



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Influencia del caucho de neumático en las características físicas y mecánicas del bloque de concreto.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Calderón Briceño, Miguel Angel (ORCID: 0000-0003-2186-4791)

Vásquez Gutiérrez, Carlos Antonio (ORCID: 0000-0001-8124-7088)

ASESOR:

Mag. Contreras Velásquez, José Antonio (ORCID: 0000-0001-5630-1820)

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

TRUJILLO - PERÚ

2021

Dedicatoria

A Dios por habernos dado la vida y permitirnos ser parte de una familia sólida y unida.

A NUESTROS PADRES

Quiénes sabiamente nos supieron guiar en la vida, inculcando valores y siendo parte de nuestros Planes, alegrías, tristezas y ser una fuente de inspiración sobre todo creer que todo es posible.

A NUESTROS HERMANOS

Por las enseñanzas que cada día recibimos de ellos y por el ímpetu de seguir luchando en el arduo camino de la vida.

A NUESTROS AMIGOS

Con quienes hemos compartido ideas, sueños y en especial a quienes nos apoyaron incondicionalmente. Que hicieron lo posible de estar ahí en todo momento.

Agradecimiento

Agradecer a dios por bendecirnos para llegar a donde hemos llegado. Porque tu señor hiciste realidad nuestros sueños anhelados.

A nuestras familias, por su esfuerzo, dedicación, paciencia y motivación; porque nos han brindado su apoyo incondicional, compartir buenos y malos momentos a nuestro lado.

A la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – TRUJILLO por darnos la oportunidad de seguir estudiando y ser profesionales.

También un agradecimiento a los docentes de la UCV, porque con su experiencia y dedicación han aportado en nuestra formación profesional y personal

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	15
3.2. Variables y Operacionalización.....	16
3.3. Población y muestra.....	16
3.3.1. Población.....	16
3.3.2. Muestra.....	17
IV. RESULTADOS.....	21
4.1. Planteamiento experimental.....	21
4.2. Caracterización de los agregados.....	21
4.3. Cálculo del diseño de mezcla.....	22
4.3.1. Proporcionamiento de la mezcla patrón B1 o D1.....	22
4.3.2. Proporcionamiento de la mezcla con 10% de caucho, B2 o D2....	23
4.3.3. Proporcionamiento de la mezcla con 15% de caucho, B3 o D3....	23
4.3.4. Proporcionamiento de la mezcla con 20% de caucho, B4 o D4....	23
4.4. Propiedades físicas de bloques patrón y bloques con caucho de neumático.....	24
4.4.1. Ensayo de variación dimensional.....	24
4.4.2. Ensayo absorción.....	25
4.4.3. Ensayo de Densidad.....	26
4.5. Propiedades mecánicas de bloques patrón y con adición de caucho	

reciclado.....	27
4.6. Propiedades mecánicas de bloques con adición de caucho reciclado a los 14 días de edad.....	28
4.7. Propiedades mecánicas de bloques con adición de caucho reciclado a los 28 días de edad.....	29
4.8. Ensayo de resistencia a compresión por pilas.....	30
4.9. Ensayo de resistencia a compresión diagonal (muretes).....	31
V. DISCUSIÓN	33
VI. CONCLUSIONES.....	36
VII. RECOMENDACIONES	38
REFERENCIAS.....	39
ANEXOS	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación para fines estructurales.	12
Tabla 2: Resumen de las características físicas de los agregados obtenidos en el laboratorio.....	22
Tabla 3: Dosificación de los agregados de mezcla patrón B1 o D1.....	22
Tabla 4: Dosificación de los agregados de mezcla (10% caucho) B2 o D2.....	23
Tabla 5: Dosificación de los agregados de mezcla (15% caucho) B2 o D2.....	23
Tabla 6: Dosificación de los agregados de mezcla (20% caucho) B2 o D2.....	23
Tabla 7: Resistencia a la compresión de bloques patrón a los 7 días.....	24
Tabla 8: Resistencia a la compresión de bloques con 10% de caucho a los 7 días.....	24
Tabla 9: Resistencia a la compresión de bloques con 15% de caucho a los 7 días.....	25
Tabla 10: Resistencia a la compresión de bloques con 20% de caucho a los 7 días.....	26
Tabla 11: Resistencia a compresión de bloques con 0, 10,15 y 20% de caucho a los 7 días	27
Tabla 12: Resistencia a la compresión de bloques patrón a los 14 días.....	28
Tabla 13: Resistencia a la compresión de bloques con 10% de caucho a los 14 días.....	29

Tabla 14: Resistencia a la compresión de bloques con 15% de caucho a los 14 días.....	30
Tabla 15: Resistencia a la compresión de bloques con 20% de caucho a los 14 días	30
Tabla 16: Resistencia a compresión de bloques con 0, 10,15 y 20% de caucho a los 14 días	31
Tabla 17: Variable independiente: Caucho de neumáticos	39
Tabla 18: Variable dependiente: Características físicas-mecánicas del bloque de concreto	39
Tabla 19: Granulometría de agregado fino	40
Tabla 20: Granulometría de agregado grueso	40
Tabla 21: Contenido de humedad del agregado fino	41
Tabla 22: Contenido de humedad del agregado grueso	41
Tabla 23: Peso unitario suelto seco del agregado fino	41
Tabla 24: Peso unitario compactado seco del agregado fino	42
Tabla 25: Peso unitario suelto seco del agregado grueso.....	42
Tabla 26: Peso unitario compactado seco del agregado grueso.....	42
Tabla 27: Peso específico del agregado fino	43
Tabla 28: Peso específico del agregado grueso.....	43
Tabla 29: absorción del agregado fino	44
Tabla 30: absorción del agregado grueso	44
Tabla 31: Granulometría del caucho reciclado	42
Tabla 32: Matriz de consistencia	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Flujograma de producción.	31
Figura 2: Variación dimensional de los bloques a los 28 días.	36
Figura 3: <i>Ensayo de absorción de bloques a los 28 días</i>	37
Figura 4: <i>Ensayo de densidad de bloques a los 28 días</i>	38
Figura 5: <i>Resistencia a la compresión de bloques a los 7 días</i>	39
Figura 6: <i>Resistencia a la compresión de bloques a los 14 días</i>	40
Figura 7: <i>Resistencia a la compresión de bloques a los 28 días</i>	41
Figura 8: <i>Resistencia a la compresión de pilas a los 14 días</i>	41
Figura 9: <i>Resistencia a la compresión de muretes a los 28 días</i>	41
Figura 10: <i>Curva granulométrica del caucho reciclado</i>	42

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del caucho de neumático en las características físicas y mecánicas del bloque de concreto; el tipo de investigación acogida es cuantitativa, aplicada, experimental como instrumento se usó la ficha de observación, se hizo un análisis comparativo de los resultados obtenidos en el bloque patrón con aquellos con incorporación de caucho de 10%, 15% y 20% respectivamente. Los principales resultados encontrados en esta investigación son los siguientes, la resistencia a la compresión se vio disminuida en 10.16% cuando se le adicionó 10% de caucho; la densidad obtenida fue muy favorable a nuestros intereses, siendo el más óptimo aquel que se reemplazó con 20% de caucho ya que disminuyó en un 15.02% con respecto al diseño de bloque patrón; la absorción se elevó en cuanto más caucho tenía, lo cual no es favorable para las unidades de albañilería, el mejor desempeño lo tuvo aquel bloque con 10% de caucho de neumático mientras que la conductividad térmica el mejor performance nos otorgó aquel bloque que tenía mayor porcentaje de caucho, 20% con una reducción de 32.4% con respecto al bloque guía. En conclusión, se puede usar el caucho en no más del 10% como un agregado más en la fabricación de bloques de concreto para muro portante, ya que la resistencia a compresión se ve seriamente afectada, sin embargo, posee un gran aislamiento térmico y aligera el peso en la edificación.

Palabras clave: Bloques, concreto, caucho de neumático.

Abstract

The present research work aimed to determine the influence of tire rubber on the physical and mechanical characteristics of the concrete block; The type of research received is quantitative, applied, experimental as an instrument, the observation sheet was used, a comparative analysis was made of the results obtained in the standard block with those with incorporation of 10%, 15% and 20% rubber respectively. The main results found in this research are the following: the compressive strength of saw decreased by 10.16% when 10% of rubber was added; The density obtained was very favorable to our interests, the most optimal being the one that was replaced with 20% rubber since it decreased by 15.02% with respect to the standard block design; The absorption rose the more rubber it had, which is not favorable for masonry units, the best performance was that of the block with 10% tire rubber, while the thermal conductivity the best performance was given to us by the block with the highest percentage of rubber, 20% with a reduction of 32.4% with respect to the guide block. In conclusion, no more than 10% rubber can be used as an additional addition in the manufacture of concrete blocks for bearing walls, since the compressive strength is seriously affected, however, it has a great thermal insulation and lightens the weight in the building.

Keywords: blocks, concrete, tire rubber

I. INTRODUCCIÓN

Jaimes y Torres (2019, p. 34), mencionan que globalmente, las innovaciones en productos como los procesos de construcción se han desarrollado de manera muy acelerada los últimos 15 años. En este sentido, países como Colombia conservan el uso del ladrillo y el bloque, los tabiques, las paredes de aislamiento acústico, las paredes de fachada, las paredes decorativas, las paredes de carga, las paredes estructurales, etc. No hubo ninguna excepción, como la duplicación según sus usos, (Caicedo, et al., 2017).

Las empresas constructoras del mundo se reunieron a la conferencia por parte de la ONU sobre el cambio climático, debido que el sector construcción simboliza el 39% dióxido de carbono (CO₂), existiendo una demanda insatisfecha de materiales de construcción, siendo China y EE.UU. los principales emisores de CO₂, generando así un 30% de residuos sólidos y 20% en contaminación de aguas, (Rodgers, 2018), además los bloques de hormigón, en particular, producen un alto gasto energético de estos materiales generando una cantidad significativa de CO₂ libre en la atmósfera.

A nivel nacional es importante señalar que entre 2017 y 2019 la productividad de ladrillo aumentó un 3% anualmente. Según (ULACEP, 2019), la demanda depende del desarrollo de las ciudades y el crecimiento del sector autoconstrucción. El tamaño del mercado de Ladrillero predice más de S/. 1,600 millones, según la Asociación de Ladrillos Cerámicos del Perú (ALACEP), indica que el 35% es de empresas formales y el 65% proviene de la informalidad la cual concentra el 65% de la oferta, produciendo alrededor de 18 mil TN por día, (Alata Apaza, 2019).

En la actualidad la construcción produce gran cantidad de dióxido de carbono (CO₂) en sus diferentes fases, por lo que se necesita desarrollar un plan estratégico dando preferencia al uso de materiales reutilizables. Tal es así que la sociedad exige más cuidado del medio ambiente, dando más preferencia a las empresas que trabajan con responsabilidad socio-ambiental. Los materiales ecológicos tienen como

objetivo principal aminorar la contaminación y solucionar problemas recurrentes, sin embargo, los materiales a usar deben cumplir ciertas características que ayuden a mejorar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo, Tapias y Ramírez (2018)

Según Manu, (2016) se estima que en 2015 se consumieron 29,1 toneladas de caucho, de las cuales 12,3 eran de origen vegetal. En el informe publicado por el Consejo Empresarial Mundial de Desarrollo Sostenible, se producen 1.000 millones de neumáticos en todo el mundo y 4.000 millones son abandonados en vertederos, ríos y basureros. Sin embargo, las empresas Granutec y Trisol en México lo utilizan como materia prima y crean diferentes artículos como impermeabilizantes; a través de un proceso mecánico para evitar la generación de CO₂ según Meza, (2018). El parque automotor en Perú es un sector en crecimiento, pasando de 2.5 millones de vehículos (Condor, 2019).

En La Libertad, una de las regiones más pobladas del Perú, contribuye en gran medida a la cantidad de NFU, según M. Farfán y E. Leonardo, (2018). Además, varias empresas se ocupan actualmente de la conversión de los neumáticos sin uso en diferentes productos: baldosas de caucho, aisladores de vibraciones, y parques infantiles por su resistencia al desgaste y bajo costo de mantenimiento; estos desechos ya no estarán expuesto a la naturaleza sin ningún tipo de mantenimiento o tratamiento, por otra parte, evitar el uso de materias primas no renovables ayuda a reducir la contaminación. (Espinosa, 2018).

La problemática real nos llevará al siguiente **problema general** de investigación: ¿Qué influencia tiene el caucho de neumáticos en las características físicas y mecánicas del bloque de concreto? Y de manera específica, ¿Qué porcentaje de caucho de neumático otorga mejor comportamiento físico y mecánico del bloque de concreto?, ¿de qué manera influye el caucho de neumático en la densidad, absorción y aislamiento térmico del bloque de concreto?, ¿de qué manera influye el caucho de neumático en la resistencia compresión del bloque de concreto?

La investigación se **justifica** desde el criterio práctico, porque el ahorro significativo en los costos de materiales proporciona un uso de reciclaje que de otra manera tendría un costo e impacto ambiental. Desde el criterio de conveniencia, mejora a los bloques tradicionales, logrando un mejor desempeño de las propiedades físicas, mecánicas, acústicas y térmicas. Desde la relevancia social, el caucho contribuye a la innovación social, técnica y de sostenibilidad en la industria constructiva de obras de transporte y edificaciones. En cuanto a utilidades metodológicas, se utilizaron instrumentos que pueden servir a futuras investigaciones en su propósito de conocer las propiedades especiales que aporta el caucho de NFU.

El **Objetivo General** de esta investigación es: Determinar la influencia que tiene el caucho de neumático en las características físicas y mecánicas del bloque de concreto.

Para lograr el objetivo principal se requieren los siguientes **objetivos específicos**: **O1**, determinar la influencia del porcentaje de caucho de neumático en las características físicas y mecánicas del bloque de concreto; **O2**, determinar la influencia del caucho de neumático en la densidad, absorción y aislamiento térmico del bloque de concreto; **O3**, precisar la influencia del caucho de neumático en la resistencia a la compresión y del bloque de concreto.

Para estos propósitos característicos, debemos demostrar estadísticamente la siguiente **Hipótesis General**: **H0** El caucho reciclado de NFU mejorará notoriamente las características físicas y mecánicas del bloque de concreto; y cuatro **Hipótesis Específicas**: **H1** La dosificación óptima será con un 20% de caucho en la mezcla para bloques de concreto; **H2** El caucho de neumático influirá positivamente en la densidad, absorción y aislamiento térmico del bloque de concreto; **H3** El caucho de neumático tendrá una influencia favorable en la resistencia a compresión de los bloques de concreto.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel internacional destacan Petrella y Nortanicolla (2021) en su artículo ***“Lightweight Cement Conglomerates Based on End-of-Life Tire Rubber: Effect of the Grain Size, Dosage and Addition of Perlite on the Physical and Mechanical Properties”***, evaluaron morteros de cemento livianos que incorporan caucho de llantas al final de su vida útil como agregado. Con arena estándar sin tratar de varios tamaños de grano (0–2 mm, 2–4 mm) y distribuidos en (25%, 32% y 40% en peso). Por falta de adherencia del caucho a la pasta cementicia y disminuida densidad de los áridos, los morteros presentaron conductividades térmicas menores a (90%) de la referencia de arena. El aumento del % en peso provocó caída en las conductividades térmicas, disminución en la fluidez de la mezcla fresca y menor resistencia mecánica. Mejoraron la resistencia mecánica y cambios mínimos en las características térmicas al agregar perlita expandida a la mezcla (grano de 0–1 mm). Las capacidades super elásticas se detectaron en pruebas de compresión por impacto, donde los resultados más altos fueron mediante una ranura profunda antes de la falla total; además, de una penetración de agua mínima a través de la superficie y del grueso de las muestras, por lo que estos materiales son ambientalmente sostenibles.

Rahman, Hussein, Mahmood y Madhum (2021) en su artículo ***“Improving the Performance of Environmentally Friendly Concrete by Using Waste Tyre”***, analiza el rendimiento del hormigón al reemplazar los agregados finos y gruesos con caucho de neumáticos antiguos. Las principales necesidades del hormigón ligero son el aislamiento térmico y la resistencia mecánica. Con agregado de caucho astillado, el concreto puede deformarse, pero no partirse; por su mayor capacidad de llenado de espacios, el uso triturado proporciona un mejor aislamiento que otros tamaños. Además, el uso de agregados finos redujo la conductividad aún más, a un 32,76% menos que la mezcla de control. Con caucho astillado a un 25% de reemplazo, la densidad se redujo en un 6%, la trabajabilidad bajó un 42%, la compresión un 48,75%, la flexión un 15,78% y el agrietamiento un 24,50%. Concluyendo que con 10% de caucho se obtiene una mayor resistencia a la compresión y durabilidad, por lo tanto, este concreto liviano se usará solo en elementos no estructurales.

A nivel internacional destacan Pacheco y Moreno (2018), en su investigación **“Análisis del comportamiento mecánico en adoquines de concreto hidráulico con sustitución de agregado fino por grano de caucho reciclado en los tamices n°8 al n°20 (2.36 mm—0,85 mm) y adición de polvo fino de microsílíce”** se evaluó el comportamiento mecánico de los adoquines mediante la adición de material de grano de caucho reciclado y micro sílice, utilizando el tamiz número 8, 10, 12 y 20% cambiando los porcentajes entre el 5% y el 15%. Con el objetivo de encontrar el mejor comportamiento mecánico. Se utilizó una investigación de enfoque cualitativo de diseño experimental. Como resultado se obtuvo que (microsílica 6% y GCR 5%) representa mejor las condiciones para la producción de adoquines prefabricados debido a su resistencia y peso reducido.

Así mismo Gerges, Isa y Fawaz (2018) en su artículo **“Rubber concrete: Mechanical and dynamical properties”**, analizaron los efectos del empleo de polvo de caucho reciclado como alternativa de agregado fino en mezclas de concreto, al 5%, 10%, 15% y 20%. Encontraron que la resistencia a la compresión de los cilindros de hormigón con caucho se redujo; además, por su gran resiliencia, las partículas de caucho tienen un efecto favorable sobre el comportamiento dinámico en el concreto. Concluyendo que, aunque el concreto engomado tiene una resistencia a la compresión más baja que el tradicional, ofrece características ventajosas como menor densidad, mayor tenacidad y mayor resistencia al impacto, pudiendo limitar su uso en ciertas aplicaciones estructurales.

Por su parte Torres y Jaimes (2019), en su artículo **“Aprovechamiento del grano de caucho reciclado para la elaboración de adoquines ecológicos como una nueva alternativa a la industria constructiva”**, evaluaron que tan posible es reunir partículas de neumáticos para elaborar adoquines ambientalistas, usó una metodología experimental o cuasi experimental de enfoque cuantitativo. Se realizó una muestra de 36 adoquines, 12 con las propiedades de un adoquín comercial 0%, 12 con 5%, 7%, 9% de partículas de caucho, todo esto con el propósito de ampliar la confiabilidad en los datos. Y como resultado se obtuvo que con un 9% de Grano de Caucho Reciclado a los 28 días las proporciones 1:2 y 1:3 cumplen con lo dispuesto en la normativa (4.2 Mpa).

López (2018), en su tesis **“Concreto estructural con agregado triturado de llantas usadas”**, su objetivo fue definir el máximo porcentaje de agregado de NFU que se pueda utilizar para una combinación de concreto estructural en Colombia mediante pruebas hechas en laboratorio, usó un diseño metodológico centrándose específicamente en 3 procesos fundamentales explicación de parámetros, Diseño del experimento, pruebas y análisis de sus comportamientos. Sus resultados señalan que el agregado ayuda a aligerar con el peso de los hormigones CR7 y CR5 según el CDR, el 7% y 4% en la primera fase, 9% y 7% en la segunda fase, que hace que el hormigón sea un bien económico al tener menor carga gravitacional muerta en la edificación.

Hernández (2018), en su investigación **“Diseño de un material ecológico para construcción mediante la adición de caucho de llanta al concreto”**, tuvo como objetivo desarrollar y evaluar las propiedades mecánicas de un compuesto a base de concreto dopado con caucho proveniente de una llanta de desperdicio. Usó el método experimental hipotético deductivo, sus resultados muestran que el hormigón a base de caucho tuvo un peso menor al aumentar su proporción, las muestras de polvo de caucho fueron las más ligeras en el contenido, esto aumentó la porosidad debido a que la morfología permitiendo incluir más aire durante el proceso de mezcla del hormigón fresco, sin embargo, es posible utilizarlo como aislamiento térmico debido a su porosidad.

Venegas (2016), en su tesis **“Evaluación del comportamiento del grano de caucho de llanta reciclada en la producción de concreto para la empresa argos”**, su investigación tuvo como objetivo principal examinar el rendimiento del grano de caucho de neumático reciclado en la producción de hormigón para la empresa Argos. El diseño experimental le permitió examinar si existe un efecto en la respuesta y en qué medida. Es decir, si las dimensiones y cantidad de GCR de reemplazo tienen un efecto en la resistencia del concreto. Según los resultados, aunque sus propiedades se reducen debido a su porcentaje relativamente bajo de sustitución, esta reducción no hace que el producto sea inutilizable, es decir, el hormigón modificado con GCR está disponible comercialmente.

Liévano (2017), en su investigación **“Análisis, estudio y concepción en la aplicación de concreto con agregado de llanta neumática reciclada en elementos arquitectónicos”**, su objetivo fue identificar aplicaciones de hormigón modificado con caucho de llanta reciclado en elementos de construcción. Los resultados de la investigación muestran que, las mezclas de hormigón de agregados de caucho pueden utilizarse para sustituir a los agregados gruesos y finos, con un cambio porcentual del 5%. Aparte de ello, se aclaró que, en el caso de las llantas neumáticas, el aditivo no aumenta la resistencia, sino que reduce el porcentaje de capacidad resistiva del 78,24%. Las mezclas propuestas aquí reflejan una mayor deformación y una menor capacidad de resistencia a compresión, pero tienen el potencial de ser utilizadas en el hormigón estructural.

Iqbal Marie, (2016) en su artículo **“Thermal conductivity of hybrid recycled aggregates - Rubberized concrete”**, en su afán de crear un concreto híbrido de agregado reciclado y caucho reciclado con propiedades físicas y mecánicas aceptables además de tener relativamente una conductividad térmica baja, sostiene que la densidad disminuyó un aproximado de 16.26% con respecto a la mezcla guía, esto con 20% de RCA, la absorción también se vio afectada a medida que aumentó el % de RCA, otra característica importante a destacar es la resistencia a la compresión, que se vio disminuida en 18% cuando se incorpora el 20% de RCA, con respecto a la mezcla convencional. Sin embargo, la característica a destacar es la baja conductividad térmica que se obtuvo con el 20% de RCA, pues disminuyó en 36.8% con respecto a la mezcla de referencia.

A nivel nacional destacó Cabanillas (2017), en su investigación **“Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado”**, su objetivo fue determinar la condición física y mecánica de las piezas de inserción de hormigón de caucho reciclado y para ver el efecto sobre propiedades como el peso unitario, que emplea un refuerzo, uso el método cuantitativo de tipo aplicado y diseño experimental transversal. Se concluyó que la firmeza a la compresión varió en un 8,47% con respecto al 191,65 Kg / cm² con un 10% de adición de caucho, pero la resistencia del hormigón patrón es de 209.39 kg/cm², con una diferencia de

38.15% al compararse con lo obtenido con un 15% de partículas de caucho reciclado 129.52 kg/cm², mientras que con respecto a la adición del 20% de caucho se llegó a los 112 kg/cm², habiendo una variación de 46.13% con respecto al concreto patrón.

Cáceres y Mamani (2021) en su tesis ***“Propiedades físico mecánicas de ladrillos de concreto con adición de fibras de caucho reciclado”***, tuvo como objetivo estudiar una unidad de albañilería tipo IV utilizando fibras de caucho de neumáticos recicladas que cumpliera con los estándares mínimos establecidos en la Norma E.070, experimentando con diferentes dosis, siendo la mejor dosificación al 25% de cemento y 15% de partes de caucho en reemplazo del agregado fino y probando sus cualidades mecánica y física. Como resultados se logró resistencias de 103.33, 123.69 y 155.9 kg/cm² en un periodo de 7, 14 y 28 días, concluyeron que el ladrillo, que está clasificado como tipo IV y es de alta calidad, ecológico, artesanal y tiene un costo de 0.43 soles (excluyendo mano de obra no especializada), que es 59 por ciento menos que la arcilla calcinada más comercializada.

Suárez y Mujica, (2016), en su investigación ***“Bloques de concreto con material reciclable de caucho para obras de edificación”***, Con la intención de disminuir el efecto ambiental que originan los neumáticos después de culminar su tiempo de vida, cuyo fin es evaluar la influencia de la adición del caucho granulado, en la elaboración de las unidades de concreto, por medio de pruebas destructivas y no destructivas con porcentajes de 5, 10, 15, 20 y 25% para determinar la resistencia a compresión. Dentro de sus resultados los ensayos realizados a 7, 14 y 28 días, muestran que al incorporar el caucho un 20% no revela ninguna alteración significativa al hacer una comparación con el concreto tradicional; por tal motivo eligieron el mejor diseño D-4 que representa el 15.48% en la resistencia, al incorporar el caucho disminuye la rigidez dinámica y brinda un mejor aislamiento térmico y acústico.

Zapata (2021) en su tesis ***“Influencia del porcentaje y módulo de finura de partículas de caucho de neumáticos reciclados sobre la densidad, compresión y asentamiento en un concreto para veredas”***, examinó la interacción del hormigón y el caucho derivado de neumáticos reciclados

referenciado en el enfoque ACI-211 para un concreto de 210 Kg/cm². Las partículas se integraron en un porcentaje en peso de 2, 4 y 6%. El módulo de finura del caucho utilizado fue 1,9 para tamaños de polvo de menos de 0,5 mm y 4,0 para tamaños de caucho granulado de 0,5 a 2 mm. El asentamiento (pulgadas) y la densidad (kg / m³) se probaron en concreto nuevo, mientras que la resistencia a la compresión (MPa) en concreto endurecido tras 28 días de curado. El caucho en la pasta de hormigón extrae agua de la mezcla, por eso, para equilibrar se empleó un aditivo superplastificante Euco 37. La muestra estándar alcanzó 213kg/cm² según los resultados de la prueba de compresión después de 28 días, aumentando a 229kg/cm² después de añadir un 1% de ingrediente superplastificante. La resistencia a la compresión osciló entre 182 y 119 Kg/cm². Las partículas de caucho granulado agregadas al hormigón tienen un menor impacto en su resistencia, reduce a 182 Kg/cm² al agregar 2% de caucho, frente al caucho en polvo con una resistencia de 170 Kg/cm².

Flores (2020) en su tesis ***“El uso del caucho reciclado y su influencia en la caracterización físico – mecánico del concreto para la elaboración de adoquines”***, probó el impacto de las partículas de caucho reciclado según se recibieron (CR) y pretratadas con solución de hidróxido de sodio (CRT) como un sustituto parcial basado en el peso del agregado fino (5, 10 y 15%). Los hallazgos del concreto en su estado fresco con CR y CRT mostraron constancia de trabajabilidad hasta en un 15% de reemplazo parcial; al aumentar el caucho, el comportamiento de asentamiento y el peso unitario muestran tendencia lineal. La temperatura de la mezcla CR y CRT se determinó por el tiempo de vertido y la temperatura ambiente. Frente a adoquines de control, la prueba de compresión y flexión mecánica reveló una tendencia lineal hacia un mayor contenido de CR y CRT, siendo las de CRT algo mejores que de las CR, pero versus la muestra de control, el pretratamiento no tuvo efecto sobre las cualidades mecánicas. En general, los adoquines con CR y CRT hasta un 10% exceden los requisitos de resistencia a la compresión para la capacidad de servicio TIPO II según lo definido por NTP 339.661.

Contreras (2018) en su tesis **“Influencia del tamaño y porcentaje de caucho reciclado en un concreto estructural sobre su compresión, asentamiento, peso unitario y deformación, Trujillo – 2018”**, creó un diseño de mezcla para hormigón estructural con una resistencia media de 280 kg / cm² utilizando la técnica ACI 211. Realizó ensayos sobre el hormigón en estado fresco para determinar el asentamiento y peso unitario, y endurecido para medir su resistencia a la compresión a los 28 y 56 días de curado, así como la deformación hasta producirse la rotura, según las normas ASTM. Los resultados de la prueba de resistencia a la compresión después de 28 días muestran un alcance de 284 kg/cm² en la muestra estándar, elevándose a 292 kg/cm² al añadir 0,35% de aditivo superplastificante. A los 28 días las partículas de caucho más pequeñas agregadas al hormigón tienen un impacto menor en su resistencia, ya que cuando se agrega 1% de caucho, la resistencia cae a 243 kg/cm², versus 212 kg/cm² con caucho más grande; sin embargo, a los 56 días es todo lo contrario.

(Serrano G., et al., 2017), en su artículo **“Residuos inertes para la preparación de ladrillos con material reciclable”**, en este estudio evaluó la utilización de residuos en la preparación de muestras de concreto y de tierra sometidas a pruebas de compresión mediante la construcción de muretes. El método fue experimental aplicado, descriptivo comparativo. Sus resultados evidencian que los bloques de hormigón preparados con residuos plásticos que se fabricaron las probetas tenían un comportamiento de presión de hasta 9 MPB; Asimismo, los ladrillos preparados con bloques de arcilla modificados con pasto seco pueden alcanzar resistencias de hasta 2,17 MPa. Además, también se constató que, según la respuesta de las dos muestras del tipo termofográfico, es posible que estos materiales reduzcan el efecto de la temperatura interior, hecho que debe ser confirmado por estudios posteriores. Por otro lado, y aunque el estudio comprueba la viabilidad de utilizar estos residuos en la preparación de residuos a granel, es importante que las autoridades competentes establezcan los estándares de calidad que deben cumplir estos materiales para que sean realmente atractivos para la industria.

Convenientemente para nutrir el marco conceptual de la presente investigación abordaremos conceptos claves de:

Los agregados son un conjunto de partículas inertes que al mezclar con cemento Portland y agua forman el hormigón o el mortero, (normalmente) natural o artificial (Peñaloza, 2015 p. 23). La óptima firmeza a la compresión es la propiedad mecánica básica del hormigón, la manera de examinar dicha propiedad es a través de ensayos mecánicos destructivos, (Akroyd, 2016)

Caucho Sintético, la cual también se le conoce como elastómero, es un material que posee propiedades intrínsecas, entre ellas se destaca su elasticidad, que después de haber sido sometido a fuerzas puede retornar a sus medidas originales; pudiéndose utilizar en diversos trabajos que requieran de un alto rendimiento como en las industrias aeronáuticas, naval, resortes o neumáticos, (Urrego, et al., 2017 p. 101).

El bloque de concreto, se denomina así porque es fabricado a base de la utilización de cemento, incorporación de agua, agregados finos y gruesos y por sus dimensiones se debe utilizar las dos manos al momento del asentado de muros, (Jordán, et al., 2017), pueden ser de procedencia natural o bien artificiales; donde también se le puede incluir o no aditivos, (Mercado Mamani, et al., 2018 p. 3). De acuerdo a las propiedades de albañilería tenemos físicas y mecánicas: en cuanto a las físicas se basa en la resistencia de la albañilería y son:

Variación dimensional, En conformidad con las NTP 399.600 y 399.602 (INACAL, 2017 p. 14), se define como unidad de albañilería y sus dimensiones mínimas para los bloques de concreto serán: largo 300 mm, ancho 200 mm y alto 200mm. Pero hay bloques generalizados teniendo como dimensiones: largo 400 mm, ancho 200 mm y alto 200mm.

Alabeo, el mayor cóncavo y convexo del ladrillo producirá una mayor junta, de tal manera que disminuirá la adherencia con el mortero, esto es producto de la formación de vacíos en las zonas alabeadas, también se puede producir un defecto de tracción por flexión en el ladrillo y para definir el alabeo se seguirá lo indicado en la NTP 399.613 (INACAL, 2017 p. 12).

Tabla 1: Clasificación para fines estructurales.

TIPO DE UNIDADES DE LADRILLO PARA MUROS PORTANTES					
TIPO	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f' b mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Hasta 150 mm		
	Ladrillo I	+ - 8	+ - 6		
Ladrillo II	+ - 7	+ - 6	+ - 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	+ - 5	+ - 4	+ - 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	+ - 4	+ - 3	+ - 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	+ - 3	+ - 2	+ - 1	2	17,6 (180)
Bloque P⁽¹⁾	+ - 4	+ - 3	+ - 2	4	4,9 (50)
Bloque	+ - 7	+ - 6	+ - 4	8	2,0 (20)
NP⁽²⁾					

(1) Bloque que se usa en muros portantes

(2) Bloque que se utiliza en muros no portantes

Fuente: Norma E-070

Succión, en conformidad con la Norma (E-070, 2018), se debe medir el agua cm³, en un recipiente colocar el bloque dentro de bandeja fijándose en tres puntos específicos, de tal manera que la cara de asiento esté en contacto con el agua en lapso de un minuto. Después se retira el bloque y nuevamente se mide el agua.

Absorción, con este método se mide la permeabilidad del bloque, se toma como medida a la porosidad de acuerdo a la Norma NTP 399.604 y 399.613, y no debe tener una absorción mayor a 12% en bloques P y en bloques NP no mayor al 15%, para los de arcilla la absorción no será mayor a 22%. El espesor en la cara de asentado será como mínimo 25 mm en bloques P y 12 mm para bloques NP.

De la misma forma (INIFED, 2015 p. 3) define al Concreto, como un compuesto de cemento portland, agregados fino, grueso, adición de agua y aditivo; la cual forman una masa sólida con capacidad de resistir grandes esfuerzos de compresión. La resistencia de diseños varía dependiendo de su dosificación. Y se clasifica en:

Concreto ciclópeo, según (RNE, 2019) es un concreto simple que se emplea en cimientos y sobrecimientos con incorporación de piedra grande y mediana. **Concreto normal**, según (Peñaloza, 2015) es un concreto que se utiliza en distintas de estructuras como: aceras, túneles, muelles, puentes, autopistas, calles; también se utiliza en albañilería como tabique o bloque. **Concreto armado**, según (RNE, 2019) es un concreto estructural reforzado en su interior con acero, de esa manera lograr una mayor resistencia en flexo-compresión y es utilizado en edificios, puentes.

Por otro lado, el **Diseño de mezclas**, según Tejada y Valencia (2017), es el proceso de seleccionar agregados que cumplan con la normativa y den una mejor trabajabilidad, resistencia y dureza; debe haber relación agua/cemento, máximo tamaño de agregado, contenido de aire, (Pérez Cadenillas, 2019), menciona que, para conocer sus propiedades del concreto fresco, propiedades mecánicas del concreto endurecido; los diseños de mezcla pueden variar de acuerdo a las necesidades del proyecto, pueden ser experimentales, analíticos, empíricos o volumétricos.

Se han identificado las características del **concreto fresco**, como: trabajabilidad, consistencia y uniformidad; también **concreto endurecido** dentro de estas propiedades mecánicas están la: resistencia a compresión, durabilidad, impermeabilidad.

La resistencia a la **compresión** hace referencia a la máxima solidez de la muestra de hormigón a la carga axial, este ensayo se realiza a los 28 días cuando ya logra su máxima resistencia teniendo por unidades kg/cm², y la carga máxima de la sección transversal media NTC 673 (ASTM C39) soportada por la muestra durante el ensayo, (Jordán, et al., 2017).

La capacidad del hormigón a **flexión** simple se examina mediante el ensayo de la viga, durante esta prueba el hormigón ha sido sometido a compresión y tensión; la prueba usada para definir la firmeza del hormigón a flexión es el de las vigas simples con una carga del tercio medio, los resultados se calculan y se obtiene el

módulo de ruptura y si hay discrepancia en la magnitud de la muestra, la preparación, el estado de humedad, el curado o la viga se funde o se corta a tamaño exigido según NTC 2871 (ASTM C 78) (Training, 2020).

Según Singh et al (2017), la **permeabilidad** del hormigón tiene que ver con la porosidad de la mezcla y de la cantidad de finos en los agregados y los huecos originados por una defectuosa compresión o los capilares abandonados por el agua evaporada (Aliabdo et al., 2018). A bajas relaciones A / C y una mayor hidratación del cemento, el volumen de los grandes poros se reduce y provoca una disminución de la permeabilidad del concreto, (Hermida, 2013).

También se ha creído conveniente definir **Muro portante**, que según la Norma (E-070, 2018), se denomina así a aquellos muros que son diseñados y construidos para soportar y transmitir cargas verticales hacia la cimentación, que pueden ser cargas muertas ocasionado por el peso propio o cargas vivas denominadas también como cargas de servicio. Estos elementos deben tener una continuidad vertical, porque presentan una fragilidad considerable al someterle carga lateral en los lados de los muros, provocando agrietamientos por esfuerzos de tracción, disminución resistencia y rigidez, (Cañola, et al., 2017 p. 493).

Respecto a los ensayos de: variación dimensional, absorción, densidad, aislamiento térmico y resistencia a la compresión, diseño de mezcla; los procedimientos a detalle se encuentran en anexos.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación será del tipo aplicada, ya que el problema establecido es conocido por los investigadores, como es el caso de las propiedades físicas y mecánicas del bloque de concreto, que luego serán usados en la construcción de viviendas, colegios, centros comerciales y cercos, y obteniendo resultados muy favorables, los cuales beneficiarán al medio ambiente, a los clientes y población en general. Puesto que el objetivo es solucionar problemas que se presentan hoy en día, (Rojas, 2014)

En cuanto al diseño de la investigación es de carácter experimental, pretendiendo comparar un diseño de mezcla patrón con un diseño de mezcla adicionando caucho molido de neumático en porcentajes de 10, 15 y 20%, los cuales serán curados por un tiempo de 7, 14 y 28 días para luego medir sus características físicas y mecánicas, destacando la resistencia a la compresión, las mismas que serán medidas en base a su proporción obtenida, además de la información conseguida de los ensayos realizados a los agregados. A continuación, se muestra la representación del diseño.

RG_1	X_1	O_1
RG_2	X_2	O_2
RG_3	X_3	O_3
RG_4	---	O_4

Dónde:

$RG_1, 2, 3$ Grupos experimentales aleatorios.

RG_4 Grupo de control.

X_1 Dosificación de caucho de neumático 10%.

X_2 Dosificación de caucho de neumático 15%.

X_3 Dosificación de caucho de neumático 20%.

$O_1, 2, 3, 4$ Medición de propiedades físicas y mecánicas a los 7, 14 y 28 días.

3.2. Variables y Operacionalización

Caucho de neumático (variable independiente). Es un subproducto que proviene en su totalidad de la trituración de neumáticos fuera de uso y que por su naturaleza y características se usa en diferentes materiales de construcción, (Farfán M. y Leonardo E. 2018), Esta variable nos permitirá hacer la caracterización de los agregados, el diseño de mezclas patrón y diseño de mezclas con adición de caucho de neumático de 10, 15 y 20 % en volumen, tal como se detalla en el ANEXO 1.

Características físicas y mecánicas del bloque de concreto (variable dependiente). Son propiedades inherentes del bloque hecho a base de agregado grueso, agregado fino, cemento y agua; los cuales por su dimensión y peso son manipulados con las dos manos (RNE, 2019). Esta variable es fundamental para definir y determinar las propiedades físicas y mecánicas de los bloques a los 7, 14 y 28 días; teniendo como indicadores la flexión, resistencia a la compresión, succión, absorción, entre otras destacadas en el ANEXO 1.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Bloques de concreto con 10%, 15% y 20% de caucho reciclado de NFU y bloques de concreto convencionales con 0%.

3.3.1.1. Número de unidades a ensayar:

a) Propiedades físicas a los 28 días de edad

- Unidades sometidas a absorción
3 unidades
- Unidades sometidas a variación dimensional
3 unidades
- Unidades sometidas a densidad.
3 unidades
- Unidades sometidas a aislamiento térmico
3 unidades

b) Propiedades mecánicas

- Unidades a compresión axial
 - 3 a los 7 días de edad
 - 3 a los 14 días de edad
 - 3 a los 28 días de edad
- Pilas a compresión axial (2 unidades min.)
 - 3 a los 28 días de edad
- Muretes a compresión diagonal 60x60 (6 unidades)
 - 3 a los 28 días

La cantidad de especímenes a ensayar será de 45 unidades, sin embargo, según la NTP las muestras de alabeo y variación dimensional pueden usarse en otros ensayos que son destructivos, por lo que no se considerará el descuento, quedando ahí como repuestos considerando daños de las unidades en el transporte o al momento de apilarlos.

Por lo tanto, la cantidad total será:

Cantidad de proporciones	4
Nro. De unidades a ensayar	45

Entonces, por ser cuatro tipos de proporcionamientos y al realizar 45 unidades de bloques de concreto por cada uno, realizando una operación simple de multiplicación obtenemos un total de 180 bloques dentro de los cuales 45 serán convencionales y 135 añadidos con diferente porcentaje de caucho de neumático.

3.3.2. Muestra

Según Rojas, (2015), el tipo de muestra será no probabilístico de carácter intencional, para lo cual se tendrá en cuenta aquellas unidades que posean una mínima variación dimensional. La cantidad de muestra será de 180 unidades, lo cual incluyen los bloques convencionales y aquellos que en el proceso se los añadió un porcentaje de caucho molido.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos:

Para esta investigación se consideró conveniente utilizar como técnica de recolección de datos la **observación**, la cual (Pulido Polo, 2015 p. 1149), manifiesta que consiste en observar atentamente el fenómeno que ocurre al someter las unidades de bloque, pilas o muretes a los diferentes ensayos destructivos y no destructivos, y de forma simultánea tomar la información y registrarla en las fichas correspondientes para su subsiguiente análisis.

Instrumento de recolección de datos:

En concordancia con la técnica utilizada, el instrumento a utilizar es una **ficha de observación** de uso común, la misma que contiene la información referente a la diversidad de resultados obtenidos en los diferentes ensayos realizados a la muestra de bloques huecos de concreto con y sin adición de caucho de neumático fuera de uso. Así también irá registrado las dimensiones, cargas y resistencias obtenidos para cada unidad ensayada de acuerdo a su edad de curado, los mismos que nos permitirán sacar nuestras propias conclusiones.

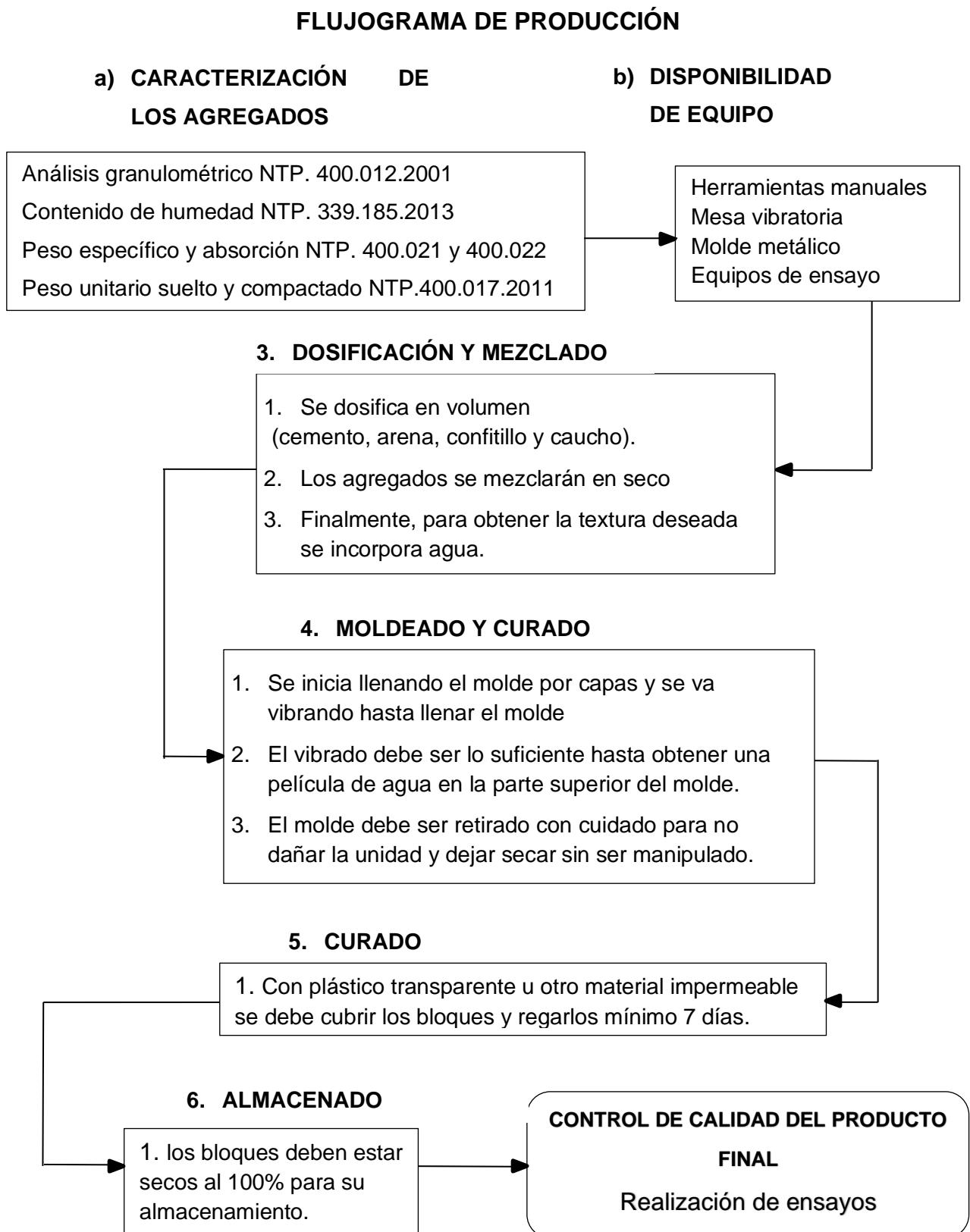
Validez y confiabilidad

Los instrumentos a utilizar en la recolección y análisis de datos se encuentran ya establecidos en las diferentes Normas Técnicas Peruanas que a su vez permiten su correspondiente validación para presentar resultados confiables. En lo referente a la confiabilidad los diferentes ensayos de laboratorio deberán hacerse en equipos calibrados, permitiendo así evitar sesgos en los resultados reales.

3.5. Procedimientos

En la construcción se realiza una serie de actividades la cual guardan una rigurosa relación entre sí y deben cumplir con los requerimientos técnicos para lograr un producto final de calidad. Por ello cada actividad debe organizarse por etapas y estar bien definidas; en este caso los productos finales son los bloques huecos de concreto que cuentan con una secuencia de desarrollo de cada actividad esquematizada en el siguiente flujo de producción.

Figura 1: Flujograma de producción



Fuente: Elaboración propia

3.6. Método de análisis de datos

Para desarrollar los objetivos de la investigación se llevaron a cabo múltiples ensayos de laboratorio con diferentes equipos, de estos se obtuvieron distintos resultados, los cuales fueron analizados y comprobados mediante el uso del software Excel. A continuación, los ensayos realizados:

- Ensayo de densidad
- Ensayos de variación dimensional
- Ensayos de absorción
- Ensayos de aislamiento térmico
- Ensayos de resistencia a la compresión axial de unidades de bloque
- Ensayos de resistencia a la compresión axial de pilas
- Ensayos de resistencia a la compresión diagonal de muretes

3.7. Aspectos Éticos

Se aplicará el Código de Ética de la Universidad Cesar Vallejo (Resolución de Consejo Universitario N. ° 0126-2017/UCV, el mismo que exige la integridad y autonomía de la persona, el bienestar, la justicia, la honestidad, el rigor científico, la competencia profesional y científica, la responsabilidad (UCV, 2017 p. 3).

Esta investigación, consideró principios éticos enfocándose en el objetivo de estudio, la cual está relacionado a nuestro marco teórico, antecedentes y otros segmentos. En relación a la realidad problemática, los antecedentes y marco teórico citados en la presente, se realizaron haciendo uso de las normas ISO-690. En referencia al análisis de datos, no se realizó manipulaciones, o modificaciones adrede para obtener resultados que favorezcan algún interés. Se respetó todas las directivas y lineamientos planteados por la Universidad César Vallejo.

IV. RESULTADOS

4.1. Planteamiento experimental

En la presente investigación lo que se ha planteado es determinar la influencia del caucho de neumático en el comportamiento físico y mecánico de los bloques de concreto para muros portantes. Para ello, de acuerdo a la NTP. 399.602.2002 se optó por los bloques de dimensiones 39 x 19 x 14 cm; el caucho de neumático reemplazó al agregado fino en proporciones de 10, 15 y 20%, posteriormente se realizó los respectivos ensayos de caracterización a los agregados, realización de los bloques y por último ensayos destructivos y no destructivos a los bloques.

4.2. Caracterización de los agregados

Para la investigación se utilizó materiales con las siguientes características:

- **Cemento para Prefabricados.** Este tipo de cemento cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP. 334.009 y la ASTM C-150. Asu ves que posee ventajas como, altas resistencias iniciales y menor tiempo de fraguado, ideal para elementos prefabricados.
- **Agregados Naturales.** Estos materiales se adquirieron de la Cantera Bauner S.A., ubicada en Av. Miguel Grau N° 112 – El Milagro. Dichos agregados fueron sometidos a los procesos de ensayos para conocer sus características físicas, y si estas cumplen con lo especificado en las NTP y poder hacer uso en la producción de bloque de concreto.
- **Caucho de neumático fuera de uso.** Este nuevo agregado se obtuvo a través de la recolección y desmenuzado de los neumáticos por los tesisas, para luego ser llevados a un proceso de molienda en la empresa Zen Grass, empresa dedicada a la venta e instalación de Grass sintéticos.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio de los ensayos realizados a los agregados naturales y caucho de neumático fuera de uso, de acuerdo a los procedimientos establecidos en las NTP y las normas ASTM.

Tabla 2: Resumen de las características físicas de los agregados obtenidos en el laboratorio.

DATOS QUE SE OBTUBIERON EN EL LABORATORIO							
INSUMO	PESO ESPECÍFICO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MOD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO	TMN
Agregado grueso natural	2561 kg/m ³	%	1.70%	7.1	1535	1583	3/8"
Agregado fino natural	2604 kg/m ³	2.60%	2.60%	2.5	1623	1743	***
Caucho	1210 kg/m ³	0.00%	0.00%	2.7	495	555	***
Cemento Pacasmayo para prefabricados	3110 kg/m ³	***	***	***	***	***	***
Agua	1000 kg/m ³	***	***	***	***	***	***

Fuente: Elaboración propia

4.3. Cálculo del diseño de mezcla

Para la presente investigación no fue posible realizar un diseño de mezcla, dado que no existe un diseño normado, especial de un concreto con asentamiento 0; de manera que optamos por una dosificación en volúmenes avalada por la amplia experiencia del ingeniero encargado del laboratorio.

4.3.1. Proporcionamiento de la mezcla patrón B1 o D1

Tabla 3: Dosificación de los agregados de mezcla patrón B1 o D1.

MATERIAL	CANTIDAD 0%	
CEMENTO	1.125 bolsas	
COFILTILLO	6.250 baldes	MEZCLA PARA 45
ARENA GRUESA	6.250 baldes	UNIDADES DE BLOQUES
ARENA FINA	2 baldes	DE MURO PORTANTE
AGUA	49.5 litros	

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Proporcionamiento de la mezcla con 10% de caucho, B2 o D2

Tabla 4: *Dosificación de los agregados de mezcla B2 o D2 (10% de caucho)*

MATERIAL	CANTIDAD 10%	
CEMENTO	1.125 bolsas	
COFITILLO	6.250 baldes	MEZCLA PARA 45
ARENA GRUESA	6.125 baldes	UNIDADES DE BLOQUES
ARENA FINA	2 baldes	DE MURO PORTANTE
CAUCHO	0.625 baldes o 5/8 de balde	
AGUA	49.5 litros	

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Proporcionamiento de la mezcla con 15% de caucho, B3 o D3

Tabla 5: *Dosificación de los agregados de mezcla B3 o D3 (15% de caucho)*

MATERIAL	CANTIDAD 15%	
CEMENTO	1.125 bolsas	
COFITILLO	6.250 baldes	MEZCLA PARA 45
ARENA GRUESA	5.3125 baldes	UNIDADES DE
ARENA FINA	2 baldes	BLOQUES DE MURO
CAUCHO	0.9375 baldes o 15/16 de balde	PORTANTE
AGUA	49.5 litros	

Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Proporcionamiento de la mezcla con 20% de caucho, B4 o D4

Tabla 6: *Dosificación de los agregados de mezcla B4 o D4 (20% de caucho).*

MATERIAL	CANTIDAD 20%	
CEMENTO	1.125 bolsas	
COFITILLO	6.250 baldes	MEZCLA PARA 45
ARENA GRUESA	5 baldes	BLOQUES DE MURO
ARENA FINA	2 baldes	PORTANTE
CAUCHO	1.25 baldes o 11/4 de balde	
AGUA	49.5 litros	

Fuente: Elaboración propia

4.4. Propiedades físicas de bloques patrón y bloques con caucho de neumático.

4.4.1. Ensayo de variación dimensional

En la siguiente tabla se especifican los valores obtenidos de la medición del largo, ancho y altura del bloque de concreto (390mm x 140 mm x 190mm), del cual se determinó el promedio, coeficiente de variabilidad y variación porcentual.

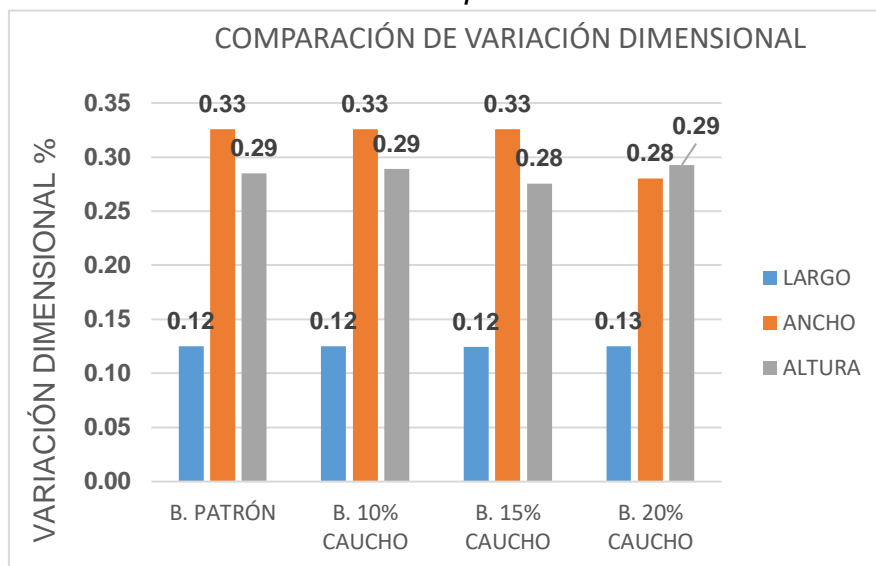
Tabla 7: Resumen de Ensayo de variación dimensional de bloques a los 28 días (%)

DESCRIPCIÓN	LARGO (%)	ANCHO (%)	ALTURA (%)
B. PATRÓN	0.12	0.33	0.29
B. 10% CAUCHO	0.12	0.33	0.29
B. 15% CAUCHO	0.12	0.33	0.28
B. 20% CAUCHO	0.13	0.28	0.29

Fuente: Elaboración propia

Para fines estructurales, la Norma E – 070 (albañilería) establece para un bloque tipo P una variación porcentual máxima de ± 2 en el largo, para el ancho ± 3 y ± 2 para el alto. Como se puede observar en la Tabla 7 la variación dimensional porcentual de los bloques con y sin caucho de concreto cumplieron con los requisitos indicados en la normativa. Más aún, los coeficientes de variación están por debajo del 1 %, con lo cual se otorga la aceptación de las unidades.

Figura 2: Variación dimensional de bloques a los 28 días



Fuente: Elaboración propia

Según la figura 2 se observó que existe una cierta disminución del ancho y altura de manera general para los 4 tipos de bloques de concreto, y un ligero aumento en el largo de los mismos, aunque en menor medida de aquellos bloques compuestos con el 20 % de caucho de neumático.

4.4.2. Ensayo absorción

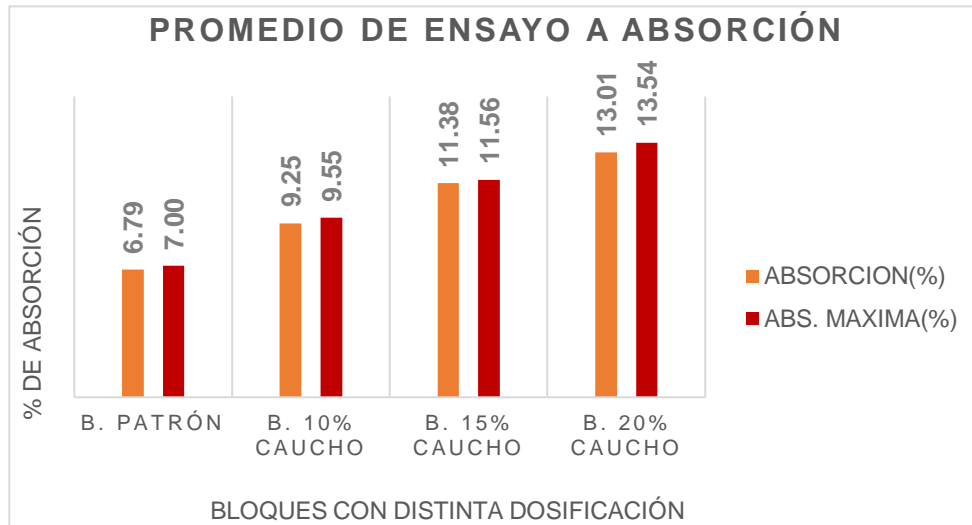
En la Tabla 8 se observa los resultados del % de absorción de los bloques patrón y bloque con variado % de caucho de neumático.

Tabla 8: Resumen de Ensayo de Absorción de bloques a los 28 días

DESCRIPCIÓN	ABSORCIÓN (%)	ABS. MÁXIMA (%)
B. PATRÓN	6.79	7.00
B. 10% CAUCHO	9.25	9.55
B. 15% CAUCHO	11.38	11.56
B. 20% CAUCHO	13.01	13.54

Fuente: Elaboración propia

Figura 3: Ensayo de absorción de bloques a los 28 días



Fuente: Elaboración propia

Según la Norma E. 070 (albañilería) condiciona que para un bloque de concreto tipo P el porcentaje de absorción no debe ser mayor al 12%. En este caso según la Figura 3 se puede observar una variación aproximada de 2% de aumento y de forma escalonada, directamente proporcional al aumento del porcentaje de caucho.

4.4.3. Ensayo de Densidad

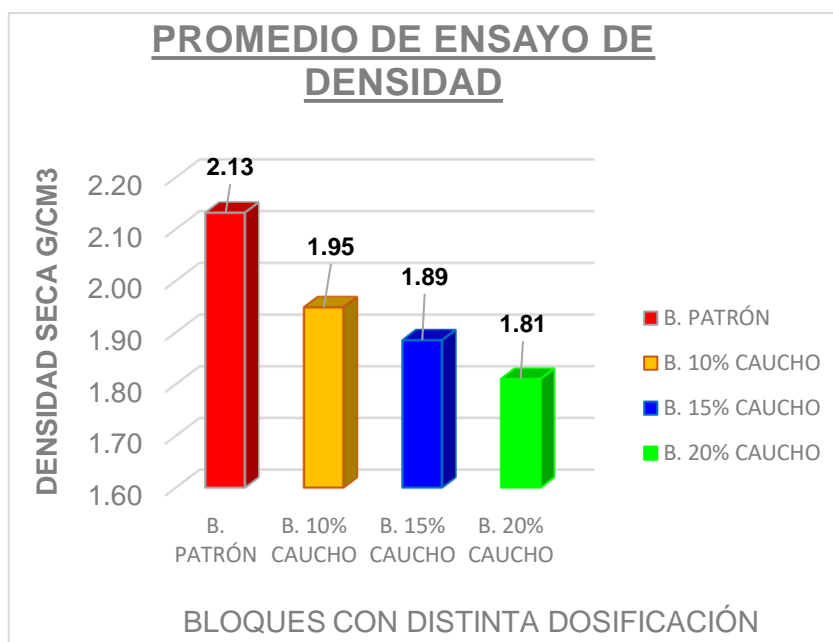
En la Tabla 9 se indican los valores de los 4 tipos de bloques de concreto sometidos a ensayo de densidad.

Tabla 9: Resumen de Ensayo de Densidad seca de bloques a los 28 días

DESCRIPCIÓN	DENSIDAD SECA g/cm ³
B. PATRÓN	2.13
B. 10% CAUCHO	1.95
B. 15% CAUCHO	1.89
B. 20% CAUCHO	1.81

Fuente: Elaboración propia

Figura 4: *Ensayo de densidad de bloques a los 28 días*



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 4 y la Tabla 9 la densidad de los bloques se ha visto disminuida a medida que aumentó el porcentaje de caucho, tal es así que el bloque patrón (0% de caucho) posee una densidad de 2.13 g/cm³; mientras que los bloques con mayor cantidad de caucho incorporado (20% de caucho) tiene una densidad de 1.81 g/cm³.

4.5. Propiedades mecánicas de bloques patrón y con adición de caucho reciclado

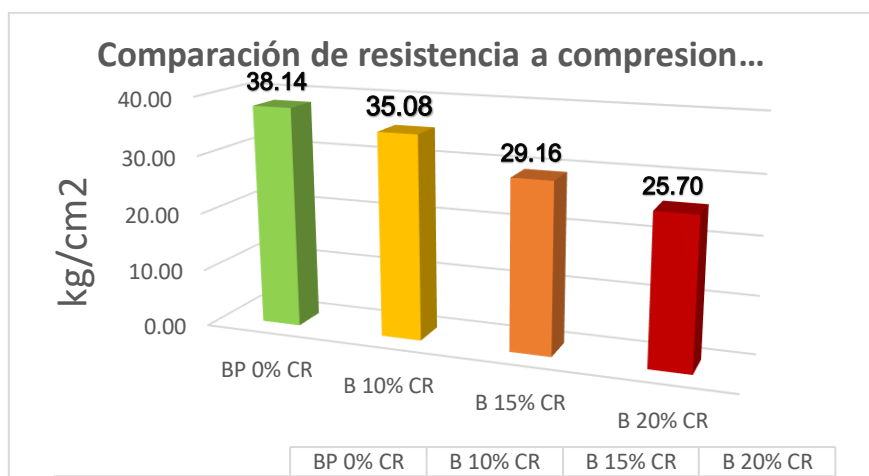
Dentro de las propiedades mecánicas de los bloques, se realizó el ensayo a compresión, obteniendo así los siguientes valores a los 7 días.

Tabla 10: *Resistencia a compresión de bloques con 0, 10, 15 y 20% caucho a los 7 días.*

N°	Descripción	Fecha de rotura	Edad	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm ²)
1	BP 0% CR	23/10	7	39	14	202.39	3.74	38.14
2	B 10% CR	23/10	7	39	14	184.62	3.44	35.08
3	B 15% CR	23/10	7	39	14	153.23	2.86	29.16
4	B 20% CR	23/10	7	39	14	135.03	2.52	25.70

Fuente: elaboración propia

Figura 5: Resistencia a la compresión de bloques con 0, 10, 15 y 20% de caucho a los 7 días



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5, resumen de las resistencias a la compresión promedio obtenidas de los bloques de estudio ensayados a los 7 días, se logró determinar una resistencia en el bloque de concreto patrón de 38.14 kg/cm², mientras que en los bloques con adición de caucho en un 10%, 15% y 20%, alcanzaron resistencias promedio de 35.08 kg/cm², 29.16 kg/cm² y 25.70 kg/cm².

4.6. Propiedades mecánicas de bloques con adición de caucho reciclado a los 14 días de edad

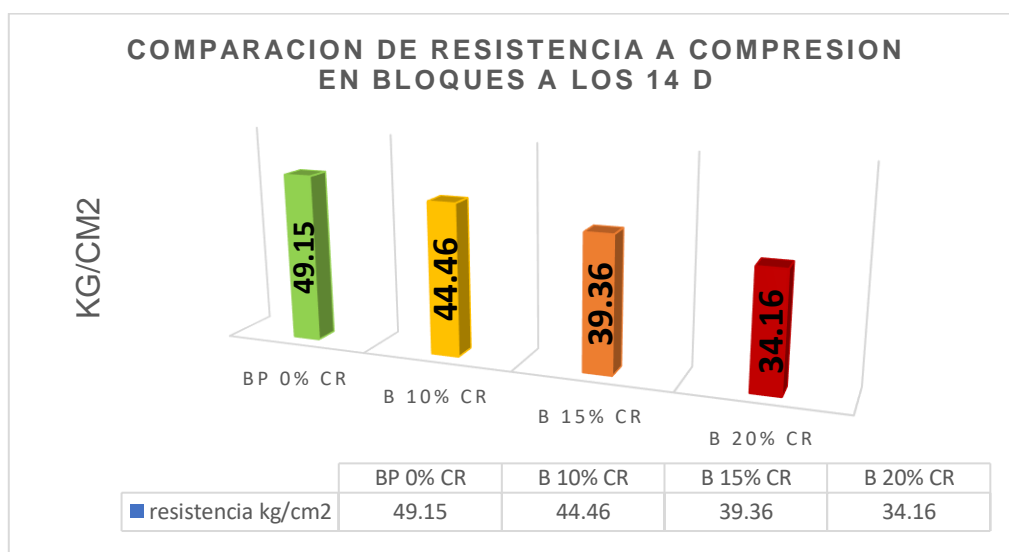
Dentro de las propiedades mecánicas se realizó el ensayo a compresión por unidades a los 14 días.

Tabla 11: Resistencia a compresión de bloques con 0, 10, 15 y 20% de caucho a los 14 días.

N°	Descripción	Fecha de rotura	Edad	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm ²)
1	BP 0% CR	29/10	14	39	14	258.29	4.82	49.15
2	B 10% CR	29/10	14	39	14	233.99	4.36	44.46
3	B 15% CR	29/10	14	39	14	207.18	3.86	39.36
4	B 20% CR	29/10	14	39	14	179.41	3.35	34.16

Fuente: elaboración propia

Figura 6: Resistencia a la compresión de bloques con 0, 10, 15 y 20% de caucho a 14 días



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6 resumen de las resistencias a la compresión promedio obtenidas de los bloques de estudio ensayados a los 14 días, se logró determinar una resistencia en el bloque de concreto patrón de 49.15 kg/cm², mientras que en los bloques con adición de caucho en un 10%, 15% y 20%, alcanzaron resistencias promedio de 44.46 kg/cm², 39.36 kg/cm² y 34.16 kg/cm².

4.7. Propiedades mecánicas de bloques con adición de caucho reciclado a los 28 días de edad

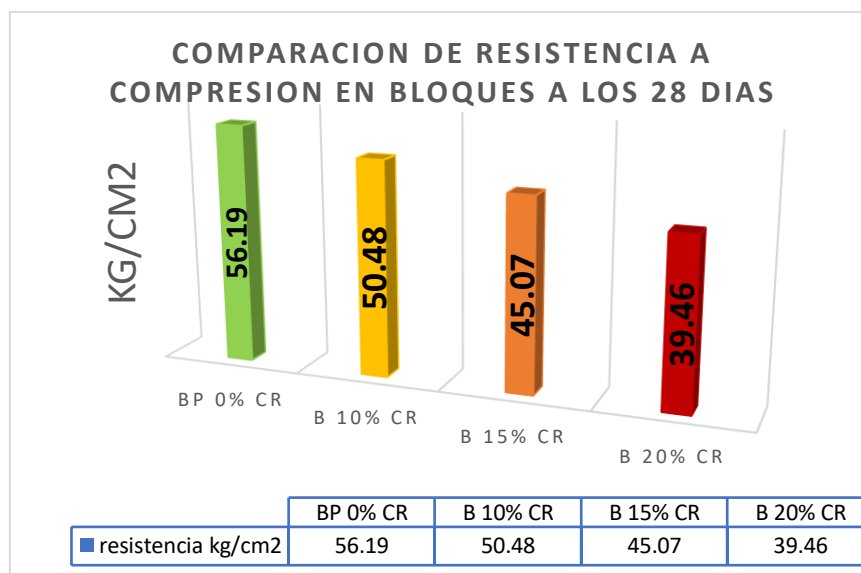
Dentro de las propiedades mecánicas se realizó el ensayo a compresión por unidades a los 28 días. La norma E.070 especifica claramente que un bloque de concreto del tipo P será aceptado siempre que su resistencia a compresión (f'_b) no sea menor de 4.9 Mpa o 50 kg/cm².

Tabla 12: Comparación de Resistencia a compresión de bloques con 0, 10, 15 y 20% caucho a los 28 días.

N°	Descripción	Fecha de rotura	Edad	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm ²)
1	BP 0% CR	12-Nov	28	39	14	297.12	5.51	56.19
2	B 10% CR	12-Nov	28	39	14	272.26	4.95	50.48
3	B 15% CR	12-Nov	28	39	14	237.80	4.42	45.07
4	B 20% CR	12-Nov	28	39	14	207.70	3.87	39.46

Fuente: Elaboración propia

Figura 7: Resistencia a la compresión de bloques con 0, 10, 15 y 20% de caucho a 28 días.



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 7 y tabla de resumen de las resistencias a la compresión promedio obtenidas de los bloques de estudio ensayados a los 28 días, se logró determinar una resistencia en el bloque de concreto patrón de 56.19 kg/cm², mientras que en los bloques con adición de caucho en un 10%, 15% y 20%, alcanzaron resistencias promedio de 50.48 kg/cm², 45.07 kg/cm² y 39.46 kg/cm². Dado los resultados podemos inferir que con 10% de caucho en la elaboración de bloques, son aceptables para ser usados en la construcción de edificaciones de muros portantes

4.8. Ensayo de resistencia a compresión por pilas

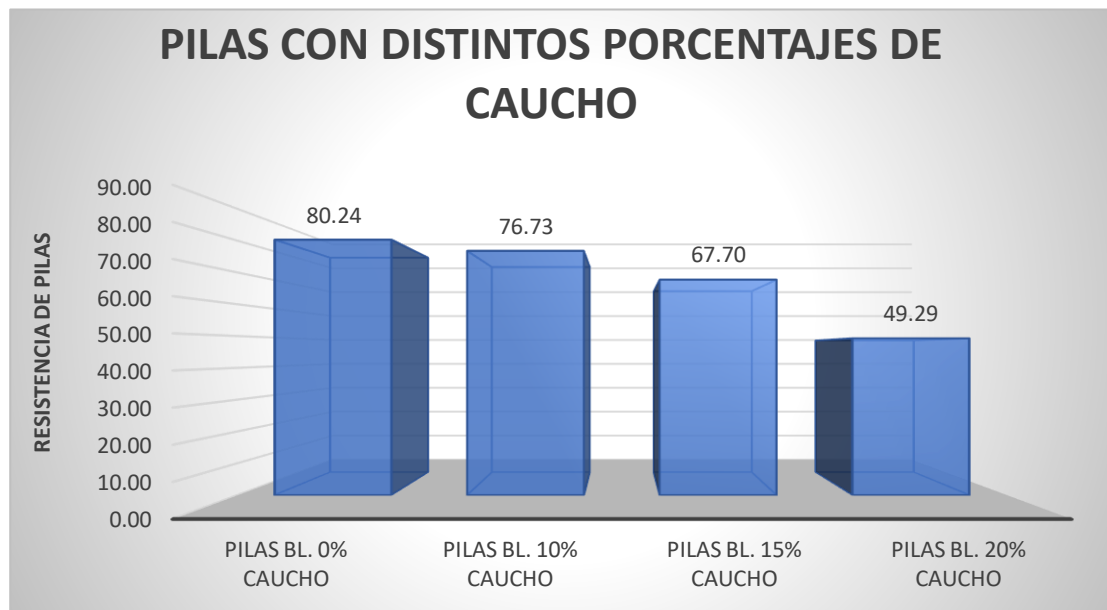
En el cuadro se muestran los resultados encontrados en las muestras de bloques de concreto tipo P mediante pilas o prismas. Que según la Norma E.070 para aprobar la aceptación de los mismos deberán tener una resistencia (f'm) mínima de 7,3 Mpa o 74 kg/cm².

Tabla 13: Resistencia directa de pilas a la compresión de bloques +0, 10, 15 y 20% caucho a los 28 días.

Descripción	Edad	Tp (cm)	Hp (cm)	Hp/Tp	Carga (N)	Resistencia (Mpa)	Factor de Corrección	Resistencia (kg/cm ²)
Patrón	28 días	14	39	2.79	11020.40	9.15	0.86	80.24
10% caucho	28 días	14	39	2.79	10538.64	8.75	0.86	76.73
15% caucho	28 días	14	39	2.79	9298.09	7.72	0.86	67.70
20% caucho	28 días	14	39	2.79	6768.82	5.62	0.86	49.29

Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Resistencia de pilas con 0, 10, 15 y 20% de caucho a 28 días.



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 13 y Figura 8 se puede observar que los bloques sin caucho (80.24 kg/cm²) y aquellos con 10% del mismo (76.73 kg/cm²) cumplen con lo establecido en la norma, Sin embargo, los bloques con adición de 15% de caucho (67.70 kg/cm²) y 20% respectivamente (49.29 kg/cm²) no están cumpliendo con el límite establecido en la normativa.

4.9. Ensayo de resistencia a compresión diagonal (muretes)

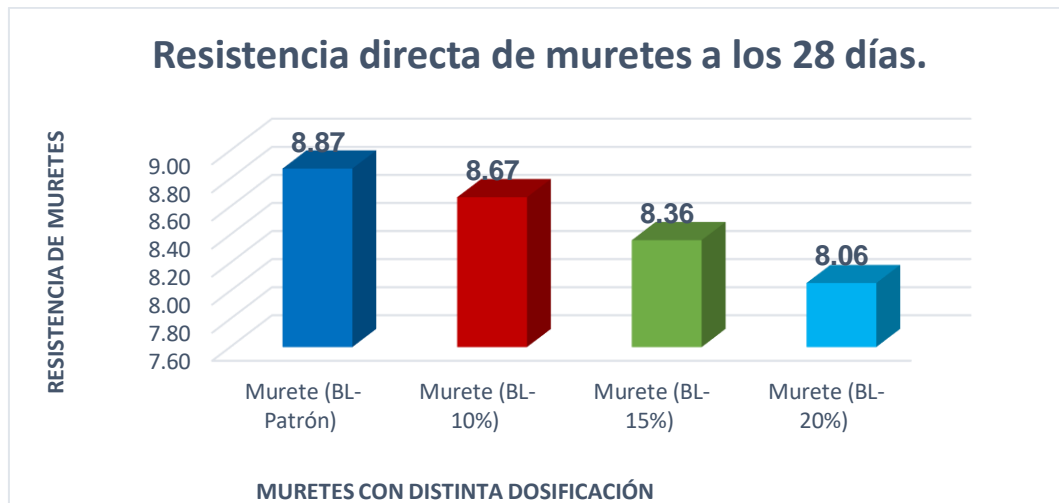
La Norma E.070 especifica que un bloque de concreto tipo P con $f'c$ 4,9 Mpa la resistencia a compresión diagonal debe ser mayor o igual a 0.8 Mpa o 8.6 kg/cm². En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de los ensayos correspondientes.

Tabla 14: Resistencia directa de muretes a la compresión de bloques +0, 10, 15 y 20% caucho a los 28 días.

DESCRIPCIÓN	EDAD DÍAS	T CM	DIAGONAL CM	Área (cm ²)	CARGA N	RESISTENCIA MPa	RESISTENCIA DIRECTA (kg/cm ²)
Patrón	28.00	14.00	84.52	1183.28	102,980.91	0.87	8.87
10% caucho	28.00	13.80	85.20	1175.76	99,974.11	0.850	8.67
15% caucho	28.00	14.00	84.85	1187.90	97,441.44	0.820	8.36
20% caucho	28.00	14.10	85.00	1198.80	94,737.90	0.790	8.06

Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Resistencia de muretes con 0, 10, 15 y 20% de caucho a 28 días.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo especificado en la Norma y comparando con los resultados obtenidos en los ensayos, se pudo comprobar que hasta un 10% de inclusión de caucho su resistencia se mantiene al límite (8.67 kg/cm²); por otra parte, podemos decir que a mayor inclusión de esta adición su resistencia se ve seriamente afectada, lo cual no lo hace apto para funcionar en un muro portante.

V. DISCUSIÓN

Una vez obtenidos los resultados en esta investigación, se realizó una contrastación con aquellos resultados encontrados por otros investigadores en las diferentes investigaciones y teorías vinculadas, hallándose ciertas coincidencias en lo referente a la influencia del caucho de neumático en el desempeño de los bloques de concreto. A continuación, se precisa la comparación de acuerdo a los objetivos planteados.

Como primer objetivo específico planteado fue conveniente evaluar la influencia del porcentaje de caucho de neumático en las características físicas y mecánicas del bloque de concreto. Según Suárez y Mujica, (2016) en sus resultados encontrados a los 7, 14 y 28 días concluyeron que al incorporar un 20% de caucho en la producción de bloques no revelaba ninguna variación significativa en comparación con el bloque tradicional. Conclusión que discrepamos de acuerdo a los resultados encontrados en la presente investigación, pues con el 10% de caucho apenas logra pasar el límite establecido en la Norma E.070 en lo referente a los ensayos de resistencia. También tenemos a Cáceres y Mamani, (2021) quienes estudiaron las propiedades físico mecánicas de ladrillos de concreto con adición de fibras de caucho reciclado, experimentaron con diferentes dosis, siendo su mejor dosificación aquella que reemplazaron el 15% de caucho por el agregado fino, resaltando cualidades ecológicas, de calidad y con un costo de 0.43 soles, siendo un 59% menos que aquellos de arcilla calcinadas, los más comerciales.

Con respecto al objetivo específico siguiente, influencia del caucho de neumático en la densidad, absorción y aislamiento térmico de los bloques de concreto. En el estudio se obtuvo que la densidad obtenida fue muy favorable a nuestros intereses, siendo el más óptimo aquel que se reemplazó con 20% de caucho ya que disminuyó en un 15.02% con respecto al diseño de bloque patrón, teniendo un comportamiento lineal respecto a la cantidad de caucho de neumático. Sin embargo, la absorción se elevó en cuanto más caucho tenía, lo cual no es favorable para las unidades de albañilería, el mejor desempeño lo tuvo aquel bloque con 10% de caucho de neumático, aunque con 15% de caucho cumple con lo estipulado en

la Norma, otras propiedades se verían seriamente afectadas. Con respecto a la conductividad térmica el mejor performance nos otorgó aquel bloque que tenía mayor porcentaje de caucho, 20% con una reducción de 32.4% con respecto al bloque guía. Por su parte Rahman, Hussein, Mahmood y Madhum, (2021) ante la necesidad de obtener un hormigón ligero y con características de aislamiento térmico reemplazaron agregado fino y grueso por caucho de neumáticos antiguos, concluyendo que el caucho triturado proporciona un mejor aislamiento térmico que el caucho astillado, esto es 32.76% menos que la mezcla de control, por otro lado la densidad se redujo en 6% cuando el reemplazo fue de 25% de caucho; Así mismo, encontramos gran similitud con los resultados encontrados por Iqbal Marie, (2016) quien concluye que la densidad del concreto se ve disminuida en un 16.26% con 10% de caucho y 20% de agregado reciclado; por el contrario la absorción se vio elevada a causa de la porosidad que presenta tanto el caucho como el agregado reciclado, lo cual refleja la gran cantidad de vacíos que el concreto presenta. Por su parte con respecto a la conductividad térmica, Iqbal Marie concluye que se ha visto disminuida en un 36.8% con relación al concreto convencional, esto debido a la cantidad de aire atrapado y a la deficiente adherencia de las partículas de caucho con la pasta de cemento más agregados naturales. Por otro lado, tenemos a Petrella y Nortanicolla (2021), en su artículo evaluaron morteros livianos con incorporación de granos caucho sin tratar de varios tamaños (0 - 2mm, 2 - 4mm) y distribuidos en (25%, 32% y 40%), encontrando cierta disminución de la densidad y conductividades térmicas menores a 90% respecto a cuando es solo agregado natural (arena), esto fue producto de la falta de adherencia del caucho con la pasta cementicia, sin embargo, aumentaron su capacidad super elásticas mediante pruebas de compresión por impacto.

Con respecto al tercer objetivo específico, influencia del caucho de neumático en la resistencia a la compresión de los bloques de concreto, se obtuvo mejores resultados con aquellos bloques que tienen hasta 10% de caucho, tanto así que en los ensayos realizados por unidades su resistencia se vio disminuida en 10.16% con respecto a aquellos que no contienen caucho; y con 15% de caucho esta se vio disminuida en 19.79% con respecto al bloque patrón, y así sucesivamente. Estos resultados se respaldan por los encontrados por Rahman, Hussein,

Mahmood y Madhum, (2021) quienes concluyeron que con 10% de caucho se obtiene una mayor resistencia a la compresión y durabilidad, por lo que este concreto liviano solo se usará en elementos no estructurales. Por otro lado, Torres y Jaimes, (2019) en su artículo de aprovechamiento de del grano de caucho en la elaboración de adoquines ecológicos, concluyeron que con 9% de grano de caucho reciclado las proporciones 1:2 y 1:3 cumplen con lo estipulado en la norma. También tenemos coincidencia con los resultados encontrados por Liévano(2017), que si bien es cierto analizó y estudió la aplicación de concreto con agregado de llanta neumática en elementos arquitectónicos, podemos corroborar que la inclusión de caucho disminuye la resistencia a la compresión de los elementos, tal es así que, el autor recomienda hacer un reemplazo como máximo 5% de caucho, ya que este afecta la capacidad resistiva en 78.24%, sin embargo sostiene que tienen el potencial de ser utilizadas en un hormigón estructural.

Así mismo, encontramos a Cabanillas, (2017) en su investigación del comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado, quien sostiene que la firmeza a la compresión varió en un 8.47% cuando se reemplazó 10% de caucho, por otro lado, con 15% de caucho esta se alteró en 38.15% y con 20% de caucho esta se diferenció en 46.13% con respecto al concreto sin incorporación de caucho. Estos resultados coinciden también con los encontrados por Flores, (2020) en su tesis uso del caucho reciclado y su influencia en la caracterización físico – mecánico del concreto para la elaboración de adoquines, quien concluye que con 10% de reemplazo de caucho exceden los requisitos resistencia a la compresión para la capacidad de servicio del adoquín TIPO II según lo definido en la NTP 339.661.

Estos resultados difieren de los encontrados por Iqbal Marie, (2016) quien sabiendo que la importancia de resistencia es fundamental para la aceptación de un producto estimó que cuando se incorpora 20% de caucho la resistividad disminuye en 18% con respecto a la mezcla de referencia, por lo que acepta dicho reemplazo. Sin embargo, según nuestros resultados solo podemos aceptar aquella dosificación que cumpla con lo estipulado en la Normativa correspondiente que vendría a ser hasta un 10% de caucho como máximo.

VI. CONCLUSIONES

1. Los bloques de concreto patrón y bloques con incorporación de caucho cumplen satisfactoriamente los estándares mínimos establecidos por la Norma E.070, en lo que se refiere a variación dimensional, aunque los bloques con 20% tuvieron una menor variación dado que el caucho no tiene la propiedad de contraerse durante el secado, a diferencia de la pasta de cemento con arena que al perder humedad pierde volumen.
2. En lo que se refiere a absorción, los bloques patrón tienen un mejor desempeño, debido a una mejor compactación de la mezcla, sin embargo, los bloques con 10% de caucho posee una capacidad de absorción aceptable, por su parte aquellos bloques con 15% tienen un promedio de 11.5%, muy al margen del límite 12% según la Norma E.070. Por otro lado, los bloques con 20% de inclusión de caucho están fuera del límite establecido, con 13.5%, lo cual les hace muy propensos a absorber y retener humedad.
3. Otro ensayo físico que se hizo es la densidad, en esta propiedad se obtuvo resultados muy favorables en aquellos bloques con caucho, tal es así que, mientras el bloque patrón posee 2.13 g/cm³, el bloque con 10% de caucho tiene 1.95 g/cm³ 8.45% menos que el guía, el bloque con 15% de caucho tiene 1.89 g/cm³ 11.27% menos que el bloque patrón y el bloque con 20% de caucho una densidad de 1.81 g/cm³ 15.02% menos que el bloque de referencia. De esto podemos darnos cuenta que el caucho sería un gran aliado para la construcción de edificaciones usando estos tipos de bloques, dado que aligera considerablemente las cargas muertas.
4. Con respecto a la transmitancia térmica, encontramos resultados muy favorables con la inclusión del caucho, tal es así que, a mayor cantidad de caucho, menor transmisión de temperatura, aumentando el grado de confort térmico de la edificación, el cual, permitirá un ahorro significativo en energía, contribuyendo a la consecución de una construcción cada vez más sostenible.

5. En el caso de la resistencia a la compresión por unidad ($f'c$), se observó que los bloques patrón superaron con facilidad el límite establecido, los bloques con 10% de caucho disminuyeron en 10.16% con respecto al patrón, pero que llegaron a cumplir satisfactoriamente el mínimo establecido en la norma E.070, los bloques con 15 % de caucho disminuyeron en 19.79% respecto a los bloques tradicionales, por su parte aquellos que tienen 20% de caucho bajaron casi 30% en comparación con aquellos que no tienen caucho. Por otro lado, los ensayos a compresión en pilas y a compresión diagonal también se vieron afectadas de manera inversa a la cantidad de caucho incorporado.
6. Por lo anterior expuesto podemos concluir que se puede incorporar caucho en la fabricación de bloques, en no más del 10% ya que afecta notablemente la resistencia a la compresión, siendo la propiedad que determina la viabilidad para aplicación de elementos estructurales.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar siempre moldes de metal semipesado, puesto que esto facilitaría el proceso de desmoldado y la integridad de la unidad tampoco se vería afectado.

La trituración del caucho se recomienda que sea siempre de forma mecánica, esto ayudará a obtener la granulometría deseada, en nuestro caso por ejemplo se pudo obtener granulometría muy semejante a lo que fue a la granulometría de la arena gruesa.

Motivar el uso de materiales reciclables en la mejora de productos tecnológicos y sustentables, pues debido a sus propiedades inherentes podemos sacarle mucho provecho en su disposición final.

Ejecutar diseños y ensayos de morteros con inclusión de caucho para revoques exteriores, ya que posee una gran resistencia al impacto y proporciona un gran aislamiento térmico

Diseñar concreto permeable con la inclusión de caucho para uso masivo en pistas de aquellas ciudades propensas a inundaciones, mayormente las que están ubicadas en la Región sierra.

Cuando las muestras se hagan alejadas del lugar de ensayo, hay que ser muy cuidadosos durante su traslado, dado que podrían verse afectadas su integridad física, por ende, los resultados obtenidos no serían válidos y tampoco confiables.

REFERENCIAS

- Akroyd. 2016.** *CONCRETE PROPERTIES AND MANUFACTURE*. 2016. p. 346.
- Alata Apaza, Jeffry. 2019.** *Diseño de bloquetas de concreto con caucho reciclado de neumáticos para uso en muros de albañilería confinada, Lima-2019*. Lima : ALICIA CONCYTEC, 2019.
- Cabanillas Huaccha, Emma Rocío. 2017.** *Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado*. Cajamarca : s.n., 2017.
- Cáceres, Moroni and Mamani, Alex. 2021.** *Propiedades físico mecánicas de ladrillos de concreto con adición de fibras de caucho reciclado*. Arequipa : Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2021.
- Caicedo, Guarín and Paez. 2017.** *EVALUAR LA FACTIBILIDAD ECONOMICA PARA IMPLEMENTAR LA CONSTRUCCION DE LA MAMPOSTERIA CON BLOQUES DE CONCRETO A COLOR*. Bogotá : s.n., 2017.
- . 2017.** *EVALUAR LA FACTIBILIDAD ECONOMICA PARA IMPLEMENTAR LA CONSTRUCCION DE LA MAMPOSTERIA CON BLOQUES DE CONCRETO A COLOR*. Bogotá : s.n., 2017.
- Cañola, Hernán Darío and Echavarría, César. 2017.** *Concrete blocks with bitumen emulsion for foundation walls*. s.l. : Ingeniería y Desarrollo, 2017. pp. 491-512. Vol. 35. 0122-3461/2145-9371.
- Condor, Josimar. 2019.** *Parque automotor se renueva en 6% al año, cuando debería hacerlo en 10%*. Lima : s.n., 2019.
- Contreras, Rodrigo. 2018.** *Influencia del tamaño y porcentaje de caucho reciclado en un concreto estructural sobre su compresión, asentamiento, peso unitario y deformación, Trujillo – 2018*. Trujillo : Universidad Privada del Norte, 2018.
- E-070, NORMA. 2018.** *CONCRETO ARMADO*. LIMA : s.n., 2018.
- Espinosa, Ruth Pilar. 2018.** *Aprovechamiento doble de los residuos*. 2018.
- Farfán M. and Leonardo E. 2018.** *Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante*. [ed.] Revista Ingeniería construcción. Santiago : s.n., 2018. pp. 241-250. Vol. 33. 0718-5073.
- Flores, Klisman. 2020.** *El uso del caucho reciclado y su influencia en la caracterización físico – mecánico del concreto para la elaboración de adoquines*.

Lima : Universidad Privada del Norte, 2020.

Hermida, Germán. 2013. *Concreto de baja Permeabilidad, algomás que disminuir A/C.* s.l. : SIKA, 2013. 56.

Hernández Morelos, Jorge Luis. 2018. *Diseño de un material ecológico para construcción mediante la adición de caucho de llanta al concreto.* Cuernavaca : s.n., 2018.

Improving the Performance of Environmentally Friendly Concrete by Using Waste Tyre. **Rahman, Abdul, et al. 2021.** 3, 2021, Advances in Mechanics, Vol. 9.

INACAL. 2017. *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Bloques de concreto para uso no estructural y estructural.* 2° y 3° edición. LIMA : s.n., 2017.

INIFED. 2015. *Normas y especificaciones para estudios, proyectos de construcción.* 2015. pp. 1-115. Vol. 4.

—. **2015.** *Normas y especificaciones para estudios, proyectos de construcción.* 2015. pp. 1-115. Vol. 4.

JAIMES LEAL , LUIS and TORRES CERVEZA, KARINA . 2019.

APROVECHAMIENTO DEL GCR PARA LA ELABORACION DE ADOQUINES ECOLOGICOS COMO ALTERNATIVA A LA INDUSTRIA CONSTRUCTIVA. [ed.] REVISTA POLITECNICA. 2019. pp. 33-44. Vol. 15. 1900-2351/2256-5353 .

Jaimes Leal, Luis and Torres Cerveza, Karina. 2019. *APROVECHAMIENTO DEL GCR PARA LA ELABORACION DE ADOQUINES ECOLOGICOS COMO ALTERNATIVA A LA INDUSTRIA CONSTRUCTIVA.* [ed.] REVISTA POLITECNICA. 2019. pp. 33-44. Vol. 15. 1900-2351/2256-5353.

—. **2019.** *APROVECHAMIENTO DEL GCR PARA LA ELABORACION DE ADOQUINES ECOLOGICOS COMO ALTERNATIVA A LA INDUSTRIA CONSTRUCTIVA.* [ed.] REVISTA POLITECNICA. 2019. pp. 33-44. Vol. 15. 1900-2351/2256-5353.

Jaimes Leal, Luis Ángel and Torres Cervera, Karina Paola. 2019.

Aprovechamiento del GCR para la elaboración de adoquines ecológicos como alternativa a la industria constructiva. Valledupar : s.n., 2019. Vol. 15.

Jordán, Juan, Jorge, Montoya and Krisman, Ocoró. 2017. *COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO HIDRÁULICO.* PEREIRA : UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA, 2017. p. 100.

- JORDÁN, JUAN, MONTOYA, JORGE and OCORÓ, KRISMAN. 2017.** *COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO HIDRÁULICO.* PEREIRA : UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA, 2017. p. 100.
- . **2017.** *COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO HIDRÁULICO.* PEREIRA : UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA, 2017. p. 100.
- Liévano Ruiz, Lina María. 2017.** *Análisis, estudio y concepción en la aplicación de concreto con agregado de llanta neumática reciclada en elementos arquitectónicos.* Bogotá : s.n., 2017.
- Lightweight Cement Conglomerates Based on End-of-Life Tire Rubber: Effect of the Grain Size, Dosage and Addition of Perlite on the Physical and Mechanical Properties.* **Potrella, Andrea and Notarnicola, Michelle. 2021.** 1, 2021, Materials, Vol. 14.
- López Fileri, Sebastian. 2018.** *Concreto estructural con agregado triturado de llantas usadas.* Colombia : s.n., 2018.
- M., Farfán and E., Leonardo. 2018.** *Recycled rubber in the compressive strenght and bending of modified concrete with plasticizing admixtrue.* Trujillo : Rev. ing. constr., 2018. Vol. 33. 0718-5073.
- Manu. 2016.** *Caucho, destrucción y explotación de personas.* 2016.
- Marie, Iqbal. 2016.** *Thermal conductivity of hybrid recycled aggregates - Rubberized concrete.* Jordania : s.n., 2016. Vol. 133.
- Maximixe. 2013.** *Riesgos de Mercado.* 2013. p. 36.
- . **2013.** *Riesgos de Mercado.* 2013. p. 36.
- Mejía Bayona, Juan Carlos. 2013.** *Análisis de sensibilidad de un proyecto de reciclaje de llantas.* Bogotá : s.n., 2013.
- Mercado Mamani, PEDRO, VILLENA, HAROLD and SÁENZ RODRÍGUEZ, VICTOR. 2018.** *Evaluation of the compressive strength of the concrete block – Cajamarca (San Juan Cantera Guitarreos).* CAJAMARCA : s.n., 2018.
- Meza Rodriguez, Elizabeth. 2018.** *Crean artículos sustentables con llantas usadas.* España : s.n., 2018.
- Pacheco Gonzales, Luis Fernando and Moreno Cárdenas, Brayan Giovanni. 2018.** *Análisis del comportamiento mecánico en adoquines de concreto hidráulico*

con sustitución de agregado fino por grano de caucho reciclado en los tamices n°8 al n°20 (2.36mm-0,85mm) y adición de polvo fino de microsílíce. Bogotá : s.n., 2018.

— **2018.** *Análisis del comportamiento mecánico en adoquines de concreto hidráulico con sustitución de agregado fino por grano de caucho reciclado en los tamices n°8 al n°20 (2.36mm-0,85mm) y adición de polvo fino de microsílíce.* Bogotá : s.n., 2018.

Peñaloza. 2015. *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.* COLOMBIA : s.n., 2015. pp. 1-71. 502379.

— **2015.** *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.* COLOMBIA : s.n., 2015. pp. 1-71. 502379.

Pérez Cadenillas, Dilmer. 2019. *Diseño de mezcla de concreto para uso masivo.* s.l. : ALICIA CONCYTEC, 2019.

PromPerú. 2015. *El sector construcción en los países de Latinoamérica.* Lima : s.n., 2015.

Pulido Polo, Marta. 2015. *métodos y técnicas de investigación científica.* MARACAIBO : REDALYC, 2015. pp. 1137-1156. Vol. 31. 1012-1587.

— **2015.** *métodos y técnicas de investigación científica.* MARACAIBO : REDALYC, 2015. pp. 1137-1156. Vol. 31. 1012-1587.

RNE. 2019. *Albañilería E- 070.* LIMA : s.n., 2019.

— **2019.** *CONCRETO ARMADO NORMA E- 060.* LIMA : s.n., 2019.

Rodgers, Lucy. 2018. *La enorme fuente de emisiones de CO2 que está por todas partes y que quizás no conocías.* s.l. : BBC News MUNDO, 2018.

Rojas, Crotte Ignacio. 2014. *ELEMENTOS PARA EL DISEÑO DE TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN: UNA PROPUESTA DE DEFINICIONES Y PROCEDIMIENTOS EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.* [ed.] TIEMPO DE EDUCAR. TOLUCA : REDALYC.ORG, 2014. pp. 277-297. Vol. 12. 1665-0824.

- ROJAS, CROTTE IGNACIO. 2011.** *ELEMENTOS PARA EL DISEÑO DE TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN: UNA PROPUESTA DE DEFINICIONES Y PROCEDIMIENTOS EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.* [ed.] TIEMPO DE EDUCAR. TOLUCA : REDALYC.ORG, 2011. pp. 277-297. Vol. 12. 1665-0824.
- . **2014.** *ELEMENTOS PARA EL DISEÑO DE TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN: UNA PROPUESTA DE DEFINICIONES Y PROCEDIMIENTOS EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.* [ed.] TIEMPO DE EDUCAR. TOLUCA : REDALYC.ORG, 2014. pp. 277-297. Vol. 12. 1665-0824.
- Rojas, Marcelo. 2015.** *Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación.* [ed.] REDVET. MALAGA : REDALYC.ORG, 2015. p. 14. Vol. 16. 1695-7504.
- Rubber concrete: Mechanical and dynamical properties.* **Gerges, Najib, Issa, Camille and Fawaz, Samer. 2018.** s.l. : ELSEVIER, 2018, Case Studies in Construction Materials, Vol. 9.
- SANTACRUZ, Paola. 2017.** *Evaluación de las propiedades en estao fresco y endurecido de un concreto.* Bogota : s.n., 2017.
- Serrano G., MARÍA, et al. 2017.** *Residuos inertes para la preparación de ladrillos con material reciclable: una práctica para protección del ambiente.* LIMA : INDUSTRIAS DATA, 2017. pp. 131-138. Vol. 20. 1560-9146.
- Serrano Guzmán, María Fernanda, et al. 2017.** *Residuos inertes para la preparación de ladrillos con material reciclable: una práctica para protección del ambiente.* Lima : s.n., 2017.
- SERRANO GUZMÁN, MARÍA, et al. 2017.** *Residuos inertes para la preparación de ladrillos con material reciclable: una práctica para protección del ambiente.* LIMA : INDUSTRIAS DATA, 2017. pp. 131-138. Vol. 20. 1560-9146.
- Suarez Jiménez, Issel and Mujica Nuñez, Edgar Armando. 2016.** *Bloques de concreto con material reciclable de caucho para obras de edificación.* Cusco : s.n., 2016.
- Tapias León, Johana Alexandra and Ramires Morales, Sergio Andres. 2018.** *Evaluación del comportamiento mecánico de un concreto no convencional adicionado caucho reciclado.* Tolima : s.n., 2018.
- TEJADA, JOSÉ ANTOBIO and VALENCIA, TAVARES PAOLA. 2017.** *DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRULICO CON RESIDUOS COMO ADITIVO*

PARA DISMINUIR LAS CARGAS DE LA ESTRUCTURA. PEREIRA : s.n., 2017. p. 52.

Tejada, José Antonio and Valencia Tavares, Paola. 2017. *DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRULICO CON RESIDUOS COMO ADITIVO PARA DISMINUIR LAS CARGAS DE LA ESTRUCTURA*. PEREIRA : s.n., 2017. p. 52.

Torres Ospina, Hermes Andrés. 2014. *Valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho*. Bogotá : s.n., 2014.

UCV. 2017. *RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 126-2017/UCV*. TRUJILLO : s.n., 2017. p. 12.

—. 2017. *RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 126-2017/UCV*. TRUJILLO : s.n., 2017. p. 12.

ULACEP. 2019. *Mercado del ladrillo: «Una lucha imparable contra la informalidad»*. [ed.] Grupo DIGAMMA. Lima : Revista Perú Construye, 2019.

Urrego, Yepes WILLAM, et al. 2017. *REVISIÓN-EFECTO DEL SISTEMA DE VULCANIZACIÓN EN LA RED ENTRECruzADA Y EN LA REACCIÓN QUÍMICA DE VULCANIZACIÓN DEL CAUCHO*. [ed.] REDALYC ORG. ENVIGADO : REVISTA EIA, 2017. pp. 99-115. Vol. 14. 1794-1237.

URREGO, YEPES WILLAM, et al. 2017. *REVISIÓN-EFECTO DEL SISTEMA DE VULCANIZACIÓN EN LA RED ENTRECruzADA Y EN LA REACCIÓN QUÍMICA DE VULCANIZACIÓN DEL CAUCHO*. [ed.] REDALYC ORG. ENVIGADO : REVISTA EIA, 2017. pp. 99-115. Vol. 14. 1794-1237.

Venegas Ramires, Laura Carolina. 2016. *Evaluación del comportamiento del grano de caucho de llanta reciclada en la producción de concreto para la empresa argos*. Bogotá : s.n., 2016.

Villafuerte Quispe, MArlene María. 2015. *Plan de negocios para la fabricación y comercialización de ladrillos ecológicos en Lima Metropolitana*. Lima : s.n., 2015.

Zapata, Jimy. 2021. *Influencia del porcentaje y módulo de finura de partículas de caucho de neumáticos reciclados sobre la densidad, compresión y asentamiento en un concreto para veredas*. Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2021.

ANEXOS

ANEXO 1. Operacionalización de variables.

Tabla 17: Variable independiente: Caucho de neumático

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Caucho de neumático	El caucho es un material sintético que proviene en su totalidad de la trituración de neumáticos fuera de uso, que por su naturaleza y características se usa en diferentes materiales de construcción, (Farfán y Leonardo, 2018).	En la investigación se obtuvo las partes de caucho con una máquina, para volverlo más medianas y se remplazara al agregado fino en porciones de 10, 15 y 20%.	Dosificación del caucho	Con 0% de caucho de NFU	NOMINAL
				Con 10% de caucho de NFU	
				Con 15% de caucho de NFU	
				Con 20% de caucho de NFU	
			Caracterización de los agregados	Análisis granulométrico	NOMINAL
				Contenido de humedad	
				Peso específico	
				Absorción	
				Peso unitario suelto y varillado	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Variable dependiente: Características físicas – mecánicas del bloque de concreto

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Características físicas-mecánicas del bloque de concreto	Son propiedades inherentes del bloque hecho a base de agregado grueso, fino, cemento y agua, los cuales por sus dimensiones y peso son manipulados a dos manos para su asentado, (SANTACRUZ, 2017).	Para definir las propiedades físicas-mecánicas del bloque de concreto se emplearon instrumentos fichas de observación y parámetros establecidos en la NTP.	propiedades físicas a los 28 días	Variación dimensional	NOMINAL
				Absorción	
				Densidad	
				Aislante térmico	
			propiedades mecánicas a diferentes edades	Resistencia a compresión axial de unidades de bloque a 7, 14 y 28 días.	NOMINAL
				Resistencia a compresión axial de pilas a los 28 días	
	Resistencia a compresión diagonal en muretes a los 28 días				

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2. Granulometría del agregado fino y grueso.

Agregado fino

Tabla 19: Granulometría del agregado fino.

TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO TAMIZ (g.)	TAMIZ + MUESTRA (g.)	PESO RETENIDO (g.)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO (%)	
						RETENIDO	PASANTE
3/8"	9.500			0.00	0	0	100
Nº4	4.750	190.01	243.20	53.19	5	5	95
Nº8	2.360	171.58	246.51	74.93	7	12	88
Nº16	1.180	127.98	256.10	128.12	12	24	76
Nº30	0.600	124.19	320.00	195.81	19	43	57
Nº50	0.300	123.31	384.00	260.69	25	67	33
Nº100	0.150	115.05	394.00	278.95	26	94	6
Nº200	0.075	246.83	289.00	42.17	4	98	2
FONDO		218.74	241.40	22.66	2	100	0
			PESO TOTAL	1056.52	100		
				M. FINURA	2.5		

Fuente: Elaboración propia

Agregado grueso

Tabla 20: Granulometría del agregado grueso.

TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO TAMIZ (g.)	TAMIZ + MUESTRA (g.)	PESO RETENIDO (g.)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO (%)		L. Inferior	L. Superior
						RETENIDO	PASANTE		
1 1/2"	37.500	553.08	553.08	0.00	0	0	100	100	100
1"	25.000	535.37	535.37	0.00	0	0	100	75	90
3/4"	19.000	535.37	535.37	0.00	0	0	100	35	75
1/2"	12.500	535.68	535.68	0.00	0	0	100	20	50
3/8"	9.500	542.1	704.00	161.90	34	34	66	10	30
1/4"	6.300	522.1	704.00	181.90	39	73	27	10	30
Nº4	4.750	508.08	634.00	125.92	27	100	0	0	10
Nº8	2.360	490.05	490.05	0.00	0	100	0	0	5
Nº16	1.100	410.72	410.72	0.00	0	100	0	0	5
Nº30	0.600	402.78	402.78	0.00	0	100	0	0	0
Nº50	0.297	349.6	349.60	0.00	0	100	0	0	0
Nº100	0.149	345.12	345.12	0.00	0	100	0	0	0
Nº200	0.075	300.49	300.49	0.00	0	100	0		
FONDO	Fondo	368.97	368.97	0.00	0	100	0		
			PESO TOTAL	469.72	100	T.M.	1/2"		
						T.M.N.	3/8"		
						M. FINURA	7.1		

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3. Contenido de humedad del agregado fino y grueso.

Tabla 21: *Contenido de humedad del agregado fino.*

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de tara	g	64.18	72.30	75.01
Peso de la muestra natural	g	86.81	88.27	82.87
Peso de muestra seca + Tara	g	149.23	158.22	155.45
Contenido de humedad	%	2.1	2.7	3.0
Promedio	%		2.6	
Contenido de humedad:	2.6	%		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: *Contenido de humedad del agregado grueso.*

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de tara	g	90.34	85.43	70.74
Peso de la muestra natural	g	95.60	102.00	127.20
Peso de muestra seca + Tara	g	184.00	184.89	194.15
Contenido de humedad	%	2.1	2.6	3.1
Promedio	%		2.6	
Contenido de humedad:	2.6	%		

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.

Tabla 23: *Pesos unitarios suelto seco del agregado fino.*

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	6.044	6.044	6.044
Altura del molde	m	0.116	0.116	0.116
Diámetro del molde	m	0.152	0.152	0.152
Radio del molde	m	0.076	0.076	0.076
Volumen del molde	m ³	0.00210	0.00210	0.00210
Peso de molde + Muestra	kg	9.512	9.474	9.394
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m³	1648	1630	1592
Promedio	kg/m³		1623	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Pesos unitarios compactado seco del agregado fino.

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	6.044	6.044	6.044
Altura del molde	m	0.116	0.116	0.116
Diámetro del molde	m	0.152	0.152	0.152
Radio del molde	m	0.076	0.076	0.076
Volumen del molde	m ³	0.00210	0.00210	0.00210
Peso de molde + Muestra	kg	9.728	9.676	9.734
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	kg/m ³	1750	1725	1753
Promedio	kg/m ³		1743	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.

Tabla 25: Pesos unitarios suelto seco del agregado grueso.

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	6.044	6.044	6.044
Altura del molde	m	0.116	0.116	0.116
Diámetro del molde	m	0.152	0.152	0.152
Radio del molde	m	0.076	0.076	0.076
Volumen del molde	m ³	0.00210	0.00210	0.00210
Peso de molde + Muestra	kg	9.264	9.214	9.347
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m ³	1530	1506	1569
Promedio	kg/m ³		1535	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Pesos unitarios compactado seco del agregado grueso.

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	6.044	6.044	6.044
Altura del molde	m	0.116	0.116	0.116
Diámetro del molde	m	0.152	0.152	0.152
Radio del molde	m	0.076	0.076	0.076
Volumen del molde	m ³	0.00210	0.00210	0.00210
Peso de molde + Muestra	kg	9.404	9.414	9.311
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	kg/m ³	1596	1601	1552
Promedio	kg/m ³		1583	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6. Pesos específicos del agregado fino y grueso.

Agregado fino

Tabla 27: Pesos específicos del agregado fino.

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Volumen de agua en la fiola	cm ³	500	500	500
Peso de la fiola (limpio y seco)	g	182.41	183.03	179.46
B = Peso de la fiola + Agua	g	680.63	681.56	680.09
Peso de la fiola + Peso muestra SSS	g	565.77	560.01	562.51
C = Peso de la fiola + Peso muestra SSS + Agua	g	919.96	917.53	920.14
Peso del agua (5-4)	g	354.19	357.52	357.63
Peso de recipiente	g	89.98	85.1	88.03
Recipiente + Muestra seca	g	464.7	451.92	461.13
A = Peso de la muestra secada al horno	g	374.72	366.82	373.1
S = Peso de la muestra SSS (4-2)	g	383.36	376.98	383.05
Peso específico de masa SSS	kg/m ³	2662	2673	2679
Peso específico aparente	kg/m ³	2768	2803	2804
Peso específico de masa	kg/m ³	2602	2601	2609
Promedio peso específico de masa	kg/m ³		2604	

Fuente: Elaboración propia

Agregado grueso

Tabla 28: Pesos específicos del agregado grueso.

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
B =Peso de la muestra SSS	g	1019.72	1016.13	1016.21
C = Peso de la muestra SSS en el agua	g	627.93	622.98	629.42
Peso de bandeja	g	0.00	0.00	0.00
Peso de bandeja + Muestra seca	g	1000.02	1000.10	1000.61
A = Peso de la muestra secada en el horno	g	1000.02	1000.10	1000.61
Peso específico de masa SSS	kg/m ³	2602.72	2584.59	2627.29
Peso específico aparente	kg/m ³	2687.58	2651.94	2695.68
Peso específico de masa	kg/m ³	2552	2544	2587
Promedio del peso específico de masa	kg/m ³		2561	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 7. Porcentaje de absorción del agregado fino y grueso.

Tabla 29: Absorción del agregado fino.

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA		
		M-1	M-2	383.05
S = Peso de la muestra SSS (4-2)	g	383.36	376.98	383.05
A = Peso de la muestra secada al horno	g	374.72	366.82	373.1
Porcentaje de absorción (%)	%	2.3	2.8	2.7
Promedio	%		2.6	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Absorción del agregado grueso.

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA		
		M-1	M-2	M-3
B = Peso de la muestra SSS	kg	1019.72	1016.13	1016.21
A = Peso de la muestra secada en el horno	kg	1000.02	1000.10	1000.61
Porcentaje de absorción (%)	%	2.0	1.6	1.6
Promedio	%		1.7	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 8. Granulometría del caucho reciclado

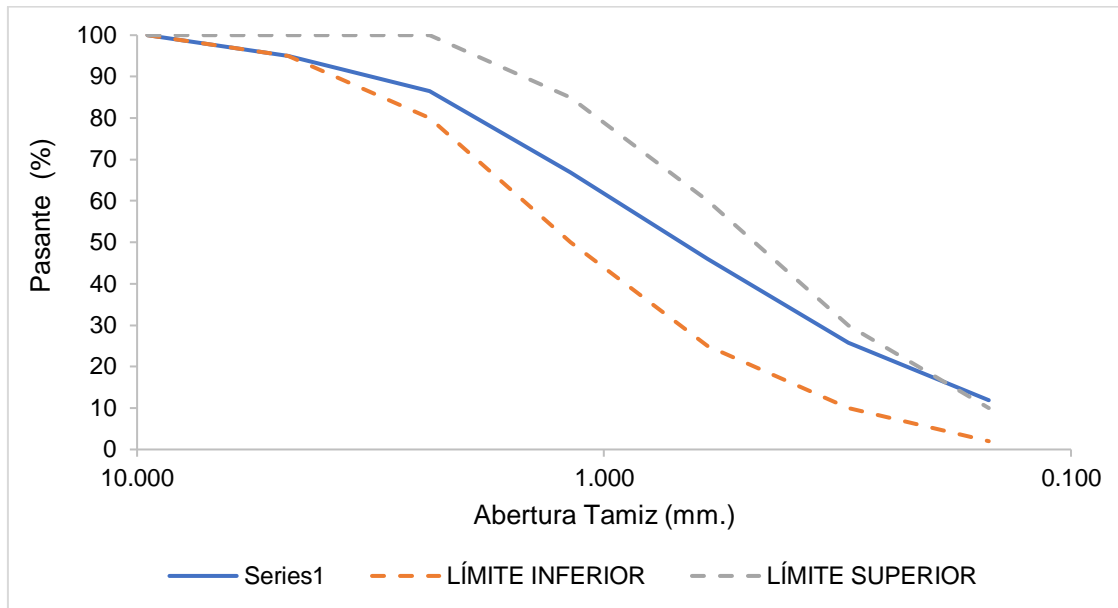
Tabla 31: Granulometría del caucho reciclado.

TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO TAMIZ (g.)	TAMIZ + MUESTRA (g.)	PESO RETENIDO (g.)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO (%)	
						RETENIDO	PASANTE
3/8"	9.500			0.00	0	0	100
Nº4	4.750	508.08	528.08	20.00	5	5	95
Nº8	2.360	489.6	524.00	34.40	9	14	86
Nº16	1.180	410.72	489.00	78.28	20	33	67
Nº30	0.600	402.78	486.84	84.06	21	54	46
Nº50	0.300	349.6	430.59	80.99	20	74	26
Nº100	0.150	345.12	400.60	55.48	14	88	12
Nº200	0.075	300.49	337.00	36.51	9	97	3
FONDO		368.97	380.12	11.15	3	100	0
			PESO TOTAL	400.87	100		
				M. FINURA	2.7		

Fuente: Elaboración propia

Figura 10

Curva granulométrica del caucho reciclado de NFU.



Nota: Esta figura presenta una curva granulométrica del caucho reciclado del NFU.
Elaboración propia, 2021.

ANEXO 9. Ensayo de variación dimensional (NTP 399.604)

Objeto

Determinación de la variación dimensional de los bloques de concreto.

Materiales

- Bloques de concreto patrón
- Bloques de concreto con 10% de caucho de neumático
- Bloques de concreto con 15% de caucho de neumático
- Bloques de concreto con 20% de caucho de neumático
- Regla metálica de 30 cm

Procedimiento

Se ejecutaron cuatro tomas de medidas de largo, cuatro tomas de medida de ancho y cuatro tomas de medida de alto para cada unidad de bloque, con una precisión de 1mm.

Resultados

Se obtuvo la medida promedio de cada una de las de las dimensiones para cada unidad de ladrillo, previamente codificada. LA diferencia entre la dimensión de fabricación y la medida promedio real se expresa en porcentaje, respecto a la dimensión utilizando la siguiente expresión:

$$VARIACIÓN = \frac{ME - MP}{ME} * 100$$

Dónde:

ME= medida especificada por el fabricante

MP= medida promedio

ANEXO 10. Porcentaje de absorción (NTP 399.604)

Objeto

Determinación del porcentaje de absorción de agua que presentan los bloques de concreto a las 24 hora de estar inmersos en el líquido.

Materiales

- Bloques de concreto patrón
- Bloques de concreto con 10% de caucho de neumático
- Bloques de concreto con 15% de caucho de neumático
- Bloques de concreto con 20% de caucho de neumático
- Estufa
- Balanza de 0.5gr de aproximación

Procedimiento

Se sumergió total mente la unidad en agua por 24 horas, la temperatura del líquido deberá estar entre 15 a 30 °C. Pasado este tiempo se retira e espécimen y se secó con un trapo antes de los 5 min. Después se procedió a pesar en la balanza. Posterior a ello los especímenes se colocaron en la estufa a 110°C por 24 horas para su secado y volverlo a pesar.

Resultados

Los resultados se expresan mediante la siguiente fórmula:

$$ABSORCIÓN (\%) = \frac{PEso\ saturado - Peso\ Seco}{MEPeso\ Seco} * 100$$

ANEXO 11. Compresión por unidad (NTP 399.604)

Objeto

Determinación de la fuerza compresiva de las unidades de albañilería.

Materiales

- Bloques de concreto patrón
- Bloques de concreto con 10% de caucho de neumático
- Bloques de concreto con 15% de caucho de neumático
- Bloques de concreto con 20% de caucho de neumático
- Prensa para ensayos a compresión
- Yeso

Procedimiento

1. Para este ensayo se utilizaron 3 bloques de concreto por cada dosificación por cada edad. A estas se les colocó en la parte superior e inferior una capa de yeso -cemento blanco (1:2), para uniformizar las superficies de contacto con el cabezal por donde se transmite la carga y la base donde la unidad se apoya, un día antes del ensayo.
2. Se colocó el bloque en la prensa para su respectiva rotura a una velocidad de 3.57 KN/s.
3. Por último, se registra la carga de rotura, y la máxima capacidad resistiva.

Resultados

La resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (fb) se determina de la siguiente manera:

$$fb = \frac{Pm}{Ab}$$

Dónde:

Fb = Resistencia a la compresión de la unidad (kg/cm²)

Pm = Carga máxima de rotura (kg)

Ab = Área bruta de la unidad de albañilería (cm²)

Mientras que la resistencia a la compresión característica (f_b) se obtiene:

$$f'_b = f_b \text{ promedio} - \sigma$$

Dónde:

f'_b = Resistencia característica a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm²).

f_b promedio = Resistencia promedio a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm²)

σ = Desviación estándar

ANEXO 12. Compresión por pila (NTP 399.605)

Objeto

Determinación de la fuerza compresiva axial de las pilas de albañilería.

Materiales

- Bloques de concreto patrón
- Bloques de concreto con 10% de caucho de neumático
- Bloques de concreto con 15% de caucho de neumático
- Bloques de concreto con 20% de caucho de neumático
- Prensa para ensayos a compresión
- Yeso
- Arena
- Cemento

Procedimiento

1. Se preparó el mortero en proporción cemento – arena 1:4.
2. La construcción se realizó de acuerdo al procedimiento estándar, controlando el alineamiento horizontal mediante un cordel, la altura con una wincha y la verticalidad con nivel de mano. El espesor de las juntas fue de 1.5 cm
3. Las pilas se realizaron en el lugar donde se hizo los bloques, cuidando que no estén expuestas a movimientos bruscos, las cuales según la norma lo recomienda hacer a los 28 días
4. Se procedió a refrentar las pilas para eliminar irregularidades en las superficies de contacto con yeso- cemento blanco (1:2).
5. Se procede a medir la altura, largo y ancho antes de ser ensayadas.

Resultados

Se registró la carga máxima soportada por cada pila y la resistencia se calcula de la siguiente manera:

$$f_m = \frac{P_{max}}{A_b}$$

Dónde:

F_m = Resistencia a la compresión axial en pila (kg/cm²)

P_m = Carga máxima que resiste la pila (kg)

A_b = Área bruta transversal de la fuerza (cm²)

Esta resistencia se tiene que corregir por la esbeltez de la pila mediante factores que se obtienen de la tabla 6.1 que otorga la Norma E.070.

La resistencia característica se calculó con la siguiente expresión:

$$f'_m = f_m \text{ promedio corregida} - \sigma$$

Dónde:

f'_m = Resistencia característica a compresión axial en pila (kg/cm²)

$f'_m \text{ prom corregida}$ = Resistencia promedio corregida a compresión axial en pila (kg/cm²)

σ = Desviación estándar

ANEXO 13. Compresión por murete (NTP 399.621)

Objeto

Determinación de la fuerza compresiva diagonal (corte) en muretes de albañilería

Materiales

- Bloques de concreto patrón
- Bloques de concreto con 10% de caucho de neumático
- Bloques de concreto con 15% de caucho de neumático
- Bloques de concreto con 20% de caucho de neumático
- Prensa para ensayos a compresión diagonal
- Yeso
- Arena
- Cemento

Procedimiento

1. Se seleccionó las unidades y se efectuó el corte de las unidades para su posterior asentado con mortero de cemento: arena, 1:4.
2. La construcción se realizó de acuerdo al procedimiento estándar con un mínimo de 60 cm x 60 cm, controlando el alineamiento horizontal mediante un cordel, la altura con una wincha y la verticalidad con nivel de mano. El espesor de las juntas fue de 1.5 cm
3. Las pilas se realizaron en el lugar donde se hizo los bloques, cuidando que no estén expuestas a movimientos bruscos, las cuales según la norma lo recomienda hacer a los 28 días
4. Se procedió a refrentar las esquinas de contacto de los muretes para eliminar irregularidades con yeso- cemento blanco (1:2).
5. Se procede a medir la altura, largo, ancho y diagonal antes de ser ensayadas.

Resultados

Se registró la carga máxima soportada por cada murete y la resistencia a compresión diagonal se calcula de la siguiente manera:

$$V_m = \frac{P_{max}}{A}$$

Dónde:

V_m = Resistencia a la compresión diagonal en murete (kg/cm²)

P_m = Carga máxima que resiste el murete (kg)

A = Área de la diagonal (cm²)

D = Longitud diagonal

$$D = \sqrt{L_p^2 + H_p^2}$$

L_p y H_p = Lados del murete

T_p = Espesor del murete

La resistencia característica (V_m) de cada marca de unidad de albañilería se halló restando una desviación estándar (σ) al promedio de los 3 muretes ensayados.

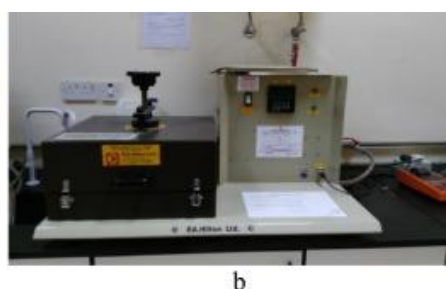
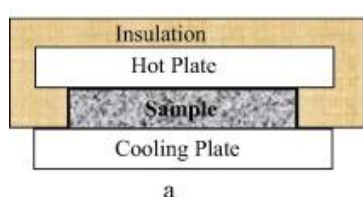
La resistencia característica se calculó con la siguiente expresión:

$$V'_m = V_m \text{ promedio} - \sigma$$

ANEXO 14. Ensayo de conductividad térmica (NTP 399.604)

Para la prueba de conductividad térmica; Se prepararon tres muestras cuadradas de losas de 100 mm por 100 mm y mm de profundidad de cada tipo de bloque y se curaron en el laboratorio en un baño de agua a una temperatura de $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$; luego probado a la edad de 28 días en estado seco ya que el grado de saturación del concreto es un factor importante que puede afectar la conductividad porque la conductividad del aire es menor que la del agua como se muestra en Todas las muestras se secaron en un horno de secado a $50 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ y se pesaron a 24h intervalos hasta que la pérdida de peso no supere el 1% en 24 h. Las superficies de todas las muestras se pulieron para lograr superficies lisas para un contacto adecuado cuando se configuran para la experimentación de conductividad térmica.

No existe un método de medición único para todas las mediciones de conductividad térmica. La precisión de cualquier método está limitada por las propiedades físicas y otros factores. Para analizar el comportamiento térmico de los materiales, los métodos deben conocerse y definirse claramente . En este estudio se utilizó la técnica de placa caliente protegida, en la que se coloca una muestra sólida de material entre dos placas. Una placa se calienta y la otra se enfría. La temperatura de las placas se controla hasta que sean constantes. El diagrama esquemático de la prueba de placa calefactora protegida se muestra en la siguiente figura.



H112N utiliza, en este estudio se utilizará un método relativo de medición de la conductividad térmica, basado en una norma internacional ISO 8301

. La ISO establece que las caras de la muestra deben ser planas dentro del 0.025% y paralelas dentro del 2% del espesor. La temperatura máxima de la placa calefactora fue de $70 \text{ }^\circ\text{C}$. La muestra se sujetó uniformemente mediante un mecanismo de

sujeción. Las pérdidas de calor se minimizan encerrando el conjunto en un recinto aislado térmicamente. La temperatura media a cada lado de la muestra de prueba se midió utilizando termopares especiales. El tiempo medio necesario para alcanzar el estado estable fue de unas 2-3 h. A partir del gradiente de temperatura a través de la muestra, se puede determinar la conductividad térmica.

Es importante señalar que el H112N se diseñó específicamente con fines educativos, lo que permite realizar una investigación comparativa de la conductividad térmica de las muestras de materiales de construcción. Por lo tanto, se utilizó durante este estudio con fines comparativos en lugar de lograr un valor exacto de conductividad térmica útil para fines de diseño.

Los valores de conductividad térmica se calcularon utilizando la siguiente ecuación:

$$K=t*[(C1+(C2*T^-)) +((C3+(C4*T^-)) *HFM) +((C5+(C6*T^-)) *HFM2)]/dT$$

Dónde:

HFM - Flujo de calor en mil voltios (mV)

t - espesor de la muestra

C₁, C₂, C₃, C₄, C₅, C₆ - Constantes de calibración para el aparato y

tienen los siguientes valores:

$$C_1 = -5,4636, C_2 = 0,0983$$

$$C_3 = 2,6335, C_4 = 0,0499$$

$$C_5 = 0.0644, C_6 = -0.0002$$

dT - diferencia de temperatura entre las dos placas

$$T^- = dT/2$$

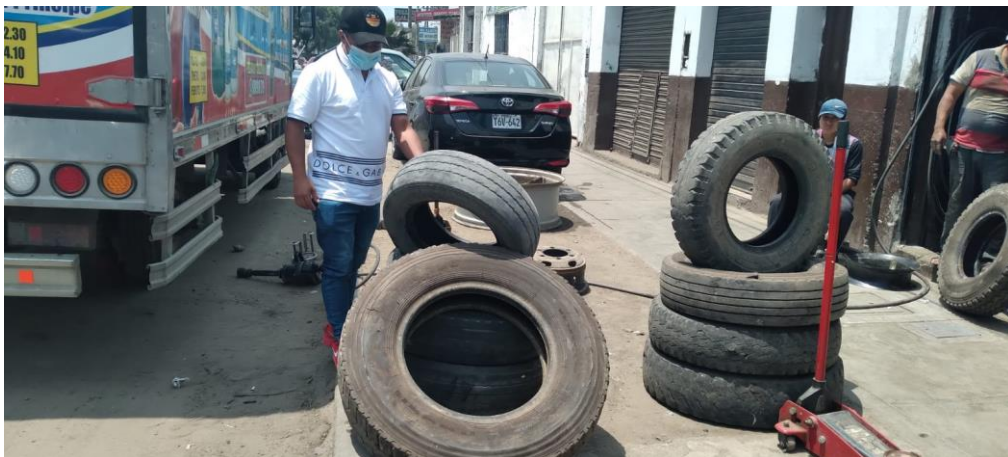
Los resultados obtenidos son de unidades SI (W / m° C o W / m K) que es el número de vatios que fluyen a través de 1 metro cuadrado (m²) de material que tiene 1 m de espesor cuando la diferencia de temperatura a través de ese material es 1K (1 °C) en condiciones de flujo de calor constante.

ANEXO 15. Fotos

1. Visita a cantera Bauner y selección de agregados – El Milagro

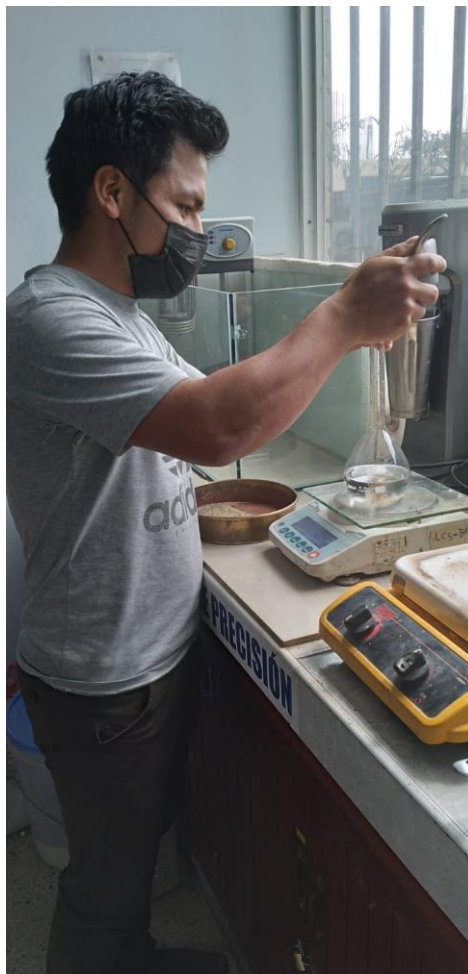
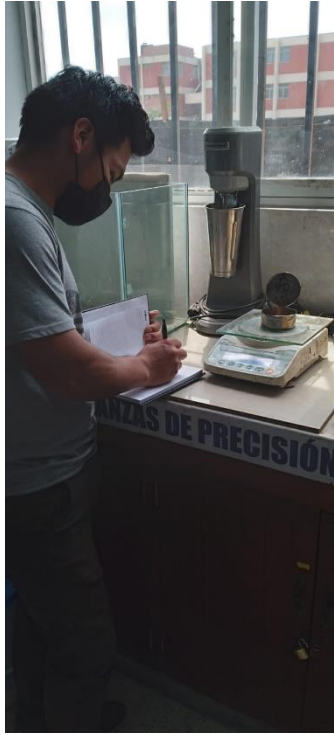


2. Obtención de los neumáticos a utilizar (Av. América Sur)



3. Caracterización de los agregados





4. Preparación de neumáticos para la molienda



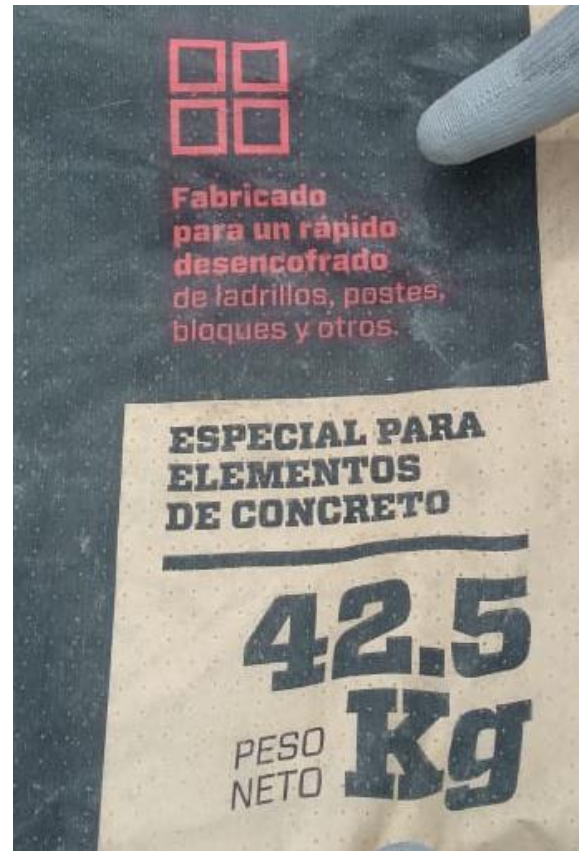
5. Molienda y análisis granulométrico del caucho de neumático.



6. Mezclado de agregados para la elaboración de bloques



7.



8. Mezclado de agregados para la elaboración de bloques









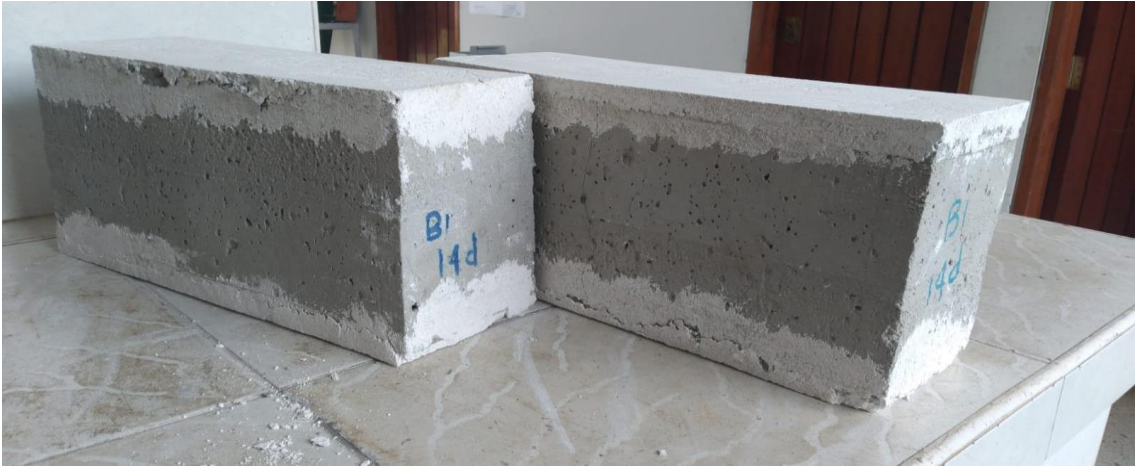
9. Variación dimensional



10. Refrentado de bloques



11. Ensayo de resistencia a la compresión por unidades



12. Ensayo de resistencia a la compresión por pilas



13. Ensayo de resistencia a la compresión por compresión diagonal.



14. Conductividad térmica



ANEXO 16: Matriz de consistencia

TÍTULO: "Influencia del caucho de neumático en las características físicas y mecánicas del bloque de concreto".

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿Qué influencia tiene el caucho de neumático en las características físicas-mecánicas del bloque de concreto?	El Objetivo General de esta investigación es: Determinar la influencia que tiene el caucho de neumático en las características físicas-mecánicas del bloque de concreto.	Hipótesis General: El caucho de neumático mejorará notoriamente las características físicas – mecánicas del bloque de concreto.	VARIABLE INDEPENDIENTE: Caucho de neumático. VARIABLE DEPENDIENTE: Características físicas mecánicas del bloque de concreto. UNIDAD DE ANÁLISIS: Bloques de concreto	TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	Hipótesis específicas		
	Determinar la influencia del porcentaje de caucho de neumático en las características físicas y mecánicas del bloque de concreto.	H1 La dosificación óptima será con un 20% de caucho de neumático en la mezcla para bloques de concreto.	POBLACIÓN. - Para la presente investigación la población estará dada por la cantidad de bloques a ensayar: bloques patrón y bloques con caucho de neumático.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Experimental
	determinar la influencia del caucho de neumático en la densidad, absorción y aislamiento térmico del bloque de concreto.	H2 El caucho de neumático influirá positivamente en la densidad, absorción y aislamiento térmico del bloque de concreto.		
	Precisar la influencia del caucho de neumático en la resistencia a la compresión del bloque de concreto.	H3 El caucho de neumático tendrá una influencia positiva en la resistencia a compresión del bloque de concreto	MUESTRA. Se considera como muestra las 45 unidades por proporción de estudio a ensayar, teniendo en consideración 4 proporciones diferentes con adición de (0, 10, 15 y 20) % de caucho de neumático.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: Fichas de Observación.