



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido
con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas
2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Castillo Campos, Jose Oswaldo

<https://orcid.org/0000-0001-7551-8945>

ASESOR:

Mg. Ing. Pinto Barrantes, Raúl Antonio

<https://orcid.org/0000-0002-9573-0182>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

Lima – Perú

2020

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a la memoria de mi abuelo Jose
y mi tía Esperanza que en su momento me brindaron palabras
de motivación y superación para lograr mis metas propuestas,
y quienes tuvieron la ilusión de ver a su hijo graduarse
como el Ingeniero Civil de la familia

AGRADECIMIENTO

Principalmente a la persona que me dio la vida por su apoyo, paciencia, amor y dedicación que me brinda a diario para cumplir con las decisiones y proyectos planteados, es en gran parte gracias a mi amada madre que me encuentro cursando una carrera universitaria, y uno de los logros más importantes a la fecha.

Agradezco a la Universidad César Vallejo por la oportunidad de estudiar la carrera de Ingeniería Civil y proporcionar un ambiente adecuado para las enseñanzas diarias, asimismo a los profesores e ingenieros por los conocimientos, enseñanzas y consejos en cada clase.

Y en general a mi familia, amigos y personas especiales en mi vida por aquella confianza, apoyo y aprecio depositados hacia mí, cuando se necesitaba de alguna palabra de aliento al afrontar las tareas y trabajos que en su momento parecían interminables.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	7
III. METODOLOGÍA	45
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	46
3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN	47
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO	49
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	51
3.5. PROCEDIMIENTO	55
3.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	56
3.7. ASPECTOS ÉTICOS	57
IV. RESULTADOS.....	58
V. DISCUSIÓN	79
VI. CONSLUSIONES	88
VII. RECOMENDACIONES	91
REFERENCIAS.....	93
ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO.....	24
TABLA 2. TAMIZADO AGREGADO FINO	25
TABLA 3. CONSISTENCIA Y ASENTAMIENTO	29
TABLA 4. ASENTAMIENTO RECOMENDADOS PARA LOS DIVERSOS TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	29
TABLA 5. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	50
TABLA 6. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN:	50
TABLA 7. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL (TRACCIÓN):.....	50
TABLA 8. ASENTAMIENTO:.....	50
TABLA 9. CONTENIDO DE AIRE:	51
TABLA 10. VALIDEZ DE EXPERTOS	54
TABLA 11. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO	64
TABLA 12. PARÁMETROS DEL AGREGADO FINO.....	65
TABLA 13. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO	66
TABLA 14. PARÁMETROS DEL AGREGADO GRUESO	66
TABLA 15. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DEL AGREGADO GRUESO	67
TABLA 16. ENSAYO DE CONSISTENCIA.....	69
TABLA 17. PARÁMETROS DE CONTENIDO DE AIRE	70
TABLA 18. ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE	71
TABLA 19. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	73
TABLA 20. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.....	75
TABLA 21. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	77
TABLA 22. RESUMEN DE RESISTENCIAS A COMPRESIÓN	84
TABLA 23. RESUMEN DE RESISTENCIAS A FLEXIÓN.....	85
TABLA 24. RESUMEN DE RESISTENCIAS A TRACCIÓN	87

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO	18
FIGURA 2. DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN EL PAVIMENTO RÍGIDO.....	19
FIGURA 3. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.....	19
FIGURA 4. DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE	20
FIGURA 5. MUESTRA DE CONCRETO EN SU ETAPA DE VACIADO	21
FIGURA 6. COMPONENTES DEL CONCRETO.....	21
FIGURA 7. CEMENTO.....	22
FIGURA 8. AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA)	24
FIGURA 9. AGREGADO FINO (ARENA)	25
FIGURA 10. CONO DE ABRAMS	28
FIGURA 11. PROCEDIMIENTO DE ASENTAMIENTO	28
FIGURA 12. ENSAYO DE ASENTAMIENTO	28
FIGURA 13. MEDIDOR DE PRESIÓN DE AIRE	30
FIGURA 14. TIPOS DE FALLAS POR COMPRESIÓN DEL CONCRETO	32
FIGURA 15. FÓRMULA PARA CALCULAR LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN	32
FIGURA 16. ENSAYO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN	33
FIGURA 17. DIAGRAMA PARA ENSAYAR VIGAS A FLEXIÓN EN TERCIOS	34
FIGURA 18. FALLA DENTRO DEL TERCIO MEDIO DE LA LUZ.....	34
FIGURA 19. FALLA FUERA DEL TERCIO MEDIO Y A UNA DISTANCIA NO MENOR AL 5% DE LA LUZ.....	35
FIGURA 20. DIAGRAMA PARA ENSAYAR VIGAS A FLEXIÓN EN MITAD	35
FIGURA 21. FALLA EN EL CENTRO DE LA VIGA	35
FIGURA 22. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAMETRAL O TRACCIÓN INDIRECTA.....	36
FIGURA 23. FORMULA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAMETRAL O TRACCIÓN	36
FIGURA 24. SHIRINGA (HEVEA BRASILIENSIS) O ÁRBOL DEL CAUCHO	37
FIGURA 25. CAUCHO EN GRÁNULOS	38
FIGURA 26. COMPOSICIÓN DE UNA LLANTA	40
FIGURA 27. DIAGRAMA DE UNA LLANTA	40
FIGURA 28. PARTES DE LA LLANTA.....	41
FIGURA 29. CURVA GRANULOMÉTRICA – AGREGADO FINO.....	65
FIGURA 30. CURVA GRANULOMÉTRICA – AGREGADO GRUESO	68
FIGURA 31. % DE SUSTITUCIÓN VS DENSIDAD PROMEDIO (KG/M³).....	71
FIGURA 32. % DE SUSTITUCIÓN VS % CONTENIDO DE AIRE.....	72
FIGURA 33. EDAD VS RESISTENCIA A COMPRESIÓN	74
FIGURA 34. EDAD VS RESISTENCIA A FLEXIÓN.....	76

FIGURA 35. EDAD VS RESISTENCIA A TRACCIÓN.....	78
FIGURA 36. CURVA DE ASENTAMIENTO.....	81
FIGURA 37. CURVAS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN.....	83
FIGURA 38. CURVAS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN.....	85
FIGURA 39. CURVAS DE RESISTENCIA A TRACCIÓN.....	86

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo principal evaluar las propiedades tanto físicas como mecánicas del concreto, con la sustitución parcial del peso del agregado fino (arena) por caucho reciclado en presentación de gránulos con dimensiones aproximadas de 2 a 3.5mm; las proporciones planteadas son de 5%, 7.5% y 10% para un diseño de 280 kg/cm², el cual se estudiará con los ensayos de asentamiento y contenido de aire para concreto fresco; y compresión, flexión y tracción en concreto endurecido en edades de 7, 14 y 28 días.

Ya que la investigación consta de dos variables y serán evaluadas por los ensayos antes mencionados arrojando resultados en términos numéricos, se considerará a esta investigación como cuantitativa de tipo analítico, la cual tendrá como nivel Explicativo, que consiste en abastecer de información suficiente con tal de detallar las teorías que se relacionen al tema.

Al término de los ensayos se obtuvieron resultados de resistencia de compresión, flexión y tracción, solo tomando en cuenta el concreto con sustitución parcial del 10%, alcanzó 323.99 kg/cm², 70.73 kg/cm² y 34.67 kg/cm² respectivamente.

Finalmente la investigación sobre realizar una variación en la composición del concreto, cumple con los estándares que se tienen registrados para todo proyecto.

Palabras clave: Concreto, Sustitución, Caucho, Gránulos, Resistencias

ABSTRACT

The main objective of this study is to evaluate the physical and mechanical properties of concrete, with the partial substitution of the weight of the fine aggregate (sand) by recycled rubber in the presentation of granules with approximate dimensions of 2 to 3.5mm; the proposed proportions are 5%, 7.5% and 10% for a design of 280 kg/cm², which will be studied with the slump and air content tests for fresh concrete; and compression, bending, and traction in hardened concrete at ages 7, 14, and 28 days.

Since the research consists of two variables and they will be evaluated by the aforementioned tests, yielding results in numerical terms, this research will be considered quantitative of an analytical type, which will have an Explanatory level, which consists of providing sufficient information in order to detail the theories that relate to the topic.

At the end of the tests, results of compressive, bending and traction resistance were obtained, only taking into account the concrete with partial replacement of 10%, it reached 323.99 kg/cm², 70.73 kg/cm² and 34.67 kg/cm² respectively.

Finally, the research on making a variation in the composition of the concrete, complies with the standards that are registered for every project.

Keywords: Concrete, Substitution, Rubber, Granules, Strengths

I. INTRODUCCIÓN

Realidad Problemática: Hoy por hoy los pavimentos de carreteras, avenidas y calles, ha ido deteriorándose paulatinamente por diversos factores, esto genera que el comportamiento del pavimento haya variado con respecto a su diseño inicial, viéndose afectada la serviciabilidad, durabilidad y la Transferencia de Cargas, dándose a entender que la vía de tránsito ya no tendrá la misma seguridad ni comodidad óptima que tuvo en un principio; uno de esos factores es el exceso de carga vehicular que recibe el pavimento día tras día, y más aún cuando se habla de vehículos pesados, los cuales tienen mayor cantidad de ejes y llantas con aros de mayor dimensión; y hablando de estos vehículos, también ocurre un desgaste de las llantas por el contacto con el pavimento, pero a diferencia del pavimento que se opta por darle un mantenimiento o realizar un nuevo diseño; las llantas son eliminadas o botadas en descampados, y eso provoca que haya una contaminación tanto para el ambiente como son el aire, agua y suelos; como también a las personas afectando a su salud; ya que muchas veces estas llantas han sido quemadas intencional o accidentalmente solo para deshacerse de ellas.

En la “Avenida Metropolitana” y en zonas del distrito de Comas, donde está ubicada ésta avenida, no se aleja de esa situación por el estado actual en que se encuentra, puesto que presenta diversas deficiencias las cuales afectan drásticamente al comportamiento de esta vía, y esto se puede saber ya que observando varios cruces de la Avenida Metropolitana con otras calles, ya tienen hundimientos en la superficie o baches que no solo se presentan en la capa asfáltica o de rodadura, sino que la capa Base y Sub-Base también tiene serios problemas como la muestra de agregados que conforman estas capas, esto ha ocasionado que la distribución de cargas ejercidas por los vehículos sobre el pavimento flexible ya no sea constante; por lo que el deterioro se da con mayor facilidad y rapidez; por otro lado, cuando se habla de llantas en desuso, el distrito de Comas es uno de los que mayor servicio de talleres mecánicos presenta, y muchos de ellos informales vale aclarar; es así como muchos clientes que llegan a estos talleres para realizar cambio de llantas, no saben cómo es que los dueños de estos talleres se deshacen o donde van a parar estas; de esta manera se van acumulando depósitos de llantas en zonas industriales, y por diferentes motivos se opta por quemarlas, un caso similar y de los más recientes ocurrió en uno de los distritos de Lima norte (Comas), cerca

de la zona Trapiche, que durante 16 horas (aproximadamente) se dio un incendio en un depósito de llantas de camiones.

Debido a que la población aumenta y el flujo vehicular también, entonces se requiere de avenidas que interconecten las sociedades para llevar consigo un mejor desarrollo, tanto cultural como laboral, pero Comas al ser un distrito con una economía limitada y ser conocido en su mayoría por actos delictivos, corrupción y pandillaje, equivale a que los trabajos de infraestructura vial no sean concretamente a beneficio de la población del distrito, sino para los bolsillos de las autoridades que se aprovechan de una obra con alto presupuesto, esto ocasiona que no se realice un buen estudio de suelos, o que los espesores necesarios y calculados para soportar las cargas vehiculares sean menores al momento de construirlos como por ejemplo: Si una avenida está diseñada para transporte vehicular liviano y se calcula un espesor de 2" para la capa asfáltica, en la práctica se realizará con 1.5" o 1"; y esto repitiéndose en las demás capas que conforman un pavimento flexible, lo único que generará este cambio es que las cargas vehiculares ejercidas sobre el pavimento no se distribuyan correctamente; y si a este desperfecto le añadimos que no solo transporte liviano transita por esta vía, sino que transporte pesado comienza a circular por ésta misma, ocasionando más carga de la que puede soportar una avenida, donde su infraestructura no va de acuerdo a lo que se tenía planteada desde el principio; es así que llega a deteriorarse como se aprecia en el pavimento flexible de la "Avenida Metropolitana", esto debería ser supervisado por las autoridades, ya que involucran a las personas, las que van de conductores y pasajeros, así como los transeúntes de la zona; ya que el hecho de que existan diversos tipos de deterioros en una avenida ocasionarían accidentes vehiculares, ya sea por un freno repentino o pérdida de control cerca de estas fallas de pavimentos; a pesar de ello y en lo que va hasta ahora, tantos años deteriorado el pavimento, no se han producido accidentes; sin embargo no deja de ser peligroso y que se dé en algún momento.

Es importante conocer el estado en el que se encuentra el pavimento ubicado en la "Avenida Metropolitana" del distrito de Comas. Con ello se busca formular una serie de recomendaciones para mejorar la mencionada avenida, asimismo como para

disminuir el riesgo de accidentes, reducir la cantidad de llantas botadas y en desuso, y lograr un mejor aspecto a la sociedad.

En base a este contexto, se presenta como tesis, Propiedades Físicas y Mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019; así como dar uso y aplicación a las normas circunscritas en el Manual de Carreteras, cuidado del ambiente y reutilizar materiales en desuso como el caucho.

Los problemas tanto general como específicos, están dados de la siguiente manera:

Problema General: ¿Cómo serán afectadas las propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho de llantas recicladas en la avenida Metropolitana, Comas 2019?

Problemas Específicos: ¿Cómo serán afectados el asentamiento y contenido de aire del concreto para pavimento rígido con adición de caucho de llantas recicladas en la avenida Metropolitana, Comas 2019?

¿Cómo serán afectadas la compresión, flexión y tracción del concreto para pavimento rígido con adición de caucho de llantas recicladas en la avenida Metropolitana, Comas 2019?

La justificación para esta investigación ha sido dividida en técnica, metodológica y práctica, y son descritas a continuación:

Justificación Técnica: En el contexto técnico, con el documento actual se pretende generar reflexión y discusión académica de la variable dependiente “Pavimento Rígido” ya que se aportará conocimientos basados en el procedimiento del Manual de Carreteras – Sección Suelos y Pavimentos, ofreciendo cantidad y calidad de información suficiente para llevarlos en práctica, las cuales nos permitirán calcular los espesores de un pavimento rígido, por ello será necesario analizar las cargas ejercidas por los vehículos, además de conocer los materiales que serán utilizados para cada capa de la infraestructura, sin dejar de lado el estudio de suelo, las condiciones climáticas, y las variaciones que se dan anualmente con respecto a la tasa de crecimiento de la población y el flujo vehicular.

Asimismo para la variable independiente “Caucho reciclado de llantas” para conocer si altera en las Propiedades del Pavimento, de esta manera determinar si influye de manera positiva o negativa en sus cualidades principales del concreto como son las resistencias a compresión y flexión de un pavimento rígido, ya que al agregar un material diferente a la composición tradicional no siempre se obtienen resultados con los que uno pueda decir que se encuentran dentro de los estándares validados por las normas de una región o país.

Así también el medio ambiente recibe una ayuda por parte de la investigación, ya que reduce la contaminación ocasionado por el caucho, que es un material que tarda en descomponerse y muchas veces es eliminado o desecho en zonas que tarde o temprano aquejan a la flora, fauna y sociedades aledañas, como son las urbanizaciones que tienen cerca a talleres mecánicos, campos silvestres u océanos, los cuales son importantes hábitats de muchas especies que año a año se van extinguiendo.

Justificación Metodológica: Ya que se pretende alcanzar los objetivos propuestos en la siguiente página, se optó elaborar una serie de instrumentos capaces de medir las variaciones del “Pavimento Rígido” el cual es influenciado por la variable independiente “Caucho Reciclado de llantas” las cuales se medirán con respecto a las propiedades del concreto que tendrá un nuevo diseño de mezcla, una variación por parte del agregado fino con el aditivo que en esta ocasión será el caucho en gránulos con dimensiones de 2 a 3.5mm. Los instrumentos mucho antes de ejecutarlos y ponerlos en práctica, fueron supervisados por expertos en la materia, quienes determinaron lo confiables y validos que llegan a ser al momento de usarlos. Además, con éstos se logra detallar y especificar ordenadamente los resultados obtenidos por los ensayos realizados en laboratorios licenciados.

Justificación Práctica: Con la información recolectada en los resultados, se busca ser parte del crecimiento cultural y laboral brindado a entidades, municipalidades y gobernantes la idea de una mejora con respecto a las vías de comunicación siendo el caso de resultados favorables en parámetros y economía; aunque solo ellos tendrán la última decisión de optar por vías o avenidas diseñadas de Pavimento

Rígido elaborado con caucho, asesorados por profesionales como Ingenieros Civiles, en la especialidad de Infraestructura Vial.

En esta investigación también se tiene claro los objetivos que se desean abordar, con referencia al título principal:

Objetivo General: Evaluar las propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho de llantas recicladas en la avenida Metropolitana, Comas 2019.

Objetivos Específicos: Determinar el asentamiento y contenido de aire del concreto para pavimento rígido con adición de caucho de llantas recicladas en la avenida Metropolitana, Comas 2019.

Determinar la compresión, flexión y tracción del concreto para pavimento rígido con adición de caucho de llantas recicladas en la avenida Metropolitana, Comas 2019.

Por la interpretación de los objetivos antes mencionados y expresados, se llega a las siguientes hipótesis:

Hipótesis General: Existe una variación en las propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho de llantas recicladas en la avenida Metropolitana, Comas 2019.

Hipótesis Específicas: Existe una variación del asentamiento y contenido de aire del concreto para pavimento rígido con adición de caucho de llantas recicladas en la avenida Metropolitana, Comas 2019.

Existe una variación de la compresión, flexión y tracción del concreto para pavimento rígido con adición de caucho de llantas recicladas en la avenida Metropolitana, Comas 2019.

II. MARCO TEÓRICO

Trabajos previos: En relación a los estudios internacionales que darán fundamento a la tesis se muestran los siguientes más relevantes:

Correa (2018), en su tesis **titulada**, “Implementación de Mezcla Asfáltica Modificada con Granulo de Caucho en el Barrio San Carlos de la Localidad de Tunjuelito” presentada a la Universidad Militar Nueva Granada, para obtener el grado académico de Especialista de Ingeniería de Pavimentos, fija como **objetivo general** analizar las ventajas que se dan al momento de implementar en la mezcla asfáltica, gránulos de caucho en la rehabilitación de la malla vial, ya que se busca aprovechar este material de gran potencial reciclándolo, aportando una forma de mitigar los problemas que aquejan al medioambiente. Para adquirir la data necesaria se procedió a elaborar una ficha técnica de un tramo de vía asfáltica; a su vez se clasifica al pavimento según el Índice de Condición que presenta cada tramo. Por lo tanto, **concluyó**, el análisis realizado al final de la ejecución de este diseño de mezcla, incorporando caucho reciclado de llantas, tuvo una reducción en sus costos, beneficiando esta actividad y seguir realizándola; además mejora la vida útil del pavimento y reduce de manera considerable los mantenimientos que se pueden generar por fallas que presente el pavimento; por último añade que los vecinos aledaños a la construcción de esta infraestructura quedaron satisfechos por la idea que está por implementarse.

Eraso y Ramos (2015), en su tesis **titulada**, “Estudio del Comportamiento Mecánico del Concreto, Sustituyendo Parcialmente el Agregado Fino por Caucho Molido recubierto con Polvo Calcáreo” presentada a la Pontificia Universidad Javeriana Cali, para obtener el título en Ingeniería Civil e Industrial, fijan como **objetivo general** estudiar los efectos que se ocasionan al incorporar caucho molido recubierto con el polvo calcáreo en diseños de mezclas de concreto. Los aspectos metodológicos que se utilizaron en ésta investigación fueron la descripción de cada elemento, mostrar sus propiedades, parámetros físicos; así como sus respectivas clasificaciones según corresponda al empleo que se les dará tanto a los agregados ya sean fino como la arena o gruesos como la piedra chancada, como aditivos o para este caso el material reciclado que corresponde al caucho de llantas; además buscan la manera de dosificar correctamente para un concreto de 15 MPa (140 – 175 Kg/cm²); asimismo determinar la cantidad de caucho molido que se verá

recubierto por el polvo calcáreo. Por lo tanto, **concluyen**, El concreto que ha sido elaborado con caucho reciclado de llantas y el cual reemplazo al agregado fino (arena); presentó en su estado fresco un mayor asentamiento, debido a las características, como su baja absorción, eso genera que la mezcla se torne de una manera más fluida; su resistencia a compresión y tracción se vio afectada, lo que quiere decir que tuvo una reducción en comparación con la tradicional mezcla; finalmente al emplear polvo calcáreo este comportamiento tuvo una mejor respuesta, con respecto a la adherencia y de esa manera se optimizó el concreto, ya que al momento de realizar los ensayos, si bien es cierto presento fisuras como todo prueba, ésta no llega a separarse, esto se debe a las propiedades dúctiles y absorción de energía que posee el caucho.

Peñaloza (2015), en su tesis **titulada**, “Comportamiento Mecánico de una Mezcla para Concreto Reciclado usando Neumáticos Triturados como Reemplazo del 10% y 30% del Volumen del Agregado Fino para un Concreto con Fines de uso Estructural” presentada a la Universidad Católica de Colombia, para obtener el título en Ingeniería Civil, fija como **objetivo general** analizar el comportamiento del empleo de grano de caucho reciclado o GCR como agregado fino dentro de una mezcla, sustituyendo en 30% y 10% del volumen. Es así que esta investigación se dedica a recolectar información para facilitar el análisis sobre el comportamiento del uso de granos de caucho reciclado y determinar si cumple con los parámetros de resistencia establecidos por la normatividad, realizando ensayos de resistencia a la compresión de bloques o cilindros de concreto; de esta manera llegar a proponer al caucho reciclado de las llantas como un elemento de sustitución ante el agregado fino (arena) para los futuros diseños de mezclas en los concretos estructurales. Por lo tanto, **concluyó**, el concreto empleado con Gránulos de Caucho Reciclado al 10% y se pretende reemplazar al agregado fino, logra alcanzar la resistencia correspondiente a su normativa, a una edad de 28 días, sin embargo resulta ser menor a la mezcla convencional en un 3%; por otro lado, cuando se analizó al concreto empleado con Gránulos de Caucho Reciclado al 30% y para una edad de 28 días como se ha dado en este ensayo, la resistencia se ha visto reducida con respecto a la mezcla tradicional en un 20%, y así no se cumple con lo que dicta la normatividad, quiere decir que no es apto.

Torres (2014), en su tesis **titulada**, “Valoración de Propiedades Mecánicas y de Durabilidad de Concreto Adicionado con Residuos de Llantas de Caucho” presentada a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, para obtener el título de Magister en Ingeniería Civil con énfasis en Estructuras, fija como **objetivo general** evaluar ciertas propiedades mecánicas y de durabilidad que están presentes en los concretos que han sido diseñados con caucho proveniente de los residuos que dejan las llantas, debido al reemplazo del agregado fino, como es la arena. El tipo de investigación es descriptivo, dando a conocer las propiedades que presentan los materiales usados, y exploratorio ya que informa sobre las investigaciones que también han tomado este tema como objeto de estudio. Por lo tanto, **concluyo**, la densidad que se presenta en el concreto mezclado con caucho reciclado de llantas, el cual sustituyó al agregado fino, ha disminuido con respecto a la tradicional, ya que las propiedades entre la arena y el caucho, es que éste último no sobrepasa en densidad al agregado fino, es así que ningún concreto ya sea de 10, 20 o 30% serviría como concreto liviano; a esto también se le añade que los dos primeros (10 y 20%) a largo plazo alcanzaron una resistencia similar a la cual se está acostumbrado a trabajar, aunque el módulo de elasticidad se vio afectado ligeramente con lo usual; finalmente se aclara que este concreto es manejable.

Pérez y Arrieta (2017), en su tesis **titulada**, “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” presentada a la Universidad Católica de Colombia, para obtener el título en Ingeniería Civil, fijan como **objetivo general** caracterizar el concreto de 3500 psi que contiene en la mezcla gránulos de caucho con pesos que provienen del NTC, y son estudiados para obtener una investigación que sea del convencimiento para el lector, por lo que se busca obtener los resultados que cumplan con las especificaciones que son dadas por la normativa, y así determinar cuál es la mezcla que mejor cumple con ellas para los días y porcentajes con los que se van a trabajar. El método de la investigación es descriptivo y analítico, ya que no solo describe a los elementos que están siendo uso de investigación; sino que, además, se tomaron el tiempo de seguir una investigación predecesora a la que ellos realizan, es decir una continuación. Por lo

tanto, **concluyen**, que el concreto ha sufrido una disminución considerable con respecto a la resistencia de compresión, esto se debe a la porosidad que ha llegado a tener la mezcla por la adición de caucho reciclado, reduciendo también la adherencia por su escasa absorción que es una característica de éste mismo; y la resistencia a la tracción sufrió de igual manera, sin embargo con forme pasaban los días, éste iba alcanzando la resistencia necesaria o dictaminada por las normas, es decir que cumpliría por poco o con lo justo.

Ahora bien, en relación a los antecedentes nacionales, tenemos:

Cabanillas (2017), en su tesis **titulada**, “Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado” presentada a la Universidad Nacional de Cajamarca, para obtener el título en Ingeniería Civil, fija como **objetivo general** el diseño y evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto elaborado con partículas de caucho reciclado, que reemplaza a un porcentaje de agregado fino, tanto en estado fresco y estado endurecido. La metodología empleada aplicada, ya que mostrará en sus resultados las ventajas de usar caucho en concreto si en caso existan, detallando los procedimientos y conceptos de cada prueba y material. Por lo tanto, **concluye**, que en los cuatro ensayos realizados con concreto, tres de ellos reemplazan en 10, 20 y 30% al agregado fino que se encuentra presente en la mezcla, y el último no contiene caucho, ya que será el ensayo patrón con respecto a los anteriores, esto demostró que mientras la mezcla de concreto y caucho, contenga más de éste último material, la desviación estándar que corresponde a la resistencia de compresión se verá afectada, y en porcentajes que van directamente proporcional a la cantidad de caucho reciclado de llantas.

Castillo y Sánchez (2017), en su tesis **titulada**, “Diseño de un Pavimento Rígido agregando elastómero termoplástico en la provincia de Trujillo – La Libertad” presentada a la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, fijan como **objetivo general** diseñar el pavimento rígido con elastómeros termoplásticos, así como determinar sus propiedades una vez empleado en el concreto, y comparar los resultados para demostrar si cumplen o no con las normas actuales. La metodología que se empleó, fue experimental, analítica y descriptiva, ya que los autores intervienen en las zonas que han sido

afectadas por el fenómeno del niño, y son ellos mismo los que realizan la extracción de materiales en la Cantera de León, al Nor - Oeste de la ciudad de Trujillo; sin olvidar que describen cada proceso que se llevó a cabo para lograr comprobar si el concreto es útil y económico como se tiene en mente. Por lo tanto, **concluyen**, que el concreto elaborado con elastómeros termoplásticos, provenientes de polímeros vulcanizados, no ha tenido una variación con respecto a otras investigaciones que estos autores acotaron en la suya, por lo que finalizan con decir que la sustitución de este elemento (elastómeros termoplásticos) con el agregado fino, un elemento importante en la fabricación de concreto, no mejora ni en propiedades mecánicas ni en economizar la fabricación de esta mezcla tan común.

Chávarri y Falen (2020), con tesis **titulada**, “Propuesta de concreto eco-sostenible con la adición de caucho reciclado para la construcción de pavimentos urbanos en la ciudad de Lima” presentada en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, para obtener el título profesional de Ingenieros Civiles, describen la situación de las carreteras, pistas o infraestructuras viales que se tienen en la ciudad de Lima, con deterioros que requieren de la tecnología e ingenio para la construcción de nuevas redes de acceso, las cuales sean eficientes pero que a su vez sean compuestas de residuos industriales que afectan y no ayudan contra la mitigación del impacto ambiental, por esa razón tienen como **objetivos** la elaboración de concreto sostenible como una estrategia más para mitigar el impacto ambiental y así también la sostenibilidad de los pavimentos. Para el diseño de las mezclas, trabajan con caucho reciclado de 20 a 25 mm como dimensiones para reemplazar con el agregado fino de la mezcla; pretenden hacer este reemplazo con proporciones de 10%, 20%, 30%, 40% y 50%. Por lo tanto, **concluyen**, que el concreto con incorporación de caucho reciclado de llantas, hasta la mezcla con reemplazo del 20% en su composición cumplen con las resistencias de compresión (280 kg/cm^2) y módulo de rotura (50 kg/cm^2); además se menciona que el diseño de estas mezclas tuvo reducción en sus costos al tratarse de su producción por cada metro cúbico, así como el beneficiar al medio ambiente con una infraestructura sostenible.

Guzmán y Guzmán (2015), en su tesis **titulada**, “Sustitución de áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en Chimbote-2015” presentada a la Universidad Nacional del Santa, para obtener el

título en Ingeniería Civil, fijan como **objetivo general** estudiar el comportamiento ya sea en lo físico y mecánico de las mezclas de concreto que se realizaran sustituyendo parcialmente los áridos por caucho de neumáticos que están en desuso, y la manera para reducir esa cantidad de llantas, es reciclándolo elaborando concreto con ello. La investigación es descriptiva – experimental porque son los autores quienes se informan y explican a detalle los conceptos sobre el tema, así como los procedimientos que se han empleado al momento de realizar la experimentación de las mezclas de concreto sustituyendo áridos por caucho de neumáticos parcialmente. Por lo tanto, **concluyen**, que la mezcla de concreto empleando y reemplazando al 5% de los agregados, tanto de arena gruesa como de grava, tuvo ciertas mejoras físicas y mecánicas que, con ayuda de un modelamiento estructural, se corroboró que sí tiene una resistencia que cumple con los estándares, mientras que los ensayos realizados al 15 y 20% resultaron con una disminución en su resistencia, por lo que no recomiendan el uso de estos.

Tueros (2017), en su tesis **titulada**, “Incorporación de Polvo de Caucho en Mezcla Asfáltica convencional para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura frente al ahuellamiento en la ciudad de Huancayo 2016” presentada a la Universidad Peruana de Los Andes, para obtener el título profesional en Ingeniería Civil, fija como **objetivo general** determinar el comportamiento que presenta una superficie de rodadura al ser expuesta a cambios como el empleo de polvo de caucho en la mezcla asfáltica convencional, además se plantea que la durabilidad del pavimento flexible mantenga o mejore su vida útil; por último se verá la deformación plástica que presenta al emplear cargas que sean de ayuda para comprobar sus resistencia. La investigación es de método Científico, ya que se dará a través de búsqueda de libros y tesis pasadas las que ayudaron a terminar ese trabajo; además tiene un Nivel no solo Experimental, sino que Correlacional, porque interactúa con ambas variables. Por lo tanto, **concluye**, que la incorporación de Polvo de caucho en la pavimentación, específicamente en la mezcla asfáltica ha mejorado la forma de comportarse de la capa de rodadura, ante los ahuellamientos que se producían constantemente, llegando a valores como 85%, 87% y 97%. en mejora de estabilidad; además la durabilidad también es influenciada de la mejor manera ya que prolonga con éxito en un 57% la vida útil del asfalto, así puede

evitarse que en ese lapso de vida se realicen excesos de mantenimientos, ocasionados por el abundante deterioro a lo largo del pavimento.

Suárez y Mujica (2016), en su tesis **titulada**, “Bloques de Concreto con Material Reciclable de Caucho para Obras de Edificaciones” presentada a la Universidad Nacional de San Antonio en Abad del Cusco, para obtener el título profesional en Ingeniería Civil, fijan como **objetivo general** realizar estudios técnicos los cuales puedan demostrar mediante pruebas en los laboratorios y analizando estadísticamente al caucho si es óptimo para sustituir parcialmente al agregado fino (arena) en lo que se conoce como mezcla de concreto, logrando así bloques con mayor resistencia y durabilidad. La investigación es de tipo cuantitativo – experimental, ya que estudian las características de los bloques de concreto que han sido elaborados con caucho serán evaluados para comprobar si sufrió alteraciones comparándolo con bloque fabricado con agregados fino y grueso. Por lo tanto, **concluyen**, que al emplearse concreto adicionado con 15% de caucho como reemplazo del agregado fino, obtiene menor resistencia que el concreto patrón, es decir el común, conforme va en aumento la proporción de caucho; sin embargo, se obtuvo que el caucho presente en el concreto resulta ser mejor aislante térmico y acústico, por lo que, si bien su resistencia se ve afectada, mejora otras características que el concreto convencional posee.

Ahora con respecto a los antecedentes en otro idioma tenemos:

Manoharan, Ravichandran, Annadurai y Kannan (2018), en una sección de libro **titulada**, “Studies on Properties of Concrete Using Crumb Rubber as Fine Aggregate” presentada en SRM Institute of Science and Technology en la India, fijan como **objetivo general** el establecer la forma más efectiva de emplear el caucho como un sustituto favorecedor ante el agregado fino para los concretos convencionales, las ventajas sobre si usar el caucho reciclado en las mezclas de concreto, son reflejadas en las pruebas de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y resistencia a la flexión; estos ensayos o pruebas son trabajados con distintas proporciones, como son 3%, 6%, 9% 12% y 15%. Por lo tanto, **concluyen**, que para todo tipo de ensayo se ve afectada las distintas resistencias del concreto, esto anotado por los autores, ya que en las proporciones más altas no han sido los

resultados esperados, debido a una reducción en los valores de resistencia que se tenían como base para las pruebas; sin embargo, encontraron que a una proporción de 6%, mostró un aumento sustancial de la resistencia a compresión, lo que conlleva a una optimización en su concreto convencional.

Arent, Michael, Pelisser y Zavarise (2011), en un artículo **titulado**, “Concrete made with recycled tire rubber: Effect of alkaline activation and silica fume addition” presentado en la revista Journal of Cleaner Production con una de sus sedes en Brasil. Trabajo de investigación que fija como **objetivo** dar a conocer la manera de utilizar el caucho de neumáticos reciclados en el concreto; con esta acción se busca mitigar o minorar el impacto ambiental que se produce a raíz de la excesiva contaminación por este elemento, por ello proponen una construcción sostenible a través del reciclaje de materiales que sean contaminantes constantes en el planeta. Para lograr sus ideales se formuló un concreto que tenga como meta base una resistencia a la compresión de 50 MPa (509.86 kg/cm²), sustituyendo parcialmente el agregado fino (arena) por caucho reciclado en gránulos. Por lo tanto, **concluyen**, el caucho reciclado incorporado en la mezcla de concreto demostró ser un candidato excelente para sustituir al agregado fino cuando se realiza una variación del 10 % en el volumen total del agregado fino, además se acota que la resistencia a la compresión fue reducida en un 14% a la edad de 28 días en relación al concreto convencional, alcanzando 48 MPa (489.46 kg/cm²) como resistencia máxima en los ensayos. Por último, recomiendan el uso de este material para que pueda contribuirse con la sostenibilidad en la construcción, considerando que se reduciría el consumo de los agregados finos y gruesos, y estos sustituidos por un material que aqueja en el medio ambiente, o como lo llaman algunos un Residuo Industrial.

Zhou (2014), en su tesis **titulada**, “Recycled tires as coarse aggregate in concrete pavement mixtures” presentada a la Faculty of the Graduate School of the University of Colorado en Colorado – EUA, para obtener el título de Maestría en Ciencias Ingeniería Civil, menciona en su tesis un problema que se está dando por el exceso uso de los materiales de construcción, y es que actualmente no todos los sectores de ese estado se abastecen de una misma cantera para las construcciones o proyectos a realizar, además que el uso de una misma cantera involucra gastos de transporte significativos si en caso estos proyectos se ubiquen

a distancias considerables, adicional a esto expresa que los neumáticos son elementos que están siendo almacenados por toneladas y sin uso alguno por ello fija como **objetivo general** la evaluación del uso de astillas de caucho, obtenidas por llantas recicladas que han sido procesadas para reducirlas a dimensiones no mayores a los 0.47” (12mm), en reemplazo del volumen total del agregado grueso, las proporciones son del 10%, 20%, 30%, 50% y 100%; además para observar otro tipo de desempeño, accede a la reducción en la cantidad de cemento para uno de los diseños, de 660 lb/cy (391.56 kg/m³) a 570 lb/cy (338.17 kg/m³); con ello se propone realizar 126 cilindros y 36 vigas con las diferentes proporciones de sustitución para los ensayos de resistencia a compresión y resistencia a flexión con edades de 3 días, 14 días y 28 días. Por lo tanto, **concluye**, después de haber realizado estos ensayos y por el requisito dado por “Colorado Department Of Transportation Class P (Pavement Concrete)” es de 4200 psi (295.29 kg/cm²) para la resistencia a compresión y 650 psi (45.70 kg/cm²) para la resistencia a flexión del concreto, obtiene que los diseños de mezclas con reemplazo del volumen total del agregado grueso por astillas de llantas al 10% tuvo un mejor desempeño en estas pruebas al término de los 28 días, con un promedio de 4614 psi (324.40 kg/cm²) y 924 psi (64.96 kg/cm²) respectivamente.

Teorías relacionadas al tema: La investigación correspondiente a la variable independiente Diseño de “Pavimento Rígido”, está enfocada en el empleo del Método AASHTO 93, la cual ha sido adaptada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para ser desarrollado con mayor facilidad y considerando los diferentes factores que están presentes en el Perú; en éste método se menciona que para una nueva construcción de pavimento, la serviciabilidad que debe tener, se considerará como la mayor; sin embargo con la continuidad de cargas que son ejercidas sobre la vía, así como el tiempo (cambios climatológicos) que puede ir variando en cada zona del país, hará que el nivel de servicio se vea reducido a comparación de su diseño para el cual fue construido; no obstante, ante hechos de estas magnitudes, se busca que exista un equilibrio por el que no sufra mayores daños o fallas cuando nos referimos al pavimento, de no ser este el caso, la medida de solución a la cual debe accederse sin duda alguna es el mantenimiento en zonas donde haya deterioro perjudicial o realizar otro proyecto más de rehabilitación.

El Método AASHTO (American Association of States Highway and Transportation Officials), anteriormente conocido como AASHO en los años de 1960, ejecutó o desarrolló una serie de ensayos en escala común (real), del cual se buscaba obtener en gráficos, tablas, ecuaciones y fórmulas básicas que demuestren la relación existente entre el deterioro que presentan las vías de comunicación (considerando las fallas que vayan surgiendo en la vida útil de todo tipo de pavimentación), ello relacionado con la sollicitación o acción realizada por los vehículos sobre el pavimento; sin embargo con forme los años iban pasando, éste método ha sido actualizado por y para las necesidades que los usuarios requieren; así que en la actualización de 1993, se añade a sus cálculos la Serviciabilidad, la cual está relacionada directamente con la seguridad y comodidad que todo usuario en su vehículo, debería presentar al momento de transitar por estos pavimentos; y es esta actualización la que se adapta a las necesidades presentes en el Perú, por lo que surge una versión Suelos y Pavimentos explicado por parte del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Para tomar como referencia que propiedades se estudiarán en la presente investigación, se debe acotar que, en el manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones muestra una ecuación donde, datos como ejes equivalentes dada por la cantidad de vehículos que transitarán por esa vía en un año aproximadamente, índices de serviciabilidad, coeficientes de: drenaje y transmisión de carga, módulo de rotura (MR), resistencia a la compresión mínima y valores de asentamiento, entre otros datos, que con tablas y gráficos ya dictaminados se completará cada variable que se presente; así es como ésta ecuación servirá para determinar con los datos del MR un espesor óptimo a satisfacer las cargas dadas por el tránsito de los vehículos, en milímetros; por lo que será necesaria una conversión de ese cálculo, ya que el trabajo del pavimento rígido, para el espesor de losa o capa de rodadura, está dada en pulgadas.

Pavimentos: Según el manual de Carreteras dado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones “MTC” (2014), el pavimento es considerado un estructura de diversas capas, las cuales se encuentran sobre la denominada subrasante o también conocida como el nivel del terreno que ya ha pasado por un proceso de estabilización de suelo y compactación; esta infraestructura vial tendrá la tarea o

capacidad de resistir y a su vez distribuir las cargas o esfuerzos producidos por el transporte liviano o pesado, por lo que otra característica es brindar mayor seguridad y comodidad con respecto al tránsito, usualmente cuenta con capas como: capa de rodadura (concreto o asfalto), Base y Subbase. Otro aporte dado por el MTC, es que existen diferentes tipos de pavimentos, entre los más conocidos y los que destacan por su uso constante, es el Pavimento Flexible (asfalto) y el del que se hablará más en esta investigación, el Pavimento Rígido (concreto), sin embargo existen otro más que se usan para un menor tránsito vehicular como el Afirmado (agregados) y también una variación o unión de los anteriores, se encuentra el Pavimento Semirrígido; para esta ocasión solo nos enfocaremos en los dos primeros, ya que en la Avenida Metropolitana existe un asfalto pero se busca generar la idea que se mejore con el uso del concreto.

Pavimento Rígido: Al hablar de pavimentación rígida, se refiere a una estructura que está compuesta inicialmente por una capa (Sub Base o Base Granular), aunque también se opta por capas estabilizadas con materiales reciclados como la cal, en ocasiones cemento o asfalto, finalmente se tiene la capa de rodadura (losa hecha de concreto hidráulico y en ocasiones algunos aditivos); según el Manual de Carreteras (2014, p. 22) menciona que la composición del pavimento rígido está dada por una serie de capas, de las cuales la capa de rodadura se mostrará en la superficie y será construida por concreto; además le siguen la capa Base o Sub Base granular y la Sub Rasante que viene a ser el terreno compactado inicialmente. La figura 1 muestra su composición:



Figura 1. Estructura del Pavimento Rígido

Pavimentos Rígidos

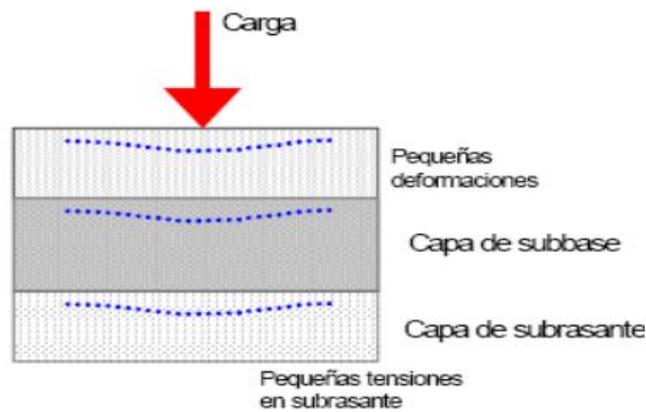


Figura 2. Distribución de Cargas en el Pavimento Rígido

Pavimento Flexible: Se constituye usualmente por el empleo de 3 capas, Sub Base, Base y Carpeta Asfáltica, a base de agregados, aglomerantes y ciertos aditivos de ser necesario. También es considerada como la capa de rodadura asfáltica que se encuentra sobre capas granulares: mezclas de asfalto en frío o caliente, micro pavimentos o morteros asfálticos. Según el Manual de Carreteras (2014, 22) menciona que la composición del pavimento flexible está dada por una serie de capas, de las cuales la capa o carpeta asfáltica se mostrará en la superficie que estará seguida de un par de capas granulares, denominadas Base y Subbase. La figura 3 muestra su composición:

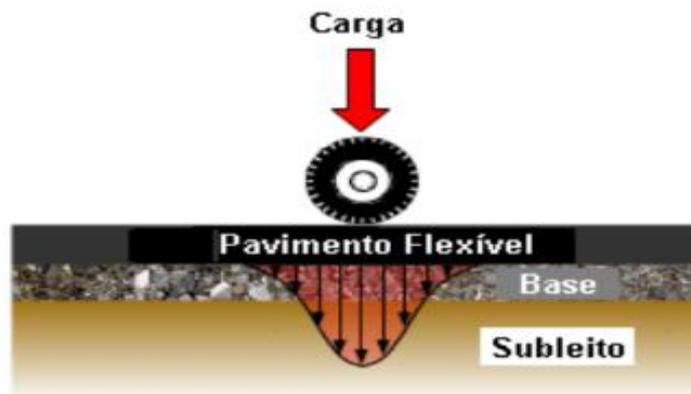


Figura 3. Estructura del Pavimento Flexible



Figura 4. Distribución de Cargas en el Pavimento Flexible

Concreto: Según Guzmán y Guzmán (2015, p. 16) mencionan que; es uno de los materiales que mayor presencia tiene en todo proyecto de construcción civil ya sea para edificios, carreteras o represas. Es la agrupación o concentración de un conglomerante (como es el cemento), áridos pétreos o agregados (la piedra y la arena) y por último el agua, que al ser unidos o mezclados bajo proporciones estandarizadas se obtiene un producto homogéneo, de docilidad controlada, convirtiéndolo en un material maleable, y lo que más resalta en éste, son sus propiedades mecánicas, siendo la más conocida y buscada, el presentar una resistencia a la compresión elevada u óptima según el proyecto.

Otro aporte que se obtiene de los investigadores es el de Cabanillas (2017, p.26) quien menciona lo siguiente sobre el concreto: es un elemento heterogéneo donde sus compuestos mayormente usados son la mezcla del cemento, agua, agregado fino y grueso. Aunque existen ocasiones, donde se adicionan a voluntad elementos con el fin de optimizar los resultados, como aire, retardantes o acelerantes.

Además Giraldo (2003) menciona que es la mezcla producida o generada a través de cemento portland (conglomerante), el agregado fino o también reconocido como la arena, el agregado grueso que se ve en los laboratorios y en las canteras como piedra triturada o grava según el tamizado al cual correspondan, además del agua que sin ella el cemento no tendría la reacción de unir a los demás elementos, también se muestran los aditivos como pueden ser un acelerante del fraguado o retardarlo sea el caso de encontrarse en zonas donde los climas y temperaturas

son variables y afecten a la construcción de la infraestructura, o podrían ser elementos que vemos día a día, pero que podrían en su afán por reducir los costos de esta infraestructura ser añadidos, este es el caso de yeso, cascara de algunas frutas o de huevo, geosintéticos, caucho, viruta de madera o de algunos fierros, como la inclusión de clavos en desperdicio de obra y otros materiales que estudiando y analizándolos puedan optimizar las propiedades del concreto que es tan usado en el ámbito de la construcción; por último y de lo que poco se menciona es el aire contenido en la mezcla, que en exceso puede afectar al pronto deterioro del concreto; por lo anterior mencionado con respecto al contenido del concreto se muestra la figura 5 para dar una referencia a lo antes explicado.



Figura 5. Muestra de Concreto en su etapa de vaciado



Figura 6. Componentes del Concreto

Cemento: Es un material perteneciente a los conglomerantes, se conforma al mezclar piedra caliza con arcilla y en ocasiones se trabaja con yeso; su procedimiento se basa en la trituración de estos materiales y que después llevados

a un horno para su calcinación, la cual provoca que se descompongan térmicamente por las altas temperaturas a las que se someten y así sufran una variación en su estado, ya sea física o químicamente, en este caso, se realiza este proceso para fraccionar lo más posible los materiales y alcanzar el punto que ya se conoce como el polvo de color gris usado en construcción, que gracias a esto es que el concreto es uno de los materiales que mayor uso tiene en este sector, se llega a decir que entre todos materiales, el cemento es quien tiene mayor alcance en obra, por todos los lugares donde es usado, ya sea individual o en mezclas. A todo esto, el cemento también debe cumplir con las NTP que serán las normas técnicas ejercidas en el Perú, y es así que también se llevan a cabo pautas para su manipulación y correcto almacenamiento antes de su aplicación en los diversos puntos de proyectos.



Figura 7. Cemento

Agua: Este componente tiene gran importancia en la composición del concreto, ya sea para el estado fresco o en su etapa de concreto endurecido; mientras se encuentre el diseño de la mezcla en su etapa inicial, la función que tiene el agua, es que al contacto con el cemento, vaya brindando hidratación, sin excesos, caso contrario la consistencia que se tenía planeada se irá perdiendo por el poco conocimiento que se tiene de ellos; por otra parte, en el estado endurecido, la función que posee el agua con respecto a la mezcla, es la de ejercer el curado necesario para las probetas y así evitar problemas a futuro del concreto, según Acevedo y Martínez (2017). Además, se debe tomar en cuenta que no toda agua servirá para las actividades antes mencionadas, lo preferente es usar agua que sea potable, ya que se ha retirado de ella sustancias que a las personas le afectaría por consumirla.

Agregados: Se les denomina como materiales inertes que poseen una resistencia natural, es decir que no han sido modificados con otros elementos que puedan proporcionar esta característica, ya que en conjunto y de su mismo material pueden soportar cargas relativamente moderadas, para tráficos de poco volumen vehicular; sin embargo cuando trabajan agregados finos y gruesos a la vez en una misma estructura, y estos son mezclados con el cemento, el conglomerante principal para la unión de materiales; maximizan la resistencia que por separado no podrían lograr; es por ello que se requiere conocer su clasificación y que materiales son empleados en las infraestructuras viales.

Dentro de la cantidad que suman los agregados, usualmente se manejan valores entre 70 y 80% del volumen total de la infraestructura vial, y si nos basamos en su peso, ronda entre los 90 y 95%; además pueden ser divididos o clasificados de diversas maneras; por ejemplo: su procedencia, su tamaño de partículas, su peso específico, su forma de fragmentación, incluso por su color; sin embargo esta vez serán clasificados por su tamizado, es decir que se verá la diferencia entre los agregados que sobrepasan o quedan en cierto tamiz y se denominarán agregado Fino y Gruesos.

Agregado Grueso: Según la NTP 400.037 (2018) basada en ASTM C33 define al agregado grueso como el material que será retenido en el tamiz N°4 (4.75mm) y el cual cumplirá con los límites propuestos por esta misma (la norma); se tiene visto que su contenido está dado por grava natural aunque también se usa una grava triturada, piedra chancada o partida y en otros casos no tan usuales se trabaja con agregados metálicos naturales o artificiales que como todo buen material de construcción está adecuado a los próximos requerimientos, por ejemplo: mantener el material limpio, no se recomienda partículas que posean una estructura circular, sino con aspecto angular, que además sean compactas, resistentes y de una textura rugosa. Pero lo más importante es que se encuentre limpia, separando adecuadamente todo residuo de polvo, tierra, limo, entre otros; para así poder trabajar de mejor manera con el concreto y no dañarlo posteriormente.

En otras palabras y resumiendo lo antes dicho, se le denomina como el Agregado que al ser analizado en laboratorio y empleando el ensayo de granulometría, se

verá retenido en el tamiz N°4, es usado principalmente por sus propiedades de resistencia mecánica, es decir la capacidad que tiene el agregado para soportar cargas sin deformarse con facilidad, lo cual proporcionara la estabilidad que la mezcla de concreto necesita; este tipo de agregado puede ser en materia, la ya conocida piedra chancada, grava triturada, incluso concreto triturado.



Figura 8. Agregado Grueso (Piedra Chancada)

Tabla 1. Tamizado de Agregado Grueso

AGREGADO GRUESO	
Tamiz (Pulg)	Tamiz (mm)
1"	25.4
3/4"	19.04
1/2"	12.7
3/8"	9.52
1/4"	6.35

Fuente: Cristhian Peñaloza (p. 25)

Agregado Fino: Según la NTP 400.037 (2018) basada en ASTM C33 define a este tipo de agregado como el que ha sido originado por la desintegración de material natural o artificial de las rocas, que además por lo que usualmente se trabaja tiene un contenido en el concreto con respecto a su volumen, ronda entre el 35% a 45% del total, pero que sus muestras deben ser analizadas y estudiadas con la finalidad de tener una cantidad agregado limpio y resistente para su mezclado. Es aquel Agregado que al ser analizado en laboratorio y empleando el ensayo de

granulometría, pasa el tamiz 3/8" (9.51mm) y llega al fondo o al tamiz N°200; es usado con frecuencia como llenante para la mezcla de concreto, es decir que el agregado fino cubre los espacios vacíos que deja el agregado grueso y con la cantidad necesaria de agua y cemento, se logra obtener el concreto deseado para el contexto, resistencias y ubicación del pavimento.



Figura 9. Agregado Fino (Arena)

Tabla 2. Tamizado Agregado Fino

AGREGADO FINO	
Tamiz (Pulg)	Tamiz (mm)
N°4	4.75
N°8	2.36
N°16	1.18
N°30	0.60
N°50	0.30
N°100	0.15
N°200	0.08
Fondo	0.00

Fuente: Cristhian Peñaloza (p. 24)

Subrasante: Según American Concrete Pavement Association “ACPA” (2015, p.246) nos menciona que la subrasante es el sostén principal de la misma naturaleza, que suele prepararse y/o compactarse, y sobre ello la construcción de un pavimento. Sirve de apoyo regularmente uniforme, sin variaciones en su morfología, es decir, mucho más importante es que la subrasante brinde un apoyo

estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado con la expansión de suelos.

Además, en el libro de Fiuba (2016, p.59) se acota: que lo primordial para un diseño óptimo en el pavimento, es conocer la compactación que requiere el suelo donde se trabajará el proyecto; no olvidar que el porcentaje de humedad siempre está presente en toda ejecución, y es lo que en ocasiones se le toma poco interés necesario; por lo tanto cuando se realizan los ensayos y estudios en laboratorios, se debe determinar qué tipo de compactación o curado hace falta al terreno.

Ahora bien, con respecto al título de la investigación, que involucra las propiedades físicas y mecánicas del concreto, el cual ha sufrido o ha tenido una variación en su composición por parte de sus elementos, se optará por describir alguna de ellas, inicialmente en el estado fresco del concreto.

Trabajabilidad: Según Cabanillas (2017, p.28) es una característica de la variedad que representan al concreto; pues ésta expresa la facilidad que posee el concreto después de realizar la mezcla, que involucra determinar la consistencia ante su traslado del lugar donde será vaciado, también por su misma colocación así como también la compactación que tendrá a partir de ello, y esto se relaciona con la cantidad de burbujas de aire contenido o atrapado en esta mezcla homogénea; todo ello para lograr ejecutar los respectivos llenados ya sea en zapatas, columnas, vigas o losas como serán en la capa de rodadura presente en el pavimento rígido, y que no se llegue a posibles fallas de este último, considerando fisuras o agrietamientos que no deben ser pronunciadas ni notorias, sino que se evita su excesiva aparición.

Además se considera como una propiedad básica para el concreto en su estado fresco, que es donde se realizan las primeras pruebas y así determinar si es un material con altas probabilidades de alcanzar los estándares propuestos por las normas dadas en el país, por ejemplo se analiza el diseño de mezcla, si será la adecuada para soportar todas las cargas que transmiten el peso propio de los vehículos, el vaciado y compactación del mismo; esto último como aporte de los hermanos Guzmán Rojas (2015, p. 233).

Consistencia: Según Mather y Ozyildirim mencionan que esta característica trata sobre la movilidad o mejor dicho es la capacidad que tiene el concreto sobre su fluidez ni bien ha sido mezclado, que cuenta con una variación la cual es notable desde lo que se considera como Seca hasta la llamada Húmeda.

Por tanto, es una característica la cual está referida a la fluidez que presenta el concreto en estado fresco, es decir a los minutos de haber realizado un vaciado, y está relacionado con el comportamiento enfocado a su humedad, a todo esto, se resume en que si contiene mucha fluidez, entonces se le denomina Consistencia Húmeda; si presenta una fluidez intermedia, entonces se le conoce como Consistencia Plástica; finalmente a la fluidez relativamente rígida será considerada como Consistencia Seca.

Ensayo de Asentamiento: Es el ensayo que no distingue años o lugar de empleo; ya que no ha cambiado su sencillo procedimiento, ni ha surgido uno que lo reemplace, por lo cual, estaríamos hablando de una prueba que ha superado lugar/tiempo y que continua aportando pruebas y resultados en beneficio para determinar su consistencia, ya que a pesar de lo que se viene diciendo, no es para calcular que tipo de Trabajabilidad es la que tiene el concreto, pero sí que se puede relacionar por este lado, ya que para cada tipo de proyecto será beneficioso una diferente consistencia (asentamiento), por lo que los resultados que se obtengan en este ensayo deben cumplir unos ciertos parámetros para llegar a tener esa relación sobre el material en cuestión, que será el concreto hidráulico.

Existen variaciones al momento de realizar la dosificación del concreto, que afectan con el ensayo, o que en otros términos arrojasen resultados los cuales varíen en el asentamiento final de la mezcla o pasta; se refiere precisamente a los aditivos que se usan ya sea para un lento secado (retardante) o acelerar este tipo de secado, pero a su vez la alteración en uno de sus materiales base, podría ser el agregado fino (como la arena) o el agregado grueso (como la piedra chancada), y que afecten para bien o mal (sobre el asentamiento) a la prueba, ya que pueden llegar a convertirlo en un diseño mejor trabajable o sin facilidades de trabajarlo.

Para detallar el equipo que se usa actualmente, nos referimos al Cono de Abrams basado en las ASTM C143 y NTP 339.035 (2009), que a pesar del nombre, en

realidad se realiza con el tronco de un cono o también conocido como un cono truncado, el cual viene a ser un molde para concreto que está hecho de metal con estas dimensiones: 4 pulg para la parte superior del cono (100mm aprox), 8 pulg para la parte inferior (200mm aprox) y su altura es de 12 pulg (300mm aprox).



Figura 10. Cono de Abrams

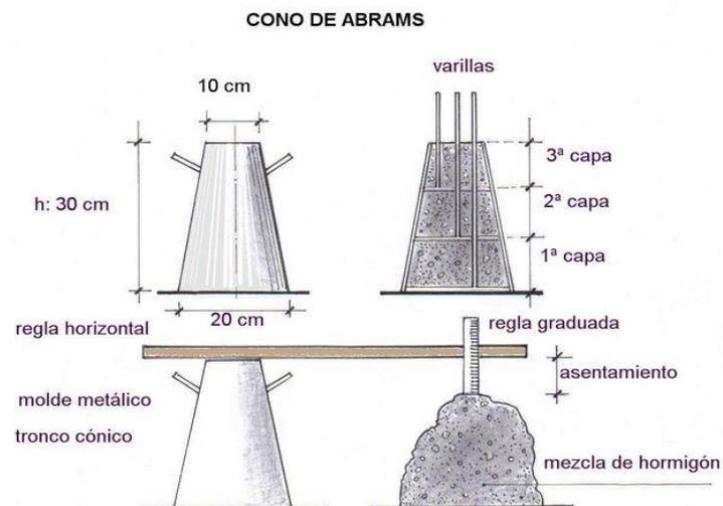


Figura 11. Procedimiento de Asentamiento



Figura 12. Ensayo de Asentamiento

Tabla 3. Consistencia y Asentamiento

Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0" (0mm) a 2" (50mm)	Poco Trabajable
Plástica	3" (75mm) a 4" (100mm)	Trabajable
Húmeda	≥ 5" (125mm)	Muy Trabajable

Fuente: Cabanillas (2017, p. 60)

Tabla 4. Asentamiento Recomendados para los diversos tipos de construcción

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	REVENIMIENTO (cm)	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y Muros de sedimentación reforzados	8	2
Zapatas, simples cajones y Muros de subestructura	8	2
Vigas y Muros reforzados	10	2
Columnas	10	2
Pavimentos y Losas	8	2
Concreto Ciclópeo y masivo	5	2

Fuente: Cabanillas (2017, p. 60)

Contenido de Aire: Para el cálculo sobre contenido de aire que siempre va a existir en todo concreto, hay un método en específico y el más usado, el cual es descrito por la Norma ASTM C231 y NTP 339.080 (2017), mencionando que: Es un método estándar el cual se basa o se realiza a través de un procedimiento que involucra a la presión sobre la pasta o mezcla de concreto hidráulico, de esta manera da como resultado el total de aire está presente en la muestra, y este tipo de ensayos sirve para cualquier resistencia de concreto y en cualquier área donde se requiera la obtención de este elemento atrapado.

Detallando más los resultados que se obtienen una vez concluida la prueba (ensayo de contenido de aire), es aquel que determina la cantidad de vacíos incluidos o como se dijo antes, atrapados en la pasta del concreto; aunque no todo es malo sobre la inclusión de este elemento, ya que esta mezcla expuesta a temperaturas bajas donde el mayor problema es el congelamiento y en ocasiones el deshielo, darán un gran aporte por estos vacíos microscópicos (aire), ya que dan cierto alivio a la presión interna de la mezcla y así reacomodarse cuando se sufra la aparición

de cristales de hielo en los poros de todo concreto, ya que el agua que contenida el concreto sufriría congelamiento y afectaría directamente en la resistencia que se busca, por lo tanto se crean aditivos generadores de aire que disipan el congelamiento del agua; sin embargo y teniendo en cuenta para los diseños que se realicen en adelante, es que el hecho de contener aire en el concreto no lo hará siempre en beneficio, ya que se demostró, que mientras la cantidad de aire atrapado o incluido en la mezcla sea mayor, provocó que la resistencia del concreto se vea reducida paulatinamente. Esto último aclarado por la NTP 339.080 (2017), quien menciona y recomienda que el exceso de aire contenido en el cemento hidráulico producirá menor resistencia de la que se tenía prevista alcanzar, con lo cual este porcentaje no debería exceder (comúnmente) al 2% del volumen total.



Figura 13. Medidor de Presión de Aire

Además, el concreto presenta propiedades mecánicas, las cuales pueden ser apreciadas en su estado sólido (o endurecido) y por la acción de fuerzas externas, algunas de éstas tienen las siguientes descripciones:

Resistencia: Kumar Mehta y Paulo Monteiro (1993) describen la resistencia de la siguiente manera: que viene a ser la capacidad de un cuerpo a soportar esfuerzos sin importar las dimensiones o las direcciones de donde provenga, pero sin llegar a una falla perceptible, muchas de estas son observadas en el pavimento como grietas, fisuras de gran profundidad, baches, presencia de hundimiento o levantamiento a lo largo de la infraestructura vial, por lo que al ser un material de gran importancia como es el concreto en la construcción, la principal característica

que se toma en cuenta es la resistencia a la compresión, sin embargo también se considera la resistencia a la flexión o la tracción, que llegan a ser en menor medida con respecto a la anterior; por otro lado también se analiza la resistencia a altas temperaturas, que por poco creíble que pueda ser, es un factor también determinante a la hora de realizar el vaciado y el concreto alcance la resistencia para la cual fue diseñada.

Resistencia a la Compresión: La resistencia por compresión del concreto será una propiedad fundamental para todo concreto que vaya a ser empleado en el empleo de toda estructura ya sean edificios o infraestructuras viales; con respecto a los valores más conocidos y usados sobre resistencia a la compresión que se le atribuyen al concreto (aunque dependiendo del país), se encuentran de 210 kg/cm² hasta los 350 kg/cm²; sin embargo para la construcción de magnitudes colosales, se ha visto en la necesidad de considerar y diseñar un concreto con la capacidad de soportar u alcanzar un resistencia no menor a los 1400 kg/cm², según Hernández (2011); acorde a ello, en el Perú es usado en pavimentos un concreto con resistencia mínima de 280 kg/cm² para las cargas ejercidas por vehículos livianos y pesados.

Cuando se habla de Resistencia del concreto, rápidamente uno lo relaciona con la alta capacidad que tiene de soportar cargas a compresión, ya que viene a ser una característica adquirida por el cemento que une todos los elementos como si fuese un pegamento, y que al prolongarse los días, este va adquiriendo la forma deseada, estabilidad y mayor resistencia a compresión, de esta manera se busca que el concreto diseñado tenga una larga vida útil para el desarrollo de la estructura, esto según Acevedo y Martínez (2017).

Añadiendo los estudios que la norma ASTM C39 y la NTP 339.034 (2008) sugieren realizar para el cálculo de este tipo de resistencia, nos encontramos que el más conocido y usado será, los ensayos por muestras cilíndricas de concreto en laboratorios, sometidas a cargas perpendiculares a la sección transversal de estas muestras.

Así como se menciona en la NTP 339.034 (2008) que el ensayo consiste en la aplicación de una carga de compresión axial, donde los muestras cilíndricas serán

objeto de estudio y análisis, ya que soportarán esta carga que va comprimiendo a una velocidad relativamente baja, con lo cual las fallas se irán apreciando conforme vaya avanzando; este ensayo terminará una vez que la probeta de concreto llegue al límite de soporte por parte de la carga, esto será visto cuando la muestra sea dividida por la mitad o la mayor parte de bloque haya llegado a la ruptura y no pueda soportar una mayor magnitud de carga.

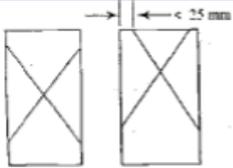
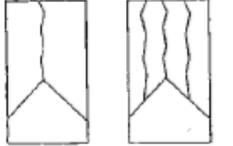
Tipo de Falla	Descripción	Representación Gráfica
1	Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas	
2	Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base	
3	Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados	
4	Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo I	
5	Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado	
6	Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado	

Figura 14. Tipos de Fallas por Compresión del concreto

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Donde:

σ = Resistencia a la compresión calculado, kg/cm^2

P = Carga máxima, Kgf

A = Área de la sección transversal, cm^2

Figura 15. Fórmula para calcular la resistencia a compresión



Figura 16. Ensayo de la resistencia a compresión

Resistencia a la Flexión: Este tipo de resistencia se calcula o diseña con mayor frecuencia en estructuras de pavimentos o en las losas de los terrenos; también puede aproximarse a partir del resultado obtenido de la resistencia de compresión, es decir que se toma como principio para tener una referencia al posible resultado de la flexión, que para el área de pavimentos es llamado Modulo de Ruptura o Rotura; entonces si se toma como muestra a la resistencia a la compresión para determinar la resistencia a la flexión, se tendría que para un peso normal del concreto, aproximarle entre 1.99 a 2.65 veces el valor de su raíz cuadrada del primero (compresión), quien menciona esto es Hernández (2011); a toda esta relación también añadir que una posible estimación para el cálculo de la resistencia a la tensión (tracción) está alrededor de un 8% a 12% de la resistencia de compresión obtenida, y por otro lado se encuentra en un rango de 1.33 a 1.99 veces la raíz cuadrada de la misma resistencia a la compresión.

Acevedo y Martínez (2017) mencionan que las pruebas que se realizan para el cálculo de esta propiedad, serán mediante un diseño de viga a escala (sin refuerzo), la cual estará sometida a dos cargas que se ubicarán en los tercios de la luz (descontado 2.5mm a cada lado) de esa viga; cabe recordar que la determinación o el resultado final con respecto a la prueba de resistencia, podrá variar según el tamaño de la viga, así como su diseño o el contenido de humedad que presenta.

En su mayoría de veces, este tipo de ensayos es realizado para demostrar que un diseño de losa de pavimento es efectivo a soportar cargas ejercidas sobre esta

misma; sin embargo, no está demás tomar como una referencia a los daños en general que se producirá para mayores escalas.

Las Normas que se toman para el ensayo del cálculo de la resistencia a la flexión, pueden ser la ASTM C78 junto a la NTP 339.078 (2012) que describen el ensayo como una viga simplemente apoyada, ésta es dividida en el tercio medio y los tercios extremos, aquí es donde las fuerzas actúan en los puntos del tercio medio de la luz libre de la viga tal como se muestra en la Figura 17, esto hasta alcanzar la carga máxima y observar en que zona se realizó la ruptura, si en caso fue dentro del tercio medio o a una distancia que no exceda al 5% de la luz fuera del tercio medio y en caso no se de en ninguno de estas dos secciones, se considerará un ensayo fallido y será descartado para los resultados; por otro lado la ASTM C293 y la NTP 339.079 (2012) tiene una variación con respecto a la fuerza, ya que ésta es ejercida en el centro de la luz libre de la viga, con lo cual se entiende que será dividida en 2 secciones.

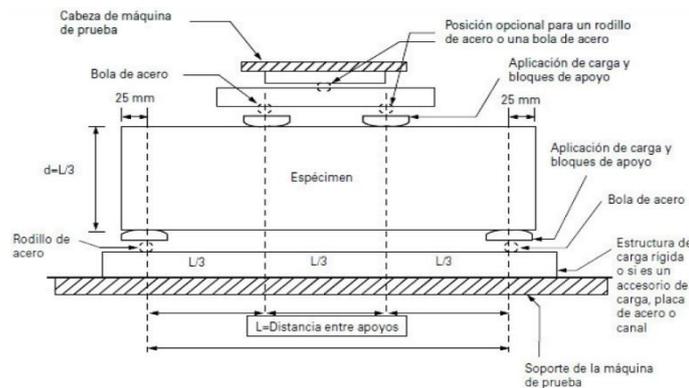


Figura 17. Diagrama para ensayar vigas a flexión en tercios

$$Mr = \frac{PL}{bh^2}$$

Donde:

Mr = Módulo de rotura, MPa

P = Carga máxima, N

L = Luz libre entre apoyo, mm

b = Ancho promedio de la viga en la sección de falla, mm

h = Altura promedio de la viga en la sección de falla, mm

Figura 18. Falla dentro del tercio medio de la luz

$$Mr = \frac{3Pa}{bh^2}$$

Donde:

Mr = Módulo de rotura, MPa

P = Carga máxima, N

a = Distancia promedio entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga, mm

b = Ancho promedio de la viga en la sección de falla, mm

h = Altura promedio de la viga en la sección de falla, mm

Figura 19. Falla fuera del tercio medio y a una distancia no menor al 5% de la luz

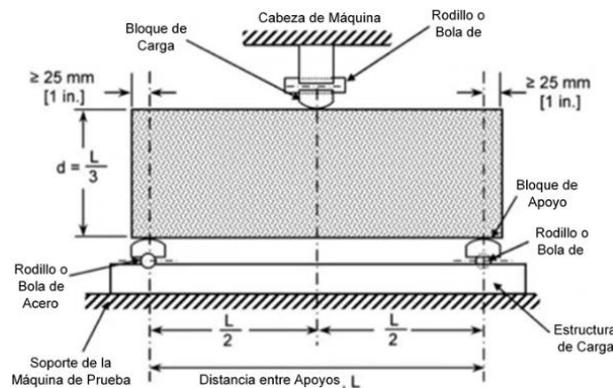


Figura 20. Diagrama para ensayar vigas a flexión en mitad

$$Mr = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Donde:

Mr = Módulo de rotura, MPa

P = Carga máxima, N

L = Luz libre entre apoyo, mm

b = Ancho promedio de la viga en la sección de falla, mm

h = Altura promedio de la viga en la sección de falla, mm

Figura 21. Falla en el centro de la viga

Resistencia a la Tracción: Para la resistencia a la tracción del concreto o también llamado resistencia a la compresión diametral se determinará similar al ensayo por compresión del concreto, dicho sea de paso que es la principal propiedad mecánica en sobresalir ya que trabaja mejor a este tipo de resistencia; sin embargo calcular la resistencia por tracción de un elemento de concreto, facilita el conocer sobre el

comportamiento que tiene un diseño de mezcla, lo cual arrojará si posee un calidad lo suficiente alta como para pertenecer a las obras de ingeniería, y que mejor que conocer su resultado cuando se quiere un diseño para cargas de diferentes magnitudes las que asemejan la distribución de cargas por parte de los vehículos.

Las Normas que se toman para el ensayo o método para calcular la resistencia de tracción, son la ASTM C496 y NTP 339.084 (2012), que describen el proceso del ensayo en cuestión, de la siguiente manera:

Tiene como dato principal que la sección transversal o diametral de la probeta, sea la que esté ubicada de extremo a extremo, dicho de otra manera, se realizará el ensayo de tracción con la probeta cilíndrica en forma horizontal; tal y como lo menciona la Norma técnica del Perú (2012) y mostrada en la figura 22, se aplica una carga o fuerza de compresión con la probeta ya ubicada horizontalmente, que con la velocidad adecuada, hará que tarde o temprano se muestren las fallas; es así que al someterse a carga, se induce la zona baja en contacto con el suelo (mesa de reposo), y esa será la sección de la probeta que recibirá el esfuerzo a tracción y el área inmediata tendrá al esfuerzo a ejecución.



Figura 22. Cálculo de la resistencia a compresión diametral o tracción indirecta

$$T = \frac{2P}{\pi ld}$$

Donde:
T = Resistencia a la Tracción por compresión diametral, KPa
P = Carga máxima, KN **l = Longitud, m** **d = Diámetro, m**

Figura 23. Formula de la resistencia a compresión diametral o tracción

Como todo material en construcción, existen tipos y clasificaciones; el caucho no es la excepción, ya que se consideran dos según su procedencia:

Caucho Natural: Es una sustancia, cuya característica principal es la elasticidad, con resistencia y repelencia tanto al agua como a la electricidad; es obtenida por un líquido con un aspecto lechoso, con una tonalidad blanquecina, que es llamado como látex, y que puede ser encontrado en diversas plantas, este procedimiento se le conoce como sangrado en los árboles, basado en un ligero corte en la corteza profundizando hasta el cámbium (tejido vegetal de plantas lechosas) y de forma angular, para extraer esta sustancia, se muestra en la figura 24.

Caucho Sintético: Es toda sustancia que, al ser elaborada de forma artificial, se asemeja en su culminación al caucho natural; se producen a través de reacciones químicas denominadas polimerización, la cual se conoce también como condensación que vienen a partir de hidrocarburos insaturados y una vez culminada esa fabricación se vulcanizan.



Figura 24. Shiringa (Hevea Brasiliensis) o Árbol del Caucho

Caucho en Gránulos de 2 a 3.5 mm: Es el caucho que ha sido modificado, precisamente en cortes o triturado con la finalidad de alcanzar estas medidas, son provenientes de llantas o neumáticos que no han sido eliminados correctamente una vez terminado tu uso, y por ello son aptos para denominarse como materiales reciclados; acorde a lo anterior se debe considerar que según donde se realicen los cortes puede tomar diferentes medidas en su granulometría.



Figura 25. Caucho en Gránulos

Actualmente y en muchos países del mundo se buscan métodos o medidas de solución las cuales involucran a las grandes cantidades de llantas botadas en campos y mares, que en vez de seguir contaminando buscan la forma de darle un nuevo uso, y para este caso llevarlo al ámbito de la construcción, que muy a menudo es usado en más mezclas asfálticas o para la construcción de muros aislantes, así como la incorporación en canchas sintéticas y en losas de juego para niños en los parques; pues como se ve que esto beneficia al reducir la contaminación, y no estaría mal brindar una opción más como es la conversión de estos elementos en gránulos de 2 a 3.5 mm, incluso en caucho rayado, los cuales actuarían como limitadores para que las grietas que se produzcan en una losa de concreto, no continúan avanzando.

Propiedades: Cuando el caucho se expone a temperaturas bajas, adopta una estructura rígida; y mientras se va reduciendo con mayor frecuencia la temperatura, el caucho ira congelándose, con lo cual pasará de un estado rígido a una estructura fibrosa.

Si comparamos a este material con el agua en términos de altas temperatura resulta lo siguiente: el agua alcanza un punto llamado ebullición, el cual consiste, con esta descripción dada por Chávez, Acosta y Panduro (2016), en un relativo cambio, donde burbujas van formándose con mayor intensidad en la superficie del líquido, que también puede apreciarse en capas inferiores, esto dado en recipientes que

sean en su mayor proporción cerrado o no cuenten con muchos puntos de escape; sin embargo por lo mencionado de los hermanos Guzmán (2015) el caucho no tendrá ésta característica tan notorio, aunque la variación para este elemento si será que a una temperatura como mínimo de 100° C hará un cambio denominado ablandado, ya que comienza derretirse o tornarse líquido, con lo cual perderá (permanentemente) su forma en la que fue estudiada.

Por otro lado, una característica a considerar cuando se trabaja con el caucho es que, al estirarlo y generarle una deformación por un tiempo prolongado, ocasionaría que su estado base ya no se mantenga, para el caso de dimensiones mayores; sin embargo, al estirar el caucho en medidas menores, como material triturado o rayado, no es sencillo lograr esta acción, porque al someterlo solo se estaría expandiendo, con lo cual retornaría su forma original.

Finalmente, el caucho tiene una propiedad muy interesante ya que suele repeler el agua, por lo que usarlo en llantas es bastante beneficioso, mientras que el concreto tiene la capacidad de resistir al fuego o altas temperaturas; con lo cual al unir estos elementos y considerando estas últimas características los conviertan en materiales denominados como Complementarios.

Neumático: Neumático o Llanta, tiene un volumen de aspecto circunferencial, pero que se envuelve a lo largo de ese eje, que en su interior concentra aire comprimido el cual presenta una membrana flexible pero con la capacidad de soportar las cargas del vehículo, es decir su peso tanto vehicular como lo que lleva (sean pasajeros o mercancías), y que tiene esa facilidad de transportar y resistir al desgaste por el continuo uso que se le da sobre una vía, con lo cual se dice que el neumático genera en los conductores maniobren correctamente el vehículo, dicho esto por los hermanos Guzmán Rojas, Yesón y Estefhany (2015, p.90).

En el Reglamento Técnico para Neumáticos, Camión Ligero, Buses y Camiones del Perú, se menciona que las llantas son componentes importantes de todo vehículo, que brinda seguridad tanto a pasajeros como las cargas de alimentos o productos variados; que además está diseñado a base de caucho, alambres, productos químicos y otros componentes que logran esa forma de llanta, es también sabido que se ubica cubriendo el aro de llanta, con lo cual trabaja a presión con respecto

al aire encontrado en su interior; de esta manera se dice que presenta la capacidad de resistir a las cargas de los vehículos, así como aportar un confort y mayor maniobrabilidad al conducir sobre las infraestructuras viales.

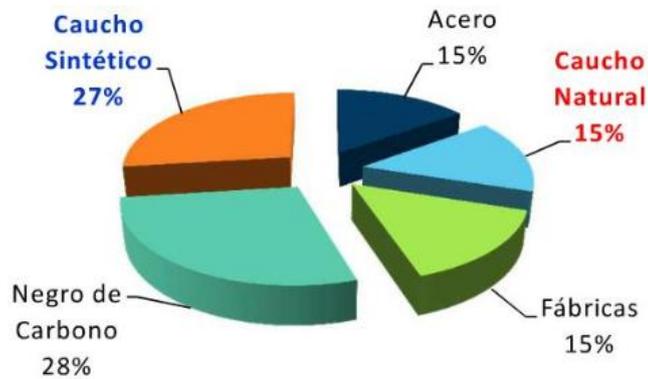


Figura 26. Composición de una Llanta

Después de ver la composición de una llanta en la figura 26, ahora se definirán algunas partes de éstas, sus funciones y a su vez los elementos o materiales que constituyen dichas partes dados en la figura 27 y figura 28:

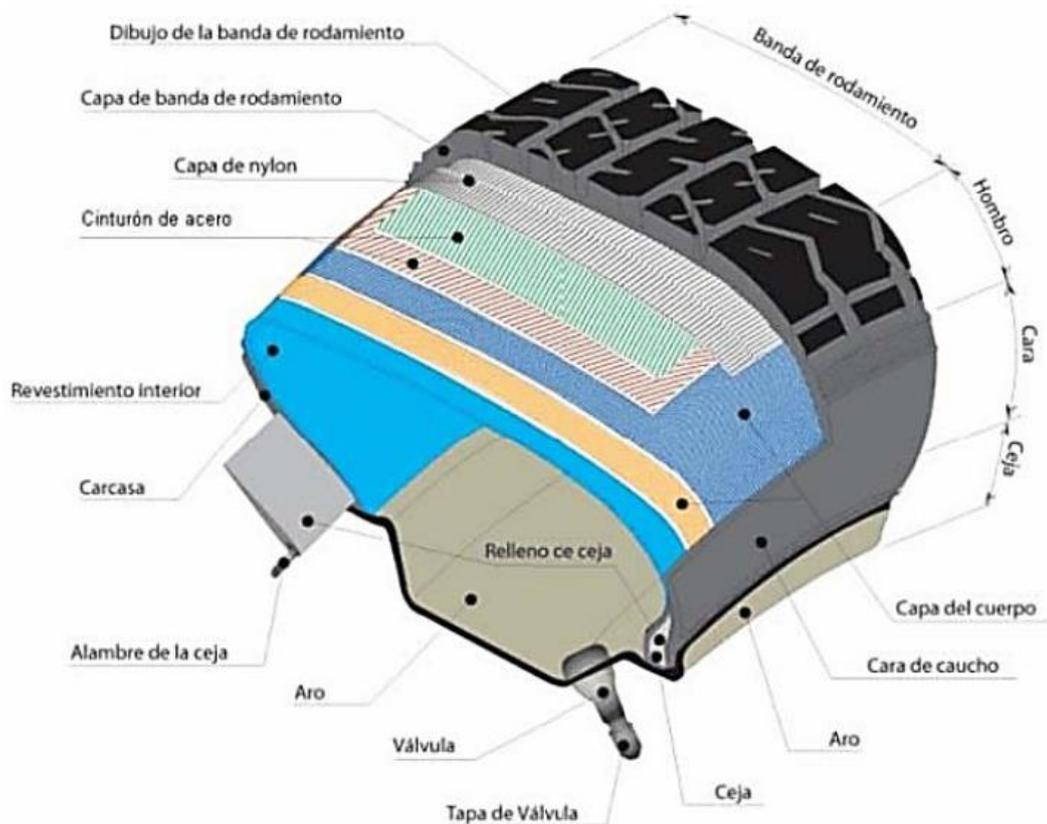


Figura 27. Diagrama de una Llanta

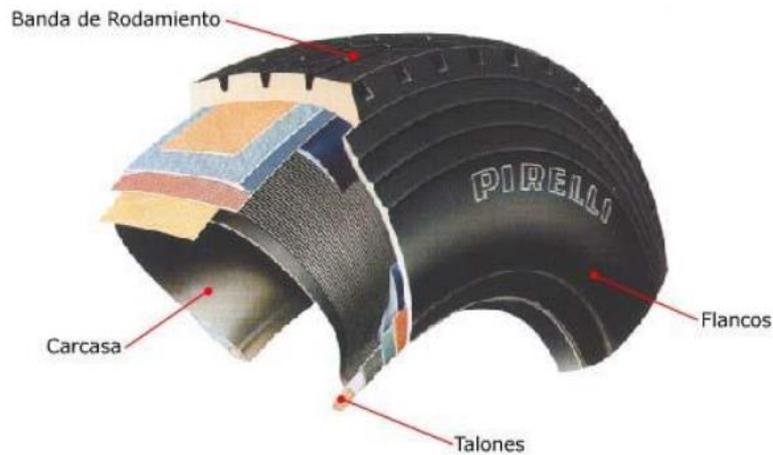


Figura 28. Partes de la Llanta

Carcasa: Esta es la parte en cierta forma más importante del neumático, ya que soporta y resiste toda la presión que el aire produce internamente de la llanta, así como el peso ejercido por el automóvil; cuenta con capas que van encerrando una a la otra, y estos materiales podrían ser el Rayón, Nylon o Acero, además cada uno debería estar revestido de caucho para evitar que no exista un contacto entre ellas, y así no generar fricción o rozamiento que llegue a dañar la estructura interna del neumático.

Costados: Son aquellos bordes o paredes que se ubican en los laterales de la carcasa y que se encuentran cubiertos por compuestos provenientes del caucho, de esta manera alcanzan una alta resistencia cuando se trata de un desgaste o fatiga producida por la flexión.

Sellante: Es aquel considerado como revestimiento en la sección interna de la carcasa, es decir que su función principal será la de retener el aire por el mayor tiempo posible, además su característica es que no se permea con la inclusión de aire en el interior de la llanta, por último, el sellante está compuesto de un derivado de caucho, el cual se conoce como butilo halogenado.

Talón: Esta sección de la llanta, tiene una tarea muy importante, ya que es el encargado de unir el contorno del neumático con el aro de metal, de esta manera evitar fugas de aire y mantener aferrados ambos componentes; se sabe que está revestido de alambres de acero, por lo que no será fácil de oxidar, y tendrá una gran resistencia a la ruptura por el cobre que también está en su composición; éstos

estarán separados por caucho para no generar una reacción adversa a la unión de la llanta y el rin (aro).

Banda de Rodamiento: La sección que corresponde a la banda de rodamiento, será aquella que este en contacto directo con la capa de rodadura del pavimento ya sea rígido o flexible, por lo tanto, también tiene una composición dada por otras capas, por ejemplo, contiene las ranuras, los hombros y los cinturones estabilizadores.

Las primeras están diseñadas con la finalidad de evitar algún desliz cuando el conductor transite por la carretera o avenida, también ayuda en el escurrimiento del agua que en muchas pistas suelen quedarse residuos de este elemento, por otro lado, ayuda en el enfriamiento y a generar una mejor tracción en la llanta, debido a estas necesidades, son diseñadas de forma asimétrica en todo el neumático.

Cuando se diseñan los hombros de la llanta se toma en cuenta los costados y la banda de rodamiento, que buscan tener un asentamiento casi perfecto y así evitar daños o pronto desgaste por parte de la flexión que es el principal efecto que las llantas reciben cuando se encuentran en movimiento.

Por último tenemos los cinturones estabilizadores, estos están encargados y diseñados para optimizar la estabilidad que todo neumático requiere, y así el vehículo también la posea; ya que soporta acciones como: las altas velocidades que alcanza el vehículo, el desgaste que se puede generar con el pasar del tiempo según el uso que se le da, así como también a la tracción y lo manejable que termina siendo la llanta en contacto con el pavimento; se suele usar acero en su composición, y como consecuencia de ello, tiene una gran resistencia, fortaleza y estabilidad sin afectar el peso de la rueda.

Estrías: Estos detalles en el neumático son realizados con la finalidad de aumentar el enfriamiento de este y así también maximizar la tracción en la capa de rodadura.

Como datos adicionales a esta investigación, se optó por describir partes o características que todo pavimento posee, ya por estética e infraestructura, dejando de lado el estudio del concreto; sin embargo, son características que se originan a

partir de ello, con lo cual considerarlas no está demás para tener mayor información que ayude al conocimiento de estos proyectos tan importantes para la sociedad.

Comportamiento Funcional: El comportamiento del pavimento se describe de dos modos, en primer lugar, está el comportamiento funcional, donde se apreciará que tan viable puede llegar a ser esta avenida, ya sea por seguridad o comodidad del usuario que es evaluado por los conductores y pasajeros que transitarán por esta vía; dentro de estas características encontramos:

Rugosidad: La rugosidad en la superficie del pavimento Rígido, es la característica con más importancia que el usuario suele percibir y así, saber qué tan segura y cómoda es la avenida, ya que van en relación con la distribución de cargas que generan vibraciones en toda la estructura del pavimento

Deterioro: Otra característica es, que tan probable tiene el pavimento de ser deteriorado a lo largo de su vida útil; además se debe tomar en cuenta que los usuarios serían los afectados en caso existan deterioros profundos, de esta manera sería un daño a las mercancías que transportan, inclusive ocasionar algún daño a las personas que forman parte de los pasajeros y a todo esto, el desgaste que tendrían los mismos vehículos; entonces se relaciona al vehículo con sus pasajeros incluidos con respecto la comodidad y seguridad que brinda una infraestructura correctamente diseñada.

Textura y Fricción: Otros puntos que tienen relación con el comportamiento funcional son: la textura que posee el pavimento y que va directamente con los términos ya utilizados anteriormente de seguro y cómodo, ya que en esta característica depende mucho la facilidad con la que el pavimento evacua o drena el agua que siempre se presenta en la superficie, además cuando se habla de textura se conecta a la fricción en la capa de rodadura que debería ser la adecuada para que el auto no presente deslizamiento cuando se intente aumentar la velocidad, éstas dos características se compenetran muy bien, ya que si el drenaje no es el más acertado, sumado a que puede formarse una capa gruesa de agua en algún tramo de la pavimentación, el vehículo podría sufrir un fenómeno el cual se le conoce como Hidroplaneo, donde se pierde la fricción necesaria y de esta manera no se mantiene estable al transporte, por consiguiente, llega a ocasionarse

un accidente automovilístico y probablemente resulten fallecidos algunos de los pasajeros o conductores.

Comportamiento Estructural: Por el otro lado se analiza el comportamiento de manera estructural, se basa en la resistencia que todo pavimento debería poseer con respecto a las cargas que transitarán por la vía, ya sea para un pavimento rígido o flexible, o en casos especiales pavimento afirmado o semirrígido, ya que el diseño realizado deberá cumplir con los requerimientos anteriormente mencionados como los ejes equivalentes y factores climatológicos, ya sea por la transferencia de carga que es lo primordial en toda pavimentación, soportar a la variación del clima por lo que el drenaje deberá ser el adecuado, según la zona donde se encuentre, y que el tiempo empleado y duración de la infraestructura vial sea lo más cercano al tiempo de vida útil que se estima.

Así es como estas dos formas de ver al comportamiento lo hacen más sencillo de entender, ya que el aspecto funcional del comportamiento se relaciona directamente con el comportamiento estructural; en el caso que la capacidad estructural presente fallas por el exceso de cargas vehiculares o por algún cambio físico generado del exterior, como el factor clima, que muchas veces ocasiona saturación de agua en el interior del pavimento, y esto en un tiempo prolongado en un determinado tramo o área, afectará también al bienestar de los conductores; y ya sea el caso que este problema se torne constante o no exista un análisis y posteriormente una solución; entonces llegaría a un punto donde la estructura no tendría un comportamiento de calidad moderada, ocasionando que los usuarios (conductores) no se sientan seguros y la comodidad presentada en los primeros años de vida útil del pavimento, no sea lo que buscan en actualidad.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, porque se usarán ensayos ya establecidos y conocidos a lo largo de nuestra carrera como son los ensayos a compresión, flexión y tracción para un concreto en estado endurecido y ensayo de asentamiento y contenido de aire para un concreto que se encuentra en estado fresco, de esta manera obtener resultados que puedan ser analizados uno respecto a otro, tomando como referencia a un concreto de resistencia 280 kg/cm^2 .

Investigación Cuantitativa

Para la investigación cuantitativa se expresan los estudios de mayores dimensiones o que abarcan diversos experimentos y a la vez con bastante información recopilada con la finalidad de explicar el tema tratado, donde se hacen comparaciones y según Mejía y Sandoval (1998), éstas serán de manera aleatoria, una con respecto a otra; y así como su mismo nombre lo dice, serán realidades que se llevarán o convertirán en números con la finalidad de fundamentar e interpretar los resultados que se hayan obtenido con la comparación entre los ensayos, que tienen una muestra patrón y otras con variaciones en su composición de la misma.

Similar al aporte anterior, Pita y Pértegas (2002) nos dan a entender que este tipo o forma de investigación ha sido aquella en la que uno como investigador hará una recolección de datos, los cuales con forme avance dicha investigación, ira analizando los datos cuantitativos que corresponden a las variables, y de esta manera se quiere obtener o hallar la correlación entre las variables que se presentan desde un comienzo; así también de los objetivos propuestos, otorgarles los resultados por medio de muestras para enfatizar en el estudio de una población.

Nivel de Investigación Explicativo

Según Supo (2014) es la “Explicación que concierne al comportamiento de una de las variables en la investigación por acción de la otra variable, dando un estudio de causa – efecto que es controlado por el investigador a lo largo de la misma”. Para esta investigación se ve reflejado este nivel, debido a que se tienen dos variables; para efectos de estudio, es la variable independiente quien está actuando sobre la

variable dependiente, modificando la composición del pavimento rígido (V.D.) con el caucho reciclado de llantas (V.I.) para adquirir nuevos resultados.

Tipo de Investigación Analítico

La clasificación por el número de variables que plantea Supo (2014) es que “El análisis estadístico será dado por al menos 2 variables (bivariado), ya que pueden ser planteadas y puestas a prueba las hipótesis del investigador”. Añadiendo a ello una clasificación por la toma de datos es de manera Prospectiva ya que “Los datos que se necesitan en los estudios son almacenados de forma intencional para poder controlarlos y medirlos a voluntad propia”, por último, hay una división por el número de veces en que se mide la variable, y ésta será de manera Longitudinal, debido a que el pavimento rígido (V.D.) alterado por el caucho reciclado (V.I.) es medida en más de una ocasión con las edades de 7, 14 y 28 días en su estado endurecido, pero también se mide para su estado fresco en 2 diferentes tipos de ensayos

Método Experimental

Según el experto Murillo (2015), la expresión experimental hace referencia a que el investigador será responsable de la manipulación directa ya sea por una o más variables que están siendo estudiadas, de esta manera controla si existe algún aumento o reducción, además del efecto que se observan en ellas. Descrito de otra forma, se basa en realizar cambios en los valores, específicamente de la variable independiente que actuará sobre la variable dependiente y con lo cual se hará la observación y verificación de su efecto, para describir las causas que dan los resultados finales. Llevado a la investigación que se presenta, es pues el método experimental que más se adapta, ya que se toman dos variables (independiente y dependiente), como es el caucho reciclado de llantas actuando sobre las propiedades del concreto que es la composición principal de pavimento rígido.

3.2. Variables y Operacionalización

Variable Independiente (X): Caucho Reciclado de Llantas.

Definición Conceptual: Se le denomina caucho reciclado, al caucho reutilizado de los neumáticos que ya acabaron su vida útil, los neumáticos

reutilizables son además de una fuente de energía aprovechable, un residuo que al ser valorizado puede ser usado en infinidad de aplicaciones, por Cabanillas (2017, p. 33).

Definición Operacional: El caucho reciclado se medirá a través de las propiedades que tiene para determinar la acción en la variable dependiente, así como sus dimensiones para los ensayos que se realizarán, los cuales tendrán variaciones respecto a proporciones en peso que sustituirán al agregado fino.

Dimensiones: Se consideró el “Caucho Reciclado” y “Proporciones de Caucho Reciclado” para explicar la variable independiente.

Indicadores: Asumiendo las dimensiones anteriores, para la primera se tienen las “Propiedades” y su presentación en esta investigación será “Triturado”; para la segunda dimensión se optó por los valores de “5%, 7.5% y 10% en peso del agregado fino”.

Escala de Medición: Ya que la primera dimensión se basa en conceptos se considera como “Nominal”, mientras que la segunda está destinada a proporciones y valores numéricos, se representa como “Razón”.

Variable Dependiente (Y): Pavimento Rígido.

Definición Conceptual: El pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la sub rasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito, MTC, (2014, p. 22).

Definición Operacional: El pavimento rígido, considerando como componente principal el concreto, éste será medido a través de algunas de sus propiedades físicas y mecánicas, las cuales encontraremos en el estado fresco (inicio de la mezcla) y el estado endurecido, que abarca diferentes tiempos de secado (7, 14 y 28 días).

Dimensiones: Se consideraron las “Propiedades Físicas” y “Propiedades Mecánicas” para explicar la variable dependiente.

Indicadores: Asumiendo las dimensiones anteriores, para la primera se tienen la “Trabajabilidad” y el “Contenido de Aire”; mientras que la segunda dimensión se expresa por los ensayos de “Compresión, Flexión y Tracción”.

Escala de Medición: Para ambos casos, y debido a que se expresan en términos numéricos, son considerados como “Razón”.

3.3. Población, muestra, muestreo

Población

Para Hernández, Fernández y Baptista (2014) es el conjunto de objetos, que están siendo análisis de la investigación de los cuales se busca deducir con ello.

Para la presente investigación se tendrá como población al concreto en estado fresco y endurecido con adición de caucho reciclado en un Pavimento Rígido considerado para la Avenida Metropolitana con el cruce de la Avenida México en el Distrito de Comas, Lima.

Muestra

La muestra será un porcentaje de toda la población que actualmente está siendo objeto de estudio, de la cual se obtendrá información que anticipadamente y con cierta exactitud ha de ser delimita y correctamente definida, esto fundamental en toda población como dicen Hernández, Fernández y Baptista (2014).

Para la investigación que se está realizando, las muestras consideradas con respecto a las propiedades físicas y mecánicas del concreto, las cuales enfocan un diseño de mezcla que tendrá uno como modelo o también conocido como probeta patrón y las demás se les adicionará caucho con porcentajes variables que reemplazarán el mismo porcentaje del agregado fino de la mezcla, estas muestras se realizarán para periodos de vida 7, 14 y 28 días con una muestra para cada ensayo, de la siguiente manera:

Tabla 5. Resistencia a la Compresión

Muestras	Intervalo de Códigos	7 días	14 días	28 días	Total
M - 0	C 1.1 - C 1.9	3 und	3 und	3 und	9 und
M - 5.00%	C 2.1 - C 2.9	3 und	3 und	3 und	9 und
M - 7.50%	C 3.1 - C 3.9	3 und	3 und	3 und	9 und
M - 10.00%	C 4.1 - C 4.9	3 und	3 und	3 und	9 und
					36 und

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6. Resistencia a la Flexión:

Muestras	Intervalo de Códigos	7 días	14 días	28 días	Total
M - 0	P 1.1 - P 1.9	3 und	3 und	3 und	9 und
M - 5.00%	P 2.1 - P 2.9	3 und	3 und	3 und	9 und
M - 7.50%	P 3.1 - P 3.9	3 und	3 und	3 und	9 und
M - 10.00%	P 4.1 - P 4.9	3 und	3 und	3 und	9 und
					36 und

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7. Resistencia a la Compresión Diametral (Tracción):

Muestras	Intervalo de Códigos	7 días	14 días	28 días	Total
M - 0	PT 1.1 - PT 1.9	3 und	3 und	3 und	9 und
M - 5.00%	PT 2.1 - PT 2.9	3 und	3 und	3 und	9 und
M - 7.50%	PT 3.1 - PT 3.9	3 und	3 und	3 und	9 und
M - 10.00%	PT 4.1 - PT 4.9	3 und	3 und	3 und	9 und
					36 und

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8. Asentamiento:

Muestras	Intervalo de Códigos	Estado Fresco	Total
M - 0	M 1.1 - M 1.2 - M 1.3	3 und	3 und
M - 5.00%	M 2.1 - M 2.2 - M 2.3	3 und	3 und
M - 7.50%	M 3.1 - M 3.2 - M 3.3	3 und	3 und
M - 10.00%	M 4.1 - M 4.2 - M 4.3	3 und	3 und
			12 und

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9. Contenido de Aire:

Muestras	Intervalo de Códigos	Estado Fresco	Total
M - 0	CA 1 - CA 2 - CA 3	3 und	3 und
M - 5.00%	CA 4 - CA 5 - CA 6	3 und	3 und
M - 7.50%	CA 7 - CA 8 - CA 9	3 und	3 und
M - 10.00%	CA 10 - CA 11 - CA 12	3 und	3 und
			12 und

Fuente: Elaboración Propia

Muestreo

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) todo elemento de la población será contado, y posee la misma probabilidad de ser analizado, por lo que se detalla la población y la cantidad de la muestra en sí, para que la elección sea involuntaria en las unidades evaluadas.

El tipo de muestreo que se tiene previsto usar, es el Muestreo No Probabilístico del modo Intencional o de Conveniencia, ya que las muestras han sido escogidas con los valores sobre la adición de caucho en el concreto, con la finalidad de obtener un análisis sobre la resistencia a compresión, flexión y tracción en las propiedades mecánicas; y asentamiento y contenido de aire para las propiedades físicas, que puede llegar a lograrse con la adición de este elemento que es el caucho reciclado de llantas, por esta razón se tomarán 3 muestras para cada periodo de vida en cada ensayo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Según Rojas (2011) la técnica que se hace presente en toda investigación científica, es un procedimiento característico, que ha sido ratificado a lo largo de los años por la experiencia de obtener, almacenar y transformar la información que tenga mayor prevalencia cuando se trata de buscar una solución a los problemas planteados a inicio de toda investigación o disciplina científica. Por ello se toma la decisión de clasificar en 2 tipos de fuentes a las técnicas usadas en la generación del problema principal y las que serán de ayuda para resolverlo.

a) Fuentes Primarias:

La observación, se da a través de nuestros sentidos con la finalidad de encontrar soluciones al problema de la investigación. Además, usando la observación estructurada se buscará probar las hipótesis; a su vez se agregaron instrumentos de medición para la recolección de datos, por lo que es una observación experimental ya que se estará en contacto con los elementos en análisis y de los cuales han sido variados por el autor.

En esta investigación se observará al concreto en los diferentes ensayos y en diferentes etapas de su vida útil, ya sea en estado fresco y endurecido, así como de diferentes formas como son probetas o vigas.

b) Fuentes Secundarias:

- Fichas bibliográficas, usadas para anotar los datos referidos a los libros empleados durante el proceso de la investigación.
- Fichas textuales, las cuales fueron transcritas entre comillas, tal cual, y aún con errores de lo que el investigador consideró de vital importancia, es decir, aquello que tendrá calidad científica.
- Las fichas de comentarios de ideas propias. Fueron más importantes que las anteriores; ya que a lo largo de la investigación surgieron dudas e incertidumbres, las que se anotaron en la ficha correspondiente.
- Se emplearon tesis de diferentes autores que guardaban relación con el objeto de estudio, éstas son consideradas en la investigación como antecedentes que ayudaron a la comprensión de problemas durante el estudio, mediante teorías y conclusiones.

Instrumentos de Recolección de Datos

Para una descripción acertada sobre lo que son los instrumentos, existe un enfoque dado por Escudero y Cortez (2018) que mencionan la importancia del investigador por sondear el área o punto de estudio, con la finalidad de encontrar el problema que aqueja aquella zona, idear las posibles soluciones a ello y posteriormente atinar

con el mejor proceso para que los datos sean recolectados eficientemente y así los instrumentos sean ejecutados sin inconvenientes para la investigación; conforme más se estudie la zona de investigación escogida, se generarán mayores medidas apropiadas para su evaluación dada por el investigador y las personas u objetos.

Por ello que en esta investigación para cada ensayo antes mencionado, se realizarán probetas y vigas de concreto adicionado con un aditivo, en esta ocasión será caucho reciclado de llantas en gránulos de 2 a 3.5 mm, las cuales reemplazarán al agregado fino en un 5%, 7.5% y 10% del peso total del agregado fino; por ello se realizaron fichas de recolección de datos para los ensayos que se pretenden evaluar, y donde se colocaran los resultados, presentados en los Anexos.

Validez y Confiabilidad

Validez de la variable independiente Caucho Reciclado de Llantas

Sobre validez Rusque (2003, p. 134) indica que: “es la representación más acertada, apta y competente que tiene toda investigación para absolver los problemas que se han planteado en ésta”, es decir que la importancia de la validez sobre una prueba debe ser alta, debido a que si ésta es capaz de medir pertinentemente como afecta o influye una variable sobre otra; esto es definido por Baechle y Earle (2007, p. 277-278) como el “nivel que toda prueba pretenda medir lo que en un inicio se desea, por ello de su importancia en la investigación”. Por lo que, el instrumento fue sometido a tres juicios de expertos, profesionales o especialistas en el ámbito de la construcción, cuyos resultados se muestran en la siguiente Tabla, quienes se encargaron de revisar minuciosamente el contenido del instrumento y arrojó el siguiente resultado:

Tabla 10. Validez de Expertos

Validez	Ing. Víctor Castañeda Vílchez	Ing. Carmen Beatriz Rodríguez Solís	Mg. Ing. Raúl Antonio Pinto Barrantes
Ficha Resistencia a la Compresión	APLICABLE	APLICABLE	APLICABLE
Ficha Resistencia a la Flexión	APLICABLE	APLICABLE	APLICABLE
Ficha Resistencia a la Compresión Diametral	APLICABLE	APLICABLE	APLICABLE
Ficha de Asentamiento	APLICABLE	APLICABLE	APLICABLE
Ficha de Contenido de Aire	APLICABLE	APLICABLE	APLICABLE
Índice de validez	APLICABLE		

Fuente: Elaboración Propia

Confiabilidad de los instrumentos de medición

La confiabilidad se determina a través de la aplicación repetida a un mismo individuo u objeto que está siendo investigado, y éste debería arrojar resultados iguales o en otro caso similares, en un corto periodo de tiempo, por lo que no debería existir una gran variación entre un resultado y otro; por ejemplo, si hoy se realiza una encuesta y su resultado es de respuestas en su mayoría positivas, para el día de mañana esas respuestas no podrían ser en su mayoría negativas. Esto lo confirman los autores de varias ediciones en sus libros, Hernández, Fernández y Baptista (2014) diciendo que “se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales”.

3.5. Procedimiento

Para el inicio de esta investigación, se indago y busco un problema que aqueja en la sociedad y que pueda tener una solución, este problema fue con respecto al deterioro que presenta un avenida céntrica en el distrito de Comas, me refiero a la Avenida Metropolitana; sin embargo no era el único problema que se aqueja en la actualidad, sino también sobre la contaminación que se produce por la mala eliminación de llantas de vehículos, ya sean autos o transportes de carga pesada, los cuales años anteriores produjeron un incendio que aun durante muchos se verán las consecuencias en el medio ambiente, por esta razón se buscó relacionar que propiedades del concreto son beneficiadas con la adición del caucho.

Por consiguiente, se realizó para la presente investigación una búsqueda de referencias con un contenido similar al que se viene describiendo, esto tiene que ser con respecto a la adición de caucho en el concreto para pavimentos; los aportes que también fueron tomados corresponden a pavimentos flexibles (asfalto) y para concretos utilizados de manera estructural, todas estas referencias encontradas contienen métodos y ensayos que pueden ser aplicados en el país; así que se recolectaron tesis internacionales y nacionales, para tener un mayor enfoque, opiniones y resultados que ayuden en la culminación de esta investigación.

Para el análisis de las Propiedades Mecánicas y Físicas del concreto con sustitución parcial de caucho reciclado de llantas, se realizaron fichas las cuales servirán para recolectar la información o los resultados cuando el diseño de mezcla esté terminado, estas fichas fueron adaptadas a los formatos brindados por laboratorios especializados en realizar pruebas de mezclas de concreto, para diferenciar los resultados entra cada ensayo, los cuales tienen un rango de valores y resistencias establecidos por las NTP (Norma Técnicas Peruana).

Una vez teniendo en mente que tipos de ensayo basados en las normas actuales se van a ejecutar; se procederá a diseñar un concreto convencional, este tendrá como nombre patrón o muestra, el cual no tiene en su composición alguna partícula de caucho reciclado, y de esta manera tomarlo como referencia base ante el estudio de las demás muestras alteradas; después de ello, se diseñarán mezclas con sustitución de este material industrial, y con las proporciones ya tomadas en cuenta,

reemplazarán al peso del agregado fino en un 5%, 7.5% y 10%, cuando el concreto se encuentre en esta endurecido para 7, 14 y 28 días; y a estos ensayos se le adicionan pruebas de asentamiento y contenido de aire, para determinar qué tan consistente es el concreto, y si afecta en la resistencia la adición de caucho.

Finalmente se procederá a el análisis de los datos obtenidos y determinaremos la resistencia a compresión, flexión, tracción (compresión diametral), asentamiento y contenido de aire, para poder realizar cuadros dinámicos en programas computacionales como el EXCEL y se hará una comparación entre la adición del caucho, si a mayor contenido beneficia o no a las propiedades tanto mecánicas como físicas.

3.6. Métodos de análisis de datos

Para la presente investigación, con las técnicas ejercidas y datos de referencia, se ha considerado la siguiente evaluación:

Diseñar una Mezcla de Concreto que no tendrá adición de caucho.

Diseñar una Mezcla de Concreto con adición de caucho al 5%.

Diseñar una Mezcla de Concreto con adición de caucho al 7.5%.

Diseñar una Mezcla de Concreto con adición de caucho al 10%.

Realizar el Ensayo a Compresión para las edades de 7, 14 y 28 días.

Realizar el Ensayo a Flexión para las edades de 7, 14 y 28 días.

Realizar el Ensayo a Tracción para las edades de 7, 14 y 28 días.

Realizar la Prueba de Asentamiento para los 4 diseños.

Realizar la Prueba de Contenido de Aire para los 4 diseños.

Toma de Resultados o Recolección de Datos y compararlos entre sí.

Realizar las Conclusiones que expresen los beneficios de esta Sustitución.

3.7. Aspectos Éticos

La investigación que se está presentado, tuvo su desarrollo con base en fuentes confiables que hacen referencia a las mejoras de los pavimentos rígidos, flexibles o concreto convencionales que tiene como objetivo hacer modificaciones en la composición por elementos industriales, como es el caso del caucho de neumáticos; además estos son trabajos o tesis aprobadas en sus respectivos años para la obtención de título profesionales, maestrías, grados de especialidad, entre otros, como son ingenieros civiles, químicos o especialidades que se dedican al rubro de la investigación en éstas áreas; además su información ha sido citada y parafraseada con dos finalidades, de nombrar al autor de quien comparto sus ideas pero también con el debido respeto para no generar problemas en un futuro sobre temas de copia de autor o también llamado plagio.

IV. RESULTADOS

4.1 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO 280 KG/CM²

Considerando que se harán muestras menores a 15 und para cada ensayo, se toman los valores de la siguiente tabla para el cálculo del f'_{cr} :

f'_c	f'_{cr}
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Sobre 350	$f'_c + 98$

$f'_{cr} =$	364.00 kg/cm ²
-------------	------------------------------

Agregado Fino	
Peso Específico de la masa	2.64 gr/cm ³
Peso Unitario Seco Suelto	1685.00 kg/m ³
Densidad	2.71 gr/cm ³
Absorción	1.10%
Contenido de Humedad	1.87%
Módulo de Finura	2.87
Agregado Grueso	
Tamaño Máximo Nominal (pulg)	3/4"
Peso Unitario Seco Compactado	1600.00 kg/m ³
Peso Unitario Seco Suelto	1548.00 kg/m ³
Peso Específico de la masa	2.68 gr/cm ³
Densidad	2.88 gr/cm ³
Absorción	0.10%
Contenido de Humedad	1.12%
Caucho	
Densidad	1.11 gr/cm ³
Cemento	
Peso Específico	3.15 gr/cm ³
Asentamiento	
Consistencia	Seca
	3" - 4"

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)	Agua en lt/m^3 de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.							
	10mm (3/8")	12.5mm (1/2")	20mm (3/4")	25mm (1")	40mm (1½")	50mm (2")	70mm (3")	150mm (6")
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
30 a 50 (1" a 2")	205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100 (3" a 4")	225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180 (6" a 7")	240	230	210	205	185	180	170	---
Cantidad aproximada de aire atrapado (%).	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO								
30 a 50 (1" a 2")	180	175	165	160	145	140	135	120
80 a 100 (3" a 4")	200	190	180	175	160	155	150	135
150 a 180 (6" a 7")	215	205	190	185	170	165	160	---

Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Contenido de agua en el concreto, expresado en lt/m^3 , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.					
		25mm a 50mm (1"-2")		75mm a 100mm (3"-4")		150mm a 175mm (6"-7")	
mm.	Pulg.	Agregado redondeado	Agregado anguloso	Agregado redondeado	Agregado anguloso	Agregado redondeado	Agregado anguloso
9.5	3/8"	185	212	201	227	230	250
12.7	1/2"	182	201	197	216	219	238
19.1	3/4"	170	189	185	204	208	227
25.4	1"	163	182	178	197	197	216
38.1	1 1/2"	155	170	170	185	185	204
50.8	2"	148	163	163	178	178	197
76.2	3"	136	151	151	167	163	182

Considerando la primera tabla

Volumen de Agua	200.00 L/m ³
-----------------	-------------------------

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0 %
1/2"	2.5 %
3/4"	2.0 %
1"	1.5 %
1 1/2"	1.0 %
2"	0.5 %
3"	0.3 %
6"	0.2 %

Considerando la tabla anterior

Aire Atrapado	2.00%
---------------	-------

f'cr (kg/cm ²) a los 28 días	Relación agua / cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Ya que la resistencia del concreto es 280 kg/cm² y se calculó un f'cr = 364 kg/cm², además que el concreto no tiene aire incorporado adrede, se realizará la interpolación entre los valores de 350 y 400 kg/cm².

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Con lo cual, teniendo el valor de agua y la relación a/c, calculamos lo siguiente:

Factor Cemento:	a / c =	0.466
	c =	200 / 0.466
	c =	429.18 kg/m ³
Cantidad de bolsas:	c =	429.18 / 42.5
	c =	10.10 bol/m ³

TMN del Agregado Grueso	Volumen de Agregado Grueso Seco y Compactado, por unidad de Volumen del Concreto, para diversos MF (fino)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.80	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Tomando en cuenta que ya se tiene como dato el MF del Agregado Fino, se aplica la interpolación con respecto al TMN del Agregado Grueso

$$\begin{aligned} \text{MF (fino)} &= 2.87 \\ \text{TMN} &= 3/4" \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen del AG} &= 0.6065 \\ \text{Peso de AG Seco} &= 970.40 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Se procede a calcular los volúmenes absolutos de cada Material:

$$\text{Peso Específico} = \text{Peso} / \text{Volumen}$$

Cemento	429.18 / (3.15*1000)	0.1362 m ³
Agua	200 / (1*1000)	0.2000 m ³
Aire	2.00%	0.0200 m ³
Agregado Grueso	970.4 / (2.68*1000)	0.3621 m ³

Suma de Volúmenes	0.7183 m ³
-------------------	-----------------------

Agregado Fino	1 - 0.7183	0.2817 m ³
---------------	------------	-----------------------

Peso de AF Seco	0.2817 x 2.64 x 1000	743.69 kg/m ³
-----------------	----------------------	--------------------------

CANTIDADES DE LOS MATERIALES POR M³ INICIALMENTE

Cemento	429.18 kg/m ³
Agua	200.00 L/m ³
Agregado Fino Seco	743.69 kg/m ³
Agregado Grueso Seco	970.40 kg/m ³

Peso Total del Concreto	2343.27 kg/m ³
-------------------------	---------------------------

CORRECCIÓN DE LAS CANTIDADES POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Agregado Fino	743.69 x 1.0187	757.60 kg/m ³
Agregado Grueso	970.4 x 1.0112	981.27 kg/m ³

CÁLCULO DE HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS

Agregado Fino	1.87 - 1.1	0.77%
Agregado Grueso	1.12 - 0.1	1.02%

APORTE DE LT/M3 CORRESPONDIENTE A CADA AGREGADO

Agregado Fino	757.6 x (0.77)	5.83 L/m ³
Agregado Grueso	981.27 x (1.02)	10.01 L/m ³
TOTAL, DE APORTE		15.84 L/m ³

CANTIDADES CORREGIDAS DE LOS MATERIALES POR M³

		Vol. = 0.3605 m ³
Cemento	429.18 kg/m ³	154.72 kg
Agua	184.16 L/m ³	66.39 L
Agregado Fino Seco	757.60 kg/m ³	273.11 kg
Agregado Grueso Seco	981.27 kg/m ³	353.75 kg

Peso Total del Concreto	2352.21 kg/m ³
-------------------------	---------------------------

CANTIDADES DE LOS MATERIALES POR M³ PARA CONCRETO CON 5.00% CAUCHO

		Vol. = 0.3605 m ³
Cemento	429.18 kg/m ³	154.72 kg
Agua	184.16 L/m ³	66.39 L
Agregado Fino Seco	719.72 kg/m ³	259.46 kg
Agregado Grueso Seco	981.27 kg/m ³	353.75 kg
Caucho	15.52 kg/m ³	5.59 kg

Peso Total del Concreto	2329.84 kg/m ³
-------------------------	---------------------------

CANTIDADES DE LOS MATERIALES POR M³ PARA CONCRETO CON 7.50% CAUCHO

		Vol. = 0.3605 m ³
Cemento	429.18 kg/m ³	154.72 kg
Agua	184.16 L/m ³	66.39 L
Agregado Fino Seco	700.78 kg/m ³	252.63 kg
Agregado Grueso Seco	981.27 kg/m ³	353.75 kg
Caucho	23.27 kg/m ³	8.39 kg

Peso Total del Concreto	2318.66 kg/m ³
-------------------------	---------------------------

CANTIDADES DE LOS MATERIALES POR M³ PARA CONCRETO CON 10.00% CAUCHO

		Vol. = 0.3605 m ³
Cemento	429.18 kg/m ³	154.72 kg
Agua	184.16 L/m ³	66.39 L
Agregado Fino Seco	681.84 kg/m ³	245.80 kg
Agregado Grueso Seco	981.27 kg/m ³	353.75 kg
Caucho	31.03 kg/m ³	11.19 kg

Peso Total del Concreto	2307.48 kg/m ³
-------------------------	---------------------------

	Total	Equivalencia
Cemento	618.88 kg	14.56 bol
Agua	265.56 L	
Agregado Fino Seco	1031.01 kg	0.61 m ³
Agregado Grueso Seco	1414.99 kg	0.91 m ³
Caucho	25.17 kg	0.84 bol

4.2 ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Se efectuaron los ensayos correspondientes al análisis granulométrico para determinar el peso de los agregados fino y grueso, extraídos de la cantera Christopher ubicado en el distrito de Carabaylo (Lima), en porcentajes que pasaron y fueron retenidos en las mallas de la 1 ½" a N°200, respetando la NTP 400.37 revisada en 2018.

4.2.1 AGREGADO FINO:

Con respecto al análisis del agregado fino se han evaluado las mallas de 3/8" a N°200, en la tabla 11 se puede apreciar el Peso Retenido Parcial, el Retenido Acumulado y el que Pasa en porcentajes.

Tabla 11. *Análisis Granulométrico Agregado Fino*

Mallas	Abertura (mm)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasa (%)
3/8"	9.525	0.000	0.000	100.00
1/4"	6.350	0.000	0.000	100.00
N°4	4.750	2.320	2.320	97.680
N°6	3.360	4.628	6.948	93.052
N°8	2.360	5.421	12.369	87.631
N°10	2.000	5.245	17.614	82.386
N°16	1.180	14.129	31.743	68.257
N°20	0.850	11.254	42.997	57.003
N°30	0.600	12.425	55.422	44.578
N°40	0.425	7.254	62.676	37.324
N°50	0.300	7.542	70.218	29.782
N°80	0.180	7.251	77.469	22.531
N°100	0.150	6.100	83.569	16.431
N°200	0.075	16.431	100.00	0.000
TOTAL		100.00		

MF =	2.87
------	------

La Tabla 11 es una adaptación propia de los resultados obtenidos por el laboratorio donde se realizaron los ensayos, mostrando cada porcentaje con respecto a los pesos y calculando 2.87 como Módulo de Finura.

Tabla 12. Parámetros del Agregado Fino

Mallas	Abertura (mm)	Parámetros	
		Límite Inferior	Límite Superior
3/8"	9.525	100.00	100.00
N°4	4.75	95.00	100.00
N°8	2.36	80.00	100.00
N°16	1.18	50.00	85.00
N°30	0.6	25.00	60.00
N°50	0.3	10.00	30.00
N°100	0.15	2.00	10.00

En la Tabla 12 se definen los parámetros, tanto en el límite superior e inferior, donde deben encontrarse los pesos en porcentajes de las mallas correspondientes de 3/8" a la N°100, estos parámetros son evaluados gracias a la NTP 400.012.

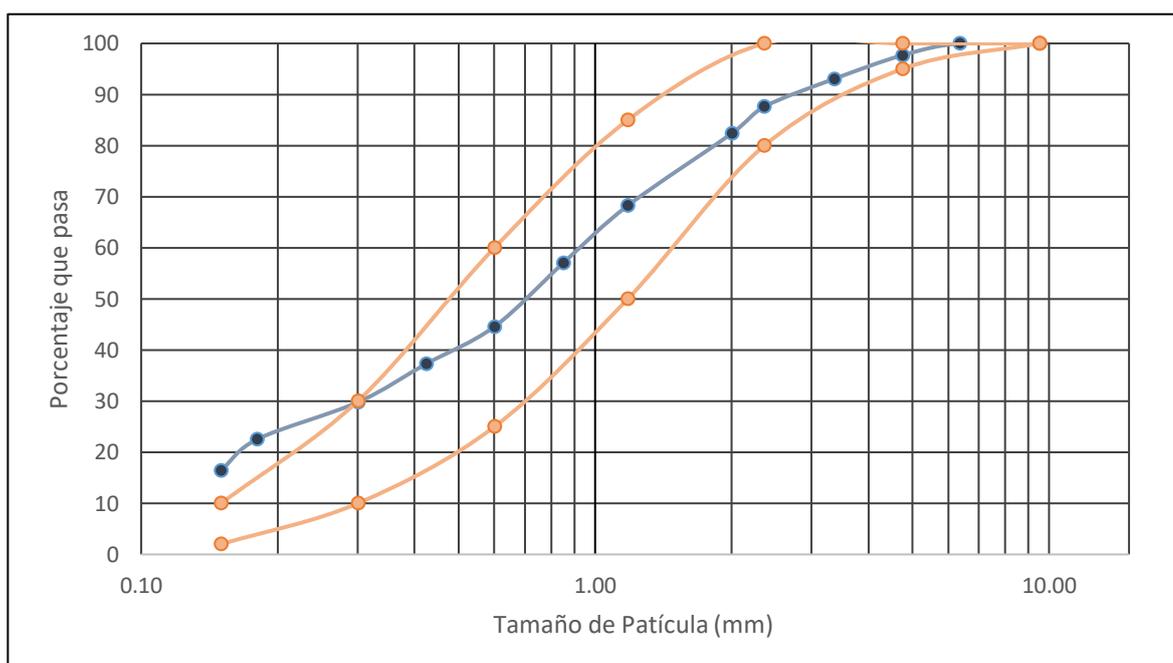


Figura 29. Curva Granulométrica – Agregado Fino

La figura 29 recopila los datos que se obtienen al tamizar los agregados por las mallas mencionadas en la Tabla 11 y son representados por la curva de color gris y puntos azules, además que se realiza la comparación con los parámetros de la Tabla 12 que deben cumplir los agregados finos, estos últimos expuestos con las curvas de color naranja.

4.2.2 AGREGADO GRUESO

De igual manera para el análisis del agregado grueso se evaluaron las mallas de 1 1/2" a N°6, tal como en la tabla 13 se puede apreciar el Peso Retenido Parcial, el Retenido Acumulado y el que Pasa en porcentajes.

Tabla 13. Análisis Granulométrico Agregado Grueso

Mallas	Abertura (mm)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasa (%)
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	100.000
1"	25.400	0.000	0.000	100.000
3/4"	19.050	7.654	7.654	92.346
1/2"	12.700	30.428	38.082	61.918
3/8"	9.525	29.428	67.510	32.490
1/4"	6.350	19.873	87.383	12.617
N°4	4.750	12.617	100.000	0.000
N°6	3.360	0.000	100.000	0.000
TOTAL		100.00		

MF =	6.74
------	------

De igual manera, la Tabla 13 se adaptó a los resultados obtenidos del laboratorio, mostrando los porcentajes con respecto a pesos y calculando el Módulo de Finura con valor 6.74.

Tabla 14. Parámetros del Agregado Grueso

Mallas	Abertura (mm)	Parámetros	
		Límite Inferior	Límite Superior
1"	25.400	100.000	100.000
3/4"	19.050	90.000	100.000
3/8"	9.525	25.000	55.000
1/4"	6.350	0.000	10.000
N°4	4.750	0.000	5.000

En la Tabla 14 se definen los parámetros de 1" a la N°4, obtenidos por la NTP 400.012 y en la siguiente tabla:

Tabla 15. Cálculo de los Parámetros del Agregado Grueso

Tamaño Nominal (mallas con aberturas cuadradas)	CANTIDADES MENORES QUE PASAN CADA MALLA DE LABORATORIO (ABERTURAS CUADRADAS), % EN PESO												
	100 mm 4"	90 mm 3.54"	75 mm 3"	63 mm 2.5"	50 mm 2"	37.5 mm 1.5"	25 mm 1"	19 mm 3/4"	12.5 mm 1/2"	9.5 mm 3/8"	4.75 mm N°4	2.36 mm N°8	1.18 mm N°16
3.5" a 1.5"	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
2.5" a 1.5"	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
2" a 1"	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
2" a N°4	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-
1.5" a 3/4"	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-
1.5" a N°4	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-
1" a 1/2"	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-
1" a 3/8"	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-
1" a N°4	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-
3/4" a 3/8"	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-
3/4" a N°4	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	25 a 55	0 a 10	0 a 5	-
1/2" a N°4	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-
3/8" a N°8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Tal como se muestra en la Tabla 15, el cálculo de los parámetros que fueron usados en la Tabla 14 se realizó el siguiente procedimiento:

En primer lugar, uno debe ubicarse en la parte superior de la tabla 15, y seleccionar el último tamaño de malla que nuestro material logró pasar por completo, es decir la última malla que haya pasado el 100% del material; para esta investigación fue la malla de 1". Después de ello y en la misma columna de la malla 1", ubicamos casillas abajo quienes contienen el valor de 100. De encontrarse con más de 2 opciones, se deberá revisar el tamaño nominal de la sección izquierda y hacer la comparación con las mallas que se están trabajando, y para esta investigación se han tomado los valores de 3/4" a N°4, ya que son las mallas que se han utilizado en el tamizado del agregado grueso, toda la información con respecto a la NTP 400.012.

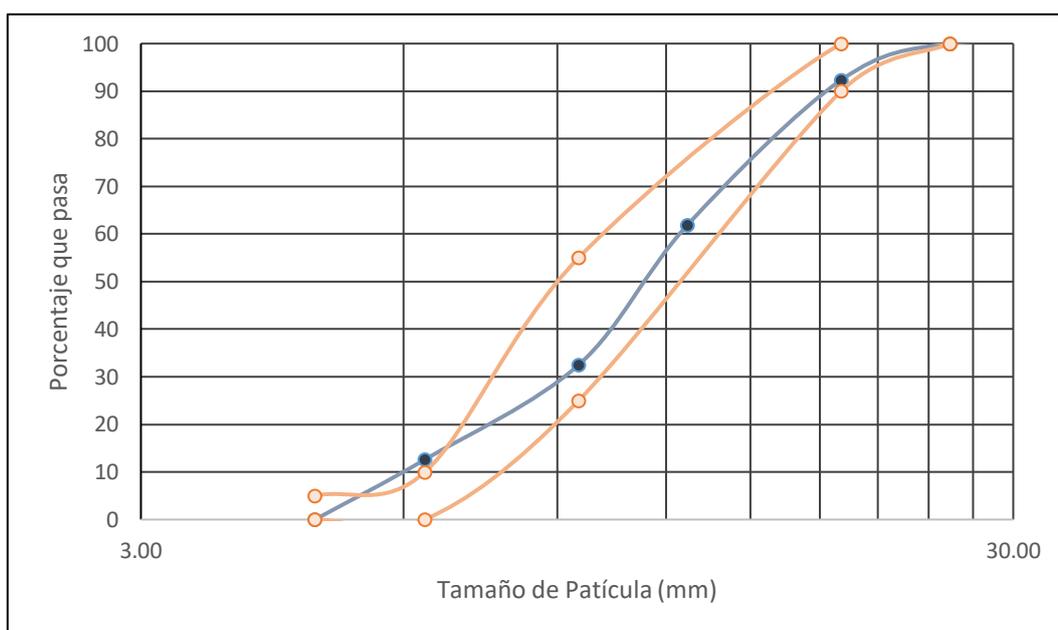


Figura 30. Curva Granulométrica – Agregado Grueso

La figura 30 recopila los datos que se obtienen al tamizar los agregados por las mallas mencionadas en la Tabla 13 y son representados por la curva de color gris y puntos azules, además que se realiza la comparación con los parámetros de la Tabla 14 que deben cumplir los agregados gruesos, estos últimos expuestos con las curvas de color naranja.

4.3 ENSAYO DE CONCRETO FRESCO (ASENTAMIENTO)

Se realizó el método con el Cono de Abrams, ensayo de asentamiento, para determinar la consistencia del concreto en estado fresco y precisar la trabajabilidad que se adapta mejor en la construcción de un pavimento rígido. Se presenta la tabla 16 para mostrar los detalles:

Tabla 16. Ensayo de Consistencia

Código	% de Sustitución	Asentamiento (mm)	Promedio (mm)	Asentamiento (pulg)	Promedio (pulg)
M 1.1	0.00%	81.00	84.33	3.189	3.32
M 1.2		84.00		3.307	
M 1.3		88.00		3.465	
M 2.1	5.00%	82.00	85.00	3.228	3.35
M 2.2		86.00		3.386	
M 2.3		87.00		3.425	
M 3.1	7.50%	92.00	90.67	3.622	3.57
M 3.2		91.00		3.583	
M 3.3		89.00		3.504	
M 4.1	10.00%	96.00	96.33	3.780	3.79
M 4.2		95.00		3.740	
M 4.3		98.00		3.858	

Para la interpretación de la Tabla 16 debemos recordar lo visto en las Tablas 3 y 4 que nos expresan las consideraciones para la consistencia según el Asentamiento obtenido por el ensayo y los Asentamientos recomendados según el tipo de construcción que se va a realizar, para cada tabla respectivamente.

Entonces para la Tabla 16 se tienen que para muestras sin sustitución de caucho alcanzan 3.32” de asentamiento, para la sustitución al 5.00% hay un asentamiento de 3.35”, con 7.50% de caucho hay un asentamiento promedio de 3.57” y por último al sustituir 10.00% del agregado fino está a 3.79” de asentamiento; entonces, y comparando con la Tabla 3, se establece que los diseños para cada sustitución están considerados como mezclas Plásticas ya

que los valores están en los parámetros de 3" a 4" y que en la mayoría de construcciones es la mejor para trabajar.

Ahora si se opta por analizar la Tabla 4, se delimitan valores de asentamientos para el tipo de construcción; en esta investigación el concreto sería usado en un pavimento rígido, con lo cual los valores recomendados son: de 2cm (0.79") a 8cm (3.15"), y por lo tanto las mezclas, no estarían dentro de lo recomendado, aunque eso no quiere decir que no se puedan usar en un proyecto.

Depende mucho de la construcción que se quiere realizar, si hacemos una comparación de las tablas 3 y 4, podríamos llegar a una idea en que las consistencias de concreto deben encontrarse entre Seca y Plástica, ya que, al realizar el vaciado del concreto en infraestructuras viales, no se tienen encofrados de grandes alturas o secciones transversales de menor dimensión y mientras más fluida sea la mezcla, se producirían desbordes de la mezcla, perdiendo horas de trabajo y materiales.

4.4 ENSAYO DE CONCRETO FRESCO (CONTENIDO DE AIRE)

El ensayo para calcular el contenido de aire se realizó con el método de presión efectuado con la Olla Washington, los resultados se muestran en la Tabla 18, sin embargo, se debe considerar como referencias o parámetros los datos de la Tabla 17, ya que nos indica el porcentaje máximo con respecto al volumen del concreto que debe haber en éste, para hallar esa referencia se analizó con el Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso, aquella malla que contiene el primer peso diferente de cero en el tamizado de la Tabla 13.

Tabla 17. *Parámetros de Contenido de Aire*

Tamaño Máximo Nominal Agregado Grueso	Aire Atrapado
3/8"	3.00 %
1/2"	2.50 %
3/4"	2.00 %
1"	1.50 %
1 1/2"	1.00 %
2"	0.50 %
3"	0.30 %

Considerando lo anterior, el valor máximo de contenido de aire es del 2%.

Tabla 18. Ensayo de Contenido de Aire

Código	% de Sustitución	Volumen del Recipiente (m ³)	Masa del Recipiente más Concreto (kg)	Masa del Recipiente vacío (kg)	Densidad del Concreto (kg/m ³)	Densidad Promedio (kg/m ³)	Contenido de Aire del Concreto (%)
CA 1	0.00 %	0.007082	20.1411	3.3984	2363.962601	2364.014372	1.499
CA 2		0.007082	20.1420	3.3992	2363.976721		
CA 3		0.007082	20.1391	3.3954	2364.103795		
CA 4	5.00 %	0.007082	20.1295	3.3984	2362.324755	2362.287103	1.571
CA 5		0.007082	20.1302	3.3989	2362.352994		
CA 6		0.007082	20.1255	3.3954	2362.183561		
CA 7	7.50 %	0.007082	20.1241	3.3984	2361.562309	2361.618787	1.599
CA 8		0.007082	20.1252	3.3993	2361.590548		
CA 9		0.007082	20.1231	3.3964	2361.703503		
CA 10	10.00 %	0.007082	20.1121	3.3984	2359.867986	2359.910344	1.670
CA 11		0.007082	20.1125	3.3989	2359.853867		
CA 12		0.007082	20.1081	3.3934	2360.009180		

En la Tabla 18 se muestran datos como el Volumen del Recipiente, Masa del Recipiente con el Concreto, Masa del Recipiente y con los cuales se calculan las Densidades del Concreto en kg/m³; tomando en cuenta que son 3 muestras por cada diseño de mezcla, se realiza un promedio de éstas, que deberían estar entre los valores de 2240 kg/m³ y 2460 kg/m³.

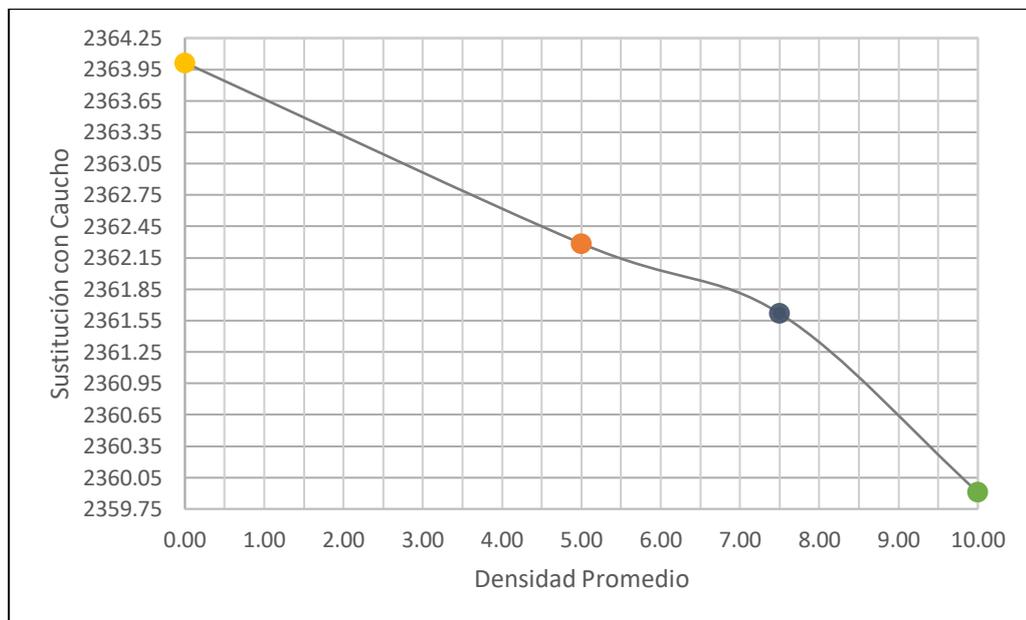


Figura 31. % de Sustitución vs Densidad Promedio (kg/m³)

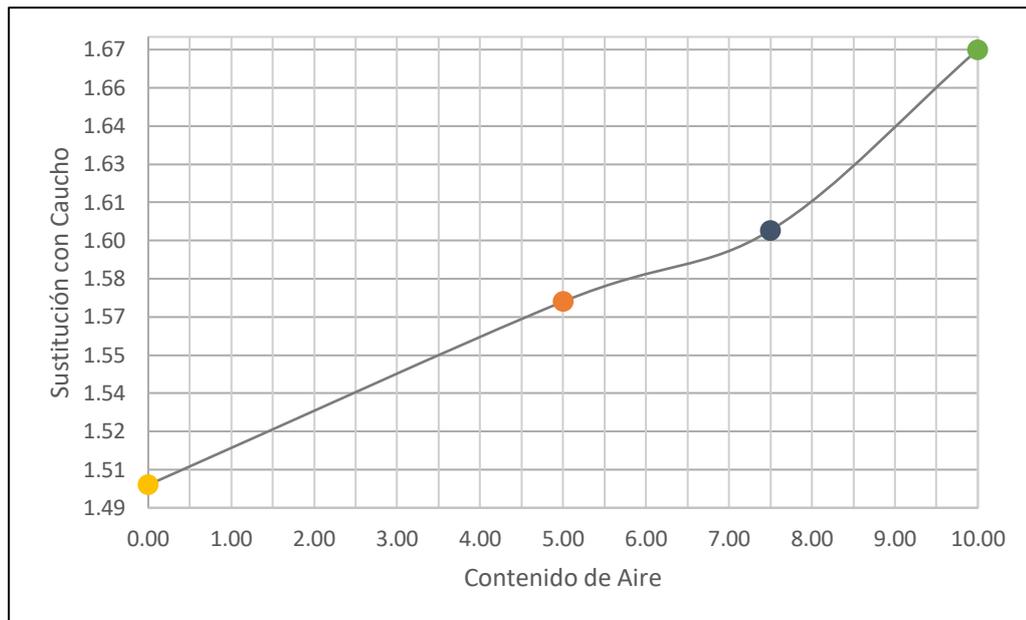


Figura 32. % de Sustitución vs % Contenido de Aire

Para representar las variaciones de una mejor manera, se graficaron las curvas en las figuras 31 y 32, donde se aprecia en la primera de estas, la comparación que tiene el % de sustitución con la densidad del concreto, y la expresión correspondiente a ello es que mientras mayor sea el porcentaje de sustitución del agregado fino por gránulos de caucho reciclado, tendrá el efecto de reducir ligeramente la densidad del concreto, ya que si hacemos un diferencia entre las densidades promedio de las muestras sin sustitución (2364.01) y las del 10.00% (2359.91), tendríamos un variación de 4.104028 kg/m³.

Por último, se tienen definidos los porcentajes del contenido de aire en el concreto, y con ayuda de la curva en la figura 31, haciendo la comparación del porcentaje sustituido con el contenido de aire, obtenemos que, la sustitución de los agregados finos en mayores porcentajes, provoca que el contenido de aire aumente paulatinamente; sin embargo, si se considera la tabla 17, no excede al valor que se tiene como referencia de 2% como máximo, así que estos diseños de mezcla cumplen con los parámetros.

4.5 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Los resultados obtenidos al realizar el ensayo a compresión de las probetas (15x30cm) de concreto empleando la Prensa HARDSTEEL SR-125 son:

Tabla 19. Ensayo de Resistencia a la Compresión

% de Sustitución	Edad	Código	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c Prom (kg/cm ²)
0.00%	7 días	C 1.1	15.05	177.89	33840	190.2249	190.34
		C 1.2	15.07	178.37	33952	190.3483	
		C 1.3	15.03	177.42	33788	190.4385	
	14 días	C 1.4	15.04	177.66	42161	237.3151	236.63
		C 1.5	15.07	178.37	42173	236.4385	
		C 1.6	15.05	177.89	42009	236.1454	
	28 días	C 1.7	15.03	177.42	51356	289.4565	289.11
		C 1.8	15.05	177.89	51487	289.4241	
		C 1.9	15.04	177.66	51245	288.4469	
5.00%	7 días	C 2.1	15.03	177.42	34985	197.1851	197.30
		C 2.2	15.05	177.89	35097	197.2909	
		C 2.3	15.01	176.95	34933	197.4170	
	14 días	C 2.4	15.02	177.19	42806	241.5877	241.41
		C 2.5	15.05	177.89	42817	240.6874	
		C 2.6	15.03	177.42	42930	241.9653	
	28 días	C 2.7	15.06	178.13	53501	300.3462	300.30
		C 2.8	15.07	178.37	53558	300.2672	
		C 2.9	15.06	178.13	53490	300.2844	
7.50%	7 días	C 3.1	15.01	176.95	36230	204.7468	204.86
		C 3.2	15.03	177.42	36342	204.8335	
		C 3.3	14.99	176.48	36178	204.9988	
	14 días	C 3.4	15	176.71	43451	245.8824	246.27
		C 3.5	15.03	177.42	43562	245.5274	
		C 3.6	15.01	176.95	43775	247.3859	
	28 días	C 3.7	15.09	178.84	55746	311.7061	312.11
		C 3.8	15.09	178.84	55847	312.2709	
		C 3.9	15.08	178.60	55788	312.3548	
10.00%	7 días	C 4.1	15.03	177.42	37475	211.2194	211.71
		C 4.2	15.01	176.95	37587	212.4156	
		C 4.3	15.01	176.95	37423	211.4888	
	14 días	C 4.4	15.03	177.42	44096	248.5372	249.92
		C 4.5	15.01	176.95	44307	250.3924	
		C 4.6	15.05	177.89	44620	250.8226	
	28 días	C 4.7	15.12	179.55	58091	323.5306	323.99
		C 4.8	15.11	179.32	58123	324.1375	
		C 4.9	15.1	179.08	58073	324.2877	

La tabla 19 detalla en las columnas, los códigos usados para cada muestra, los porcentajes de sustitución para cada edad (7, 14 y 28 días), así como las

dimensiones que tiene cada instrumento a evaluar, las cargas máximas que soportan; con estos datos y usando la fórmula dada en la figura 15 se obtienen las resistencias a compresión y con ello realizar un promedio para éstas.

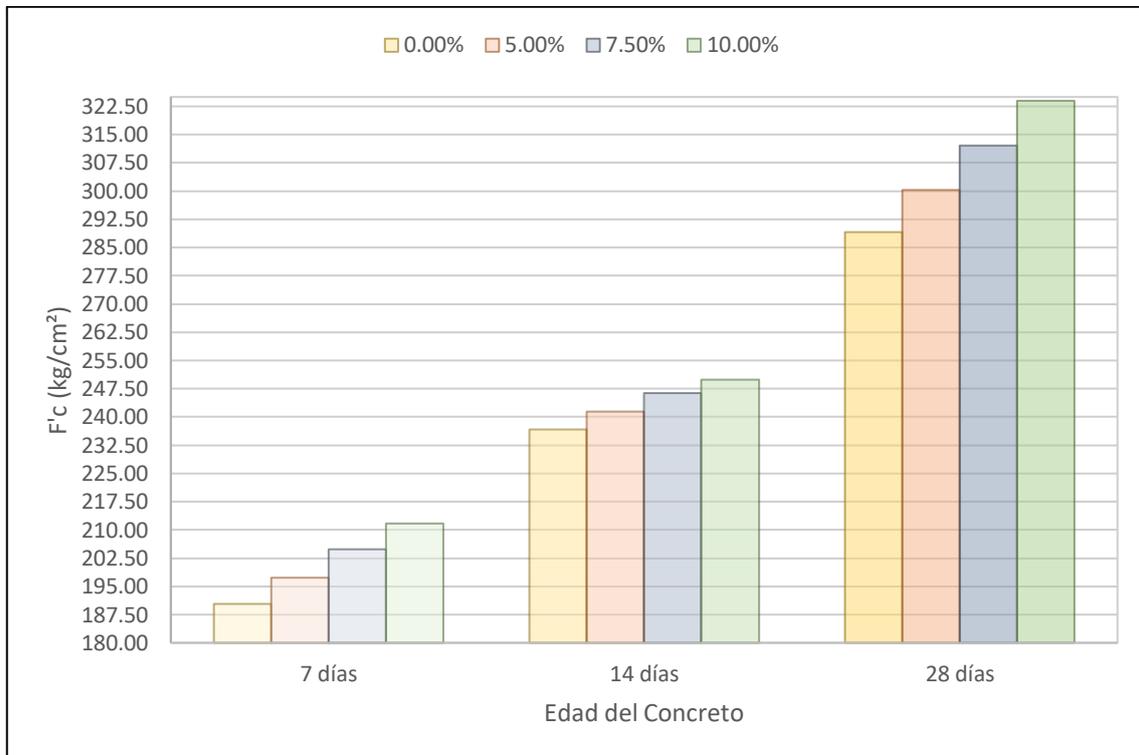


Figura 33. Edad vs Resistencia a Compresión

En el gráfico anterior se muestran las barras correspondientes a los promedios de las resistencias a compresión de las muestras. A la edad de 7 días existe una diferencia entre la barra verde (sust. 10.00%) y la barra amarilla (sin sust.) de 21.37 kg/cm² que representa un 11.23% superior al menor. De igual manera para 14 días hay una variación del 5.62% que son 13.29 kg/cm² más que el menor de las barras 0.00% y 10.00%. Por último, a la edad de 28 días la variación entre éstas es de 34.88 kg/cm² un incremento del 12.06%.

4.6 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Se realizó en ensayo a Flexión tomando como instrumentos de evaluación a probetas prismáticas con dimensiones de 15cmx50cm aproximadamente en los diferentes porcentajes de sustitución y edades de los ensayos, todos ellos empleados con la PRENSA HIDRÁULICA DIGITAL.

Tabla 20. Ensayo de Resistencia a la Flexión

% de Sustitución	Edad	Código	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Carga (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c Prom (kg/cm ²)
0.00%	7 días	P 1.1	14.75	15.35	49.93	2398.23	31.00	30.96
		P 1.2	14.62	15.22	50.38	2272.44	30.45	
		P 1.3	15.04	15.64	50.17	2558.69	31.42	
	14 días	P 1.4	15.14	15.3	49.35	2708.00	33.89	33.69
		P 1.5	15.01	15.17	49.80	2567.52	33.30	
		P 1.6	15.43	15.59	49.59	2850.26	33.89	
	28 días	P 1.7	14.77	15.35	49.57	4131.00	52.91	52.76
		P 1.8	14.62	15.22	50.02	4143.00	55.07	
		P 1.9	15.01	15.64	49.81	4122.00	50.31	
5.00%	7 días	P 2.1	15.07	15.35	49.93	2522.06	31.91	31.86
		P 2.2	14.94	15.22	50.38	2390.83	31.35	
		P 2.3	15.36	15.64	50.17	2688.26	32.32	
	14 días	P 2.4	15.02	15.3	49.35	2994.85	37.78	37.56
		P 2.5	14.89	15.17	49.80	2841.70	37.15	
		P 2.6	15.31	15.59	49.59	3151.49	37.76	
	28 días	P 2.7	15.17	15.35	49.57	4355.00	54.30	54.08
		P 2.8	15.04	15.22	50.02	4367.00	56.43	
		P 2.9	15.46	15.64	49.81	4346.00	51.50	
7.50%	7 días	P 3.1	15.26	15.35	49.93	2635.45	32.93	32.88
		P 3.2	15.13	15.22	50.38	2499.27	32.36	
		P 3.3	15.55	15.64	50.17	2806.92	33.33	
	14 días	P 3.4	15.21	15.3	49.35	3362.20	41.88	41.65
		P 3.5	15.08	15.17	49.80	3193.02	41.22	
		P 3.6	15.5	15.59	49.59	3535.09	41.84	
	28 días	P 3.7	15.11	15.35	49.57	4879.00	61.08	60.82
		P 3.8	14.98	15.22	50.02	4891.00	63.45	
		P 3.9	15.4	15.64	49.81	4870.00	57.93	
10.00%	7 días	P 4.1	15.45	15.35	49.93	2546.32	31.43	31.38
		P 4.2	15.32	15.22	50.38	2414.00	30.87	
		P 4.3	15.74	15.64	50.17	2713.49	31.83	
	14 días	P 4.4	15.74	15.3	49.35	3945.75	47.49	48.53
		P 4.5	15.27	15.17	49.35	3945.75	49.80	
		P 4.6	15.27	15.17	49.80	3787.67	48.29	
	28 días	P 4.7	14.92	15.35	49.57	5603.00	71.04	70.73
		P 4.8	14.79	15.22	50.02	5615.00	73.78	
		P 4.9	15.21	15.64	49.81	5594.00	67.37	

Se aprecian los datos como los códigos, dimensiones de cada probeta y las cargas máximas soportadas; además las resistencias a flexión que son

expresadas como el Módulo de Rotura para cada muestra, obteniendo sus promedios correspondientes, para el cálculo se usó la fórmula de la figura 18, que, según el Manual de Suelos y Pavimentos, se debe realizar los ensayos en los tercios medios de la luz, pero con la falla en el tercio medio de la viga.

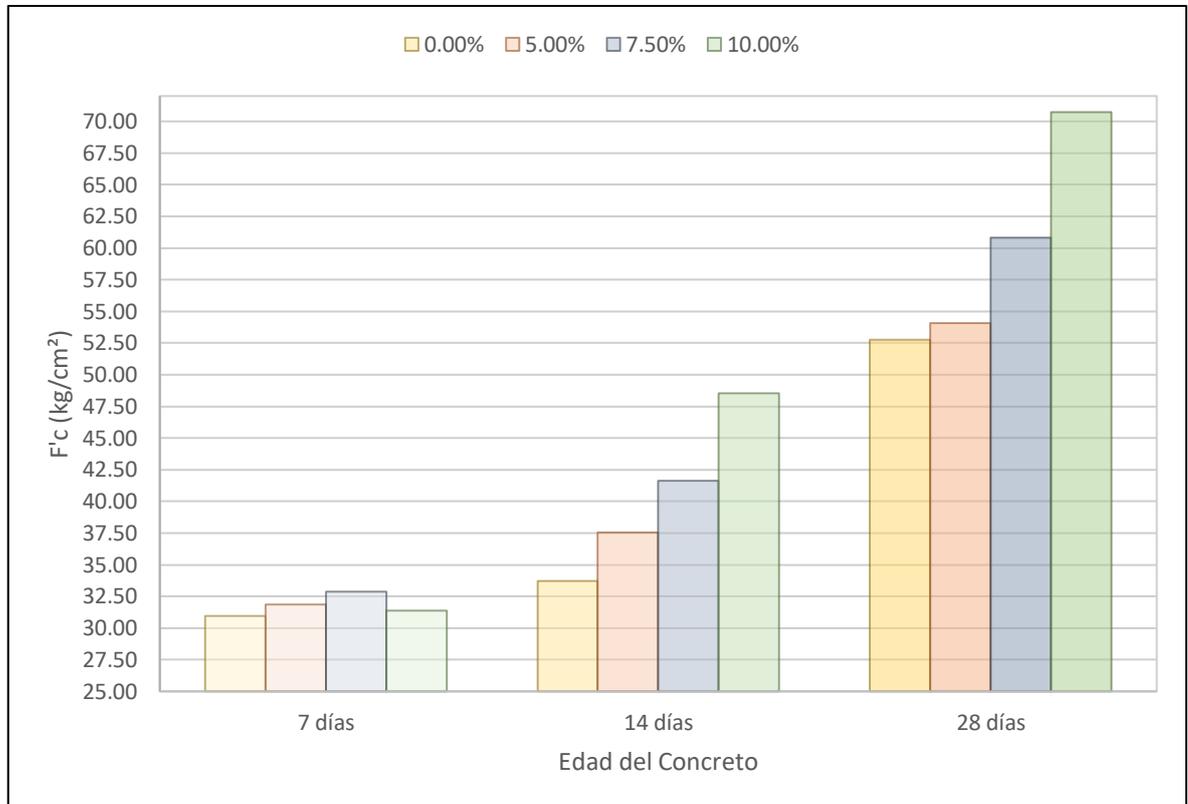


Figura 34. Edad vs Resistencia a Flexión

El gráfico de barras muestra que, en los primeros días del ensayo a flexión, para una sustitución del 7.50% alcanza 32.88 kg/cm² siendo la mayor resistencia y en 6.20% más del concreto sin sustitución; sin embargo, al cabo de los 14 días el promedio de la sustitución al 10.00% resulta ser la mayor, debido a que su resistencia de 48.53 kg/cm² es un 42.90% más del concreto patrón. Finalmente, a los 28 días de realizado la mezcla, el Módulo de Rotura alcanzado en la sustitución de la barra verde es de 70.73 kg/cm² que es 76.83% más con respecto a 40 kg/cm², el cual se tenía planteado superar.

4.7 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

Los resultados obtenidos al realizar el ensayo a tracción de las probetas (10x20cm) de forma horizontal empleando la Prensa HARDSTEEL SR-125 son:

Tabla 21. Ensayo de Resistencia a la Tracción

% de Sustitución	Edad	Código	Diámetro (cm)	Largo (cm)	Carga (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c Prom (kg/cm ²)
0.00%	7 días	PT 1.1	10.16	20.32	4591	14.16	14.25
		PT 1.2	10.13	20.37	4577	14.12	
		PT 1.3	10.09	20.12	4619	14.48	
	14 días	PT 1.4	10.13	20.33	4970	15.36	15.41
		PT 1.5	10.12	20.38	4956	15.30	
		PT 1.6	10.11	20.13	4978	15.57	
	28 días	PT 1.7	10.08	20.32	6749	20.98	20.98
		PT 1.8	10.07	20.39	6735	20.88	
		PT 1.9	10.14	20.12	6757	21.08	
5.00%	7 días	PT 2.1	10.12	20.29	4625	14.34	14.42
		PT 2.2	10.11	20.34	4611	14.27	
		PT 2.3	10.07	20.09	4653	14.64	
	14 días	PT 2.4	10.11	20.32	5881	18.22	18.20
		PT 2.5	10.10	20.37	5867	18.15	
		PT 2.6	10.09	20.52	5923	18.21	
	28 días	PT 2.7	10.11	20.32	8128	25.19	25.13
		PT 2.8	10.09	20.37	8114	25.13	
		PT 2.9	10.16	20.34	8136	25.06	
7.50%	7 días	PT 3.1	10.10	20.32	4670	14.49	14.49
		PT 3.2	10.09	20.27	4656	14.49	
		PT 3.3	10.05	20.52	4698	14.50	
	14 días	PT 3.4	10.09	20.32	6826	21.19	21.64
		PT 3.5	10.08	20.35	6988	21.69	
		PT 3.6	10.07	20.12	7018	22.05	
	28 días	PT 3.7	10.14	20.32	9507	29.37	29.40
		PT 3.8	10.11	20.33	9493	29.40	
		PT 3.9	10.18	20.22	9515	29.43	
10.00%	7 días	PT 4.1	10.08	20.32	4781	14.86	14.95
		PT 4.2	10.07	20.33	4767	14.82	
		PT 4.3	10.03	20.12	4809	15.17	
	14 días	PT 4.4	10.07	20.32	7671	23.87	24.24
		PT 4.5	10.06	20.34	7779	24.20	
		PT 4.6	10.05	20.12	7829	24.65	
	28 días	PT 4.7	10.17	20.32	11417	35.17	34.67
		PT 4.8	10.13	20.35	11414	35.25	
		PT 4.9	10.20	20.12	10826	33.58	

Se mantiene el mismo orden que en los ensayos a compresión, con la variación que las probetas presentan menores dimensiones y la carga aplicada sobre

éstas será de manera horizontal; mientras que los cálculos para obtener la resistencia a la tracción estarán dados con la fórmula en la figura 23.

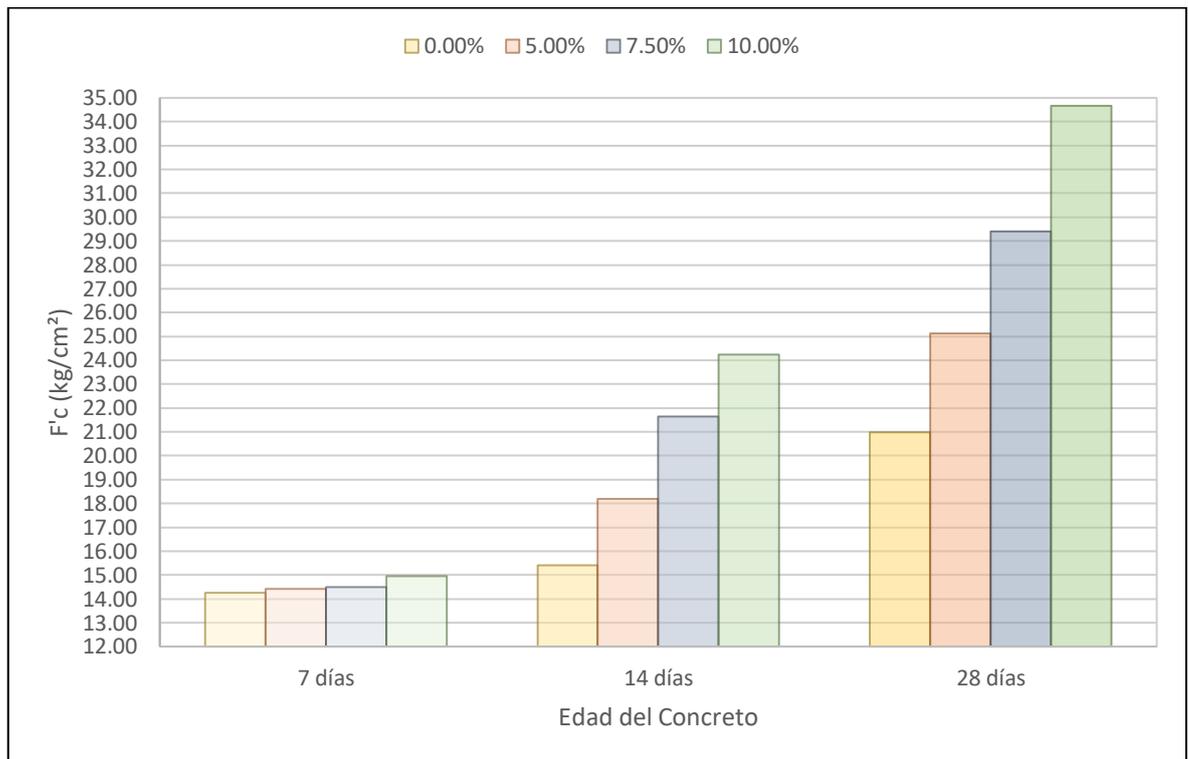


Figura 35. Edad vs Resistencia a Tracción

Con respecto a las resistencias de tracción, se tiene que, a la edad de 7 días, los valores obtenidos en los ensayos son muy cercanos, tanto es así que entre el más alto y bajo, existe una variación no mayor al 5%; aunque esta diferencia tiende a ser más notoria en los 14 días, debido a que la barra verde (sust. 10.00%) alcanza 24.24 kg/cm² mayor en 57.30% de la barra amarilla (sin sust.); por último, en los 28 días comparando los valores entre un concreto sin sustitución parcial del agregado fino y un concreto de 10.00% de sustitución, arrojan 20.98 kg/cm² y 34.67 kg/cm² respectivamente, variando en 65.25%.

V. DISCUSIÓN

La presente investigación se realizó con la finalidad de obtener conocimientos sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto diseñado básicamente para una resistencia de 280 kg/cm² que servirá en el empleo de un pavimento rígido que tendrá una sustitución parcial en su composición, donde el elemento reemplazado ha sido el agregado fino por gránulos de caucho reciclado de neumáticos, he aquí la cuestión si existen ventajas al efectuar esta variación.

Para realizar la comparación de todos los instrumentos de recolección de datos se sometieron a condiciones iguales cuando se efectuaron los ensayos correspondientes al estado fresco del concreto, minutos posteriores de haber realizado la mezcla, y estado endurecido, cumplidas las edades de 7, 14 y 28 días de haberlas colocado en sus respectivas probetas cilíndricas y prismáticas; como ya se tiene conocimiento de las páginas anteriores, las 4 mezclas se presentan como la muestra patrón, del cual parte la sustitución al 5%, 7.5% y 10%.

Recordando los ensayos que fueron realizados en esta investigación, se registran de la siguiente manera por el estado de concreto:

- Ensayos en Concreto Fresco:
 - ✓ Consistencia (Asentamiento – Trabajabilidad)
 - ✓ Contenido de Aire
- Ensayos en Concreto Endurecido:
 - ✓ Resistencia a la Compresión
 - ✓ Resistencia a la Flexión
 - ✓ Resistencia a la Tracción

Como se mostraron en los resultados, las ventajas que tienen mayor relevancia se encuentran en los ensayos de concreto endurecido, ya que a las mezclas que han sido influenciadas por los gránulos de caucho, obtuvieron paulatinamente y en otros potencialmente elevados resultados que beneficiaron a cada ensayo, logrando que sobrepasen a las resistencias registradas en el concreto patrón.

Sin embargo, por el lado del concreto en estado fresco, los resultados que como se observan cumplen y se aceptan para emplear en un futuro, se interpreta que cada que se agrega mayores cantidades se alejan (en desventaja) del concreto patrón.

Por ello interpretando y analizando las normas y/o referencias que se tienen como base y conocimiento del concreto:

5.1 CONSISTENCIA DEL CONCRETO:

Los resultados que se obtuvieron en este ensayo con Norma Técnica Peruana 339.035, demostraron que la variación en la composición del concreto influyó de manera estable en los asentamiento obtenidos, ya que entre el resultado del concreto con 10% de sustitución en agregado fino es aproximadamente 14.16% mayor que el concreto patrón; sin embargo tanto estos resultados como el de los reemplazos al 5% y 7.5% se encuentran dentro del rango de consistencia Plástica que es entre 3" a 4", la más usada y esperada para los diseños de mezcla, así pues se muestra el siguiente gráfico del asentamiento en aumento.

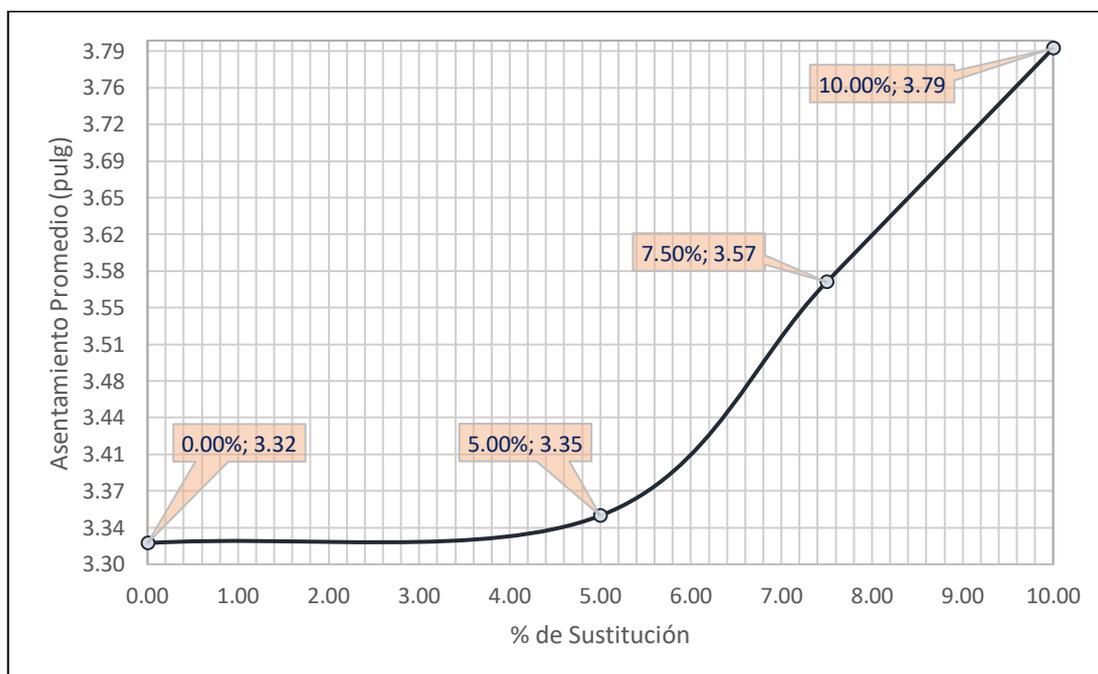


Figura 36. Curva de Asentamiento

La comparación anterior ocurre de la misma forma en el trabajo de los hermanos **Guzmán en Chimbote (2015)**, ya que realizan los ensayos de asentamiento para un concreto de 210 kg/cm² como resistencia, su concreto patrón resulta ser el de menor asentamiento con 7.80cm (3.07”), mientras que las muestras con sustitución de 5%, 15% y 25% obtuvieron 8.10, 8.70 y 10.60cm (3.19”, 3.43” y 4.17” respectivamente) en el agregado fino y 8.3, 9.2 y 11.9 cm (3.27”, 3.62” y 4.69”) en el agregado grueso.

Considerando las teorías que se han descrito anteriormente, la consistencia y trabajabilidad no son lo mismo, ya que no es correcto decir, mientras mayor consistencia habrá mayor trabajabilidad, lo ideal y lo que se debe interpretar es en qué tipo de proyecto la consistencia que deseo tendrá mejor trabajabilidad, en otras palabras; analizo donde voy a hacer el proyecto o que proyecto realizaré y según ello, con qué tipo de consistencia trabajaría mejor allí.

El análisis que se tiene en esta investigación va referida a un concreto empleado a un pavimento rígido; entonces el proyecto es una infraestructura vial, la cual no cuenta con encofrados de grandes dimensiones como encontramos en estructuras de edificios o casas, de esta manera sería más trabajable o manejable un concreto que presente una consistencia entre Seca y Plástica.

5.2 CONTENIDO DE AIRE:

Según la Norma Técnica Peruana 339.080 el ensayo que se realizó para la determinación del contenido de aire fue el método de presión usando como instrumento la Olla Washington para el concreto en estado fresco respetando cada una de las muestras a analizar; tal y como se muestra en la tabla 18 y figura 32.

Los porcentajes de contenido de aire como se muestran en las tablas con respecto a la variación de agregado y caucho en 0%, 5%, 7.5% y 10%, arrojan valores de 1.499%, 1.571%, 1.599% y 1.670% respectivamente; esto quiere decir que entre el menor y mayor de los resultados existe una diferencia de 0.171%, que viene a ser representado como un incremento porcentual de 11.41 por parte de la muestra patrón.

Teniendo una referencia a estos valores, realizo la comparación con la investigación de **Laura Venegas en Bogotá (2016)**, quien al efectuar un concreto de 4000 psi el cual se aproxima a mi resistencia de 280 kg/cm² con variaciones en su composición al 0%, 5%, 10%, 15% y 20% del agregado fino, obtiene 1.9%, 2.0%, 2.3%, 2.4% y 4.5% de contenido de aire, y debido a su tamaño máximo nominal de agregado grueso como 1", considera al contenido de aire moderado ya que su parámetro exige que no sea mayor al 5%.

Para el caso de esta investigación el tamaño máximo nominal del agregado grueso fue de 3/4", por lo que como máximo contenido de aire debería ser o alcanzar el 2% del volumen total del concreto, y como se observa cumple esa restricción o

parámetro, sin embargo habría que acotar y añadir la desventaja o ventajas que puede tener esta propiedad; por la parte negativa, sería un factor principal a generar u ocasionar que el concreto en estado endurecido sufra de fisuras con mayor frecuencia y que la resistencia se vea disminuida; por la parte positiva de tener esta propiedad a favor del concreto, se da en zonas donde las temperaturas tienden a la baja y originan que el agua del concreto comience a cristalizarse y con ello llegar a retraer el endurecimiento y provocar fisuras o fracturas a muy temprana edad.

5.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

La resistencia a compresión se muestra en la Norma Técnica Peruana 339.034, la cual detalla que se determinará a partir de muestras cilíndricas de concreto, como en los ensayos que se utilizaron medidas aproximadas de 15cm de diámetro con 30 cm de altura, a su vez que han sido analizadas cuando el concreto se encontraba en estado endurecido, a partir de las edades de 7, 14 y 28 días.

Como resultados se obtuvo que las resistencias han ido en incremento con respecto al aumento de los gránulos de caucho que son 0%, 5%, 7.5% y 10%, tal como se muestra el gráfico, en este se puede apreciar una comparación de las edades antes mencionadas y las resistencias alcanzadas en cada etapa, pero diferenciados por los colores de cada curva que representan las cantidades porcentuales de caucho.

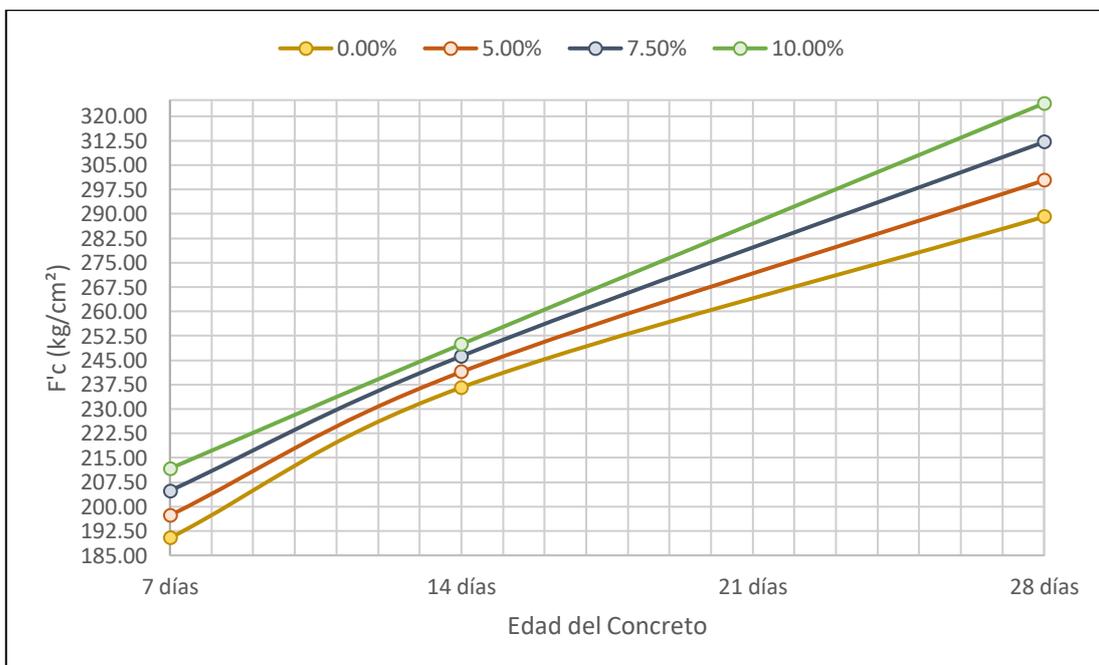


Figura 37. Curvas de Resistencia a Compresión

Tabla 22. Resumen de Resistencias a Compresión

% de Sustitución	7 días	14 días	28 días
10.00%	211.71 kg/cm ²	249.92 kg/cm ²	323.99 kg/cm ²
7.50%	204.86 kg/cm ²	246.27 kg/cm ²	312.11 kg/cm ²
5.00%	197.30 kg/cm ²	241.41 kg/cm ²	300.30 kg/cm ²
0.00%	190.34 kg/cm ²	236.63 kg/cm ²	289.11 kg/cm ²

De igual manera sucede con la información recolectada con la investigación de **Chávarri y Falen en Lima (2020)** donde también reemplazan parcialmente (10%, 20%, 25%, 30%, 40% y 50%) al agregado fino por gránulos de caucho con la diferencia que utilizan dimensiones de 20 y 25 mm de este último; obtienen como resultados que su muestra patrón alcanza una resistencia de 417 kg/cm² de promedio, sin embargo en las proporciones de 10% y 20% alcanzan un resistencia promedio de 387 kg/cm² y 318 kg/cm² respectivamente, mientras que las demás variaciones no sobrepasan el valor de 280 kg/cm² para el cual estaban diseñados, para simplificar lo anterior, la muestra patrón resulta ser el de mayor con respecto a las demás, que conforme aumenta el porcentaje de caucho, disminuye su resistencia a la compresión.

Con lo anterior dicho, podemos deducir o interpretar que las dimensiones usadas en los gránulos de caucho tienden a influenciar altamente en los resultados finales de los ensayos, ya que en la presente investigación se utilizaron de 2 a 3.5 mm como dimensionamiento y siendo el motivo por el que las resistencias van en aumento por cada sustitución mostrada.

5.4 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN:

Para saber cuál es el ensayo ideal para el cálculo de Módulo de Rotura, se analizó el Manual de Suelos y Pavimentos del MTC (2014), donde se indica textualmente lo siguiente: las vigas serán sometidas a cargas en los tercios de la luz libre, y forzando a que la falla ocurra en el tercio medio de la viga; esto conlleva a que se haga efecto de la Norma Técnica Peruana 339.078, que establece ese mismo procedimiento (requisito) del manual; las vigas tendrán una dimensión aproximada de 15cm en base y altura, con 50 cm de largo.

Como se vio en el capítulo anterior, la resistencia a flexión o conocido en infraestructuras viales como el Módulo de Rotura, fundamental para determinar el espesor de la losa, los resultados fueron óptimos o mejor de lo que se esperaba,

ya que cada porcentaje de sustitución (0%, 5%, 7.5% y 10%), van en aumento uno con respecto a otro, y aún más si se consideran en las edades ya conocidas. Tal es así que se muestra un resumen breve con este gráfico:

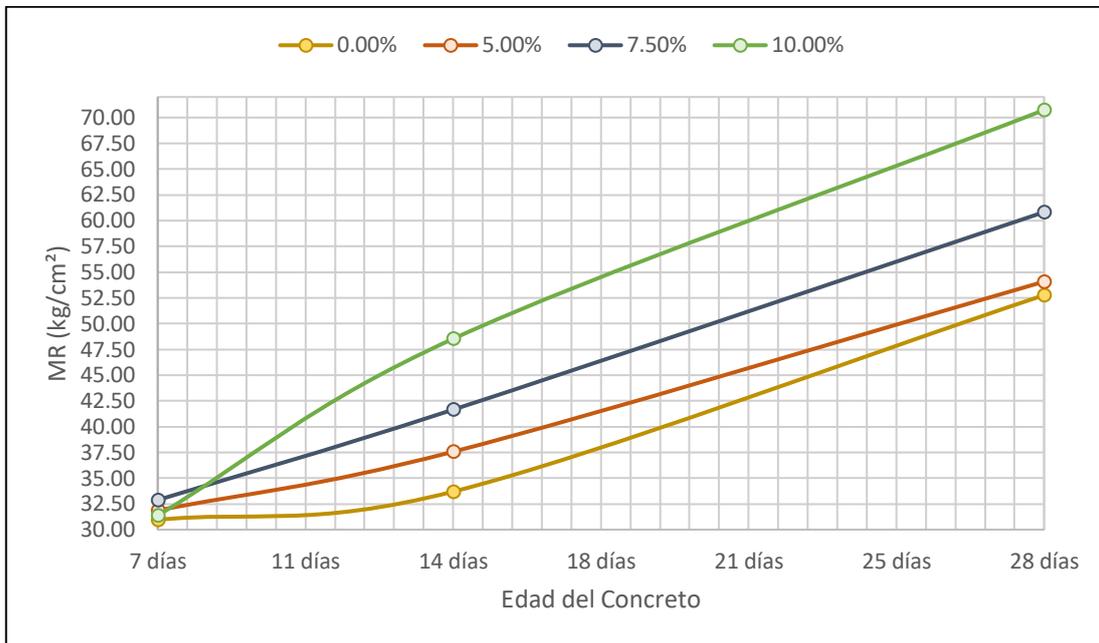


Figura 38. Curvas de Resistencia a Flexión

Tabla 23. Resumen de Resistencias a Flexión

% de Sustitución	7 días	14 días	28 días
10.00%	31.38 kg/cm ²	48.30 kg/cm ²	70.73 kg/cm ²
7.50%	32.88 kg/cm ²	41.65 kg/cm ²	60.82 kg/cm ²
5.00%	31.86 kg/cm ²	37.56 kg/cm ²	54.08 kg/cm ²
0.00%	30.96 kg/cm ²	33.69 kg/cm ²	52.76 kg/cm ²

Dada esta información, procedo a realizar una comparación con los resultados de la investigación de **Chávarri y Falen en Lima (2020)**, donde se trabaja con vigas de dimensiones similares a la de esta investigación (15x15x45cm) y con reemplazos en su agregado fino por gránulos de caucho (20 y 25 mm) de 10%, 20%, 25%, 30%, 40% y 50%; es así que trabajando con 2 vigas por cada reemplazo y en edades de 7 y 28 días promedian lo siguiente, que al cabo de estos días, la muestra patrón alcanza una resistencia de 49 kg/cm² siendo la más alta del resto, mientras que las demás muestras se ven disminuyendo conforme aumenta el caucho; solo son aceptadas las resistencias de 10% y 20% de reemplazo ya que son las únicas que sobrepasan la mínima de 40 kg/cm², tal como lo pide el manual de pavimentos.

Ya que se tiene conocimiento tanto en esta investigación y con la que se está comparando para diseño de mezcla 280 kg/cm^2 , se ve la diferencia de los resultados como son óptimos para un caso y en desventaja para otro, la clave o punto de desequilibrio fueron las dimensiones usadas en el material de reemplazo, con lo cual si existe una clara influencia sobre esta propiedad mecánica.

5.5 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:

La Norma Técnica Peruana 339.084 es la que especifica como se realizará este tipo de ensayo, se explica como la determinación de la resistencia a la tracción indirecta a través de la compresión diametral de una probeta cilíndrica, lo que da a entender que se ejecutará una probeta cilíndrica con orientación o de forma horizontal, éstos miden aproximadamente de 10 cm diámetro y 20 cm de largo.

De igual manera que los ensayos anteriores, se muestran en el capítulo 4 (resultados), donde están detallados los datos y cálculos efectuados, así como especificar la fórmula empleada para llegar a las resistencias, que han sido resumidas en este gráfico, y se aprecia un aumento considerable entre cada sustitución del agregado fino por gránulos de caucho. Al cabo de los 28 días se tiene una resistencia de 20.98 kg/cm^2 con el concreto patrón, pero aumenta en 19.78%, 40.13% y 65.25% respectivamente a 5%, 7.5% y 10% de sustitución.

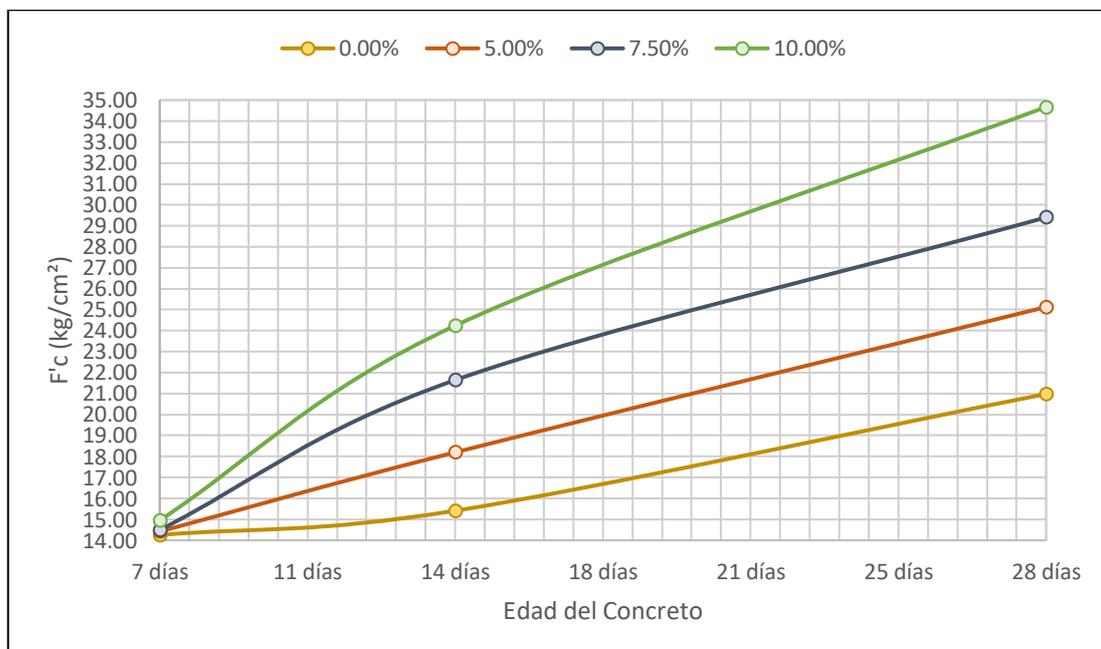


Figura 39. Curvas de Resistencia a Tracción

Tabla 24. Resumen de Resistencias a Tracción

% de Sustitución	7 días	14 días	28 días
10.00%	14.95 kg/cm ²	24.24 kg/cm ²	34.67 kg/cm ²
7.50%	14.49 kg/cm ²	21.64 kg/cm ²	29.40 kg/cm ²
5.00%	14.42 kg/cm ²	18.20 kg/cm ²	25.13 kg/cm ²
0.00%	14.21 kg/cm ²	15.41 kg/cm ²	20.98 kg/cm ²

Al realizar una comparación lo más cercana posible a esta investigación, recurrimos a la tesis otorgada por los hermanos **Guzmán** en **Chimbote (2015)**, que hicieron el mismo ensayo con la variación que su diseño de mezcla es de 210 kg/cm² y con gránulos de caucho que oscilan entre 1-4mm y 10-20mm, mientras que las sustituciones parciales de 5%, 15% y 25% corresponden tanto para agregado fino y grueso. Su diseño de mezcla patrón, obtuvo una resistencia de 28.6 kg/cm², y las que logran superar ligeramente este valor son las sustituciones de 5% al agregado fino y grueso con 29.1 kg/cm² y 28.7 kg/cm², siendo éstas las más altas ya que conforme aumentaron los porcentajes de sustitución, la resistencia a tracción se vio reducida.

Finalmente, los resultados en ambos casos de muestran que en la sustitución al 5% siempre será mayor al patrón, ya sea por poco o mucho, aunque la teoría que puede explicar o características que beneficia a la presente investigación, es que se utilizaron dimensiones de caucho más reducidas lo cual no genera porosidad o aberturas en el interior del concreto, provocando que las propiedades mecánicas sean afectadas paulatinamente y no alcancen los estándares recomendados.

VI. CONCLUSIONES

En la presente investigación se registró la información adecuada y suficiente con respecto uno de los problemas que afectan al medio ambiente, y se planteó la manera de mitigar este incremento de materiales no eliminados que aquejan en la sociedad; ya que la propuesta de añadir caucho en gránulos a las mezclas de concreto con resistencia 280 kg/cm^2 , terminó siendo en gran medida aceptable y favorable cumpliendo con los estándares de acuerdo a las normas y parámetros.

1. En primer lugar, se logró explicar, describir y detallar las propiedades físicas y mecánicas del concreto para un pavimento rígido, con la particularidad de tener en su composición gránulos (2 a 3.5 mm) de caucho reciclado de llantas en sustitución parcial del agregado fino con proporciones de 5%, 7.5% y 10% de su peso, que sería usado o diseñado para la Avenida Metropolitana en el distrito de Comas; existiendo variedad de propiedades, se escogieron las de mayor prioridad que interceden en un proyecto de infraestructura vial.
2. Al determinar las propiedades físicas, ensayos realizados en el estado fresco del concreto, se obtuvo en el Asentamiento del concreto patrón un promedio de 3.32", y al añadir los gránulos de caucho al 5% se obtiene 3.35", con la sustitución al 7.5% resulta 3.57", y finalmente al 10% es de 3.79"; por ende se encuentran consideradas como una consistencia Plástica (3" – 4") y relativamente Trabajable para proyectos que se dediquen a pavimentos por las condiciones en que se realiza el vaciado del concreto.
3. La otra propiedad física del concreto es el Contenido de Aire, que su análisis fue detallado y limitado según el tamaño máximo nominal del agregado grueso utilizado en la mezcla, ya que según los parámetros indica que para un TMN = 3/4", como máximo contenido de aire 2% del volumen del concreto, y esto se observa en cada resultado pues el concreto patrón tiene 1.499%, sustitución al 5% llegó hasta 1.571%, con 7.5% tiene un valor de 1.599% y al 10% de reemplazo es de 1.670%.

4. Por parte de las propiedades mecánicas se hizo en primer lugar el ensayo a compresión, que podría ser el más usado en lo que respecta el ámbito de la construcción, es así que en esta investigación se consideraron analizar muestras en edades de 7, 14 y 28 días, que al término de ellos se mostró claramente el incremento de resistencia cuando se añaden gránulos de caucho en las proporciones de 5%, 7.5% y 10%, ya que el concreto patrón alcanzó 289.11 kg/cm² como máxima resistencia, al 5% de sustitución fue de 300.30 kg/cm², con 7.5% se elevó hasta 312.11 kg/cm² y al 10% terminó siendo de 323.99 kg/cm².
5. La segunda propiedad que fue analizada, va relacionada a un valor importante en el cálculo del espesor de losa del pavimento, el Módulo de Rotura con mínimo de 40 kg/cm², que en esta investigación alcanzaron resultados altamente favorables comparados con este último, inicialmente en el concreto patrón tiene en promedio 52.76 kg/cm², cuando se sustituye al 5% con gránulos de caucho 54.08 kg/cm², al 7.5% su resistencia fue de 60.82 kg/cm², y al 10% logra 70.73 kg/cm², demostrando que mientras se aumenta el porcentaje de sustitución y en relación con el contenido de aire máximo, podrá alcanzar altas resistencias en concretos para pavimentos.
6. Por último, la resistencia a tracción indirecta, ya que se realiza un ensayo que comprime de forma horizontal o perpendicular al diámetro de la probeta cilíndrica, y no de la forma directa que consiste en tensionar la probeta sosteniéndola de los extremos; los resultados también demuestran que al agregar el caucho existe un incremento de resistencia, concreto patrón con resistencia promedio de 20.98 kg/cm², sustituyendo el 5% de agregado fino resulta 25.13 kg/cm², con 7.5% alcanza los 29.40 kg/cm² y al añadir 10% de los gránulos se eleva a 34.67 kg/cm².

VII. RECOMENDACIONES

Ya para ir concluyendo con esta investigación, se plantean las siguientes recomendaciones que van destinadas para los responsables por generar bienestar a la sociedad a través de proyectos como infraestructuras viales para entablar una retroalimentación, asimismo se agregarán datos para futuras investigaciones que tengan como finalidad la mitigación de residuos que afecten al medio ambiente:

1. Debido a las mejoras que se han visto en los resultados con respecto a la sustitución parcial del agregado fino por gránulos de caucho reciclado provenientes de llantas en desuso que aquejan la salud de las personas, se recomienda tomar esta idea como una construcción sostenible ya que reducirían en parte los impactos ocasionados por este material que no tiene una correcta eliminación.
2. Para las futuras investigaciones que deseen realizar algún tipo de sustitución o añadir a la composición tradicional del concreto un elemento, pues se recomienda que tomen en cuenta las ideas de investigaciones previas, ya que en ellas se encontrará la información requerida para establecer los parámetros, conceptos y cantidades a usar.
3. También se realiza la recomendación, pero enfocada a las proporciones establecidas en esta investigación, que para las dimensiones de 2 a 3.5 mm de los gránulos de caucho, puedan ejecutarse más variaciones porcentuales superiores al 10% del agregado fino en peso; podría en otras sugerencias que se realice para reemplazos con el agregado grueso, y de estar en esta situación, optar por dimensiones mayores para comprobar si las resistencias superan las estandarizadas.
4. Para la última sugerencia, será respecto a la toma de información y los resultados obtenidos, ya que éstos son dependientes uno de otro, como es el dato del TMN del agregado grueso, que es predecesora al dato de máximo contenido de aire en el concreto, y a su vez, éste (en las proporciones y dimensiones erróneas) podría generar una baja en las resistencias que se tiene planteado alcanzar en un concreto tradicional y sin aditivos.

REFERENCIAS

ACEVEDO, W y MARTÍNEZ, W. Desempeño de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto Dosificado con Cemento “Nacional” comparado con el Concreto Dosificado con Cemento “Sol”. Tesis: (Título Profesional de Ingeniero Civil) Lima, Perú: Universidad San Martín de Porres, 2017. 269 pp.

AMIRUDDIN, Ismail, M.F.M., Zain y ALTEF, Aows. The influence of scrap tire particles on rigid pavements characteristics. *Proceedings of the Eastern Society for Transportation Studies*, 8: 255, September 2011.

ISSN: 1341-8521

ALI, Fadi. Studying the Effect of Adding Crumb Rubber on the Mechanical Properties of Asphalt Mixtures (Wearing Course Layer). Thesis (Degree of Master of Civil Engineering / Infrastructure Management) Gaza, Palestinian Authority: The Islamic University of Gaza, 2017. 89 pp.

ASWATH, Pranesh, ABOLMAALI, Ali y SIRINGI, Gideon. Properties of concrete with crumb rubber replacing fine aggregates (Sand). *Advances in Civil Engineering Materials*, Vol 2 (1):218-232, 2013.

ISSN: 2165-3984.

BAECHLE, Thomas y EARLE, Roger. Principios de entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento físico. 2.^a ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2007. 656 pp.

ISBN: 978-84-9835-007-4

CABANILLAS, E. Comportamiento Físico Mecánico del Concreto Hidráulico Adicionado con Caucho Reciclado. Tesis: (Título Profesional de Ingeniera Civil) Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017. 189 pp.

CATANZARO, G y ZAPANA, O. Diseño y evaluación de concreto estructural de F'c 280 kg/cm² elaborado con aguas residuales domésticas tratadas mediante procesos biológicos como alternativa al uso de agua potable en Lima Metropolitana. Tesis: (Título Profesional de Ingeniero Civil) Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019. 138 pp.

CASTILLO, C y SÁNCHEZ, D. Diseño de un Pavimento Rígido agregando elastómero termoplástico en la provincia de Trujillo – La Libertad. Tesis: (Título Profesional de Ingeniero Civil) La Libertad, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego, 2017. 86 pp.

CHANG, L. Managing the recycling of end-of-life tyres in Victoria, Australia. Work: (Final work of master) Victoria, Australia: University of Melbourne, 2016.

CHAPOÑAN, J y QUISPE, J. Análisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el A.A.H.H. Villamaria - Nuevo Chimbote. Tesis: (Título profesional de Ingeniero Civil) Ancash, Perú: Universidad Nacional del Santa, 2017. 214 pp.

CHÁVARRI, L y FALEN, J. Propuesta de concreto eco-sostenible con la adición de caucho reciclado para la construcción de pavimentos urbanos en la ciudad de Lima. Tesis: (Título Profesional de Ingenieros Civiles) Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2020. 160 pp.

CONCRETE made with recycled tire rubber: Effect of alkaline activation and silica fume addition by Tiago Arent [et al]. Brazil: *Journal of Cleaner Production*, 19 (6): 757-763, April 2011.

ISSN: 0959-6526

CORREA, C. Implementación de Mezcla Asfáltica Modificada con Granulo de Caucho en el Barrio San Carlos de la Localidad de Tunjuelito. Tesis: (Especialista en Ingeniería de Pavimentos) Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, 2018. 48 pp.

ESCUADERO, Carlos Y CORTEZ, Liliana. Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica. Machala: UTMACH, 2018. 104 pp.

ISBN: 978-9941-24-092-7

ERASO, H y RAMOS, N. Estudio del Comportamiento Mecánico del Concreto, Sustituyendo parcialmente el Agregado Fino por Caucho Molido recubierto con

Polvo Calcáreo. Tesis: (Título de Ingeniero Civil e Industrial) Cali, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, 2015. 98 pp.

GIRALDO, Orlando. Manual de Agregados para el Hormigón. 2.a ed. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2003. 49 pp.

GUZMÁN, E y GUZMÁN, Y. Sustitución de Áridos por Fibras de Caucho de Neumáticos Reciclados en la Elaboración de Concreto Estructural en Chimbote - 2015. Tesis: (Título en Ingeniería Civil) Chimbote, Perú: Universidad Nacional del Santa, 2015. 351 pp.

HERNÁNDEZ, M y RODAS, R. Determinación de las propiedades del concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ para pavimento, adicionando cenizas de caña de azúcar, Moyobamba, San Martín, 2018. Tesis: (Título profesional de Ingeniero Civil) San Martín, Perú: Universidad César Vallejo, 2018. 194 pp.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la Investigación. 6.^a ed. México D.F.: McGRAW-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2014. 634 pp.

ISBN: 978-1-4562-2396-0

INFLUENCIA de la adición de caucho de reciclaje a compuestos de cemento Portland, tipo I: Ensayos destructivos y no destructivos por Carmen Albano [et al]. En: Estructuras de sitios compuestos. Venezuela: Universidad Central de Venezuela, 2005. pp. 439-446.

INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 339.034: Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. 4^a Edición. Lima: INC, 2015.

INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 339.035: Concreto. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland. 4a. Edición. Lima: INC, 2015.

INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 339.036: Concreto. Práctica para muestreo de mezclas de concreto fresco. 4^a Edición. Lima: INC, 2018.

INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 339.078: Concreto. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. 3ª Edición. Lima: INC, 2017.

INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 339.080: Concreto. Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión. 3ª Edición. Lima: INC, 2018.

INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 339.084: Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica. Lima: INC, 2017.

INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 339.088: Concreto. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Pórtland. Requisitos. 3ª Edición. Lima: INC, 2017.

INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 400.037: Agregados. Agregados para concreto. Requisitos. 4ª Edición. Lima: INC, 2018.

INVESTIGATION on the properties of concrete tactile paving blocks made with recycled tire rubber by Fabiana Da Silva [et al] *Construction and Building Materials*. Sao Paulo: Elsevier, 91: 71-79, March 2015.

ISSN: 0950-0618

LO PRESTI, Davide. Recycled tyre rubber modified bitumens for road asphalt mixtures: A literature review. *Construction and Building Materials*, 49: 863-881, September 2013.

ISSN: 0950-0618

MANOHARAN, P.; RAVICHANDRAN, P.; ANNADURAI, R. y KANNAN, P. Studies on Properties of Concrete Using Crumb Rubber as Fine Aggregate. En: Bhaskar, M.; Dash, S.; Das, S y Panigrahi, B. Conference on Intelligent Computing and Applications. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol 846. Springer: Singapore, 2018.

ISBN: 978-981-13-2182-5

MATHER, Bryant y OZYILDIRIM, Celik. Concrete Primer (Cartilla de Concreto). México D.F.: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2004. 51 pp.

ISBN: 968-464-143-5

MEJÍA, Rebeca. Tras las vetas de la investigación cualitativa: perspectivas y acercamientos desde la práctica. Guadalajara: Universidad Jesuita de Guadalajara (ITESO), 1998. 265 pp.

MEHTA, Povindar y MONTEIRO, Paulo. Concrete: Structure, Properties and Materials. 2.^a ed. Michigan: Prentice Hall, 1993. 548 pp.

ISBN: 007-041-344-4

MÉTODOS de investigación de enfoque experimental [en línea]. Lima: Javier Murillo en la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. Noviembre 2015 [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2019]. Disponible en <http://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú). Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima: MTC, 2014. 302 pp.

MINISTERIO de la Producción (Perú). Reglamento Técnico para Neumáticos de Automóvil, Camión Ligero, Buses y Camiones. Lima: PRODUCE, 2005. 17pp.

MIRANDA, R. Deterioros en Pavimentos Flexibles y Rígidos. Tesis: (Título de Ingeniero Constructor) Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile, 2010. 93 pp.

PEÑALOZA, C. Comportamiento Mecánico de una Mezcla para Concreto Reciclado usando Neumáticos Triturados como Reemplazo del 10% y 30% del Volumen del Agregado Fino para un Concreto con Fines de uso Estructural. Tesis: (Título de Ingeniero Civil) Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2015. 71 pp.

PÉREZ, J y ARRIETA, Y. 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. Tesis: (Título de Ingeniería Civil) Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2017. 81 pp.

PITA, Salvador y PERTEGAS, Sonia. Investigación Cuantitativa y Cualitativa. *Cadernos de Atención Primaria*, 9 (2): 76-78, 2002.

ISSN: 1134-3583

PRAJAPATI, Harshit y PITRODA, J. Utilization of crumb rubber in rigid pavement. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 7 (7): 2072-2082, 2020.

ISSN: 2395-0072

RASHWAN, E. Effects of pre-treated recycled tire rubber on fresh and mechanical properties of concrete. Thesis: (Grado de Maestría en Ciencia de Ingeniería Civil y Rehabilitación de Estructuras) Gaza, Palestinian Authority: The Islamic University of Gaza, 2016. 88 pp.

ROJAS, Roberto. Elementos para el diseño de técnicas de investigación: Una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica. *Tiempo de Educar (Revista Interinstitucional de Investigación Educativa)*, 12 (24): 277-297, julio - diciembre 2011.

ISSN: 1665-0824

RUSQUE, Ana. De la diversidad a la unidad en la investigación cualitativa. Caracas: Vadell Hermanos, 2003. 231 pp.

ISBN: 980-212-284-X

SÁNCHEZ, S y YÉPEZ, S. Calidad del Pavimento Rígido sobre las Propiedades Físicas, Químicas y Mecánicas en la Av. 10 de Julio, Huamachuco – La Libertad, 2017. Tesis: (Título Profesional de Ingeniero Civil) La Libertad, Perú: Universidad Privada del Norte, 2017. 173 pp.

SILUPU, H y SALDAÑA, J. Efectos de las Fibras de Polipropileno sobre las Propiedades Físico Mecánico de un Concreto Convencional para Pavimentos

Rígidos utilizando Cemento Qhuna, Trujillo – La Libertad 2018. Tesis: (Título Profesional de Ingeniero Civil) La Libertad, Perú: Universidad Privada del Norte, 2018. 245 pp.

SUARÉZ, I y MUJICA, E. Bloques de Concreto con Material Reciclable de Caucho para Obras de Edificaciones. Tesis: (Título Profesional de Ingeniero Civil) Cusco, Perú: Universidad Nacional de San Antonio en Abad del Cusco, 2016. 183 pp.

SUPO, José. Seminarios de Investigación Científica: Metodología de la Investigación para las Ciencias de la Salud. 2.^a ed. Perú: Bioestadístico EIRL. 350 pp.

ISBN: 150-334-985-3

TORRES, H. Valoración de Propiedades Mecánicas y de Durabilidad de Concreto Adicionado con Residuos de Llantas de Caucho. Tesis: (Magister en Ingeniería Civil con énfasis en estructuras) Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2014. 238 pp.

TUEROS, M. Incorporación de Polvo de Caucho en Mezcla Asfáltica Convencional para mejorar el Comportamiento de la superficie de rodadura frente al Ahuellamiento en la Ciudad de Huancayo. Tesis: (Título Profesional de Ingeniero Civil) Huancayo, Perú: Universidad Peruana Los Andes, 2017. 105 pp.

VENEGAS, L. Evaluación del comportamiento del grano de caucho de llanta reciclada en la producción de concreto para la empresa Argos. Tesis: (Grado para optar el título de Ingeniero Químico) Bogotá, Colombia: Fundación Universidad de América, 2016. 78 pp.

ZHOU, Y. Recycled tires as coarse aggregate in concrete pavement mixtures. Thesis: (Degree of Master of Science Civil Engineering) Colorado, EUA: University of Colorado, 2014. 116 pp.

ANEXOS

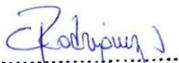
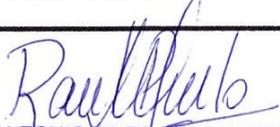
ANEXO 1: Matriz de Consistencia – “Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019”

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	V.I.: Caucho Reciclado De Llantas		Instrumento
			Dimensiones	Indicadores	
¿Cómo serán afectadas las propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho de llantas recicladas en la avenida Metropolitana, Comas 2019?	Evaluar las propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho de llantas recicladas en la avenida Metropolitana, Comas 2019.	Existe una variación en las propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho de llantas recicladas en la avenida Metropolitana, Comas 2019.	Caucho reciclado	Propiedades Trituración	Libros
			Proporciones de caucho reciclado	5% en peso 7.5% en peso 10% en peso	Libros
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	V.D.: Pavimento Rígido		Instrumento
			Dimensiones	Indicadores	
¿Cómo serán afectados el asentamiento y contenido de aire del concreto para pavimento rígido con adición de caucho de llantas recicladas en la avenida Metropolitana, Comas 2019?	Determinar el asentamiento y contenido de aire del concreto para pavimento rígido con adición de caucho de llantas recicladas en la avenida Metropolitana, Comas 2019.	Existe una variación del asentamiento y contenido de aire del concreto para pavimento rígido con adición de caucho de llantas recicladas en la avenida Metropolitana, Comas 2019.	Propiedades físicas	Asentamiento Contenido de aire	Ensayos de concreto en Estado Fresco
¿Cómo serán afectadas la compresión, flexión y tracción del concreto para pavimento rígido con adición de caucho de llantas recicladas en la avenida Metropolitana, Comas 2019?	Determinar la compresión, flexión y tracción del concreto para pavimento rígido con adición de caucho de llantas recicladas en la avenida Metropolitana, Comas 2019.	Existe una variación de la compresión, flexión y tracción del concreto para pavimento rígido con adición de caucho de llantas recicladas en la avenida Metropolitana, Comas 2019.	Propiedades mecánicas	Compresión Flexión Tracción	Ensayos de concreto en Estado Sólido

ANEXO 2: Matriz de Operacionalización de las Variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente (X) Caucho Reciclado de Llantas	Se le denomina caucho reciclado, al caucho reutilizado de los neumáticos que ya acabaron su vida útil, los neumáticos reutilizables son además de una fuente de energía aprovechable, un residuo que al ser valorizado puede ser usado en infinidad de aplicaciones, por Cabanillas (2017, p. 33)	El caucho reciclado se medirá a través de las propiedades que tiene para determinar la acción en la variable dependiente, así como sus dimensiones para los ensayos que se realizarán, los cuales tendrán variaciones respecto a proporciones en peso que sustituirán al agregado fino.	Caucho Reciclado	Propiedades Triturado	Nominal
			Proporciones de Caucho Reciclado	5% en peso 7.5% en peso 10% en peso	Razón
Variable Dependiente (Y) Pavimento Rígido	El pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la sub rasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito, MTC, (2014, p. 22).	El pavimento rígido, considerando como componente principal el concreto, éste será medido a través de algunas de sus propiedades físicas y mecánicas, las cuales encontraremos en el estado fresco (inicio de la mezcla) y el estado endurecido, que abarca diferentes tiempos de secado (7, 14 y 28 días).	Propiedades Físicas	Trabajabilidad Contenido de Aire	Razón
			Propiedades Mecánicas	Compresión Tracción Flexión	Razón

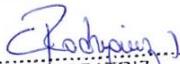
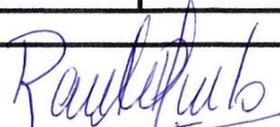
ANEXO 3: Instrumento de Recolección de Datos (Resistencia a la Compresión)

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS				
PROYECTO DE INVESTIGACION	Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019					
AUTOR	Castillo Campos Jose Oswaldo					
INFORMACIÓN GENERAL						
UBICACIÓN	Distrito				Comas	EXPERTO
	Provincia				Lima	
	Departamento				Lima	
					CUMPLE	NO
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN						
1	5% de aplicación de fibra en el concreto	7.5% de aplicación de fibra en el concreto	10% de aplicación de fibra en el concreto			
DÍAS						
MUESTRA	7	14	28			
M - 0%						
M + 5%						
M + 7.5%						
M + 10%						
Firma y Sello	 Víctor F. Castellanos Vilchez ING. CIVIL Reg. CIP N° 103055		 CARMEN BEATRIZ RODRIGUEZ SOLIS INGENIERA CIVIL Reg. CIP N° 50202		 RAÚL ANTONIO PINTO BARRANTES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 51304	

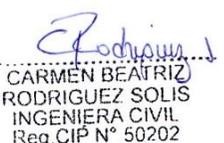
ANEXO 4: Instrumento de Recolección de Datos (Resistencia a la Flexión)

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
PROYECTO DE INVESTIGACION	Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019						
AUTOR	Castillo Campos Jose Oswaldo						
INFORMACIÓN GENERAL							
UBICACIÓN	Distrito	Comas			EXPERTO		
	Provincia	Lima					
	Departamento	Lima			CUMPLE	NO	
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN							
2	Modulo de rotura						
MUESTRA							
	DIAS						
	7	14	28				
M - 0%							
M + 5%							
M + 7.5%							
M + 10%							
Firma y Sello	 VICTOR F. CASTILLO CAMPOS / Victor ING. CIVIL R. CIP. 103455		 CARMEN BEATRIZ RODRIGUEZ SOLIS INGENIERA CIVIL Reg. CIP N° 50202		 RAÚL ANTONIO PINTO BARRANTES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 51304		

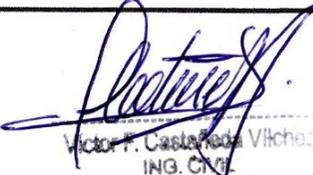
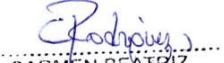
ANEXO 5: Instrumento de Recolección de Datos (Resistencia a la Tracción)

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
PROYECTO DE INVESTIGACION	Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019				
AUTOR	Castillo Campos Jose Oswaldo				
INFORMACIÓN GENERAL					
UBICACIÓN	Distrito	Comas			EXPERTO
	Provincia	Lima			
	Departamento	Lima			
	CUMPLE	NO			
RESISTENCIA A COMPRESION DIAMETRAL					
3	5% de aplicación de fibra en el concreto	7.5% de aplicación de fibra en el concreto	10% de aplicación de fibra en el concreto		
DÍAS					
MUESTRA	7	14	28		
M - 0%					
M + 5%					
M + 7.5%					
M + 10%					
Firma y Sello	 Victor F. Castillo ING. CIVIL R. CIP. 103055		 CARMEN BEATRIZ RODRIGUEZ SOLIS INGENIERA CIVIL Reg. CIP N° 50202		 RAÚL ANTONIO PINTO BARRANTES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 51304

ANEXO 6: Instrumento de Recolección de Datos (Consistencia – Asentamiento)

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
PROYECTO DE INVESTIGACION	Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019				
AUTOR	Castillo Campos Jose Oswaldo				
INFORMACIÓN GENERAL					
UBICACIÓN	Distrito	Comas		EXPERTO	
	Provincia	Lima			
	Departamento	Lima		CUMPLE	NO
ASENTAMIENTO					
4	SLUMP MAXIMO DE 3" (8CM)				
MUESTRA	CONCRETO EN ESTADO FRESCO				
M - 0%					
M + 5%					
M + 7.5%					
M + 10%					
Firma y Sello	 Victor F. Castillo Viquez ING. CIVIL R. CIP. 103485	 CARMEN BEATRIZ RODRIGUEZ SOLIS INGENIERA CIVIL Reg. CIP N° 50202	 RAÚL ANTONIO PINTO BARRANTES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 1136		

ANEXO 7: Instrumento de Recolección de Datos (Contenido de Aire)

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS		
PROYECTO DE INVESTIGACION	Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019			
AUTOR	Castillo Campos Jose Oswaldo			
INFORMACIÓN GENERAL				
UBICACIÓN	Distrito	Comas		EXPERTO
	Provincia	Lima		
	Departamento	Lima		
		CUMPLE	NO	
5	CONTENIDO DE AIRE			
	VOLUMEN MÁXIMO DE 2%			
MUESTRA	CONCRETO EN ESTADO FRESCO			
M - 0%				
M + 5%				
M + 7.5%				
M + 10%				
Firma y Sello	 Victor P. Castañeda Vilchez ING. CIVIL R. CIP. 103055	 CARMEN BEATRIZ RODRIGUEZ SOLIS INGENIERA CIVIL Reg. CIP N° 50202	 RAÚL ANTONIO PINTO BARRANTES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 51304	

ANEXO 8: Captura de porcentaje de plagio del sistema Turnitin

ev.turnitin.com/app/carta/es/?BDS=1&student_user=1&o=1404988513&lang=es&s=&tu=1066617201

feedback studio Jose Oswaldo Castillo Campos | Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:
Castillo Campos, Jose Oswaldo
<https://orcid.org/0000-0001-7551-8945>

ASESOR:
Mg. Ing. Pinto Barrantes, Raúl Antonio
<https://orcid.org/0000-0002-9573-0182>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Diseño de Infraestructura Vial

Lima Perú
2020

Resumen de coincidencias X

11 %

Se están viendo fuentes estándar

[Ver fuentes en inglés \(Beta\)](#)

Coincidencias

1	repositorio.ucv.edu.pe	2 %	>
2	repositorio.uns.edu.pe	1 %	>
3	repositorio.uss.edu.pe	1 %	>
4	repositorio.unc.edu.pe	1 %	>
5	Entregado a Universida...	1 %	>
6	hdl.handle.net	<1 %	>
7	repository.ucatolica.ed...	<1 %	>
8	creativecommons.org	<1 %	>
9	Entregado a Universida...	<1 %	>
10	nt.scribd.com	<1 %	>

Página: 1 de 93 Número de palabras: 23772 Text-only Report | High Resolution Activado

ANEXO 16: Dosificación brindada y usada por el Laboratorio JBO INGENIEROS S.A.C.

Dosificación normal 280

	Cemento	A. fino	A. Grueso	Total
	0.33	0.33	0.34	1
Todos/cem =>	1	1.00	1.03	
	1 bolsa de cemento	1 bolsa de arena gruesa	1.03 bolsas de piedra chancada	

1 bolsa de cemento

1 bolsa de arena gruesa

1 bolsa de piedra chancada

0.03 bolsas de piedra chancada

EN INGENIERIA JBO ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN
 - Cemento (Cantera Cristopher) : 33 %
 EN INGENIERIA JBO ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN
 - Agregado fino (Cantera Cristopher) : 31 %
 EN INGENIERIA JBO ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN
 - Agregado grueso (Cantera Cristopher) : 31 %
 EN INGENIERIA JBO ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN
 - Agua a/c INGENIERIA JBO : 0.45
 EN INGENIERIA JBO ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN
 - Gránulos de caucho (PROVINORTE S.A.C.) : 5%
 EN INGENIERIA JBO ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN

Dosificación con agregados de granulos de caucho

	Cemento	A. fino	A. Grueso	Vidrio	Total
	0.33	0.31	0.31	0.05	1
Todos/cem =>	1	0.94	0.94	0.15	
	1 bolsa de cemento	0.94 bolsas de arena gruesa	0.94 bolsas de piedra chancada	0.15 bolsas de granulos de caucho	

ANEXO 17: Resultados de Ensayo de Granulometría en Agregado Fino



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473/683-0476
 E-mail informes@boingenieros.com

EXPEDIENTE N° 15099-2020-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Castillo Campos José Oswaldo **PROYECTO** : "Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019"

DIRECCION : Callao, Lima

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 15099-2020-JBO **UBICACION** : Lima

FECHA DE RECEPCION : Lima, 21 de setiembre del 2020 **FECHA DE INICIO** : Lima, 21 de setiembre del 2020

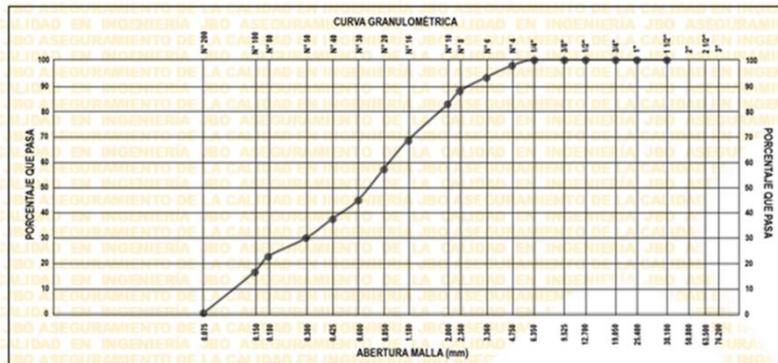
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADOS FINO (NTP 400.037 - 2014)

MATERIAL : Agregado fino **CANTERA** : Cantera Cristopher

PESO INICIAL HUMEDO (g) 621.1 **% W =** 1.1

PESO INICIAL SECO (g) 609.7 **MF =** 2.87

MALLAS	ABERTURA (mm)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3/8"	9.525	0.000	0.000	100
1/4"	6.35	0.000	0.000	100
N° 4	4.75	2.32	2.32	97.68
N° 6	3.36	4.628	6.948	93.052
N° 8	2.36	5.421	12.369	87.631
N° 10	2	5.245	17.614	82.386
N° 16	1.18	14.129	31.743	68.257
N° 20	0.85	11.254	42.997	57.003
N° 30	0.6	12.425	55.422	44.578
N° 40	0.425	7.254	62.676	37.324
N° 50	0.3	7.542	70.218	29.782
N° 80	0.18	7.251	77.469	22.531
N° 100	0.15	6.1	83.569	16.431
N° 200	0.075	16.431	100	0
TOTAL	ASTM C136	100		



REFERENCIA:
 NTP 400.012:2001 Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
 ASTM C 136 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.



Fecha de emisión : Lima, 29 de setiembre del 2020

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318

ANEXO 18: Resultados de Ensayo de Granulometría en Agregado Grueso



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladoid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 15099-2020-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Castillo Campos José Oswaldo **PROYECTO** : "Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019"

DIRECCION : Callao, Lima

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 15099-2020-JBO **UBICACION** : Lima

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 21 de setiembre del 2020 **FECHA DE INICIO** : Lima, 21 de setiembre del 2020

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADOS GRUESO (NTP 400.037 - 2014)

MATERIAL : Agregado grueso **CANTERA** : Cantera Christopher

PESO INICIAL HUMEDO (g) : 4,346.00 **% W** = 0.1

PESO INICIAL SECO (g) : 4,298.00 **MF** = 6.74

MALLAS	ABERTURA (mm)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
1 1/2"	38.100	0	0.0000	100
1"	25.400	0	0.0000	100
3/4"	19.050	7.654	7.6540	92
1/2"	12.700	30.428	38.0820	62
3/8"	9.525	29.428	67.5100	32
1/4"	6.350	19.873	87.3830	13
N° 4	4.750	12.617	100.0000	0
N° 6	3.360	0.000	100.0000	0
TOTAL	ASTM C136	100		



REFERENCIA:
 NTP 400.012:2001 Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
 ASTM C 136 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.

Tec.: E.E.A

Rev.: M.M.F

Fecha de emisión : Lima, 29 de setiembre del 2020

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del usuario.



MARGO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318

ANEXO 19: Resultados de Ensayo de Consistencia c/s adición de Caucho



Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
Lima, Peru
Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@boingenieros.com

EXPEDIENTE N° 15099-2020-JBO

INFORME DE ENSAYO

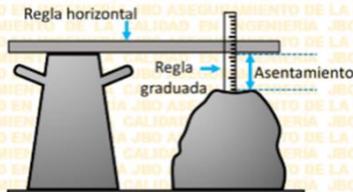
SOLICITANTE : Castillo Campos José Oswaldo **PROYECTO** : "Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019"

DIRECCION : Callao, Lima

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 15099-2020-JBO **UBICACION** : Lima

FECHA DE RECEPCION : Lima, 21 de setiembre del 2020 **FECHA DE INICIO** : Lima, 22 de setiembre del 2020

ENSAYO DE CONSISTENCIA DE CONCRETO 280 KG/CM2 EMPLEANDO EL CONO ABRAMS SLUMP DE MEZCLAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO (NTP 339.035 - 2009)



Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0 cm) a 2" (5 cm)
Plástica	3" (7.5 cm) a 4" (10 cm)
Fluida	≥5" (12.5 cm)

Prueba	Adición % de Gránulos de Caucho	Asentamiento (mm)	Asentamiento prom. (mm)	Desviación Estándar
M 1.1	0%	81	84.33	3.51
M 1.2		84		
M 1.3		88		
M 2.1		82		
M 2.2	5%	86	85.00	2.65
M 2.3		87		
M 3.1	7.5%	92	90.67	1.53
M 3.2		91		
M 3.3		89		
M 4.1	10%	96	96.33	1.53
M 4.2		95		
M 4.3		98		

Se tiene el siguiente resultado del SLUMP: Asentamiento concreto patrón es de 8.43 cm = 3.29, con la adición de gránulos de caucho en 5%, 7.5% y 10% se obtiene un asentamiento de 8.5 cm, 9.07 cm y 9.63 cm. Estos 4 casos se encuentran dentro del rango de 3" a 4" para una mezcla de consistencia plástica.

MATERIALES:

- Cemento (Cantera Christopher) : 33 %
- Agregado fino (Cantera Christopher) : 33 %
- Agregado grueso (Cantera Christopher) : 34 %
- Agua a/c : 0.38
- Gránulos de caucho PROVINORTE : % de reemplazo de agregado fino

OBSERVACIONES:

- Muestras de agregados tomadas para el solicitante.
- La arena chancada y piedra chancada fueron producidos en la Cantera Christopher.
- Cemento Portland Tipo I
- Muestras de gránulos de caucho fueron producidos por Proveedores Industriales del Norte S.A.C.

REFERENCIA:

NTP 339.036:1999 Concreto. Práctica normalizada para muestreo de mezclas de hormigón fresco
NTP 400.037 Granulometría del agregado grueso y fino.
ASTM C 670:2003 Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials
ASTM C 143/C143-2008 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete

Tec.: E.E.A

Rev.: M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 29 de setiembre del 2020

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



MARCO ANTONIO MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176318

ANEXO 20: Resultados de Ensayo de Contenido de Aire c/s adición de Caucho



Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
Lima, Peru
Telefono: 01-683-0473/683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 15099-2020-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Castillo Campos José Oswaldo **PROYECTO** : "Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019"

DIRECCIÓN : Callao, Lima

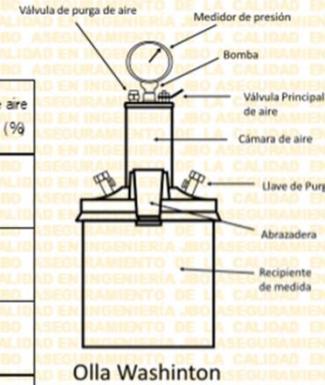
REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 15099-2020-JBO **UBICACIÓN** : Lima

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 21 de setiembre del 2020 **FECHA DE INICIO** : Lima, 22 de setiembre del 2020

ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE DE CONCRETO 280 KG/CM2 CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO CONTENIDO DE AIRE DE MEZCLAS DE CONCRETO EMPLEANDO EL MÉTODO DE PRESIÓN (NTP 339.080 – 2017)

Rango de contenido de aire: 0 - 10%
Precisión: +/- 0.1% (1 - 6% de aire); +/- 0.2% (6 - 10% de aire)
Dimensiones: 202 x 221 mm
Peso: 3.3984 kg

Muestra	Adición % de Gránulos de Caucho	Volumen del recipiente (m ³)	Masa del recipiente mas concreto (kg)	Masa del recipiente vacío (kg)	Densidad del concreto (kg/m ³)	Densidad promedio (kg/m ³)	Contenido de aire del concreto (%)
CA 1	0%	0.007082	20.1411	3.3984	2363.962601	2364.014372	1.499
CA 2		0.007082	20.142	3.3992	2363.976721		
CA 3		0.007082	20.1391	3.3954	2364.103795		
CA 4		0.007082	20.1295	3.3984	2362.324755		
CA 5	5%	0.007082	20.1302	3.3989	2362.352994	2362.287103	1.571
CA 6		0.007082	20.1255	3.3954	2362.183561		
CA 7	7.5%	0.007082	20.1241	3.3984	2361.562309	2361.618787	1.599
CA 8		0.007082	20.1252	3.3993	2361.590548		
CA 9		0.007082	20.1231	3.3964	2361.703503		
CA 10		0.007082	20.1121	3.3984	2359.867986		
CA 11	10%	0.007082	20.1125	3.3989	2359.853867	2359.910344	1.670
CA 12		0.007082	20.1081	3.3934	2360.00918		



MATERIALES:

- Cemento (Cantera Cristopher) : 33 %
- Agregado fino (Cantera Cristopher) : 33 %
- Agregado grueso (Cantera Cristopher) : 34 %
- Agua a/c : 0.38
- Gránulos de caucho PROVINORTE : % de reemplazo de agregado fino

OBSERVACIONES:

- Muestras de agregados tomadas para el solicitante.
- La arena chancada y piedra chancada fueron producidos en la Cantera Cristopher.
- Cemento Portland Tipo I
- Olla de Washington Forney
- Muestras de gránulos de caucho fueron producidos por Proveedores Industriales del Norte S.A.C.

REFERENCIA:

NTP 339.036:1999 Concreto. Práctica normalizada para muestreo de mezclas de hormigón fresco.
NTP 400.037 Granulometría del agregado grueso y fino.
NTP 339.080:1981 Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas. Ensayo tipo hidráulico
ASTM C 173 Method is not applicable to concrete made with light aggregates
ASTM C 231 Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method

Tec.: E.E.A

Rev.: M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 29 de setiembre del 2020

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



MARCO ANTONIO MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176318

ANEXO 21: Resultados de Ensayo de Compresión sin adición de Caucho



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 15099-2020-JBO

INFORME DE ENSAYO

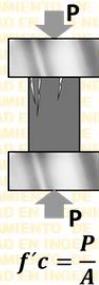
SOLICITANTE : Castillo Campos José Oswaldo **PROYECTO** : "Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019"

DIRECCIÓN : Callao, Lima

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 15099-2020-JBO **UBICACIÓN** : Lima

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 21 de setiembre del 2020 **FECHA DE INICIO** : Lima, 22 de setiembre del 2020

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO 280 KG/CM² ENSAYO DE PROBETAS DE CONCRETO EMPLEANDO PRENSA HARDSTEEL SR-125 (NTP 339.034-2008)



Testigo Probeta	Fecha		Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Edad (Días)	Fc (kg/cm ²)	Fc Prom. (kg/cm ²)
	Modelo	Ruptura						
C 1.1	22/09/2020	29/09/2020	15.05	177.895	33840	7	190.225	190.34
C 1.2	22/09/2020	29/09/2020	15.07	178.368	33952	7	190.348	
C 1.3	22/09/2020	29/09/2020	15.03	177.422	33788	7	190.438	
C 1.4	22/09/2020	06/10/2020	15.04	177.658	42161	14	237.315	236.63
C 1.5	22/09/2020	06/10/2020	15.07	178.368	42173	14	236.438	
C 1.6	22/09/2020	06/10/2020	15.05	177.895	42009	14	236.145	
C 1.7	22/09/2020	20/10/2020	15.03	177.422	51356	28	289.457	289.11
C 1.8	22/09/2020	20/10/2020	15.05	177.895	51487	28	289.424	
C 1.9	22/09/2020	20/10/2020	15.04	177.658	51245	28	288.447	

El ensayo contiene una muestra de 9 probetas de una misma mezcla de concreto 280 kg/cm², estas probetas fueron sometidas en grupos de 3 en ensayos a compresión por una prensa Hardsteel SR-125 a 7, 14 y 28 días.

Las rupturas fueron de Tipo I según NTP 339.034,

MATERIALES:

- Cemento (Cantera Christopher) : 33 %
- Agregado fino (Cantera Christopher) : 33 %
- Agregado grueso (Cantera Christopher) : 34 %
- Agua a/c : 0.45

OBSERVACIONES:

- Muestras de agregados tomadas para el solicitante.
- La arena gruesa y piedra chancada fueron producidos en la Cantera Christopher.
- Cemento Portland Tipo I
- Los especímenes cilíndricos fueron almacenados a temperaturas entre 16°C – 27°C y almacenamiento libre de humedad.
- Las probetas fueron elaboradas en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.

REFERENCIA:

- NTP 400.037 Granulometría del agregado grueso y fino.
- ASTM C 1077-2006 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation
- NTP 339.215-2007 Método de ensayo para la medición de resistencias a la compresión a edades tempranas y proyectadas a edades mayores.
- NTP 339.034-2008 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

Tec.: E.E.A

Rev.: M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 21 de octubre del 2020

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante



[Signature]
MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318

ANEXO 22: Resultados de Ensayo de Compresión con adición al 5% de Caucho



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 15099-2020-JBO

INFORME DE ENSAYO

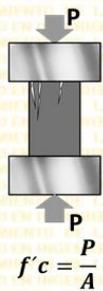
SOLICITANTE : Castillo Campos José Oswaldo **PROYECTO** : "Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019"

DIRECCIÓN : Callao, Lima

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 15099-2020-JBO **UBICACIÓN** : Lima

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 21 de setiembre del 2020 **FECHA DE INICIO** : Lima, 22 de setiembre del 2020

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO 280 KG/CM² CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN 5 % ENSAYO DE PROBETAS DE CONCRETO EMPLEANDO PRENSA HARDSTEEL SR-125 (NTP 339.034-2008)



Testigo Probeta	Fecha		Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Edad (Días)	F'c (kg/cm ²)	F'c Prom. (kg/cm ²)
	Modelo	Ruptura						
C.2.1	22/09/2020	29/09/2020	15.03	177.422	34985	7	197.185	197.30
C.2.2	22/09/2020	29/09/2020	15.05	177.895	35097	7	197.291	
C.2.3	22/09/2020	29/09/2020	15.01	176.950	34933	7	197.417	
C.2.4	22/09/2020	06/10/2020	15.02	177.186	42806	14	241.588	241.41
C.2.5	22/09/2020	06/10/2020	15.05	177.895	42817	14	240.687	
C.2.6	22/09/2020	06/10/2020	15.03	177.422	42930	14	241.965	
C.2.7	22/09/2020	20/10/2020	15.06	178.131	53501	28	300.346	300.30
C.2.8	22/09/2020	20/10/2020	15.07	178.368	53558	28	300.267	
C.2.9	22/09/2020	20/10/2020	15.06	178.131	53490	28	300.284	

El ensayo contiene una muestra de 9 probetas de una misma mezcla de concreto con la adición de gránulos de caucho reciclado en 5%, estas probetas fueron sometidas en grupos de 3 en ensayos a compresión por una prensa Hardsteel SR-125 a 7, 14 y 28 días.

Las rupturas fueron de Tipo I según NTP 339.034.

MATERIALES:

- Cemento (Cantera Cristopher) : 33 %
- Agregado fino (Cantera Cristopher) : 31 %
- Agregado grueso (Cantera Cristopher) : 31 %
- Agua a/c : 0.45
- Gránulos de caucho (PROVINORTES S.A.C.) : 5%

OBSERVACIONES:

- Muestras de agregados tomadas para el solicitante.
- La arena gruesa y piedra chancada fueron producidos en la Cantera Cristopher.
- Cemento Portland Tipo I
- Los especímenes cilíndricos fueron almacenados a temperaturas entre 16°C – 27°C y almacenamiento libre de humedad.
- Las probetas fueron elaboradas en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.

REFERENCIA:

- NTP 400.037 Granulometría del agregado grueso y fino.
- ASTM C 1077-2006 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation
- NTP 339.215-2007 Método de ensayo para la medición de resistencias a la compresión a edades tempranas y proyectadas a edades mayores.
- NTP 339.034-2008 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

Tec.: E.E.A

Rev.: M.M.F



Fecha de emisión : Lima, 21 de octubre del 2020

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del usuario.

(Signature)
MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318

ANEXO 23: Resultados de Ensayo de Compresión con adición al 7.5% de Caucho



Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
Lima, Peru
Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 15099-2020-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Castillo Campos José Oswaldo **PROYECTO** : "Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019"

DIRECCIÓN : Callao, Lima

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 15099-2020-JBO **UBICACIÓN** : Lima

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 21 de setiembre del 2020 **FECHA DE INICIO** : Lima, 22 de setiembre del 2020

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO 280 KG/CM² CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN 7.5 % ENSAYO DE PROBETAS DE CONCRETO EMPLEANDO PRENSA HARDSTEEL SR-125 (NTP 339.034-2008)



Testigo Probeta	Fecha		Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Edad (Días)	Fc (kg/cm ²)	Fc Prom. (kg/cm ²)
	Modelo	Ruptura						
C 3.1	22/09/2020	29/09/2020	15.01	176.950	36230	7	204.747	204.86
C 3.2	22/09/2020	29/09/2020	15.03	177.422	36342	7	204.833	
C 3.3	22/09/2020	29/09/2020	14.99	176.479	36178	7	204.999	
C 3.4	22/09/2020	06/10/2020	15.00	176.715	43451	14	245.882	246.27
C 3.5	22/09/2020	06/10/2020	15.03	177.422	43562	14	245.527	
C 3.6	22/09/2020	06/10/2020	15.01	176.950	43775	14	247.388	
C 3.7	22/09/2020	20/10/2020	15.09	178.842	55746	28	311.706	312.11
C 3.8	22/09/2020	20/10/2020	15.09	178.842	55847	28	312.271	
C 3.9	22/09/2020	20/10/2020	15.08	178.605	55788	28	312.355	

El ensayo contiene una muestra de 9 probetas de una misma mezcla de concreto con la adición de gránulos de caucho reciclado en 7.5%, estas probetas fueron sometidas en grupos de 3 en ensayos a compresión por una prensa Hardsteel SR-125 a 7, 14 y 28 días.

Las rupturas fueron de Tipo I según NTP 339.034.

MATERIALES:

- Cemento (Cantera Christopher) : 33 %
- Agregado fino (Cantera Christopher) : 29.5 %
- Agregado grueso (Cantera Christopher) : 30 %
- Agua a/c : 0.45
- Gránulos de caucho (PROVINORTE S.A.C.) : 7.5%

OBSERVACIONES:

- Muestras de agregados tomadas para el solicitante.
- La arena gruesa y piedra chancada fueron producidos en la Cantera Christopher.
- Cemento Portland Tipo I
- Los especímenes cilíndricos fueron almacenados a temperaturas entre 16°C – 27°C y almacenamiento libre de humedad.
- Las probetas fueron elaboradas en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.

REFERENCIA:

NTP 400.037 Granulometría del agregado grueso y fino.
ASTM C 1077-2006 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation
NTP 339.215-2007 Método de ensayo para la medición de resistencias a la compresión a edades tempranas y proyectadas a edades mayores.
NTP 339.034-2008 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

Tec.: E.E.A

Rev.: M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 21 de octubre del 2020

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante



MARCO ANTONIO MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176318

ANEXO 24: Resultados de Ensayo de Compresión con adición al 10% de Caucho



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 15099-2020-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Castillo Campos José Oswaldo **PROYECTO** : "Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019"

DIRECCIÓN : Callao, Lima

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 15099-2020-JBO **UBICACIÓN** : Lima

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 21 de setiembre del 2020 **FECHA DE INICIO** : Lima, 22 de setiembre del 2020

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO 280 KG/CM² CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN 10 % ENSAYO DE PROBETAS DE CONCRETO EMPLEANDO PRENSA HARDSTEEL SR-125 (NTP 339.034-2008)



$$f'c = \frac{P}{A}$$

Testigo Probeta	Fecha		Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Edad (Días)	Fc (kg/cm ²)	Fc Prom. (kg/cm ²)
	Modelo	Ruptura						
C 4.1	22/09/2020	29/09/2020	15.03	177.422	37475	7	211.219	211.71
C 4.2	22/09/2020	29/09/2020	15.01	176.950	37587	7	212.416	
C 4.3	22/09/2020	29/09/2020	15.01	176.950	37423	7	211.489	
C 4.4	22/09/2020	06/10/2020	15.03	177.422	44096	14	248.537	249.92
C 4.5	22/09/2020	06/10/2020	15.01	176.950	44307	14	250.392	
C 4.6	22/09/2020	06/10/2020	15.05	177.895	44620	14	250.823	
C 4.7	22/09/2020	20/10/2020	15.12	179.553	58091	28	323.531	323.99
C 4.8	22/09/2020	20/10/2020	15.11	179.316	58123	28	324.137	
C 4.9	22/09/2020	20/10/2020	15.10	179.079	58073	28	324.288	

El ensayo contiene una muestra de 9 probetas de una misma mezcla de concreto con la adición de gránulos de caucho reciclado en 10%, estas probetas fueron sometidas en grupos de 3 en ensayos a compresión por una prensa Hardsteel SR-125 a 7, 14 y 28 días.

Las rupturas fueron de Tipo I según NTP 339.034.

MATERIALES:

- Cemento (Cantera Christopher) : 33 %
 - Agregado fino (Cantera Christopher) : 28 %
 - Agregado grueso (Cantera Christopher) : 29 %
 - Agua a/c : 0.45
 - Gránulos de caucho (PROVINORTE S.A.C.) : 10 %

OBSERVACIONES:

- Muestras de agregados tomadas para el solicitante.
 - La arena gruesa y piedra chancada fueron producidos en la Cantera Christopher.
 - Cemento Portland Tipo I
 - Los especímenes cilíndricos fueron almacenados a temperaturas entre 16°C – 27°C y almacenamiento libre de humedad.
 - Las probetas fueron elaboradas en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.

REFERENCIA:

NTP 400.037 Granulometría del agregado grueso y fino.
 ASTM C 1077-2006 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation
 NTP 339.215-2007 Método de ensayo para la medición de resistencias a la compresión a edades tempranas y proyectadas a edades mayores.
 NTP 339.034-2008 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

Tec.: E.E.A

Rev.: M.M.F



Fecha de emisión : Lima, 21 de octubre del 2020

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del usuario.

MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318

ANEXO 25: Resultados de Ensayo de Flexión sin adición de Caucho



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 15099-2020-JBO

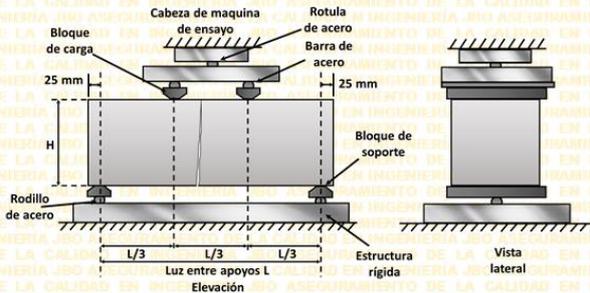
INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Castillo Campos José Oswaldo **PROYECTO** : "Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019"

DIRECCIÓN : Callao, Lima **UBICACIÓN** : Lima

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 15099-2020-JBO **FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 21 de setiembre del 2020 **FECHA DE INICIO** : Lima, 22 de setiembre del 2020

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE CONCRETO 280 KG/CM² ENSAYO DE CONCRETO PRISMÁTICAS EMPLEANDO PRENSA HIDRÁULICA DIGITAL (NTP 339.078-2012)



$$M_r = \frac{PL}{BH^2}$$

M_r = Resistencia a la rotura (kg/cm²)
 P = Carga máxima de ruptura (kg)
 L = Luz libre entre apoyos (cm)
 B = Ancho promedio de la viga (cm)
 H = Altura promedio de la viga (cm)

Testigo Prisma	Fecha		Dimensiones			Carga (kg)	Edad (Dias)	F _c (kg/cm ²)	F _c Prom. (kg/cm ²)
	Modelo	Ruptura	B (cm)	H (cm)	L (cm)				
P 1.1	22/09/2020	29/09/2020	14.75	15.35	49.93	2398.23	7	31.00	30.96
P 1.2	22/09/2020	29/09/2020	14.62	15.22	50.38	2272.44	7	30.45	
P 1.3	22/09/2020	29/09/2020	15.04	15.64	50.17	2558.69	7	31.42	
P 1.4	22/09/2020	06/10/2020	15.14	15.30	49.35	2708.00	14	33.89	33.69
P 1.5	22/09/2020	06/10/2020	15.01	15.17	49.80	2567.52	14	33.30	
P 1.6	22/09/2020	06/10/2020	15.43	15.59	49.59	2850.26	14	33.89	
P 1.7	22/09/2020	20/10/2020	14.77	15.35	49.57	4131.00	28	52.91	52.76
P 1.8	22/09/2020	20/10/2020	14.62	15.22	50.02	4143.00	28	55.07	
P 1.9	22/09/2020	20/10/2020	15.01	15.64	49.81	4122.00	28	50.31	

El ensayo contiene una muestra de 9 vigas prismáticas de una misma mezcla de concreto, estas vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo fueron sometidas en grupos de 3 en ensayos de flexión por una prensa hidráulica digital a 7, 14 y 28 días.

La falla que se presentó en todos los ensayos ocurrieron dentro del tercio medio de la luz, por lo cual el módulo de rotura se calculó mediante la fórmula mostrada.

MATERIALES:

- Cemento (Cantera Cristopher) : 33 %
 - Agregado fino (Cantera Cristopher) : 33 %
 - Agregado grueso (Cantera Cristopher) : 34 %
 - Agua a/c : 0.45

OBSERVACIONES:

- Muestras de agregados tomadas para el solicitante.
 - La arena gruesa y piedra chancada fueron producidos en la Cantera Cristopher.
 - Cemento Portland Tipo I
 - Los especímenes fueron almacenados a temperaturas entre 16°C - 27°C y almacenamiento libre de humedad.
 - Las prismas fueron elaboradas en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.

REFERENCIA:

NTP 400.037 Granulometría del agregado grueso y fino.
 ASTM C78 / C78M - 18 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)
 NTP 339.078-2012 Ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

Tec.: E.E.

Rev.: M.M.C.



Fecha de emisión : Lima, 21 de octubre del 2020

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

Marcos Flórez
 MARCOS FLÓREZ
 INGENIERO CIVIL
 1999 - CIP N° 176318

ANEXO 26: Resultados de Ensayo de Flexión con adición al 5% de Caucho



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 15099-2020-JBO

INFORME DE ENSAYO

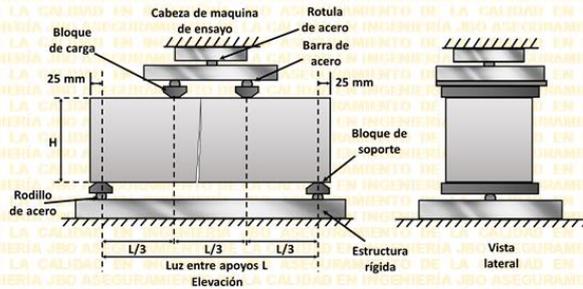
SOLICITANTE : Castillo Campos José Oswaldo **PROYECTO** : "Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019"

DIRECCIÓN : Callao, Lima

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 15099-2020-JBO **UBICACIÓN** : Lima

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 21 de setiembre del 2020 **FECHA DE INICIO** : Lima, 22 de setiembre del 2020

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE CONCRETO 280 KG/CM² CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN 5 % ENSAYO DE CONCRETO PRISMÁTICAS EMPLEANDO PRESNA HIDRÁULICA DIGITAL (NTP 339.078-2012)



$$M_r = \frac{PL}{BH^2}$$

M_r = Resistencia a la rotura (kg/cm²)
 P = Carga máxima de ruptura (kg)
 L = Luz libre entre apoyos (cm)
 B = Ancho promedio de la viga (cm)
 H = Altura promedio de la viga (cm)

Testigo Prisma	Fecha		Dimensiones			Carga (kg)	Edad (Dias)	F _c (kg/cm ²)	F _c Prom. (kg/cm ²)
	Modelo	Ruptura	B (cm)	H (cm)	L (cm)				
P 2.1	22/09/2020	29/09/2020	15.07	15.35	49.93	2522.06	7	31.91	31.86
P 2.2	22/09/2020	29/09/2020	14.94	15.22	50.38	2390.83	7	31.35	
P 2.3	22/09/2020	29/09/2020	15.36	15.64	50.17	2688.26	7	32.32	
P 2.4	22/09/2020	06/10/2020	15.02	15.30	49.35	2994.85	14	37.78	37.56
P 2.5	22/09/2020	06/10/2020	14.89	15.17	49.80	2841.70	14	37.15	
P 2.6	22/09/2020	06/10/2020	15.31	15.59	49.59	3151.49	14	37.76	
P 2.7	22/09/2020	20/10/2020	15.17	15.35	49.57	4355.00	28	54.30	54.08
P 2.8	22/09/2020	20/10/2020	15.04	15.22	50.02	4367.00	28	56.43	
P 2.9	22/09/2020	20/10/2020	15.46	15.64	49.81	4346.00	28	51.50	

El ensayo contiene una muestra de 9 vigas prismáticas de una misma mezcla de concreto con la adición de gránulos de caucho reciclado en 5 %, estas vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo fueron sometidas en grupos de 3 en ensayos de flexión por una prensa hidráulica digital a 7, 14 y 28 días. La falla que se presentó en todos los ensayos ocurrieron dentro del tercio medio de la luz, por lo cual el módulo de rotura se calculó mediante la fórmula mostrada.

MATERIALES:

- Cemento (Cantera Christopher) : 33 %
 - Agregado fino (Cantera Christopher) : 31 %
 - Agregado grueso (Cantera Christopher) : 31 %
 - Agua a/c : 0.45
 - Gránulos de caucho (PROVINORTE S.A.C.) : 5%

OBSERVACIONES:

- Muestras de agregados tomadas para el solicitante.
 - La arena gruesa y piedra chancada fueron producidos en la Cantera Christopher.
 - Cemento Portland Tipo I
 - Los especímenes fueron almacenados a temperaturas entre 16°C – 27°C y almacenamiento libre de humedad.
 - Muestras de Gránulos de caucho fueron obtenidos por Proveedores Industriales del Norte S.A.C.

REFERENCIA:

NTP 400.037 Granulometría del agregado grueso y fino.
 ASTM C78 / C78M - 18 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third Point Loading)
 NTP 339.078-2012 Ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

Tec.: E.E.
 Rev.: M.M.F.



Fecha de emisión : Lima, 21 de octubre del 2020

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

ANEXO 27: Resultados de Ensayo de Flexión con adición al 7.5% de Caucho



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 15099-2020-JBO

INFORME DE ENSAYO

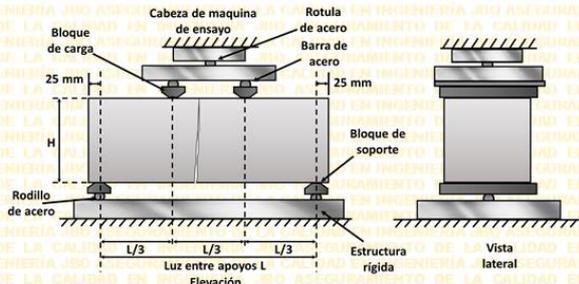
SOLICITANTE : Castillo Campos José Oswaldo **PROYECTO** : "Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019"

DIRECCIÓN : Callao, Lima

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 15099-2020-JBO **UBICACIÓN** : Lima

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 21 de setiembre del 2020 **FECHA DE INICIO** : Lima, 22 de setiembre del 2020

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE CONCRETO 280 KG/CM² CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN 7.5 % ENSAYO DE CONCRETO PRISMÁTICAS EMPLEANDO PRENSA HIDRÁULICA DIGITAL (NTP 339.078-2012)



$$M_r = \frac{PL}{BH^2}$$

M_r = Resistencia a la rotura (kg/cm²)
 P = Carga máxima de ruptura (kg)
 L = Luz libre entre apoyos (cm)
 B = Ancho promedio de la viga (cm)
 H = Altura promedio de la viga (cm)

Testigo Prisma	Fecha			Dimensiones			Carga (kg)	Edad (Dias)	F'c (kg/cm ²)	F'c Prom. (kg/cm ²)
	Modelo	Ruptura		B (cm)	H (cm)	L (cm)				
P 3.1	22/09/2020	29/09/2020		15.26	15.35	49.93	2635.45	7	32.93	32.88
P 3.2	22/09/2020	29/09/2020		15.13	15.22	50.38	2499.27	7	32.36	
P 3.3	22/09/2020	29/09/2020		15.55	15.64	50.17	2806.92	7	33.33	
P 3.4	22/09/2020	06/10/2020		15.21	15.30	49.35	3362.20	14	41.88	41.65
P 3.5	22/09/2020	06/10/2020		15.08	15.17	49.80	3193.02	14	41.22	
P 3.6	22/09/2020	06/10/2020		15.5	15.59	49.59	3535.09	14	41.84	
P 3.7	22/09/2020	20/10/2020		15.11	15.35	49.57	4879.00	28	61.08	60.82
P 3.8	22/09/2020	20/10/2020		14.98	15.22	50.02	4891.00	28	63.45	
P 3.9	22/09/2020	20/10/2020		15.4	15.64	49.81	4870.00	28	57.93	

El ensayo contiene una muestra de 9 vigas prismáticas de una misma mezcla de concreto con la adición de gránulos de caucho reciclado en 7.5 %, estas vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo fueron sometidas en grupos de 3 en ensayos de flexión por una prensa hidráulica digital a 7, 14 y 28 días. La falla que se presentó en todos los ensayos ocurrieron dentro del tercio medio de la luz, por lo cual el módulo de rotura se calculó mediante la fórmula mostrada.

MATERIALES:

- Cemento (Cantera Christopher) : 33 %
 - Agregado fino (Cantera Christopher) : 29.5 %
 - Agregado grueso (Cantera Christopher) : 30 %
 - Agua a/c : 0.45
 - Gránulos de caucho (PROVINORTE S.A.C.) : 7.5%

OBSERVACIONES:

- Muestras de agregados tomadas para el solicitante.
 - La arena gruesa y piedra chancada fueron producidos en la Cantera Christopher.
 - Cemento Portland Tipo I
 - Los especímenes fueron almacenados a temperaturas entre 16°C - 27°C y almacenamiento libre de humedad.
 - Muestras de Gránulos de caucho fueron obtenidos por Proveedores Industriales del Norte S.A.C.

REFERENCIA:

NTP 400.037 Granulometría del agregado grueso y fino.
 ASTM C78 / C78M - 18 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)
 NTP 339.078-2012 Ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

Tec.: E. B. JBO
 Rev.: M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 21 de octubre del 2020

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318

ANEXO 28: Resultados de Ensayo de Flexión con adición al 10% de Caucho



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 15099-2020-JBO

INFORME DE ENSAYO

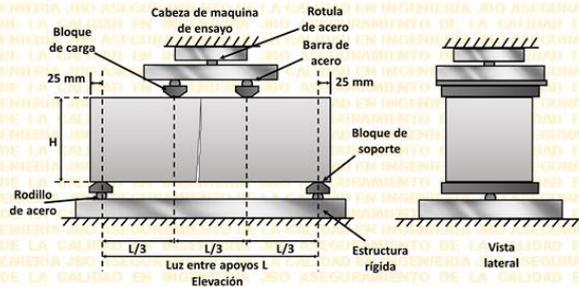
SOLICITANTE : Castillo Campos José Oswaldo **PROYECTO** : "Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019"

DIRECCIÓN : Callao, Lima

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 15099-2020-JBO **UBICACIÓN** : Lima

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 21 de setiembre del 2020 **FECHA DE INICIO** : Lima, 22 de setiembre del 2020

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE CONCRETO 280 KG/CM² CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN 10 % ENSAYO DE CONCRETO PRISMÁTICAS EMPLEANDO PRESA HIDRÁULICA DIGITAL (NTP 339.078-2012)



$$M_r = \frac{PL}{BH^2}$$

M_r = Resistencia a la rotura (kg/cm²)
 P = Carga máxima de ruptura (kg)
 L = Luz libre entre apoyos (cm)
 B = Ancho promedio de la viga (cm)
 H = Altura promedio de la viga (cm)

Testigo Prisma	Fecha		Dimensiones			Carga (kg)	Edad (Dias)	F _c (kg/cm ²)	F _c Prom. (kg/cm ²)
	Modelo	Ruptura	B (cm)	H (cm)	L (cm)				
P 4.1	22/09/2020	29/09/2020	15.45	15.35	49.93	2546.32	7	31.43	31.38
P 4.2	22/09/2020	29/09/2020	15.32	15.22	50.38	2414.00	7	30.87	
P 4.3	22/09/2020	29/09/2020	15.74	15.64	50.17	2713.49	7	31.83	
P 4.4	22/09/2020	06/10/2020	15.4	15.30	49.35	3945.75	14	48.54	48.30
P 4.5	22/09/2020	06/10/2020	15.27	15.17	49.80	3787.67	14	48.29	
P 4.6	22/09/2020	06/10/2020	15.69	15.59	49.59	4111.74	14	48.08	
P 4.7	22/09/2020	20/10/2020	14.92	15.35	49.57	5603.00	28	71.04	70.73
P 4.8	22/09/2020	20/10/2020	14.79	15.22	50.02	5615.00	28	73.78	
P 4.9	22/09/2020	20/10/2020	15.21	15.64	49.81	5594.00	28	67.37	

El ensayo contiene una muestra de 9 vigas prismáticas de una misma mezcla de concreto con la adición de gránulos de caucho reciclado en 10 %, estas vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo fueron sometidas en grupos de 3 en ensayos de flexión por una prensa hidráulica digital a 7, 14 y 28 días. La falla que se presentó en todos los ensayos ocurrieron dentro del tercio medio de la luz, por lo cual el módulo de rotura se calculó mediante la fórmula mostrada.

MATERIALES:

- Cemento (Cantera Christopher) : 33 %
 - Agregado fino (Cantera Christopher) : 28 %
 - Agregado grueso (Cantera Christopher) : 29 %
 - Agua a/c : 0.45
 - Gránulos de caucho (PROVINORTE S.A.C.) : 10 %

OBSERVACIONES:

- Muestras de agregados tomadas para el solicitante.
 - La arena gruesa y piedra chancada fueron producidos en la Cantera Christopher.
 - Cemento Portland Tipo I
 - Los especímenes fueron almacenados a temperaturas entre 16°C – 27°C y almacenamiento libre de humedad.
 - Muestras de Gránulos de caucho fueron obtenidos por Proveedores Industriales del Norte S.A.C.

REFERENCIA:

NTP 400.037 Granulometría del agregado grueso y fino.
 ASTM C78 / C78M - 18 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)
 NTP 339.078-2012 Ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

Tec.: E.E. [Logo]
 Rev.: M.M.F. [Logo]

Fecha de emisión : Lima, 21 de octubre del 2020

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318

ANEXO 29: Resultados de Ensayo de Tracción sin adición de Caucho



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 15099-2020-JBO

INFORME DE ENSAYO

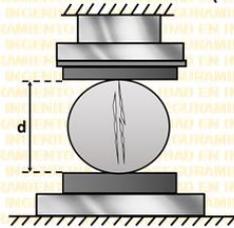
SOLICITANTE : Castillo Campos José Oswaldo **PROYECTO** : "Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019"

DIRECCIÓN : Callao, Lima

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 15099-2020-JBO **UBICACIÓN** : Lima

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 21 de setiembre del 2020 **FECHA DE INICIO** : Lima, 22 de setiembre del 2020

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO 280 KG/CM² ENSAYO DE PROBETAS DE CONCRETO EMPLEANDO PRESA HARDSTEEL SR-125 (NTP 339.084:2012)



$$f't = \frac{2P}{\pi \cdot l \cdot d}$$

$f't$ = Resistencia ala tracción (kg/cm²)

P = Carga máxima de ruptura (kg)

l = Longitud de la probeta (cm)

d = Diámetro del cilindro (cm)

Testigo Probeta	Fecha		Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Edad (Dias)	Fc (kg/cm ²)	Fc Prom. (kg/cm ²)
	Modelo	Ruptura						
PT 1.1	22/09/2020	29/09/2020	10.16	20.32	4591	7	14.16	14.25
PT 1.2	22/09/2020	29/09/2020	10.13	20.37	4577	7	14.12	
PT 1.3	22/09/2020	29/09/2020	10.09	20.12	4619	7	14.48	
PT 1.4	22/09/2020	06/10/2020	10.13	20.33	4970	14	15.36	15.41
PT 1.5	22/09/2020	06/10/2020	10.12	20.38	4956	14	15.30	
PT 1.6	22/09/2020	06/10/2020	10.11	20.13	4978	14	15.57	
PT 1.7	22/09/2020	20/10/2020	10.08	20.32	6749	28	20.98	20.98
PT 1.8	22/09/2020	20/10/2020	10.07	20.39	6735	28	20.88	
PT 1.9	22/09/2020	20/10/2020	10.14	20.12	6757	28	21.08	

El ensayo contiene una muestra de 9 probetas de una misma mezcla de concreto, estas probetas fueron sometidas en grupos de 3 ensayos de resistencia a tracción a acción simple del concreto, por compresión diametral por una prensa Hardsteel SR-125 a 7, 14 y 28 días.

MATERIALES:

- Cemento (Cantera Cristopher) : 33 %
- Agregado fino (Cantera Cristopher) : 33 %
- Agregado grueso (Cantera Cristopher) : 34 %
- Agua a/c : 0.45

OBSERVACIONES:

- Muestras de agregados tomadas para el solicitante.
- La arena gruesa y piedra chancada fueron producidos en la Cantera Cristopher.
- Cemento Portland Tipo I
- Los especímenes cilíndricos fueron almacenados a temperaturas entre 16°C – 27°C y almacenamiento libre de humedad.
- Las probetas fueron elaboradas en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.

REFERENCIA:

- NTP 400.037 Granulometría del agregado grueso y fino.
- ASTM C496 - 96 Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
- NTP 339.084:2012 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.

Tec.: E.E.

Rev.: M.

Fecha de emisión : Lima, 21 de octubre del 2020

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318

ANEXO 30: Resultados de Ensayo de Tracción con adición al 5% de Caucho



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 15099-2020-JBO

INFORME DE ENSAYO

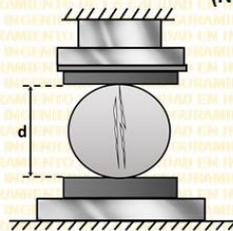
SOLICITANTE : Castillo Campos José Oswaldo **PROYECTO** : "Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019"

DIRECCIÓN : Callao, Lima

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 15099-2020-JBO **UBICACIÓN** : Lima

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 21 de setiembre del 2020 **FECHA DE INICIO** : Lima, 22 de setiembre del 2020

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO 280 KG/CM² CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN 5 % ENSAYO DE PROBETAS DE CONCRETO EMPLEANDO PRESA HARDSTEEL SR-125 (NTP 339.084:2012)



$$f^t = \frac{2P}{\pi \cdot l \cdot d}$$

f^t = Resistencia a la tracción (kg/cm²)
 P = Carga máxima de ruptura (kg)
 l = Longitud de la probeta (cm)
 d = Diámetro del cilindro (cm)

Testigo Probeta	Fecha		Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Edad (Días)	F _c (kg/cm ²)	F _c Prom. (kg/cm ²)
	Modelo	Ruptura						
PT 2.1	22/09/2020	29/09/2020	10.12	20.29	4625	7	14.34	14.42
PT 2.2	22/09/2020	29/09/2020	10.11	20.34	4611	7	14.27	
PT 2.3	22/09/2020	29/09/2020	10.07	20.09	4653	7	14.64	
PT 2.4	22/09/2020	06/10/2020	10.11	20.32	5881	14	18.22	18.20
PT 2.5	22/09/2020	06/10/2020	10.1	20.37	5867	14	18.15	
PT 2.6	22/09/2020	06/10/2020	10.09	20.52	5923	14	18.21	
PT 2.7	22/09/2020	20/10/2020	10.11	20.32	8128	28	25.19	25.13
PT 2.8	22/09/2020	20/10/2020	10.09	20.37	8114	28	25.13	
PT 2.9	22/09/2020	20/10/2020	10.16	20.34	8136	28	25.06	

El ensayo contiene una muestra de 9 probetas de una misma mezcla de concreto con la adición de gránulos de caucho reciclado en 5 %, estas probetas fueron sometidas en grupos de 3 ensayos de resistencia a tracción a acción simple del concreto, por compresión diametral por una prensa Hardsteel SR-125 a 7, 14 y 28 días.

MATERIALES:

- Cemento (Cantera Cristopher) : 33 %
- Agregado fino (Cantera Cristopher) : 31 %
- Agregado grueso (Cantera Cristopher) : 31 %
- Agua a/c : 0.45
- Gránulos de caucho (PROVINORTE S.A.C.) : 5%

OBSERVACIONES:

- Muestras de agregados tomadas para el solicitante.
- La arena gruesa y piedra chancada fueron producidos en la Cantera Cristopher.
- Cemento Portland Tipo I
- Los especímenes cilíndricos fueron almacenados a temperaturas entre 16°C – 27°C y almacenamiento libre de humedad.
- Muestras de Gránulos de caucho fueron obtenidos por Proveedores Industriales del Norte S.A.C.

REFERENCIA:

- NTP 400.037 Granulometría del agregado grueso y fino.
- ASTM C496 - 96 Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
- NTP 339.084:2012 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.



Tec.: E.B.
 Rev.: M.M.F.

MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318

Fecha de emisión : Lima, 21 de octubre del 2020

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

ANEXO 31: Resultados de Ensayo de Tracción con adición al 7.5% de Caucho



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 15099-2020-JBO

INFORME DE ENSAYO

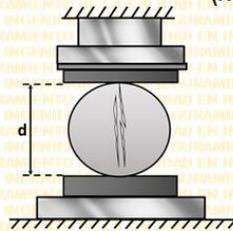
SOLICITANTE : Castillo Campos José Oswaldo **PROYECTO** : "Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019"

DIRECCIÓN : Callao, Lima

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 15099-2020-JBO **UBICACIÓN** : Lima

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 21 de setiembre del 2020 **FECHA DE INICIO** : Lima, 22 de setiembre del 2020

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO 280 KG/CM2 CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN 7.5 % ENSAYO DE PROBETAS DE CONCRETO EMPLEANDO PRESA HARDSTEEL SR-125 (NTP 339.084:2012)



$$f't = \frac{2P}{\pi \cdot l \cdot d}$$

$f't$ = Resistencia a la tracción (kg/cm²)

P = Carga máxima de ruptura (kg)

l = Longitud de la probeta (cm)

d = Diámetro del cilindro (cm)

Testigo Probeta	Fecha		Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Edad (Días)	Fc (kg/cm ²)	Fc Prom. (kg/cm ²)
	Modelo	Ruptura						
PT 3.1	22/09/2020	29/09/2020	10.1	20.32	4670	7	14.49	14.49
PT 3.2	22/09/2020	29/09/2020	10.09	20.27	4656	7	14.49	
PT 3.3	22/09/2020	29/09/2020	10.05	20.52	4698	7	14.50	
PT 3.4	22/09/2020	06/10/2020	10.09	20.32	6826	14	21.19	21.64
PT 3.5	22/09/2020	06/10/2020	10.08	20.35	6988	14	21.69	
PT 3.6	22/09/2020	06/10/2020	10.07	20.12	7018	14	22.05	
PT 3.7	22/09/2020	20/10/2020	10.14	20.32	9507	28	29.37	29.40
PT 3.8	22/09/2020	20/10/2020	10.11	20.33	9493	28	29.40	
PT 3.9	22/09/2020	20/10/2020	10.18	20.22	9515	28	29.43	

El ensayo contiene una muestra de 9 probetas de una misma mezcla de concreto con la adición de gránulos de caucho reciclado en 7.5 %, estas probetas fueron sometidas en grupos de 3 ensayos de resistencia a tracción a acción simple del concreto, por compresión diametral por una prensa Hardsteel SR-125 a 7, 14 y 28 días.

MATERIALES:

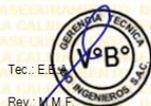
- Cemento (Cantera Cristopher) : 33 %
- Agregado fino (Cantera Cristopher) : 29.5 %
- Agregado grueso (Cantera Cristopher) : 30 %
- Agua a/c : 0.45
- Gránulos de caucho (PROVINORTE S.A.C.) : 7.5%

OBSERVACIONES:

- Muestras de agregados tomadas para el solicitante.
- La arena gruesa y piedra chancada fueron producidos en la Cantera Cristopher.
- Cemento Portland Tipo I
- Los especímenes cilíndricos fueron almacenados a temperaturas entre 16°C – 27°C y almacenamiento libre de humedad.
- Muestras de Gránulos de caucho fueron obtenidos por Proveedores Industriales del Norte S.A.C.

REFERENCIA:

- NTP 400.037 Granulometría del agregado grueso y fino.
- ASTM C496 - 96 Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
- NTP 339.084:2012 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.



Tec.: E.A.
 Rev.: M.M.F.

MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318

Fecha de emisión : Lima, 21 de octubre del 2020

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

ANEXO 32: Resultados de Ensayo de Tracción con adición al 10% de Caucho



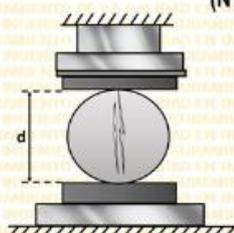
Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
Lima, Peru
Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 15099-2020-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE	: Castillo Campos José Oswaldo	PROYECTO	: "Propiedades físicas y mecánicas del concreto para pavimento rígido con adición de caucho reciclado en la Avenida Metropolitana, Comas 2019"
DIRECCIÓN	: Callao, Lima	UBICACIÓN	: Lima
REFERENCIA	: Solicitud de Servicio N° 15099-2020-JBO	FECHA DE RECEPCIÓN	: Lima, 21 de setiembre del 2020
FECHA DE RECEPCIÓN	: Lima, 21 de setiembre del 2020	FECHA DE INICIO	: Lima, 22 de setiembre del 2020

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO 280 KG/CM2 CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN 10 % ENSAYO DE PROBETAS DE CONCRETO EMPLEANDO PRESA HARDSTEEL SR-125 (NTP 339.084:2012)



$$f't = \frac{2P}{\pi \cdot l \cdot d}$$

$f't$ = Resistencia ala tracción (kg/cm²)

P = Carga máxima de ruptura(kg)

l = Longitud de la probeta(cm)

d = Diámetro del cilindro (cm)

Testigo Probeta	Fecha		Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Edad (Dias)	Fc (kg/cm ²)	Fc Prom (kg/cm ²)
	Modelo	Ruptura						
PT 4.1	22/09/2020	29/09/2020	10.08	20.32	4781	7	14.86	14.95
PT 4.2	22/09/2020	29/09/2020	10.07	20.33	4767	7	14.82	
PT 4.3	22/09/2020	29/09/2020	10.03	20.12	4909	7	15.17	
PT 4.4	22/09/2020	06/10/2020	10.07	20.32	7671	14	23.87	24.24
PT 4.5	22/09/2020	06/10/2020	10.06	20.34	7779	14	24.20	
PT 4.6	22/09/2020	06/10/2020	10.05	20.12	7829	14	24.65	
PT 4.7	22/09/2020	20/10/2020	10.17	20.32	11417	28	35.17	34.67
PT 4.8	22/09/2020	20/10/2020	10.13	20.35	11414	28	35.25	
PT 4.9	22/09/2020	20/10/2020	10.2	20.12	10826	28	33.58	

El ensayo contiene una muestra de 9 probetas de una misma mezcla de concreto con la adición de gránulos de caucho reciclado en 10 %, estas probetas fueron sometidas en grupos de 3 ensayos de resistencia a tracción a acción simple del concreto, por compresión diametral por una prensa Hardsteel SR-125 a 7, 14 y 28 días.

MATERIALES:

- Cemento	(Cantera Christopher)	: 33 %
- Agregado fino	(Cantera Christopher)	: 28 %
- Agregado grueso	(Cantera Christopher)	: 29 %
- Agua	a/c	: 0.45
- Gránulos de caucho	(PROVINORTE S.A.C.)	: 10 %

OBSERVACIONES:

- Muestras de agregados tomadas para el solicitante.
- La arena gruesa y piedra chancada fueron producidos en la Cantera Christopher.
- Cemento Portland Tipo I
- Los especímenes cilíndricos fueron almacenados a temperaturas entre 16°C – 27°C y almacenamiento libre de humedad.
- Muestras de Gránulos de caucho fueron obtenidos por Proveedores Industriales del Norte S.A.C.

REFERENCIA:

NTP 400.037	Granulometría del agregado grueso y fino.
ASTM C496 - 96	Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
NTP 339.084:2012	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.



Tec.: E. M. M. F.
Rev.: M. M. F.

Fecha de emisión : Lima, 21 de octubre del 2020

MARCO ANTONIO MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176318

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

ANEXO 34: Intersección de la Avenida Metropolitana (alt. Cuadra 12) con la Avenida México, Distrito de Comas



ANEXO 35: Zona de Investigación (Avenida Metropolitana con Avenida México – Comas) PARTE 1



ANEXO 36: Zona de Investigación (Avenida Metropolitana con Avenida México – Comas) PARTE 2



ANEXO 37: ZONA TRAPICHE ANTES DEL INCENDIO



ANEXO 38: ZONA TRAPICHE DURANTE EL INCENDIO



<http://prensaeskina.pe/piden-a-vecinos-de-trapiche-evacuar-tras-incendio-en-taller-de-llantas/>

ANEXO 39: VOLÚMENES RESPECTO A LOS ENSAYOS

ENSAYOS	DIMENSIONES					VOLUMEN CONCRETO	CANTIDAD	VOLUMEN TOTAL
	BASE	ANCHO	DIAMETRO MAYOR	DIAMETRO MENOR	ALTURA			
Compresión			0.15 m		0.30 m	0.005301 m ³	36 und	0.190852 m ³
Flexión	0.15 m	0.15 m			0.50 m	0.011250 m ³	36 und	0.405000 m ³
Tracción			0.10 m		0.20 m	0.001571 m ³	36 und	0.056549 m ³
Asentamiento			0.10 m	0.20 m	0.30 m	0.021991 m ³	12 und	0.263894 m ³
Contenido de Aire			0.30 m		0.62 m	0.043825 m ³	12 und	0.525903 m ³
								1.442197 m ³

Compresión	M - 0.00%	0.047713 m ³
	M - 5.00%	0.047713 m ³
	M - 7.50%	0.047713 m ³
	M - 10.00%	0.047713 m ³

Flexión	M - 0.00%	0.101250 m ³
	M - 5.00%	0.101250 m ³
	M - 7.50%	0.101250 m ³
	M - 10.00%	0.101250 m ³

Tracción	M - 0.00%	0.014137 m ³
	M - 5.00%	0.014137 m ³
	M - 7.50%	0.014137 m ³
	M - 10.00%	0.014137 m ³

Asentamiento	M - 0.00%	0.065973 m ³
	M - 5.00%	0.065973 m ³
	M - 7.50%	0.065973 m ³
	M - 10.00%	0.065973 m ³

Contenido de Aire	M - 0.00%	0.131476 m ³
	M - 5.00%	0.131476 m ³
	M - 7.50%	0.131476 m ³
	M - 10.00%	0.131476 m ³

ANEXO 40: Comparación de precios entre Concreto Patrón y las variaciones del Caucho Reciclado

MATERIAL	Cemento	Arena	Piedra	Agua	Caucho	TOTAL	Variación Porcentual
S/ por Kg	S/0.56	S/0.17	S/0.17	S/0.10	S/1.33		
0.00%	429.18 Kg	757.60 Kg	981.27 Kg	184.16 L	0.00 Kg	S/559.72	100.00%
	S/241.35	S/130.69	S/169.27	S/18.42	S/0.00		
5.00%	429.18 Kg	719.72 Kg	981.27 Kg	184.16 L	15.52 Kg	S/573.88	102.53%
	S/241.35	S/124.15	S/169.27	S/18.42	S/20.69		
7.50%	429.18 Kg	700.78 Kg	981.27 Kg	184.16 L	23.27 Kg	S/580.95	103.79%
	S/241.35	S/120.88	S/169.27	S/18.42	S/31.03		
10.00%	429.18 Kg	681.84 Kg	981.27 Kg	184.16 L	31.03 Kg	S/588.03	105.06%
	S/241.35	S/117.62	S/169.27	S/18.42	S/41.37		