agregados finos.

Fuente: Elaboración propia.

El peso unitario compactado del agregado fino de la cantera 2 tiene 1,621.46 kg/m³.

Se siguió según a la norma NTP 400.017 y los mismos pasos del agregado fino.

$$P. u. c. m = 1,621.46 \text{ kg/m}^3$$

Contenido de humedad del agregado fino

Procedimiento:

Se empezó con la muestra inicial de 5000gr. del agregado fino de la cantera 2, seguidamente se hizo el cuarteo con una aproximación de 0.1% para ser pesado en la balanza, en el proceso se tubo precaución con la muestra para evitar la pérdida de humedad, después del pesado de la muestra se procedió a someterlo a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ al horno para extraer la humedad establecido los pasos a seguir en la norma NTP 339.185, después de haber culminado el tiempo en el horno se sacó la muestra y se dejó por un periodo dejándolo enfriar y se realizó el peso de la muestra.

El contenido de humedad en los agregados se puede calcular mediante la utilización de la siguiente fórmula EC - 21:

$$\%w = \frac{P_o - P_s}{P_s} * 100$$

Donde:

Po: peso inicial

Ps: peso seco

%w: porcentaje de humedad.

Resultados:

Tabla 12

Contenido de humedad del agregado fino.

Contenido de humedad total de los agregados por secado NTP 339.1

contenido de humedad de agregado fino Cantera 2	Muestra promedio
Peso de la tara (grs).....A	0.00
Peso de la tara + muestra natural (grs).....B	628.70
Peso de la tara + muestra secada a horno (grs).....C	625.00
Peso del contenido del agua (grs).....D = B-C	3.70
Contenido de humedad (%W).....E = ((B-C)/C)*100	0.59%

Fuente: Elaboración propia.

El contenido de humedad de la cantera 2 es de 0.59% esta se aplicará en el diseño de mezclas.

Muestreo de fibra de caucho neumático reciclado.

La propuesta de incorporar la fibra de caucho de neumático reciclado al concreto surge con la idea de contribuir con el desarrollo de algunas propiedades del concreto estructural.

En base al análisis bibliográfico de concretos con adición y sustitución parcial de fibras de caucho de neumático reciclado, para la presente investigación se incorpora las fibras de caucho de neumático reciclado en tres dosificaciones de caucho reciclada del orden 3%, 5% y 7%, trabajándose al peso de cemento y al peso de los agregados, la misma que será añadida como cualquier agregado. Así podremos tener una idea de sus propiedades mecánicas, su dosificación específica y sus perspectivas aplicaciones.

Para la incorporación de fibras de caucho al peso del cemento y agregado fino se utilizó dos tamaños de fibra fino una retenido en malla N°100 el porcentaje de 1.11%, de dimensiones alargados de 1 mm a 4.5 mm y de diámetro de 0.5 mm (caucho granulado) Figura a) líneas abajo y la otra fibra fina retenida en la malla N°100 el porcentaje de 1.53 % de diámetro 0.01mm (caucho pulverizado) b) líneas abajo, se realizó una combinación de ambos para que tenga mejor comportamiento en la curva granulométrica agregándose el 60% fina de caucho pulverizado y 40% fibra fina caucho granulado. Para la incorporación al peso del agregado grueso se utiliza la fibra gruesa asemejando a la piedra de ½” a ¾” retenida en la malla N°4 el 3.5%, de dimensiones alargadas desde 11 mm hasta 39 mm un espesor desde 5 mm hasta 19 mm, se muestra a continuación:

Figura 11 *caucho* granulado pasante malla de 3/8", b) *caucho* pulverizado.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se observa las dimensiones a escala 1/100 utilizándose para el diseño con respecto del peso de cada componente (cemento y agregado fino).

Figura 12 *caucho* granulado retenido en la Malla.



Fuente: Elaboración propia.

Granulometría de la fibra de caucho.

Para la investigación tomamos dos muestras de fibra de caucho, a las que les daremos las aplicaciones de un agregado, siguiendo los pasos descritos anteriormente apoyados en la norma técnica peruana 400.037 y la NTP 400.012.

Procedimiento:

- Se pesó de la muestra de fibra mayor de 300 gr. para fibras finos y para fibras gruesas se utilizó de 3 kg.
- Se movió frecuentemente bamboleando: adelante, atrás, izquierda, derecha, arriba, abajo y circular.
- La fibra de caucho de fino utilizado tiene un tamaño de dimensiones alargados de 1 mm a 4.5 mm y de diámetro de 0.5 mm (caucho granulado) y la otra fibra fina de diámetro 0.01mm (caucho pulverizado) procedente de neumáticos fuera de uso, obtenido de la trituración manual.

La fibra de caucho fino está compuesta: 40% caucho granulado+60% caucho pulverizado, realizándose la combinación de ambas fibras de caucho lográndose una curva optima a diferencia de tesis anteriores.

El caucho de grano grueso utilizado es de tamaño de 11 mm hasta 39 mm un espesor desde 5 mm hasta 19 mm procedente de neumáticos fuera de uso y obtenido mediante trituración manual.

Resultados:

La granulometría de las fibras de caucho de neumático reciclado se tiene los cuadros siguientes:

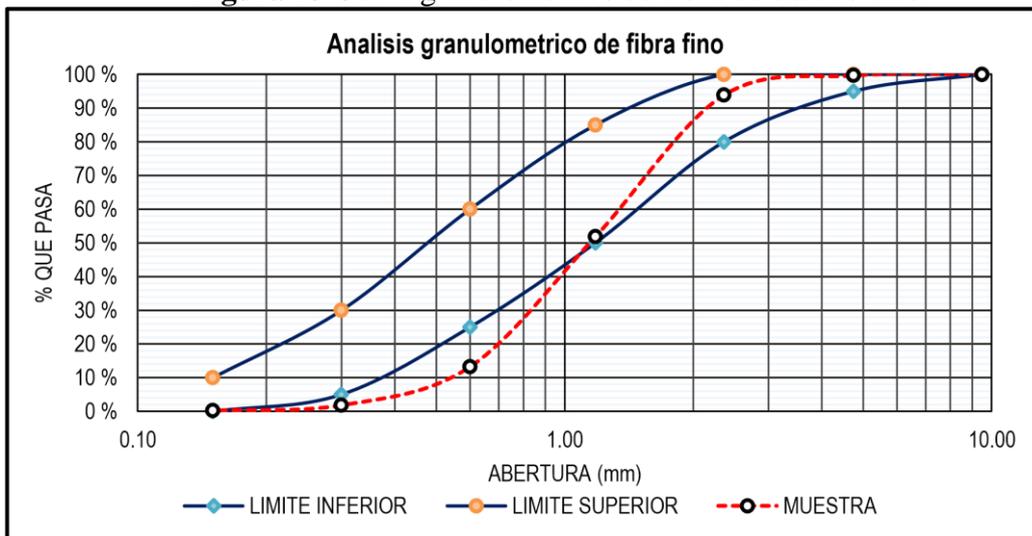
Tabla 13
Resultado de ensayo granulométrico de fibra de caucho fino.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Peso retenido corregido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa	Normativa N.T.P 400.037	
							Inferior	Superior
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
Nº4	4.75	1.30	1.47	0.31	0.31	99.69	95	100
Nº8	2.36	27.70	27.88	5.84	6.14	93.86	80	100
Nº16	1.18	200.50	200.68	42.01	48.16	51.84	50	85
Nº30	0.60	184.30	184.48	38.62	86.78	13.22	25	60
Nº50	0.30	54.30	54.48	11.40	98.18	1.82	5	30
Nº100	0.15	7.30	7.47	1.56	99.75	0.25	0	10
Cazuela		1.20	1.20	0.25	100.00	0.00	-----	-----
Sumatori		476.60	477.65	100.00	-----	-----	-----	-----

Fuente: Elaboración propia.

La fibra de caucho fino está compuesta: 40% caucho granulado+60% caucho pulverizado.

Figura 13 Curva granulométrico de fibra de caucho fino.



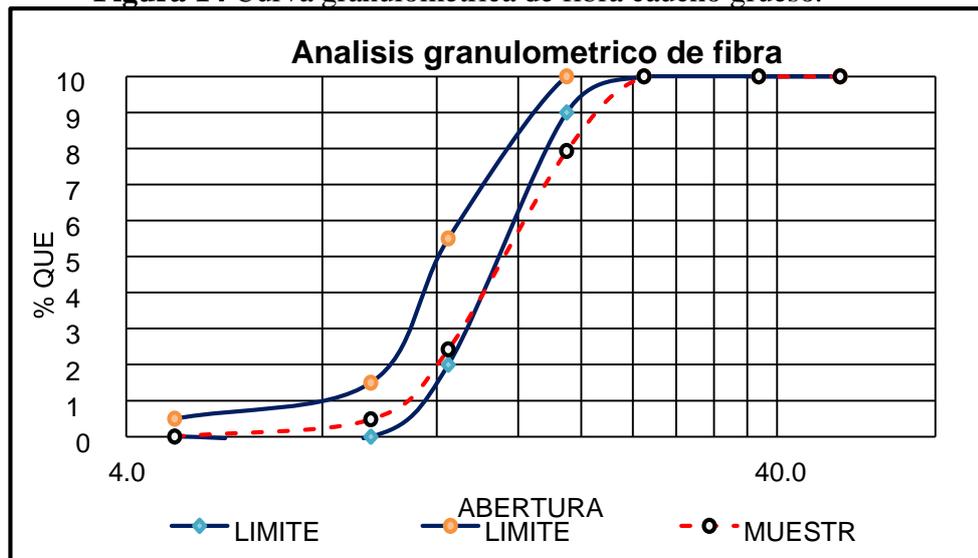
Fuente: Elaboración propia.
 La distribución de la fibra fina tiene mayor cantidad de fibras gruesas.

Tabla 14

Resultado de ensayo granulométrico de fibra de caucho grueso.

Ensayo granulométrico de fibra grueso: muestra promedio fibra de caucho reciclado							Normativa N.T.P 400.037	
Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Peso retenido corregido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa	Inferior	Superior
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	621.00	621.38	20.71	20.71	79.29	90	100
1/2"	12.50	1652.02	1652.40	55.08	75.79	24.21	20	55
3/8"	9.50	582.45	582.83	19.43	95.21	4.79	0	15
Nº4	4.75	142.52	142.90	4.76	99.98	0.02	0	5
Cazuela		0.70	0.70	0.02	100.00	0.00	----	----
Suma		2998.69	3000.20	100.00	----	----	----	----

Figura 14 Curva granulométrica de fibra caucho grueso.



Fuente: Elaboración propia.

La fibra gruesa se encuentra en mayor parte dentro de los límites del uso del agregado grueso.

Densidad de masa y peso específico de fibra de caucho

Procedimiento:

La densidad de masa de la fibra de caucho fue determinada al aplicarle el mismo tratamiento que se le da al agregado fino.

A semejando al ensayo para el agregado fino, la fibra de caucho demostró atrapar aire, por lo tanto, con una agitación ininterrumpida y lenta, se eliminó burbujas de aire para tomar los datos correspondientes al peso, obteniéndose un valor de masa específica de 1.083 gr/cm^3 .

Para la fibra gruesa la muestra se sumergió en agua por 24 hrs. aproximadamente para que llene los poros. Luego se retiró del agua, se secó el agua de la superficie de las partículas con franela, y se procedió al pesado. Seguidamente la muestra de fibra se pesó es sumergida en agua con la canastilla.

Finalmente, la muestra de fibra se secó al horno y se pesó. Se calculó el peso específico y de absorción, siguiendo la aplicación que se da a los agregados gruesos, determinándose el valor de 1.091 gr/cm³.

Secado de fibra en franela y pesado de fibras gruesas en canastillas.

Resultados:

Tabla 15

Resultados de ensayos peso específico y absorción de las fibras caucho.

Resumen de ensayo	
Descripción de ensayos	Muestra promedio
Peso específico de masa del agregado fino (kg/m ³)	1,083.23
Porcentaje de absorción del agregado fino (%)	26.60%
Peso específico de masa del agregado grueso (kg/m ³)	1,091.30
Porcentaje de absorción del agregado grueso (%)	1.23%

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos se obtuvo la cantidad de fibras según al peso de los elementos del concreto (cemento y agregados).

DISEÑO DE MEZCLA

Siguiendo el método ACI, se realizó los pasos especificados en el marco teórico de diseño de mezcla.

Información requerida de los materiales

Tabla 16

Parámetros físicos de los agregados para el diseño de mezcla.

Parámetros físicos de los agregados Descripción	Agregado				
	fino 2	cantera	grueso 1	Cemento tipo I (Sol)	Agua
Peso específico de masa (kg/m ³)	2,616.33		2,684.44	3,120.00	1,000.00
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1,566.52		1,406.00	-----	-----
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1,601.27		1,512.50	-----	-----
Contenido de humedad (%)	0.59%		0.78%	-----	-----
Porcentaje de absorción (%)	1.64%		1.52%	-----	-----
Tamaño máximo	.....		1"	-----	-----
Tamaño máximo nominal	.....		3/4"	-----	-----
Módulo de finura	3.23		7.04	-----	-----

Fuente: Elaboración propia.

Habiendo elegido las canteras con agregados que cumplen con las especificaciones

de la NTP 400.037, se realizó el diseño de mezcla.

Método de diseño del ACI

La hoja de cálculo correspondiente al diseño de mezclas por el Método del ACI se encuentra desarrollada al detalle en los anexos.

Resultados de diseño para el concreto patrón.

Desarrollando el método de diseño de mezclas del ACI obtenemos la siguiente tabla resumen:

Tabla 17
Resumen de diseño de mezcla patrón (CP).

Diseño de mezcla del concreto patrón (CP)					
Descripción	Peso húmedo de diseño (kg)	Proporción en peso	Proporción en volumen p ³	cantidad de materiales x m ³ de concreto	
Cemento	367.12	1.00	1.00	8.638	bolsas de cemento
Agregado fino	873.76	2.38	2.28	m ³ de agregado	0.558 fino
Agregado grueso	879.42	2.40	2.56	m ³ de agregado	0.625 grueso
Agua	220.56	0.60	22.68 lt/bls	0.221	m ³ agua.

Fuente: Elaboración propia.

Tomando como base al diseño concreto patrón se incorporó las fibras de caucho al peso de los componentes del concreto (cemento, agregados).

Tabla 18

Dimensiones del testigo cilíndrico 6"x12"

$V = h\pi r^2.$	Medidas de testigo cilindro	Unid.	
Altura	30.480	cm	
Radio	15.240	cm	
Volumen	5560.000	cm ³	
Volumen	0.0056	m ³	

Se utilizó las briquetras de las medidas especificadas en la norma NTP 339.183.

Tabla 19
Dimensiones del testigo prismático 15x15x60cm.

$V = l*a*h$	Medidas de testigo prismático, NTP 339.183	Unid
Altura	15.000	cm
Ancho	15.000	cm
Largo	60.000	cm
Volumen	13500.000	cm ³
Volumen	0.0135	m ³

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño del concreto con incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado se obtuvo las siguientes densidades:

Tabla 20
Densidades de materiales de utilizados en la dosificación.

	Fibra fina (gr/cm ³)
Densidad de fibra de caucho fino	1.083
Densidad de fibra de caucho grueso	1.091
Densidad de agregado fino	2.616
Densidad de agregado gruesa	2.638
Densidad de cemento tipo I	3.120

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de concreto con incorporación fibra de caucho al peso del cemento x₁:

Para la investigación, habiéndose diseñado el concreto patrón se prosiguió a diseñar concreto con incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado al peso del cemento.

Obteniéndose los diseños finales mostrados en las tablas siguientes:

$$\text{Peso del Caucho} = \text{peso del Agregado} \times \frac{\text{Densidad del Caucho}}{\text{Densidad del Agregado}} \quad (EC- 22)$$

Tabla 21*Diseño de concreto con incorporación de fibra caucho al peso cemento.*

Componentes para 1 m ³ de concreto f'c = 210 kg/cm ² con incorporación de fibras de caucho al peso del cemento. (kg/m ³)					
Descripción	Concreto patrón	Fibra caucho al 3%	de Fibra caucho al 5%	de Fibra caucho al 7%	de
Cemento Sol tipo I	367.120	367.120	367.120	367.120	
Agregado fino	873.762	873.762	873.762	873.762	
Agregado grueso	879.420	879.420	879.420	879.420	
Agua	220.560	220.560	220.560	220.560	
Fibra de caucho fino	.....	3.823	6.372	8.920	

Fuente: Elaboración propia.

La fibra de caucho fino está compuesta: 40% caucho granulado+60% caucho pulverizado, con el objetivo de establecer una comparación efectiva entre el comportamiento del concreto patrón y el concreto con fibra de caucho, se planifico la preparación conjunta de ambos concretos. Para lo antes mencionado se procedió a llenar probetas con concreto normal sin fibras (SF). Ya que de esta manera se tiene un buen control de las propiedades del concreto sin fibra y el concreto con fibras de caucho de neumático reciclado.

Tabla 22*Dosificación de concreto para una unidad de testigo cilíndrico.*Componentes para 1 und testigos cilíndricos (6"x24") de concreto f'c = 210 kg/cm² con incorporación de fibras de caucho al peso del cemento. (kg)

Descripción	Concreto patrón	Fibra caucho al 3%	de Fibra caucho al 5%	de Fibra caucho al 7%	de
Cemento Sol Tipo I	2.056	2.056	2.056	2.056	
Agregado Fino	4.893	4.893	4.893	4.893	
Agregado Grueso	4.925	4.925	4.925	4.925	
Agua	1.235	1.235	1.235	1.235	
Fibra de Caucho Fino	.....	0.021	0.036	0.050	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra la dosificación para una unidad de testigo cilíndrico con

incorporación de fibra caucho al peso del cemento.

Tabla 23*Dosificación de concreto para una unidad de testigo prismático.*Componentes para 1 unidad testigo prismático (viga 15x15x60) de concreto $f'c = 210$ kg/cm² con incorporación de fibras de caucho al peso del cemento

Descripción	Concreto patrón	Fibra de Caucho al 3%	Fibra de caucho al 5%	Fibra de caucho al 7%	Und
Cemento Sol tipo I	4.956	4.956	4.956	4.956	kg
Agregado fino	11.796	11.796	11.796	11.796	kg
Agregado grueso	11.872	11.872	11.872	11.872	kg
Agua	2.978	2.978	2.978	2.978	kg
Fibra de Caucho Fino	.....	0.052	0.086	0.120	kg

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa la dosificación para un testigo prismático-viga con

incorporación de fibra caucho al peso del cemento.

Diseño de concreto con incorporación fibra de caucho al peso del agregado**fino x2:**

Se continuó con el diseño de mezcla incorporando al peso del agregado fino según el cuadro siguiente:

Tabla 24*Diseño con incorporación de fibras caucho al peso del agregado fino*Componentes para 1 m³ de concreto $f'c = 210$ kg/cm² con incorporación de fibras de caucho al peso del agregado fino. (kg/m³)

Descripción	Concreto patrón	Fibra de Caucho al 3%	Fibra de caucho al 5%	Fibra de caucho al 7%
Cemento Sol tipo I	367.120	367.120	367.120	367.120
Agregado fino	873.762	873.762	873.762	873.762
Agregado grueso	879.420	879.420	879.420	879.420
Agua	220.560	220.560	220.560	220.560
Fibra de caucho fino	.....	10.852	18.086	25.321

Fuente: Elaboración propia.

La fibra de caucho fino está compuesta: 40% caucho granulado+60% caucho pulverizado.

Tabla 25

Diseño con incorporación de fibras para una unidad de testigo cilíndrico.
Componentes para 1 unidad testigos cilíndricos de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación de fibras de caucho al peso del agregado fino. (kg)

Descripción	Concreto patrón	Fibra de caucho al 3%	Fibra de caucho al 5%	Fibra de caucho al 7%
Cemento Sol tipo I	2.056	2.056	2.056	2.056
Agregado fino	4.893	4.893	4.893	4.893
Agregado grueso	4.925	4.925	4.925	4.925
Agua	1.235	1.235	1.235	1.235
Fibra de caucho fino	.....	0.061	0.101	0.142

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa la dosificación para una unidad de testigo cilíndrico con

incorporación de fibra de caucho respecto al peso del agregado fino.

Tabla 26

Diseño con incorporación de fibras caucho al peso del ag. fino (prismático).
Componentes para 1 unidad testigos prismáticas (viga 15x15x60) de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación de fibras de caucho al peso del agregado fino.

Descripción	Concreto patrón	Fibra de caucho al 3%	Fibra de caucho al 5%	Fibra de caucho al 7%	Und
Cemento Sol tipo I	4.956	4.956	4.956	4.956	kg
Agregado fino	11.796	11.796	11.796	11.796	kg
Agregado grueso	11.872	11.872	11.872	11.872	kg
Agua	2.978	2.978	2.978	2.978	kg
Fibra de caucho fino	.....	0.147	0.244	0.342	kg

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa la dosificación para un testigo prismático-viga con

incorporación de fibra caucho al peso del agregado fino.

Diseño de concreto con incorporación fibra de caucho al peso del agregado grueso x3:

El diseño para la incorporación de fibra de caucho al peso del agregado grueso se

muestra el cuadro siguiente:

Tabla 27

Diseño con incorporación de fibra al peso del ag. grueso.
Componentes para 1 m³ de concreto f^c = 210 kg/cm² con incorporación de fibras de caucho al peso del agregado grueso. (kg/m³)

Descripción	Concreto patrón	Fibra de caucho al 3%	Fibra de caucho al 5%	Fibra de caucho al 7%
Cemento Sol tipo I	367.120	367.120	367.120	367.120
Agregado fino	873.762	873.762	873.762	873.762
Agregado grueso	879.420	879.420	879.420	879.420
Agua	220.560	220.560	220.560	220.560
Fibra de caucho grueso	.....	10.911	18.185	25.459

Fuente: Elaboración propia.

La fibra de caucho grueso está compuesta: caucho granulado retenido en la malla.

Tabla 28

Diseño con incorporación de fibras caucho al peso del agregado grueso (Cilíndrico).

Componentes para 1 und testigos cilíndricos de concreto f ^c = 210 kg/cm ² con incorporación de fibras de caucho al peso del agregado grueso.				
Descripción	Concreto patrón	Fibra de caucho al 3%	Fibra de caucho al 5%	Fibra de caucho al 7%
Cemento Sol tipo I	2.056	2.056	2.056	2.056
Agregado fino	4.893	4.893	4.893	4.893
Agregado grueso	4.925	4.925	4.925	4.925
Agua	1.235	1.235	1.235	1.235
Fibra de caucho grueso	.....	0.061	0.102	0.143

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa la dosificación para una unidad de testigo cilíndrico con

incorporación de fibra de caucho respecto al peso del agregado grueso.

Tabla 29

Diseño con incorporación de fibras al peso del agr. grueso (prismático).

Componentes para 1 und testigos prismático (viga 15x15x60) de concreto f^c = 210 kg/cm² con incorporación de fibras de caucho al peso del agregado grueso.

Descripción	Concreto patrón	Fibra de caucho al 3%	Fibra de caucho al 5%	Fibra de caucho al 7%	Und
Cemento Sol tipo I	4.956	4.956	4.956	4.956	kg
Agregado fino	11.796	11.796	11.796	11.796	kg
Agregado grueso	11.872	11.872	11.872	11.872	kg
Agua	2.978	2.978	2.978	2.978	kg
Fibra de caucho grueso	.....	0.147	0.245	0.344	kg

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa la dosificación para un testigo prismático-viga con incorporación de fibra caucho al peso del agregado grueso.

Se siguieron los siguientes pasos para obtener los resultados.

Cronograma de elaboración de testigos de concreto.

La elaboración de testigos de concreto se realizó con el cronograma por fechas establecidas previamente, se manejó por tandas de 4 a 5 briquetas debido a la mezcladora, siendo un total de 90 testigos cilíndricos. Los testigos prismáticos se siguieron el cronograma especificado en las tablas siendo un total de 20 especímenes.

Tabla 30
Cronograma de vaciado de testigos cilíndricos.

Cronograma de elaboración de testigos normalizados y curado de especímenes de concreto en laboratorio NTP 339.183						
Descripción			Fecha de toma	Fechas de rotura de testigos		
Diseño de concretos	f'c de diseño (kg/cm ²)	Nº de muestra		Edad (07 días)	Edad (14 días)	Edad (28 días)
concreto patrón sin fibra (cp)	210	9	26/02/2019	5/03/2019	12/03/2019	26/03/2019
Concreto con incorporación fibra fino de caucho al 3% del agregado fino	210	9	18/03/2019	25/03/2019	1/04/2019	15/04/2019
Concreto con incorporación fibra fino de caucho al 5% del ag. fino	210	6	18/03/2019	25/03/2019	1/04/2019	
		3	19/03/2019			16/04/2019
Concreto con incorporación fibra fino de caucho al 7% del ag. fino	210	9	19/03/2019	26/03/2019	4/04/2019	16/04/2019
Concreto con incorporación fibra fino de caucho al 3% del cemento	210	9	20/03/2019	27/03/2019	4/04/2019	17/04/2019
		4	20/03/2019	27/03/2019	4/04/2019	
Concreto con incorporación fibra fino de caucho al 5% del cemento	210	5	21/03/2019			17/04/2019
		5	19/03/2019	26/03/2019	16/04/2019	
Concreto con incorporación fibra fino de caucho al 7% del cemento	210	4	20/03/2019			17/04/2019
		5	19/03/2019	26/03/2019	16/04/2019	
Concreto con incorporación fibra grueso de caucho al 3% del ag. grueso.	210	9	21/03/2019	28/03/2019	4/04/2019	17/04/2019
Concreto con incorporación fibra grueso de caucho al 5% del ag. grueso.	210	9	21/03/2019	28/03/2019	4/04/2019	18/04/2019
Concreto con incorporación fibra grueso de caucho al 7% del ag. grueso.	210	9	25/03/2019	1/04/2019	8/04/2019	22/04/2019

Fuente: Elaboración propia, los vaciados fueron realizados en las fechas indicadas en el cuadro.

Tabla 31
Cronograma de elaboración de testigos prismático.

Cronograma de elaboración de testigos prismáticos concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo NTP 339.078.						
Descripción				Fecha de rotura de testigos		
Diseño de concretos	f'c de diseño (kg/cm2)	Nº	Fecha de toma de muestra	Edad del espécimen (14 días)	Edad del espécimen (28 días)	
Viga-diseño del concreto patrón sin fibra (cp)	210	2	21/03/2019	4/04/2019	18/04/2019	
Viga-concreto con incorporación fibra fino de caucho al 3% del agregado fino.	210	2	21/03/2019	4/04/2019	18/04/2019	
Viga-concreto con incorporación fibra fino de caucho al 5% del ag. Fino.	210	2	21/03/2019	4/04/2019	18/04/2019	
Viga-concreto con incorporación fibra fino de caucho al 7% del ag. Fino.	210	2	25/03/2019	8/04/2019	22/04/2019	
Viga-concreto con incorporación fibra fino de caucho al 3% del cemento.	210	2	26/03/2019	9/04/2019	23/04/2019	
Viga-concreto con incorporación fibra fino de caucho al 5% del cemento.	210	1	26/03/2019	9/04/2019	23/04/2019	
		1	29/03/2019	12/04/2019		
Viga-concreto con incorporación fibra fino de caucho al 7% del cemento.	210	2	27/03/2019	10/04/2019	24/04/2019	
Viga-concreto con incorporación fibra grueso de caucho al 3% del ag. grueso.	210	2	25/03/2019	8/04/2019	22/04/2019	
Viga-concreto con incorporación fibra grueso de caucho al 5% del ag. grueso.	210	1	25/03/2019	8/04/2019	22/04/2019	
		1	28/03/2019	11/04/2019		
Viga-concreto con incorporación fibra grueso de caucho al 7% del ag. grueso.	210	2	26/03/2019	9/04/2019	23/04/2019	

Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento de vaciado

Mezclado de Concreto

Mezclado con máquina: Una vez iniciado con la rotación de la mezcladora con revoluciones adecuadas, se inicia con la preparación del concreto patrón, se debe preparar en el siguiente orden los componentes que conforman el concreto; agua y cemento esto genera la pasta homogénea, seguidamente se vierte

agregado grueso o agregado fino. Para la preparación del concreto con incorporación de fibra de caucho se debe colocar después de la elaboración de la pasta de cemento, el mezclado de los componentes se debe ejecutarse en un promedio de 90 segundos después haber colocado el último componente del concreto, el tiempo de mezclado varía según a la cantidad de componente y capacidad de la mezcladora, normalmente por un periodo de 90 segundos da 20 revoluciones que es recomendable para tener un concreto homogéneo

Para eliminar la segregación, se colocó el concreto mezclado en una carretilla limpia y húmedo y se remezclo con cucharón hasta que se vea uniforme.

Tabla 32
Tiempo mínimo de mezclado recomendado.

Capacidad de la Mezcladora m ³	Tiempo de mezclado, en minutos, según el American Institute
0.8	1
1.5	1 1/4"
2.3	1 1/2"
3.1	1 3/4"
3.8	2
4.6	2 1/4"
7.6	3 1/4"

Fuente: Adoptado del libro tecnología del concreto (Neville, 2013).

El tiempo de vaciado fue de 90 a 120 segundos, después de haber vertido el último componente del concreto, siendo la capacidad de la mezcladora de 120 kg.

Asentamiento, contenido de aire, rendimiento y temperatura

Para obtener la fluidez del concreto fresco se realizó por el método del asentamiento del cono de Abrams, se siguió la NTP 339.035 para verificar el slump.

Se midió el asentamiento de la mezcla se tomó la altura del concreto la parte central y con la altura del molde, se tomó la medición en el eje central del molde formado por la mezcla en su posición original.

Tabla 33
Resultado SLUMP promedio obtenido de los ensayos.

Método	Slump (Pulg.)	promedio Observaciones
A.C.I	3.0 ”	El SLAMP promedio obtenido fue de 8 cm. Con respecto al diseño de CP debido a los porcentajes incorporados hubo un incremento no mayor a 2 cm.

Fuente: Elaboración propia.

Elaboración de especímenes

El moldeo: Colocado el concreto en los moldes utilizando un cucharón. Siguiendo el procedimiento de NTP 339.183. para el número de capas se verifico lo indicado en la tabla anterior.

Tabla 34
Numero de capas requerido por testigo.

Tipo y tamaño de espécimen mm (pulg)	Modo de consolidación	Numero de capas de aproximadamente igual profundidad
Cilindros Diámetro en mm (pulg)		
75 a 100 (3 o 4)	varillado	2
150 (6)	varillado	3
225 (9)	varillado	4
Hasta de 225 (9)	vibración	2
Prismas y cilindros horizontales para escurrimiento plástico: profundidad en mm (pulg)		
Hasta 200 (8)	varillado	2
Más de 200 (8)	varillado	3 o más
Hasta 200 (8)	vibración	1
Más de 200 (8)	vibración	2 o más

Fuente: Adoptado de la NTP 339.183.

Para el testigo cilíndrico se tuvo el número de capas igual tres y para testigo prismático se tuvo dos capas.

Curado de los testigos de concreto.

Inmediatamente después del pulido y enrasado, se dejó perdurar húmeda durante las 24 horas contadas a partir del acabado de la muestra en laboratorio.

Las muestras se removieron de sus moldes en un tiempo no menor de 24 h \pm 8 h horas ni mayor de 48 horas después de su elaboración, los ambientes o la cámara de curado de las muestras se mantuvieron en condiciones de humedad con temperatura de $23,0^{\circ} \pm 2,0^{\circ}\text{C}$ desde el momento del moldeo hasta el momento de ensayo. El método de curado que se usó es por inmersión, siendo el método más completo de curado.

El curado de los especímenes fue a temperaturas de 20 C° en promedio.

A nivel de la variable y / d

Resultados obtenidos de la resistencia a compresión:

Se realizó las pruebas siguiendo la NTP 399.034 por el método de ensayo normalizado para determinar la resistencia a la compresión del concreto, con testigos cilíndricos, a continuación, se mencionan los pasos previos a la prueba.

Equipo utilizado:

- Máquina de compresión, Vernier y otros.

Procedimiento:

- Las probetas se retiran del curado y se mantienen húmedas hasta el ensayo.
- Se tomó las medidas de los dos diámetros perpendiculares entre sí (d_1 , d_2) aproximadamente a media altura; y la altura de la probeta en dos generatrices opuestas (h_1 , h_2).
- La superficie superior e inferior serán cubiertas con una capa delgada de capping (mezcla de azufre y bentonita), con el fin de cubrir las imperfecciones

de las caras de apoyo de la carga, siguiendo la NTP 339.037 hormigón (concreto).

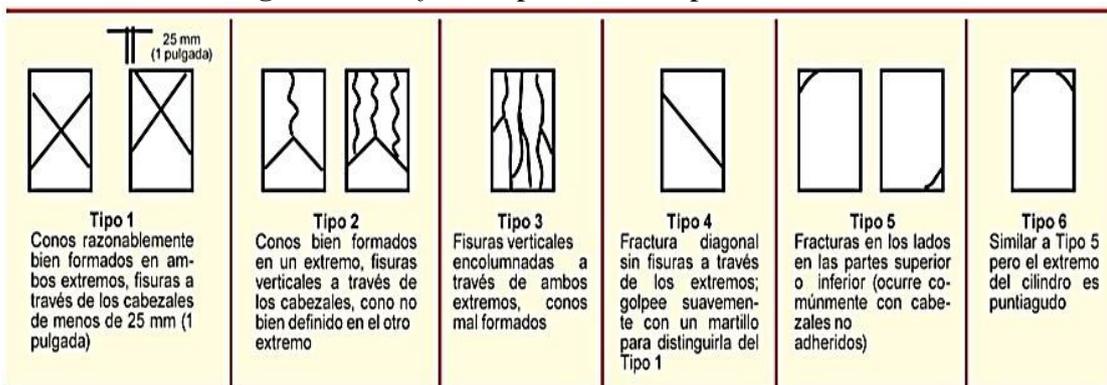
- Se coloca la probeta en el equipo de ensayo el mismo que estará alineado y centrado, se tendrá en cuenta la limpieza de las superficies de contacto.

La rotura se realizó en el laboratorio de la Facultad de ingeniería Civil- UTEA. Se aplicó la velocidad de carga en forma continua sin golpes bruscos. La carga se aplicó a una velocidad comprendida en el rango de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s. La velocidad se mantuvo, durante la segunda mitad del ciclo de ensayo, para la fase de carga prevista.

Tipos de Fracturas

Las fallas de fractura que presentaron los especímenes cilíndricos fueron de tipo T2 y T3 en su mayoría sometidos a una carga axial en la máquina de compresión, para la evaluación se presenta el cuadro donde se aprecia 5 tipos de fallas y descritas cada una en la figura siguiente:

Figura 15 Grafico de patrones de tipos de fracturas.



Fuente: Adaptada de la NTP 339.034 Hormigón (Concreto).

Resultado de resistencia a compresión con incorporación fibra caucho al peso del cemento y1:

Los resultados promedios obtenidos de la resistencia a compresión

Tabla 35

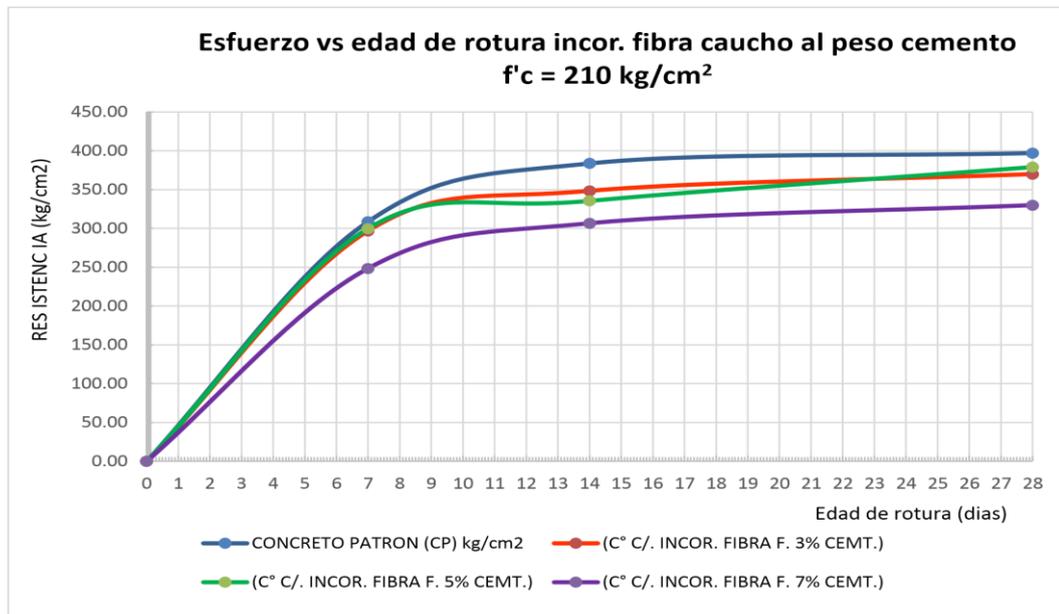
Resultado de compresión con incorporación de fibra al peso del cemento.

Resistencia a la compresión c/ incorp. fibra caucho al peso del cemento ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$)				
Edad (días)	Concreto patrón (cp) kg/cm^2	(c° c/. incor. fibra f. 3% cement.) kg/cm^2	(c° c/. incor. fibra f. 5% cement.) kg/cm^2	(c° c/. incor. fibra f. 7% cement.) kg/cm^2
7	308.89	296.95	299.91	248.50
14	383.87	348.34	335.57	306.58
28	397.24	369.96	379.16	329.97

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a compresión con incorporación de fibras caucho al peso del cemento comparando al concreto patrón tiende a disminuir, se comporta mejor la incorporación al 5 % al peso del cemento a los 28 días.

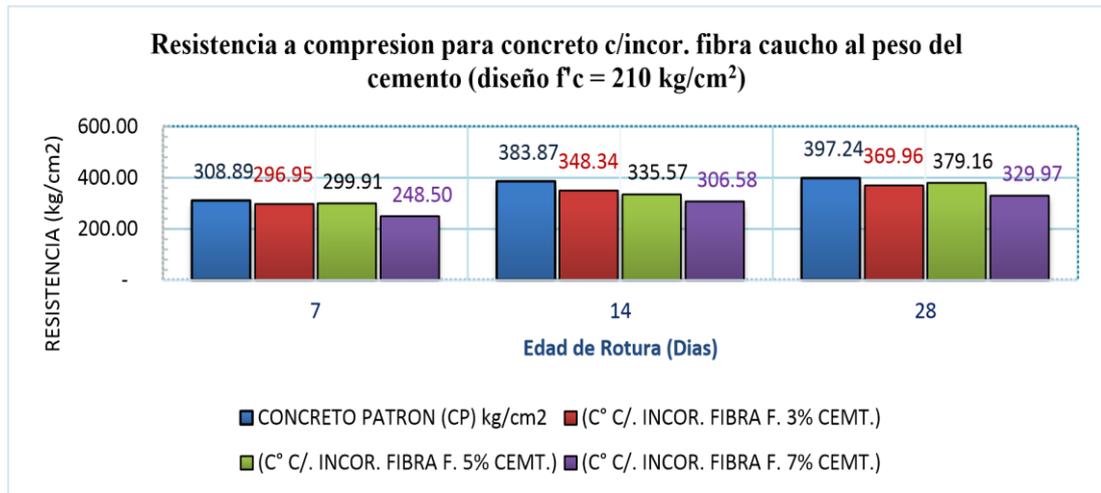
Figura 16 Resistencia vs. edad de rotura concreto incorporado con fibras al peso cemento.



Fuente: Elaboración propia.

A los 28 días de rotura se muestra línea continua el endurecimiento del concreto, se asemeja más al concreto patrón el concreto con incorporación de fibras de caucho al 3% y 5% al peso del cemento.

Figura 17 Resistencia a la compresión c/ incorporación fibra al peso cemento.



Fuente: Elaboración propia.

El histograma muestra los resultados a los 7, 14 y 28 días de rotura se asemejan al

concreto patrón el concreto con incorporación de fibras de caucho al 3% y 5% al peso del cemento.

Tabla 36

Resistencia a compresión % con incorp. de fibras caucho al peso del cemento.

Variación de resistencia a la compresión porcentual c/ incorporación de fibra caucho al peso del cemento (f'c = 210 kg / cm²)

Edad de rotura (días)	Concreto patrón (CP) kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra f. 3% (c° c/. incor. fibra f. 5% (c° c/. incor. fibra f. 7% cement.) cement.) cement.)		
		fibra f. 3% cement.)	5% cement.)	f. 7% cement.)
7	100.00%	96.14%	97.09%	80.45%
14	100.00%	90.74%	87.42%	79.87%
28	100.00%	93.13%	95.45%	83.06%

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior, la diferencia de porcentajes con respecto a la incorporación del 5% de fibra al peso del cemento a los 28 días alcanza 95.45% con respecto al concreto patrón.

Resultado de resistencia a la compresión con incorporación de fibra caucho al peso del agregado fino y2:

Tabla 37

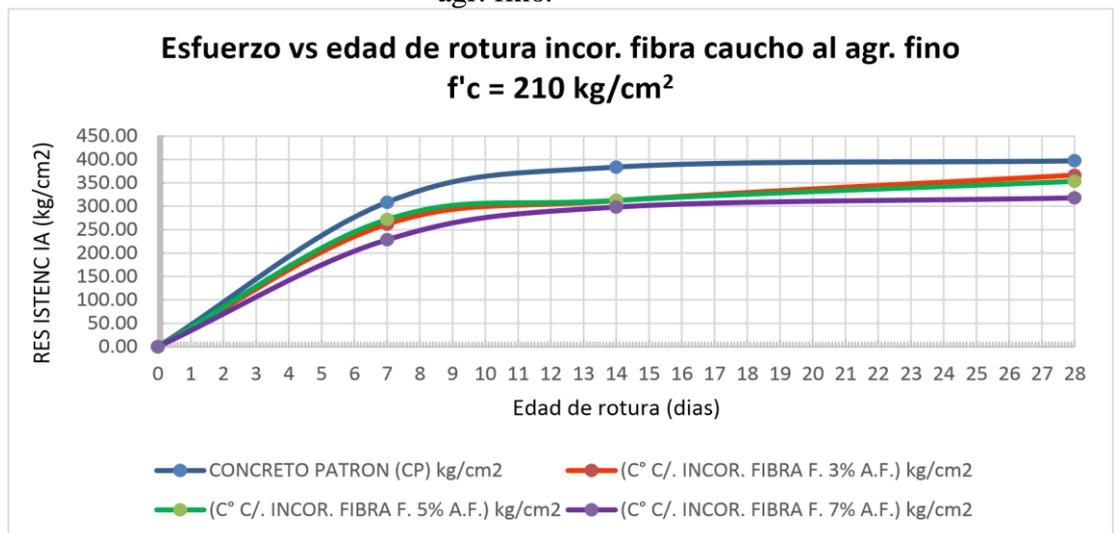
Resultados a compresión con incorp. fibras caucho al peso del agregado fino.

Edad (días)	Concreto patrón (CP) kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra fina 3% A.F.) kg/cm ²	incorporación fibra caucho a fino (f'c = 210 agregado kg/cm ²). (c° c/. incor. fibra fina 5% A.F.) kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra fina 7% A.F.) kg/cm ²
7	308.89	261.62	271.85	228.56
14	383.87	311.75	312.57	298.35
28	397.24	366.25	353.41	317.95

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia alcanzada con incorporación de fibra caucho en 3% al peso del agregado fino a los 28 días es 366.25 kg/cm² con respecto al concreto patrón disminuye en menor resistencia.

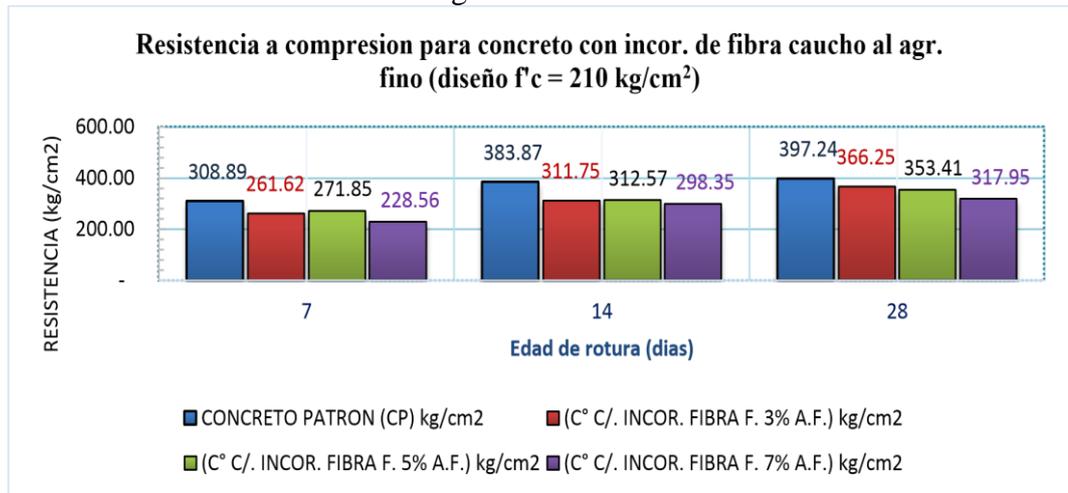
Figura 18 Resistencia vs. edad de rotura de concreto incorporada fibra al peso agr. fino.



Fuente: Elaboración propia.

La variación de resistencia a compresión en los días de rotura tiende a disminuir con respecto al concreto patrón.

Figura 19 Variación de resistencia a la compresión c/incorporación fibra al agr. fino.



Fuente: Elaboración propia.

En el histograma se muestra la variación frente al concreto patrón.

Tabla 38

Variación resistencia a compresión % con incorporación de fibra caucho al agr. fino.

Resistencia a compresión porcentual c/fibra caucho al agregado fino (f'c = incorporación f 210 kg / cm ²).				
Edad (días)	Concreto patrón (CP) %	(c° c/. incor. Fibra fina 3% A.F.) %	(c° c/. incor. fibra fina 5% A.F.) %	(c° c/. incor. fibra fina 7% A.F.) %
7	100.00%	84.70%	88.01%	73.99%
14	100.00%	81.21%	81.42%	77.72%
28	100.00%	92.20%	88.97%	80.04%

Fuente: Elaboración propia.

La diferencia de porcentajes con respecto a la incorporación del 3% de fibra caucho

al peso del agregado fino a los 28 días alcanza 92.20% con respecto al concreto patrón.

Resultado de resistencia a la compresión con incorporación de fibra caucho al peso del agregado grueso y3:

Tabla 39

Resultados a compresión con incorporación de fibras al peso del agregado grueso.

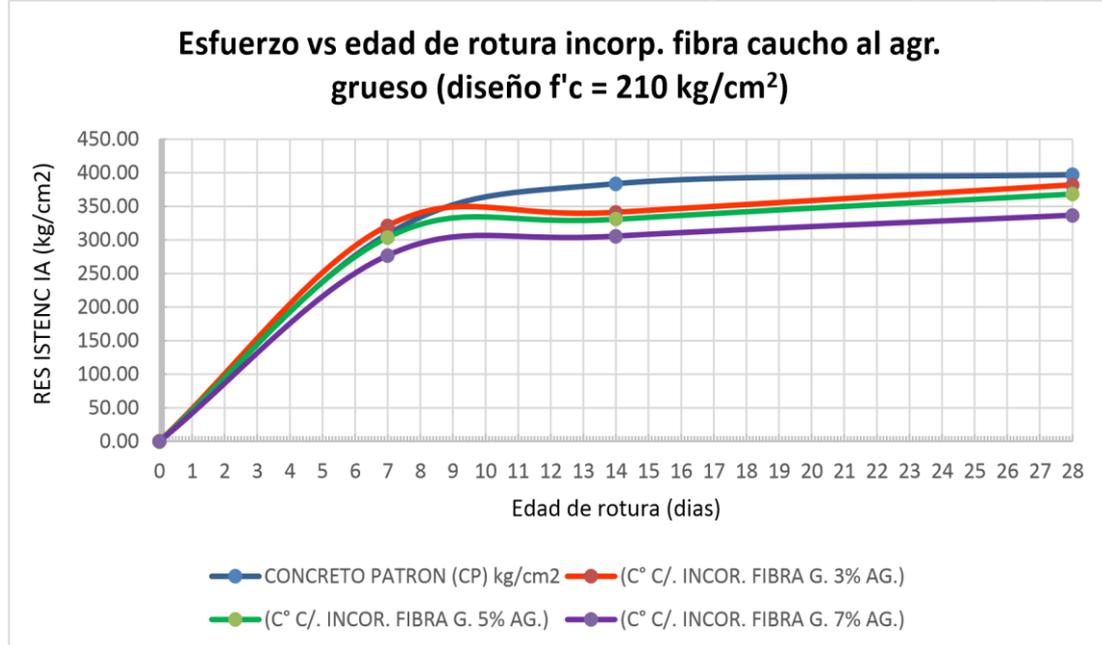
Resistencia a la compresión c/ incorporación de fibra caucho al agregado grueso ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Edad (días)	Concreto patrón (CP) kg/cm^2	(c° c/. incor. fibra gruesa. 3% A.G.) kg/cm^2	(c° c/. incor. fibra gruesa 5% A.G.) kg/cm^2	(c° c/. incor. fibra gruesa 7% A.G.) kg/cm^2
7	308.89	321.18	303.98	276.97
14	383.87	341.16	330.89	305.69
28	397.24	382.03	368.64	336.84

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia alcanzada con incorporación de 3% de fibras de caucho al peso del agregado grueso a los 28 días es 382.03 kg/cm^2 con respecto al concreto patrón disminuye en menor resistencia.

Figura 20 Resistencia vs. edad de rotura concreto incorporado fibras al peso agr. grueso.

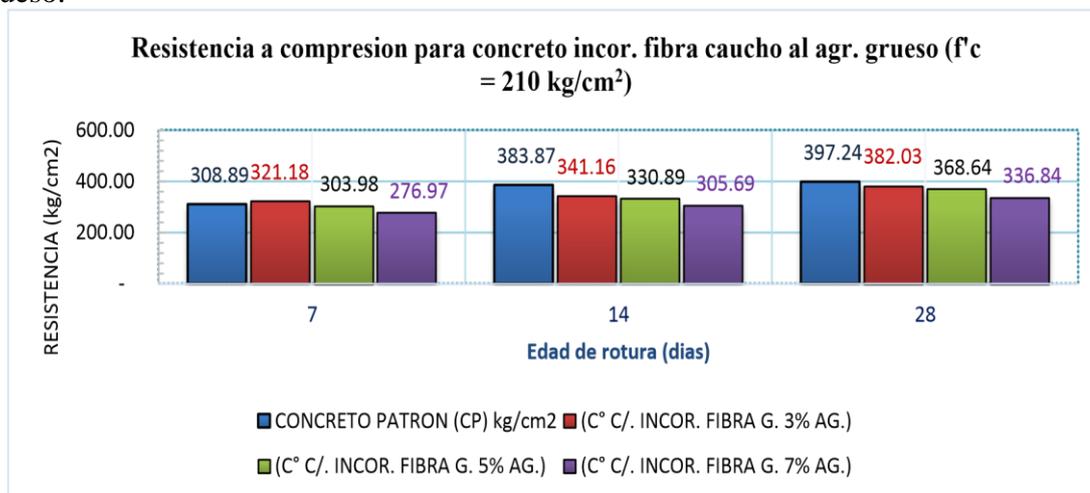


Fuente: Elaboración propia.

La variación de resultados alcanzados del concreto incorporado con fibras caucho

disminuye con respecto al concreto patrón.

Figura 21 Variación resistencia a compresión c/incorpor. fibra al peso del agr. grueso.



Fuente: Elaboración propia.

El histograma muestra el incremento de la resistencia a compresión y la variación con

incorporación de fibras de caucho, encontrándose el más pegado el concreto incorporado al 3% fibra de caucho al peso del agregado grueso.

Tabla 40

Resistencia a compresión % con incorporación de fibras al peso del agr. grueso.
Resistencia a la compresión porcentual c/ incorporación fibra caucho al agregado grueso (f'c = 210 kg / cm²)

Edad (días)	Concreto patrón (CP) %	(c° c/. incor. fibra gruesa 3% AG.) %	(c° c/. incor. fibra gruesa 5% AG.) %	(c° c/. incor. fibra gruesa 7% AG.) %
7	100.00%	103.98%	98.41%	89.67%
14	100.00%	88.87%	86.20%	79.63%
28	100.00%	96.17%	92.80%	84.79%

Fuente: Elaboración propia.

La diferencia de porcentajes con respecto a la incorporación del 3% de fibra al peso

del agregado grueso a los 28 días alcanza 96.17% con respecto al concreto patrón.

Análisis de resultado del ensayo a compresión.

De las tablas obtenidas anteriormente podemos indicar que la resistencia del concreto

a compresión a través de los días (7, 14 y 28) tiende a disminuir (en comparación con el concreto patrón - CP) en función de la cantidad de caucho incorporado al concreto, como se muestran en las tablas de Resultados. Realizando la comparación a los 28 días se muestran las diferencias en la siguiente tabla.

Tabla 41

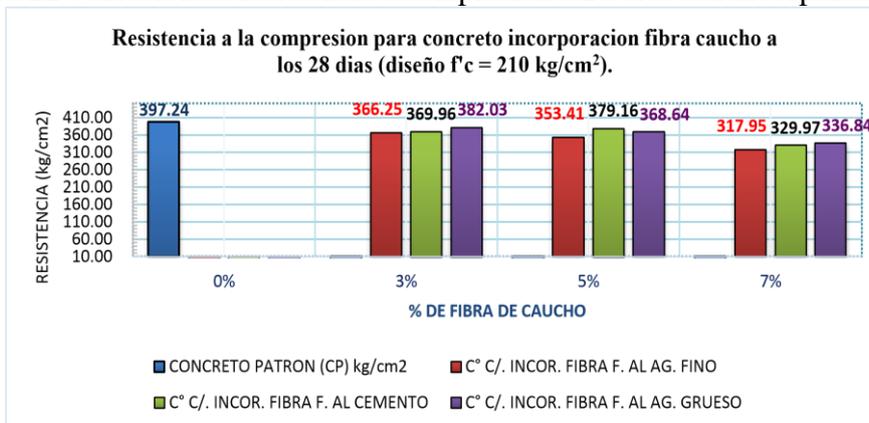
Resultados a compresión a 28 días de curado con incorporación de fibras de caucho.
Resistencia a la compresión c/ incorporación fibra caucho a los 28 días ($f'c = 210$ kg / cm²)

% de fibra caucho	Concreto patrón (CP) kg/cm ²	c° c/. incorp. fibra fina al ag. kg/cm ²	c° c/. incorp. fibra fina al cemento kg/cm ²	c° c/. incorp. fibra grueso al ag. kg/cm ²
0%	397.24	-	-	-
3%	-	366.25	369.96	382.03
5%	-	353.41	379.16	368.64
7%	-	317.95	329.97	336.84

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos a los 28 días con incorporación al 3% de fibras de caucho al peso del Ag. Grueso alcanzo 382.03 kg/cm², el segundo que se tiene menor disminución es la incorporación 5% de fibra caucho al peso del cemento en 379.16 kg/cm² con respecto del concreto patrón.

Figura 22 Variación de resistencia a compresión a 28 días con incorporación de fibras.



Fuente: Elaboración propia.

La variación de la resistencia a compresión entre los tres componentes incorporado

con fibras de caucho a los 28 días se asemeja al concreto patrón el concreto con incorporación de fibra de caucho en 3% al peso del agregado grueso seguido en 5% de fibra de caucho al peso del cemento.

Tabla 42

Variación porcentual de resistencia a la compresión con incorporación de fibras.

Variación en porcentaje de resistencia a la compresión c/ incorporación de fibra caucho a los 28 días ($f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$)

% de fibra caucho	concreto patrón (CP) %	c° c/. incor. fibra fina %	c° c/. incor. fibra fina al ag. cemento %	c° c/. incor. fibra gruesa al ag. %
0%	100.00%			
3%		92.20%	93.13%	96.17%
5%		88.97%	95.45%	92.80%
7%		80.04%	83.06%	84.79%

Fuente: Elaboración propia.

La variación a la resistencia a compresión del concreto con incorporación de fibra

caucho en 3% al peso del agregado grueso alcanzo 96.17% y al cemento en 5% de fibra alcanzo 95.45%.

Tabla 43

Diferencia % de resistencia a compresión con incorporación de fibras de caucho.

Diferencia porcentual de la resistencia a la compresión c/ incorporación fibra caucho a los 28 días ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$).

% de fibra caucho	Concreto patrón (CP) %	c° c/. incor. fibra fina %	c° c/. incor. fibra fina al ag. cemento %	c° c/. incor. fibra gruesa al ag. %	% promedio con incorporación fibras
0%					
3%	0%	7.80%	6.87%	3.83%	6.88%
5%	0%	11.03%	4.55%	7.20%	
7%	0%	19.96%	16.94%	15.21%	17.37%

Fuente: Elaboración propia.

La disminución en menor porcentaje es 3% de agregado grueso y el 5% al peso del

cemento. Analizando los resultados de resistencia a compresión para un diseño de concreto $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de rotura de los testigos cilíndricos, hay variación con respecto al concreto patrón siendo de la siguiente forma:

- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del ag. fino al 3%, el esfuerzo a la compresión disminuye en 7.80 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del cemento al 3%, el esfuerzo a la compresión disminuye en 7.6.87 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del ag. grueso al 3%, el esfuerzo a la compresión disminuye en 3.83 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del ag. fino al 5%, el esfuerzo a la compresión disminuye en 11.03 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del cemento al 5%, el esfuerzo a la compresión disminuye en 4.55 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del ag. grueso al 5%, el esfuerzo a la compresión disminuye en 7.20 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del agregado fino al 7%, el esfuerzo a la compresión disminuye en 19.96 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del cemento al 7%, el esfuerzo a la compresión disminuye en 16.94 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del agregado grueso al 7%, el esfuerzo a la compresión disminuye en 15.21 %.

Resultados obtenidos de la resistencia a la flexión de vigas:

El método utilizado para calcular la resistencia a la flexión del concreto patrón y concreto con incorporación de fibra en vigas simplemente apoyadas, se ejerce carga en el tercio (1/3) de luz de la viga donde se ocurrirá la falla y la deformación máxima; el módulo de rotura se determina, según la ubicación de la falla: dentro del tercio central o una distancia que no sea mayor de 5% de la luz libre siguiendo la NTP 339.078 hormigón (concreto) ASTM C 78 standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third-point loading) y AASHTO T 97 standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third-point loading). A continuación, se detallan los pasos previos a realizar las pruebas.

Equipo utilizado:

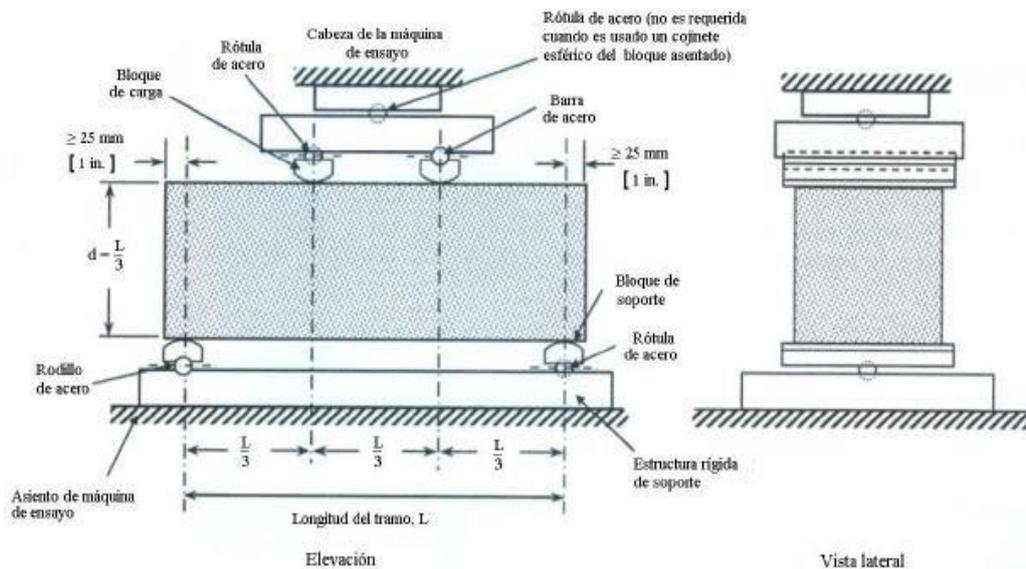
- Máquina de ensayo, Vernier, regla, etc.

Procedimiento

- Se hizo la prueba de flexión de la viga luego de ser retiradas 30 minutos antes de la cámara de curado. Los resultados de módulo de rotura son menores si la viga tiene superficie seca.
- La posición de la viga en la rotura es importante para que corresponda a la superficie superior o al inferior de la misma.
- Se hace los trazos en la viga como se observa en la imagen, para después aplicar las cargas correspondientes que es 3% - 6% de la carga de rotura estimada. Para tener errores mínimos se usan láminas de lona de 0.10 mm – 0.40 mm en todo contacto de las cargas que es 150 mm, en los espacios que puedan tener al contacto del espécimen y carga, algunos que no tienen

contacto en su totalidad es necesario refrentar, lijar para algunos especímenes indicados en la norma NTP 339.078.

Figura 23 Grafico del equipo adecuado para el ensayo de flexión del



concreto.

Fuente: Adaptado de la NTP 339.078 hormigón (concreto).

La extracción de los especímenes prismáticos de la cámara de curado y el dispositivo

para ensayo a flexión PC 105, Norma ASTM C78, ASTM C293.

La carga fue aplicada a una velocidad constantemente entre 0,9 MPa/min y 1,2 MPa/min, hasta producir la rotura del testigo prismático - viga. Para el cálculo se utilizó las siguientes ecuaciones:

- En situaciones normales del ensayo, la falla de la viga debe ocurrir dentro del tercio central y el módulo de ruptura (M_r) se determina en kg/cm^2 .

$$M_r = P L / (b h^2) \text{ (EC- 23)}$$

Donde:

M_r : Modulo de ruptura. [Kg/cm^2]

P: Carga máxima aplicadas

[kg] L: Longitud libre entre

apoyos [cm] b: Ancho del

prisma [cm] h: Altura de

prisma [cm]

- Si la falla ocurre fuera del tercio central (sin exceder más de 5% del claro) el método recomendado para calcular el módulo de ruptura es por la expresión:

$$Mr = 3 P a / (bh^2) \text{ (EC- 24)}$$

Donde:

a : Distancia media entre la línea de fractura y el apoyo más próximo, medida sobre la superficie a tensión de la viga.

La viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo, según el informe del

comité del ACI 363 menciona que, con los resultados experimentales obtenidos, del módulo de ruptura correspondiente a concretos que incluyen los de peso ligero y de peso normal, suele hallarse en el intervalo comprendido entre $1.99 \sqrt{f'_c}$ y $3.18 \sqrt{f'_c}$, expresado en Kg. /cm², utilizado para estimar el módulo de rotura del concreto con base en su resistencia a compresión.

Resultados a resistencia a flexión del concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del cemento y4:

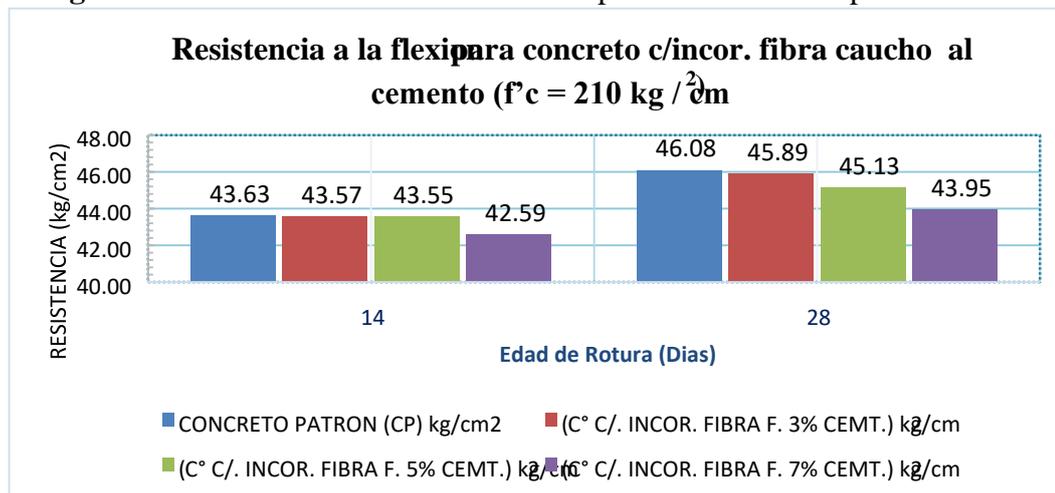
Los resultados obtenidos a la resistencia a flexión de testigos prismáticos con incorporación de fibra de caucho de neumático reciclado al peso del cemento:

Tabla 44*Resistencia a flexión con incorporación de fibras de caucho al peso del cemento.*

Ensayo de resistencia a la flexión o módulo de rotura c/ incor. fibra caucho al peso cemento ($f^c = 210 \text{ kg / cm}^2$).				
Edad (días)	Concreto patrón (CP) kg/cm2	(c° c/. incor. fibra fina 3% cement.) kg/cm2	(c° c/. incor. fibra fina 5% cement.) kg/cm2	(c° c/. incor. fibra fina 7% cement.) kg/cm2
14	43.63	43.57	43.55	42.59
28	46.08	45.89	45.13	43.95

Fuente: Elaboración propia.

El módulo de rotura realizados a los 14 y 28 días disminuye gradualmente en comparación con el módulo de rotura del concreto patrón, con incorporación en 3% de fibra de caucho al peso del cemento alcanza 45.89 kg/cm2.

Figura 24 Resistencia a la flexión con incorporación de fibra al peso del cemento.

Fuente: Elaboración propia.

La disminución es gradual a los 14 y 28 días en los concretos con incorporación de fibras.

Tabla 45*Variación % del módulo de rotura con incorporación de fibra al peso del cemento.*Variación % de ensayo de resistencia a la flexión o módulo de rotura c/ incorporación fibra caucho al peso del cemento ($f^c = 210 \text{ kg / cm}^2$).

Edad (días)	Concreto patrón (CP) %	(c° c/. incor. fibra fina 3% cement.) %	(c° c/. incor. fibra fina 5% cement.) %	(c° c/. incor. fibra fina 7% cement.) %
14	100%	99.86%	99.97%	97.61%
28	100%	99.59%	98.34%	95.37%

Fuente: Elaboración propia.

Disminuye en menor porcentaje a los 28 días con incorporación al 3% de fibra de caucho con respecto al concreto patrón.

Resultados de resistencia a flexión del concreto con incorporación de fibra caucho al peso del agregado fino y5:

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 46

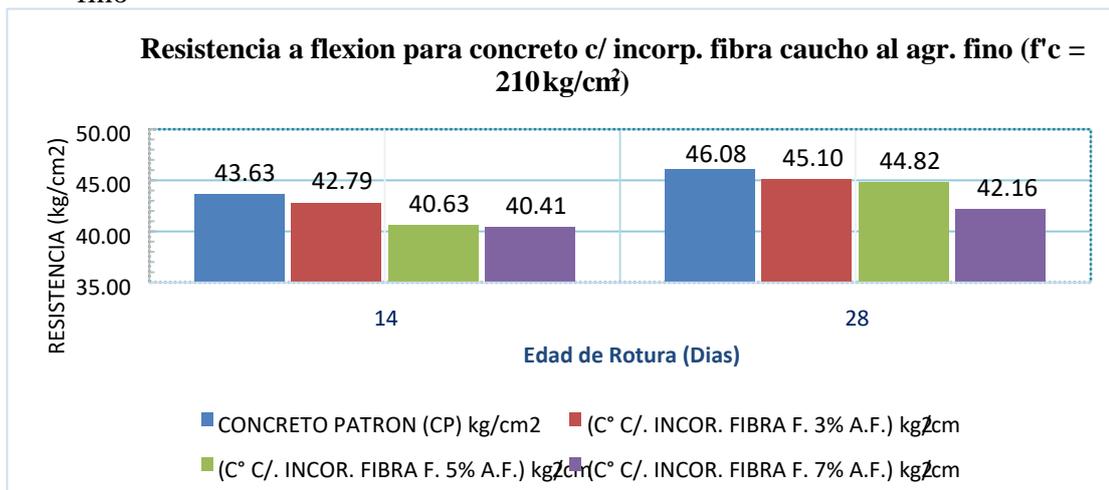
Resultado de resistencia a flexión con incorporación de fibra al peso del agr. fino. Resultado de la resistencia a la flexión o módulo de rotura c/ incorporación fibra caucho al agregado. fino ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$) (NTP 339.078).

Edad (días)	Concreto patrón (CP) kg/cm^2	(c° c/. incor. fibra fina 3% A.F.) kg/cm^2	(c° c/. incor. fibra fina 5% A.F.) kg/cm^2	(c° c/. incor. fibra fina 7% A.F.) kg/cm^2
14	43.63	42.79	40.63	40.41
28	46.08	45.10	44.82	42.16

Fuente: Elaboración propia.

El módulo de rotura con incorporación al 3% de fibra de caucho a los 28 días disminuye en 45.10 kg/cm^2 .

Figura 25 Resistencia a flexión con incorp. de fibras caucho al peso del agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

El histograma muestra el apego al concreto patrón con incorporación de fibra caucho

en 3% agregado fino al peso del agregado fino.

Tabla 47

Resistencia a flexión % con incorp. de fibras caucho al peso del agr. fino.

Variación % de ensayo de resistencia a la flexión o módulo de rotura c/ incorporación fibra caucho al peso del agregado fino.				
Edad (días)	Concreto patrón (CP) %	(c° c/. incorp. fibra fina 3% A.F.) %	(c° c/. incorp. fibra fina 5% A.F.) %	(c° c/. incorp. fibra fina 7% A.F.) %
14	100	98.08	94.95	92.63
28	100	97.88	99.37	91.51

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a la flexión disminuye con incorporación 5% de fibras de caucho en menor porcentaje 99.37%.

Resultados de resistencia a la flexión del concreto con incorporación de fibra caucho al peso del agregado grueso y6:

Tabla 48

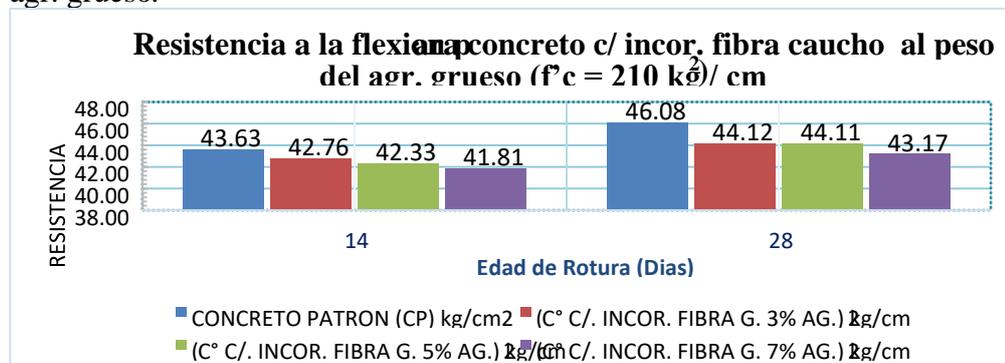
Resultado de resistencia a flexión con incorpor. de fibras caucho al agr. grueso.

Ensayo de resistencia a flexión o módulo de rotura c/ incorporación de fibras caucho al peso del agregado grueso ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)				
Edad (días)	Concreto patrón (CP) kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra gruesa 3% AG.) kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra gruesa 5% AG.) kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra gruesa 7% AG.) kg/cm ²
14	43.63	42.76	42.33	41.81
28	46.08	44.12	44.11	43.17

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a flexión con incorporación al 3% de fibra de caucho al concreto a los 28 días disminuye en 44.12 kg/cm², apegándose más al concreto patrón.

Figura 26 Resistencia a flexión concreto c/ incorporación de fibras caucho al agr. grueso.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49

Resistencia a flexión % con incorporación de fibras caucho al peso del agregado grueso.

Edad (días)	Variación % de ensayo de resistencia a la flexión o módulo de rotura c/ción		fibra	
	concreto patrón (CP) Kg/cm ²	concreto patrón (CP) Kg/cm ²	caucho al peso del agregado grueso (f'c = 210 kg/cm ²)	caucho al peso del agregado grueso (f'c = 210 kg/cm ²)
14	100%	98.02%	98.98%	95.84%
28	100%	95.76%	99.97%	93.69%

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a flexión disminuye en menor porcentaje al 5% de incorporación de

fibra caucho al peso del agregado grueso a los 28 días.

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS.

De las tablas obtenidas anteriormente podemos indicar que la resistencia a la Flexión

del concreto a través de los días (14 y 28) tiende a disminuir (en comparación con el concreto patrón - CP) en función de la cantidad de caucho incorporado al concreto, como se muestran en las tablas de resultados. En el siguiente cuadro se muestra la variación de resistencia a los 28 días de curado.

Tabla 50

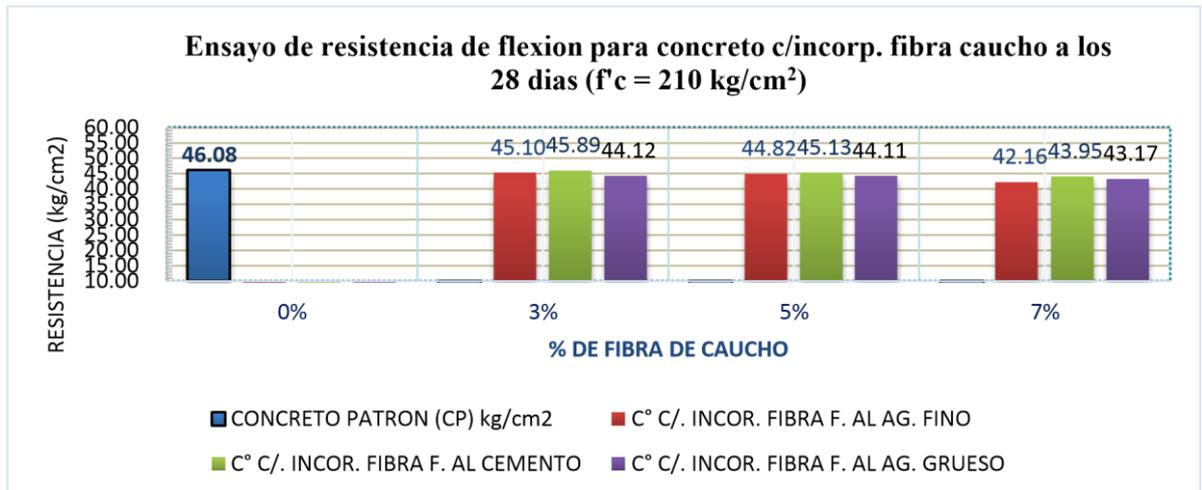
Resultados de resistencia a flexión a 28 días del concreto con incorporación de fibra. Ensayo de resistencia a la flexión o módulo de rotura a los 28 días (f'c = 210 kg/cm²)

% de Fibra Caucho	Concreto patrón (CP) Kg/cm ²	c° c/. incor. fibra fina al ag. kg/cm ²	c° c/. incor. fibra fina al cemento kg/cm ²	c° c/. incor. fibra gruesa al ag. grueso kg/cm ²
0%	46.08	-	-	-
3%	-	45.10	45.89	44.12
5%	-	44.82	45.13	44.11
7%	-	42.16	43.95	43.17

Fuente: Elaboración propia.

El módulo de rotura a los 28 días disminuye en menor resistencia a la incorporación de 3% fibra de caucho al peso del cemento seguido por 5% de fibra caucho al peso del cemento.

Figura 27 Histograma de variación de resistencia a la flexión a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia.

El con concreto diseño - $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, disminuye gradualmente las resistencias

alcanzadas a la flexión con incorporación de fibras.

Tabla 51

Resistencia a la flexión % para un concreto con incorporacion de fibras.

Variación porcentual de resistencia a la flexión o módulo de rotura c/ incorporación fibra caucho a los 28 días (%)

% de Fibra Caucho	Concreto patrón (CP) %	C° c/. incor. fibra fina al ag. fino %	C° c/. incor. fibra fina al cemento %	C° c/. incor. fibra gruesa al ag. grueso %
0%	100.00%			
3%		97.88%	99.59%	95.76%
5%		97.26%	97.94%	95.73%
7%		91.51%	95.37%	93.69%

Fuente: Elaboración propia.

La incorporación al 3% y 5% de fibra de caucho de neumático reciclado al peso del

cemento tienden a disminuir en menor porcentaje en comparación del concreto patrón.

Tabla 52

Diferencial % de resistencia a flexión para concreto con incorporación de fibra.

Diferencia porcentual de la resistencia a la flexión o módulo de rotura c/ incorporación fibra caucho a los 28 días ($f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$)					
% de Fibra Caucho	Concreto patrón (%)	C° c/. incor. fibra fina (%)	C° c/. incor. fibra fina al cemento (%)	C° c/. incor. fibra gruesa al cemento (%)	% promedio con incorporación fibras
0%	0%				
3%	0%	2.12%	0.41%	4.24%	2.64%
5%	0%	2.74%	2.06%	4.27%	
7%	0%	8.49%	4.63%	6.31%	6.48%

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a la flexión disminuye en 0.41% en incorporación de fibra al 3% del peso cemento y al 5% de fibra disminuye en 2.06% con respecto al concreto patrón.

Análisis de resultados de resistencia a la flexión de testigos prismáticos para un diseño de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de rotura, hay variación con respecto al concreto patrón siendo de la siguiente forma:

- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del ag. fino al 3%, la resistencia a flexión disminuye en 2.12 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del cemento al 3%, la resistencia a flexión disminuye en 0.41%.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del ag. grueso al 3%, la resistencia a flexión disminuye en 4.24 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del ag. fino al 5%, la resistencia a flexión disminuye en 2.74 %.

- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del cemento al 5%, la resistencia a flexión disminuye en 2.06%.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del ag. grueso al 5%, la resistencia a flexión disminuye en 4.27 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del agregado fino al 7%, la resistencia a flexión disminuye en 8.49 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del agregado grueso al 7%, la resistencia a flexión disminuye en 6.31 %.

4.3. Prueba de hipótesis

Hipótesis principal.

La incorporación de fibra de caucho neumático reciclado influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco-2023.

(Hipótesis Nula) H_0 : La incorporación de fibra de caucho neumático reciclado no influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco-2023.

(Hipótesis Alternativa) H_1 : La incorporación de fibra de caucho neumático reciclado influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco-2023.

Nivel de Significancia (alfa) $\alpha = 0,05$.

Hipótesis nula (H_0) $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa (H_1) $\mu_1 > \mu_2$

Tabla 53*Prueba de hipótesis general resistencia a la flexión (concreto patrón- fibra).*

Incorporación de fibras de caucho al concreto.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	1.459	3.00	0.12027	2.353	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado no influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 54*Prueba de hipótesis general resistencia a la compresión (concreto patrón- fibra).*

Incorporación de fibras de caucho al concreto.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	6.002	4.00	0.00194	2.132	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor a la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado influye en el comportamiento del concreto estructural.

Hipótesis Específicas.

Hipótesis Específica 1: La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del **cemento** influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco-2023.

(Hipótesis Nula) H_0 : La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del cemento no Influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco-2023.

(Hipótesis Alternativa) H_1 : La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del cemento Influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco-2023.

Nivel de significancia (alfa) $\alpha = 0,05$.

Hipótesis nula (H_0) $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa (H_1) $\mu_1 > \mu_2$

Tabla 55

Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a la compresión en 3% fibra al cemento

Fibra de caucho en 3% al peso del cemento.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) Unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	5.654	4.000	0.00241	2.130	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor a la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 3% al peso del cemento influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 56*Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a la flexión en 3% fibra al cemento.*

Fibra de caucho en 3% al peso del cemento.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	0.075	2.000	0.47353	2.920	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.**Conclusión:** Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 3% al peso del agregado grueso no influye en el comportamiento del concreto estructural.**Tabla 57***Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a la compresión en 5% fibra al cemento.*

Fibra de caucho en 5% al peso del cemento.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	3.793	4.000	0.00961	2.132	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor de la t tabular.**Conclusión:** Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 5% al peso del cemento influye en el comportamiento del concreto estructural.**Tabla 58***Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a la flexión en 5% fibra al cemento.*

Fibra de caucho en 5% al peso del cemento.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	0.358	2.000	0.3774	2.920	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 5% al peso del agregado grueso no influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 59

Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a la compresión en 7% fibra al cemento.

Fibra de caucho en 7% al peso del cemento.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. Al (5%) Unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	3.485	4.000	0.01262	2.132	$+\infty$

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor del t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 7% al peso del cemento influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 60

Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a la flexión en 7% fibra al cemento.

Fibra de caucho en 7% al peso del cemento.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	1.13	2.000	0.18786	2.920	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 7% al peso del agregado grueso no influye en el comportamiento del concreto estructural.

Hipótesis Específica 2: la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco-2023.

(Hipótesis nula) H0: la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino no influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco-2023.

(Hipótesis alternativa) H1: la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco-2023. Nivel de Significancia (alfa) $\alpha = 0,05$.

Hipótesis nula (H0) $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa (H1) $\mu_1 > \mu_2$

Tabla 61

Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a compresión en 3% fibra al agr. fino.

Fibra de caucho en 3% al peso del agregado fino.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	2.554	4.000	0.0315	2.132	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 3% al peso del agregado fino influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 62

Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a flexión en 3% fibra al agregado fino.

Fibra de caucho en 3% al peso del agregado fino.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	0.539	2.000	0.32187	2.920	$+\infty$

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor de la t tabular. **Conclusión:** Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 3% al peso del agregado fino influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 63

Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a compresión en 5 % fibra al agr. fino.

Fibra de caucho en 5% al peso del agregado fino.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	9.105	4.000	0.0004	2.132	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 5% al peso del agregado fino influye en el **comportamiento del concreto estructural**.

Tabla 64

Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a la flexión en 5 % fibra al agr. fino.

Fibra de caucho en 5% al peso del agregado fino.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	0.875	2.000	0.23697	2.920	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 5% al peso del agregado fino no influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 65

Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a la compresión en 7 % fibra al agr. fino.

Fibra de caucho en 7% al peso del agregado fino.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	4.474	4.000	0.00552	2.132	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 7% al peso del agregado fino influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 66

Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a la flexión en 7 % fibra al agr. fino.

Fibra de caucho en 7% al peso del agregado fino.	t_c (calculada)	(t g.l.)	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	2.339	2.000	0.07211	2.920	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 5% al peso del agregado fino no influye en el comportamiento del concreto estructural.

Hipótesis específica 3: La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco-2023.

(Hipótesis nula) H_0 : La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso no influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco-2023.

(Hipótesis alternativa) H_1 : La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso influye en el

comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco-2023.

Nivel de Significancia (alfa) $\alpha = 0,05$.

Hipótesis nula (Ho) $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa (H1) $\mu_1 > \mu_2$

Tabla 67

Prueba de hipótesis específica 3 f'c en 3 % fibra al agr. grueso.

Fibra de caucho en 3% al peso del agregado grueso.	tc (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t _t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	3.235	4.000	0.01591	2.132	+∞

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 3% al peso del agregado grueso influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 68

Fibra de caucho en 3% al peso del agregado grueso.	t _c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t _t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	1.006	2.000	0.21013	2.920	+∞

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 3% al peso del agregado grueso no influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 69

Prueba de hipótesis específica 3 f'c en 5 % fibra al agregado grueso.

Fibra de caucho en 5% al peso del agregado grueso.	t _c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t _t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	4.995	4.000	0.00376	2.132	+∞

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 5% al peso del agregado grueso influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 70

Prueba de hipótesis específica 3 resistencia a flexion en 5 % fibra al agr. grueso.

Fibra de caucho en 5% al peso del agregado grueso.	t _c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t _t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	1.078	2.000	0.19687	2.920	+∞

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 5% al peso del agregado grueso no influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 71

Prueba de hipótesis específica 3 f'c en 7 % fibra al agregado grueso.

Fibra de caucho en 7% al peso del agregado grueso.	t _c (t calculada)	g.l.	Sig. Al (5%) Unilateral	t _t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	12.607	4.000	0.00011	2.132	+∞

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 7% al peso del agregado grueso influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 72

Prueba de hipótesis específica 3 resistencia a la flexion en 7 % fibra al agregado grueso.

Fibra de caucho en 7% al peso del agregado grueso.	t _c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t _t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	1.670	2.000	0.11843	2.920	+∞

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 7% al peso del agregado grueso no influye en el comportamiento del concreto estructural.

4.4. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos con los agregados de la provincia de Pasco se obtuvieron un concreto patrón a una resistencia promedio a compresión de 397.24 kg/cm², y resistencia promedio a flexión 46.08 kg/cm². Con la incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado las resistencias a la compresión se comportan mejor a los porcentajes de incorporación entre los 3% y 5% en los tres componentes, habiendo una disminución promedio de 6.88%, siendo una variación menor con respecto al concreto patrón.

La fibra granulada incorporada en 3% al peso del agregado grueso se comporta mejor llegando a una resistencia de 382.03 kg/cm², siendo una variación de 3.83%, y la fibra incorporada en 5% al peso del agregado fino llego a una resistencia de 379.16 kg/cm² siendo una variación de 4.55%. Estos resultados concuerdan con la prueba de hipótesis se rechaza la hipótesis nula.

La resistencia a la flexión con incorporación de fibra se tuvo menor variación gradual, habiendo mejor comportamiento en la incorporación de la fibra en peso del cemento; al 3% se tuvo 45.89 kg/cm², siendo una variación de 0.41% y en 5% se tuvo 45.13 kg/cm² siendo una variación de 2.06%. Los resultados de la prueba de hipótesis en todas se acepta la hipótesis nula donde se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático

reciclado no influye en el comportamiento del concreto estructural negativamente se asemejan los resultados al concreto patrón.

Estos resultados son concordantes con la investigación realizado por (Surco y Suni, 2008), en donde se realizó la adición de fibras de caucho de neumático reciclado en 1%, 2% y 3% al peso del cemento. La resistencia de compresión del concreto patrón disminuye conforme se aumenta la dosificación de la fibra de caucho, la variación con respecto al concreto patrón con el menor porcentaje de fibra, 1% del peso de cemento, llego en un intervalo de 3.64% a 3.77% y para el mayor porcentaje de fibra, 3% del peso de cemento, alcanzó valores entre 15.6% a 23.0% con respecto al concreto patrón. La resistencia a la flexo - tracción del concreto patrón disminuyo conforme se aumentó la dosificación de la fibra de caucho, la variación con respecto al concreto patrón con el menor porcentaje de fibra, 1% del peso del cemento, llego en un intervalo de 2.19% a 2.78% y para el mayor porcentaje de fibra, 3% del peso del cemento, alcanzó valores entre 6.51% a 9.62% con respecto al concreto patrón.

Por otro lado el estudio de investigación (Ramos y Eraso, 2015), su objetivo fue determinar las propiedades físico - mecánicas de los agregados y del cemento, los diseños de mezcla para el concreto patrón y el diseño de mezcla del concreto con adición de agregado fino por material de caucho reciclado en 10%, 15%, y 20%, la resistencia del concreto obtenida a los 28 días, del concreto diseñado con sustitución del 10% del agregado fino por partículas de caucho reciclado es de 8.47% con respecto al concreto patrón, el concreto diseñado con una sustitución del 15% del agregado fino por caucho reciclado es de 38.15% con respecto al concreto patrón y el concreto diseñado con una sustitución del 20% del agregado fino por partículas de caucho reciclado es de 46.13% con respecto al

concreto patrón. Las variaciones a mayores porcentajes de adición o sustitución las resistencias a compresión bajan gradualmente.

Para la validez de la hipótesis, se verifica que se acepta la hipótesis alternativa donde es influenciado el comportamiento con incorporación de fibra de caucho de neumático reciclado.

CONCLUSIONES

1. Del objetivo general, la influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco-2023. Con los resultados obtenidos se verifica que las propiedades mecánicas y de durabilidad se vieron afectadas con incorporación de fibras de caucho a los componentes del concreto (cemento, agregados), en forma general se reduce los valores frente a las muestras patrón sin incorporación de fibras de caucho. Los concretos con mayor disminución en la resistencia a la compresión fueron las que se incorporó mayor cantidad de fibras de caucho reciclado; rechazándose la hipótesis nula se afirma que la incorporación de fibra caucho influye en el comportamiento del concreto estructural. En cambio, la resistencia a flexión de vigas se tiene menores valores de reducción frente al concreto patrón; se acepta la hipótesis nula concluyéndose que las fibras de caucho de neumático reciclado no influyen en el comportamiento estructural con un nivel de significancia unilateral al 5%.
2. la influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del cemento en el comportamiento del concreto estructural. El porcentaje de disminución en la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días, del concreto diseñado con incorporación de fibra de caucho al 3% del peso del cemento es de 6.87%; con respecto al concreto patrón, el concreto diseñado con incorporación de fibra de caucho al 5% al peso del cemento es de 4.55%; con respecto al concreto patrón y el concreto diseñado con una incorporación de fibra de caucho al 7% del peso de cemento es de 16.94%, de las incorporaciones de fibras al cemento se rechazan las hipótesis, concluyéndose la incorporación de fibra de

caucho influye en el comportamiento estructural con nivel de significancia menor al 5%. La resistencia a la flexión hay menor variación, se tiene resultado a los 28 días con incorporación de fibra de caucho del 3% al peso del cemento hay una disminución en 0.41% con respecto al concreto patrón, el concreto diseñado con incorporación de fibra de caucho al 5% del peso de cemento es de 2.06% con respecto al resultado del concreto patrón y el diseño con incorporación de fibra de caucho al 7% del peso de cemento es de 4.63%. Se aceptan las hipótesis nulas concluyéndose que no influye en la incorporación de fibra caucho en el comportamiento del concreto estructural con nivel de significancia al 5%.

3. La influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino en el comportamiento del concreto estructural. El porcentaje de disminución en la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días, del concreto diseñado con incorporación de fibra de caucho al 3% del peso del agregado fino es de 7.80%; con respecto al concreto patrón, el concreto diseñado con una incorporación de fibra de caucho al 5% al peso del agregado fino es de 11.03% con respecto al concreto patrón y el concreto diseñado con una incorporación de fibra de caucho de neumático reciclado al 7% del peso del agregado fino es de 19.96%. Se rechaza la hipótesis nula al peso del agregado fino con nivel de significancia menor a 5%. El comportamiento al 3% de fibra al peso del agregado fino se asemeja bastante con respecto al concreto patrón, entonces se podría concluir que se obtuvo mejor comportamiento de las propiedades físicas del concreto modificado. La resistencia a la flexión hay menor variación, así se tiene resultado a los 28 días con incorporación de fibra de caucho del 3% al peso del agregado fino hay una disminución en 2.12%; con respecto al concreto patrón, el concreto diseñado con incorporación de fibra de caucho del 5% al peso del agregado

fino es de 2.74%; con respecto al concreto patrón y el concreto con incorporación de fibra de caucho del 7% del agregado fino es de 8.49% con respecto al concreto patrón. Se pudo observar estadísticamente que se aceptan las hipótesis nulas.

4. La influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso en el comportamiento del concreto estructural. El porcentaje de disminución en la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días, del concreto diseñado con incorporación de fibra de caucho al 3% del peso del agregado grueso es de 3.83%; con respecto al concreto patrón, el concreto diseñado con una incorporación de fibra de caucho al 5% al peso del agregado grueso es de 7.20%; con respecto al concreto patrón y el concreto diseñado con incorporación de fibra de caucho en 7% al peso del agregado grueso es de 15.21%. Se rechazan la hipótesis nula con nivel de significancia menor al 5%, concluyéndose que influyen en el comportamiento estructural. La resistencia a la flexión hay menor variación, se tiene resultado a los 28 días con incorporación de fibra de caucho del 3% al peso del agregado grueso hay una disminución en 4.24% con respecto al concreto patrón, el concreto diseñado con incorporación de fibra de caucho del 5% al peso del agregado grueso es de 4.27%; con respecto al concreto patrón y el concreto con incorporación de fibra de caucho del 7% del agregado grueso es de 6.31%, las hipótesis nulas se aceptan, concluyéndose que no influyen en el comportamiento del concreto estructural. Con el resultado del ensayo de la resistencia a flexión la disminución fue gradual con respecto al concreto patrón (sin fibra) la incorporación de fibra de caucho al 3% del peso del agregado grueso tiende a asemejarse al concreto patrón, la incorporación de fibras a mayores porcentajes disminuye en mayor porcentaje esto debido a la porosidad que se origina en la muestras con incorporación de fibra de caucho, además a la baja adherencia que existe entre la

pasta de concreto y el caucho, la baja absorción de agua en la fibra de caucho granulado no se entrelaza lo suficiente a la mezcla en estado fresco, es necesario recalcar que el caucho tiene la habilidad de experimentar grandes deformaciones elásticas antes de la falla, es decir se deforma mucho más que la pasta de concreto que lo envuelve.

RECOMENDACIONES

1. Del objetivo general la investigación de la utilización del concreto con Incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado, probar en otros elementos estructurales que son sometidos a esfuerzos de impacto y a cambios de temperatura como son pavimentos rígidos y/o losas expuestas a la intemperie.
2. Con respecto al objetivo específico de la incorporación de fibra el peso del cemento se recomienda usar fibras que se asemejan a la granulometría del cemento es decir en polvo.
3. Al objetivo específico de la incorporación de fibra de caucho de neumático reciclado al peso del agregado fino, se recomienda su uso en concretos que no va soportar cargas axiales en 3% de fibra de caucho al peso del cemento.
4. Del objetivo específico con incorporación de fibra de caucho al peso del agregado grueso se recomienda su uso en concretos simples que sean sometidos a esfuerzos laterales por la flexibilidad del concreto modificado habiéndose obtenido en 3% de fibra de caucho al peso del agregado grueso un comportamiento semejable al concreto patrón.
5. En el proceso de mezclado de concreto con incorporación de fibra de caucho de neumático reciclado se recomienda adicionar los materiales en la mezcladora en el siguiente orden: agua del diseño de la mezcla, cemento, agregado grueso, agregado fino y la fibra de caucho de neumático reciclado fue vertido en los tiempos de cada componente para poder lograr una mejor distribución en el concreto evitando de esta manera la formación de grumos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernal S. A. y Ovalle A.D. (2016), *Diagnóstico ambiental de la gestión de llantas usadas en la Avenida Centenario de la localidad de Fontibón desde la Cra 90 Hasta La Cra 140*, trabajo de grado, Universidad Nacional abierta y a distancia escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del ambiente, Bogotá D.C.
- Cabanillas E. R. (2017), *Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado*, Universidad Nacional de Cajamarca Facultad de ingeniería, Cajamarca- Perú.
- El Comité ACI 318 (2005), *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318s-05) y comentario (ACI 318sr-05)*. (Versión en español y en sistema métrico) Es un Estándar del ACI. 318. USA.
- Guzmán Y. J. y Guzmán E. L. (2015), *Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en Chimbote-2015*, trabajo de grado, Universidad Nacional del Santa Facultad de ingeniería, ChimbotePerú.
- Hernández J. A. (2011), *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plástico y llantas*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ministerio de Transporte, Comunicaciones, Vivienda y Construcciones. (Setiembre, 2011). *Manual de diseño Geométrico*. Lima, Perú: Megbyte.
- Torres H. A. (2014), *Valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho*. Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito, Bogotá-Colombia.

- Ramírez A. (2016), *Estudio del comportamiento del concreto reforzado con fibras obtenidas del reciclado de llantas*. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.
- Guzmán, Y., & Guzmán, E. (2015). Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en Chimbote-Santa.
- Hernández, B. (2011). Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plástico y llantas. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Pérez, J., & Arrieta, (2017). Estudio para caracterizar una mezcla de concreto con caucho reciclado en un 5% en peso comparado con una mezcla de concreto tradicional de 3500 PSI. Universidad Católica de Colombia.
- Ramos, N., & Eraso, H. (2015). Estudio del comportamiento mecánico del concreto, sustituyendo parcialmente el agregado fino por caucho molido recubierto con polvo calcáreo. Universidad Javeriana.

ANEXO

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.
FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y nombres del experto:

1.2 Grado académico:

1.3 Cargo e institución donde labora:

1.4 Título de la investigación: FIBRAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL PARA LA UTILIZACIÓN EN LAS OBRAS CIVILES DE LA PROVINCIA DE PASCO- 2023

1.5 Autor del instrumento:

1.6 Grado /Maestría/ Doctorado/ Mención:

1.7 Nombre del instrumento:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS CUALITATIVOS/ CUA NTITATIVOS	Defici ente 0- 20%	Reg ular 21- 40%	Bue no 41- 60 %	Mu y Bue no 61- 80 %	Excel ente 81- 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.					X
2. OBJETIVID AD	Está expresado en conductas observables.					X
3. ACTUALID AD	Adecuado al alcance de la ciencia y tecnología.					X
4. ORGANIZA	Existe una organización					X
5. SUFICIENC IA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad.					X
6. INTENCIO NALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del estudio.					X
7. CONSISTE NCIA	Basados en aspectos Teóricos-Científicos y del tema de estudio.					X
8. COHEREN CIA	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables.					X
9. METODOL OGIA	La estrategia responde al propósito del estudio.					X
10. CONVENIE NCIA	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías.					X
SUB TOTAL						10

VALORACION CUANTITATIVA (Total x 0.20) : 20

VALORACION CUALITATIVA: EXCELENTE

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: El presente cuestionario cumple con todos los indicadores y criterios para ser aplicado en el trabajo de investigación titulado: FIBRAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL PARA LA UTILIZACIÓN EN LAS OBRAS CIVILES DE LA PROVINCIA DE PASCO- 2023.

.....

Firma
DNI:

INSTRUMENTO DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
TITULO EDE LA INVESTIGACIÓN:
FIBRAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS EN EL
COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL PARA LA
UTILIZACIÓN EN LAS OBRAS CIVILES DE LA PROVINCIA DE PASCO- 2023
CUADRO COMPARATIVO DEL PESO UNITARIO SUELTO DEL
AGREGADO GRUESO NTP 400.017

Cuadro comparativo del peso unitario suelto del agregado grueso NTP 400.017

Descripción		C. 1	C. 2	C. 3	C. 4
Medidas del Recipiente	Diámetro (cm)				
	Altura (cm)				
	Área (cm ²)				
	Volumen (cm ³)				
Datos Obtenidos	Peso del molde (grs).....A				
	Volumen del molde (cm ³).....B				
	Peso del molde + muestra suelta (grs).....C				
	Peso de la muestra suelta (grs).....D = C-A				
Peso unitario Suelto					
(P.U.S.)(kg/m³).....E = (D/B)*1000					

CUADRO COMPARATIVO ABRASIÓN LOS ÁNGELES (L.A.) AL
DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 MM (1
½”) NTP 400.019

Cuadro comparativo abrasión los Ángeles (L.A.) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½”) NTP 400.019

Descripción		C. 1	C. 2	C. 3	C. 4
Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Peso Retenido (gr)	Peso retenido (gr)	Peso retenido (gr)
1 1/2"	37.50				
1"	25.00				
3/4"	19.00				
1/2"	12.50				
3/8"	9.50				
TOTAL					
Peso de la muestra inicial					
Peso de la muestra final					
Peso de la muestra perdida					
Perdida de la muestra (%)					

Fuente: Elaboración propia.

CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO CANTERA

Contenido de humedad de agregado grueso cantera	Muestra promedio
Peso de la tara (grs).....A	
Peso de la tara + muestra natural (grs).....B	
Peso de la tara + muestra secada a horno (grs).....C	
Peso del contenido del agua (grs).....D = B-C	
Contenido de humedad (%W).....E = ((B-C)/C)*100	

Tamiz	Abertura (mm)	C. 1		C. 2		C. 3		C. 4	
		% retenido o acumulado	% que pasa	% retenido o acumulado	% que pasa	% retenido o acumulado	% que pasa	% retenido o acumulado	% que pasa
3/8"									
N°4									
N°8									
N°16									
N°30									
N°50									
N°100									
Cazuela									
Módulo de									
Fineza									

CUADRO COMPARATIVO DEL PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO (NTP 400.017)

Cuadro comparativo del peso unitario suelto del agregado fino (NTP 400.017)					
Descripción		C. 1	C. 2	C. 3	C. 4
Medidas del Recipiente	Diámetro (cm)				
	Altura (cm)				
	Área (cm ²)				
	Volumen (cm ³)				
Datos Obtenidos	Peso del molde (grs).....A				
	Volumen del molde (cm ³).....B				
	Peso del molde + muestra suelta (grs).....C				
	Peso de la muestra suelta (grs).....D = C-A				
Peso unitario suelto (P.U.S.)(kg/m³)... (D/B)*1000		..E	=		

Informe mensual de avances Rampa 900

Tabla 73

AÑO	2023		
FECHA	(Todas)		
LABOR	(Todas)		
CUMPLIMIENTO DE AVANCES			
EQUIPO	MES	AVANCE.	AVANCE.PROG
JACK LEG	Enero	25.5	25.0
	Febrero	29.8	25.0
	Marzo	26.7	30.0
	Abril	37.0	30.0
	Mayo	24.0	30.0
	Junio	34.1	30.0
Total JACK LEG		177.0	170.0
MUKI FF	Octubre	68.8	85.0
	Noviembre	75.6	85.0
	Diciembre	52.2	25.0
Total MUKI FF		196.6	195.0
Total General		373.6	365.0

Fuente: Elaboración Propia

INFORME DE EFICIENCIA DE DISPARO RAMPA 900

Informe eficiencia de disparos rampa 900

Tabla 74

EFICIENCIA				
EQUIP	MES	AVANCE m/disp .Ejec	AVANCE m/disp.Prog	%
JACK LEG	Enero	1	1	91.
	Febrero	.	.	28
	Marzo	5	6	%
	Abril	0	5	90.
	Mayo	1	1	37
	Junio	.	.	%
Total JACK LEG		1	5	90.4
MUKI FF	Octubre	2	1	93.
	Noviembre	.	.	03
	Diciembre	5	6	%
Total MUKI FF		2	5	92.0

Fuente: Elaboración propia

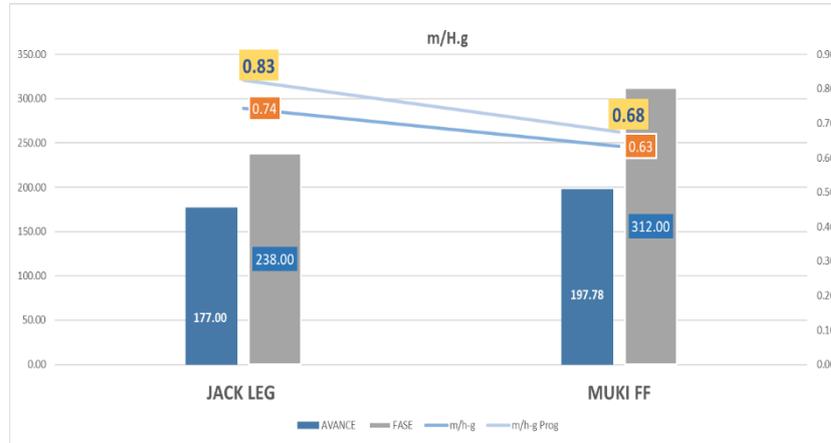
Tabla 75

Histograma eficiencia de disparos rampa 900

Metros / Horas Hombre guardia		
	JACK LEG	MUKI FF
AVANCE	177.00	197.78
FASE	238.00	312.00
m/h-g	0.74	0.63
m/h-g Prog	0.83	0.68

Fuente: Elaboración propia

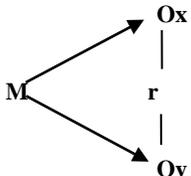
Figura 27
Histograma Horas Hombre guardia de la rampa 900



Fuente: Elaboración Propia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

FIBRAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL PARA LA UTILIZACIÓN EN LAS OBRAS CIVILES DE LA PROVINCIA DE PASCO- 2023

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	SISTEMA DE VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA PRINCIPAL: ¿En qué medida la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS: ¿En qué medida la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del cemento, influyen en el comportamiento del concreto estructural, para</p>	<p>OBJETIVO PRINCIPAL: Determinar la influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Determinar la influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del cemento en el comportamiento del</p>	<p>HIPÓTESIS PRINCIPAL: La incorporación de fibra de caucho neumático reciclado influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco – 2023</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS: La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del cemento influye en el</p>	<p>Variable Independiente Incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado al peso del cemento, agregado fino y agregado grueso en el diseño del concreto.</p> <p>Variable Dependiente: Comportamiento del concreto estructural.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: Tipo: Descriptivo Nivel: Correlacional Diseño: No experimental.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Dónde: M = Muestra. O = Observación. x= Agregando caucho reciclado y= Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica</p> <p>Población</p>

<p>la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023?</p> <p>¿En qué medida la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino, influyen en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023?</p> <p>¿En qué medida la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso, influyen en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023?</p>	<p>concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023..</p> <p>Determinar la influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023..</p> <p>Determinar la influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023..</p>	<p>comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023.</p> <p>La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023.</p> <p>La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la Provincia de Pasco - 2023.</p>		<p>Una vez que se ha determinado la unidad de muestreo/análisis, se empieza a delimitar la población a cuál será estudiada y sobre cual se debe generalizar los resultados obtenidos. “Se define la población como conjuntos de todos los casos que conllevan a una serie de especificaciones”, “en algunos trabajos de investigación una de las deficiencias que se observa es no describir las características de la población o lo consideran que la muestra representa de manera automática” (Hernández et al., 2014).</p> <p>La aplicación de la población de la investigación son los concretos utilizados en la Provincia de Pasco de uso estructural, siendo el concreto con una resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm², la resistencia mínima del concreto Estructural no debe ser menor a 17 Mpa, y no habiendo restricción para $f'c$ máximo; según el reglamento Nacional de Edificaciones E-060, y las disposiciones especiales para el diseño sísmico en el acápite 21.3.1 indica que $f'c$ no debe ser menor a 21 Mpa.</p> <p>Muestra</p> <p>Las investigaciones deben ser transparentes, así como estar sometido a críticas y replicas, solamente ocurre si el investigador delimita con claridad la población a estudiar y se hace claro la selección de la muestra. Un parte de la población es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido que lo dominamos población. (Hernández et al., 2014, p.175).</p>
---	---	---	--	--

				<p>Para la presente investigación se tomó como muestra; la cantidad de 90 unidades de testigos cilíndricos (15x30cm) de concreto y 20 unidades de testigos Prismáticos (15x15x60cm) de concreto, que incluyen tanto los testigos elaborados con incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado y el concreto patrón con una resistencia de diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (concreto de peso Normal y concreto utilizado con propósitos estructurales, E-060 RNE) siendo el concreto más común en la Provincia de Pasco. Siguiendo la NTP 339.183 Elaboración y Curado de Especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio; se elaboró tres testigos para cada edad y condición del ensayo. La edad de rotura se realizó siguiendo las recomendaciones de la norma NTP 339.183, para las pruebas se hicieron a edades de 7, 14 y 28 días para compresión y a edades de 14 y 28 días para flexión.:</p>
--	--	--	--	--