

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Resistencia a la compresión del ladrillo de concreto sustituyendo
parcialmente el confitillo por caucho reciclado en un 5% y
10%.**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Ambrosio León Abel Quenan

Asesor:

Atilio Rubén López Carranza

Chimbote - Perú

2019

PALABRAS CLAVES

Tema	Resistencia de Ladrillos de Concreto
------	--------------------------------------

Especialidad	Tecnología del Concreto
--------------	-------------------------

KEYWORDS

Theme	Concrete Bricks Strength
-------	--------------------------

Speciality	Concrete Technology
------------	---------------------

LINEA DE INVESTIGACION

Código	Línea
--------	-------

1.	Ingeniería
----	------------

2.	Ingeniería y Tecnología
----	-------------------------

2.1	Ingeniería civil
-----	------------------

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE
CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN UN 5% Y
10%.**

RESUMEN

El objetivo principal de esta tesis fue determinar la resistencia a la compresión de un ladrillo de concreto tipo IV al sustituir el confitillo por caucho reciclado en un 5% y 10%. Para ello, he tenido que elaborar diferentes tipos de mezclas, observar y luego comparar los resultados.

Los resultados en este trabajo de investigación muestran que el caucho reciclado producto de los neumáticos fuera de uso contienen elementos químicos como el Al_2O_3 (óxido de aluminio 15.29 %); SiO_2 (óxido de silicio 36.10 %) y CaO (óxido de calcio 9.26 %) que brindan un mejor desempeño al cemento, también se comprobó mediante el ensayo de dureza por el método Rockwell, (ASTM E18) que la dureza del caucho es de 750 kgf/cm^2 , mientras que el confitillo tiene una dureza de $1500 - 2500 \text{ kgf/cm}^2$.

El comportamiento del caucho al momento de ser mezclado con los demás materiales (cemento, arena, confitillo y agua) en proporciones de 5 % y 10 % de sustitución, no presentaron ningún cambio considerable en comparación al diseño patrón, por lo cual se utilizó una relación A/C de: 0.850 para los 27 testigos.

Finalmente, en este trabajo de investigación se encontró que el promedio de $f'c$ logrado a los 28 días con el concreto al 0% de caucho fue de 134.2 kg/cm^2 ; con el concreto al 5% de caucho fue de 129.8 kg/cm^2 ; con el concreto al 10% de caucho fue de 120.7 kg/cm^2 .

Como resultado final, la mezcla con 5 % de caucho, con un $f'c = 129.8 \text{ Kg/cm}^2$ fue la que más se acercó al diseño patrón, siendo la más resistente de las dos dosis experimentales.

ABSTRACT

The main objective of this thesis was to determine the resistance to the compression of a concrete brick type IV when replacing fine aggregate instead of 5 % or 10% of recycled rubber. For this task, I developed different types of mixtures, observed, and compared the results.

The results in this research show that the recycled rubber product of the tires out of use contain chemical elements such as Al₂O₃ (aluminum oxide 15.29%); SiO₂ (36.10% sackcloth oxide) and CaO (9.26% calcium oxide) that provide better performance to the cement, it was also verified by the hardness test by the Rockwell method, (ASTM E18) that the hardness of the rubber is 750 kgf / cm², while the confitillo has a hardness of 1500 - 2500 kgf / cm².

The behavior of the rubber at the time of being mixed with the other materials (cement, sand, confectionery and water) in proportions of 5% and 10% substitution, did not present any considerable change compared to the standard design, so a A / C ratio of: 0.850 for the 27 witnesses.

Finally, in this research work it was found that the average f 'c achieved at 28 days with 0% rubber concrete was 134.2 kg / cm²; with 5% rubber concrete, it was 129.8 kg / cm²; With 10% rubber concrete, it was 120.7 kg / cm².

As a final result, the mixture with 5% rubber, with a f 'c = 129.8 Kg / cm², was the closest to the standard design, being the most resistant of the two experimental doses.

INDICE

Tema	Página N°
PALABRAS CLAVE – LINEA DE INVESTIGACION	i
TITULO DE INVESTIGACION	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
INDICE GENERAL	v
I. INTRODUCCION	1
II. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	50
III. RESULTADOS	71
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	83
V. CONCLUSIONES	85
VI. RECOMENDACIONES	87
VII. AGRADECIMIENTOS	88
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
IX. APENDICES Y ANEXOS	94

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Clase de unidad de albañilería para fines estructurales	9
Tabla 2	Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales	10
Tabla 3	Especificaciones técnicas del ladrillo	14
Tabla 4	Determinación del asentamiento del concreto	17
Tabla 5	Granulometría del agregado fino	31
Tabla 6	Módulo de Finura, de Duff Abrams	32
Tabla 7	Requisitos para agua de mezcla	33
Tabla 8	Propiedades químicas del caucho según %	37
Tabla 9	Cuadro comparativo caucho natural SBR	38
Tabla 10	Composición y características de los Neumáticos (automóviles y camionetas)	39
Tabla 11	Composición y características de los Neumáticos (camiones y microbuses)	39
Tabla 12	Variables indicadores	44
Tabla 13	Resistencia a la compresión concreta normal	45
Tabla 14	Grupo control patrones y experimentales	51
Tabla 15	Dosificación del concreto	67
Tabla 16	Características del caucho granular (neumático)	71
Tabla 17	Propiedades de los materiales	71
Tabla 18	Materiales para concreto convencional	73
Tabla 19	Materiales para concreto con 5% de caucho	73
Tabla 20	Materiales para concreto con 10% de caucho	74
Tabla 21	Proporción de los materiales	74
Tabla 22	Dosificación por cada testigo patrón	74
Tabla 23	Dosificación por cada testigo experimental 5%	74
Tabla 24	Dosificación por cada testigo experimental 10%	75
Tabla 25	Resistencias de laboratorio	75
Tabla 26	Resistencias de laboratorio	76
Tabla 27	Resistencias de laboratorio	77

Tabla 28	Resistencias de laboratorio	77
Tabla 29	Resistencias a la compresión de ladrillo de concreto con una sustitución de confitillo por caucho reciclado	80
Tabla 30	Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las unidades de ladrillo de concreto.	81
Tabla 31	Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencias medias de las unidades de ladrillo son diferentes.	82

TABLA DE FIGURAS

Figura 1: Agua potable	33
Figura 2: Caucho natural	35
Figura 3: Caucho sintético	35
Figura 4: Servi llantas Martin – Av. José Gálvez – Chimbote	55
Figura 5: Vertedero, Km. 408 Panamericana sur – Chimbote	56
Figura 6: Máquina trituradora de caucho	56
Figura 7: Malla N° 4	57
Figura 8: Proceso de envasado del caucho triturado	57
Figura 9: Selección granular según tamices N° 4 y N° 8	58
Figura 10: Saturación del caucho triturado	58
Figura 11: secado superficial del caucho triturado	59
Figura 12: Peso del caucho triturado superficialmente seco	59
Figura 13: Peso del caucho triturado seco	60
Figura 14: Molde metálico de acero inoxidable	62
Figura 16: Apilado en un ambiente cerrado	62
Figura 17: Base impermeable (melamine tropical	64
Figura 18: Base sin deformaciones ni abultamientos	64
Figura 19: Peso del material requerido	65
Figura 20: Proceso de mezclado	65
Figura 21: Peso del material requerido	66
Figura 22: Vaciado del concreto	66
Figura 23: Topes de la tapa del molde	67
Figura 24: Control de peso antes del curado	68
Figura 25: Curado superficial	68
Figura 26: Control de peso después del curado	69
Figura 27: Aislamiento con manta plástica	69
Figura 28: Supervisión del asesor	70
Figura 29: Testigos ensayados	70
Figura 30: Granulometría del agregado grueso (confitillo)	72

Figura 31: Granulometría del agregado fino (arena)	72
Figura 32: Comparación de resultados	78
Figura 33: Comparación de resultados	78
Figura 34: Ubicación de las posibles canteras	79
Figura 35: Ubicación de las posibles canteras	80

I. Introducción

En la actualidad, los neumáticos fuera de uso se presentan como un grave problema de contaminación ambiental, ya que la normativa ambiental existente impide su destrucción mediante depósito a vertedero. Dentro de las alternativas razonables para su reutilización, una de las más apropiadas corresponde a la trituración y separación selectiva de sus componentes. De estos, el caucho se puede incorporar en las mezclas bituminosas en caliente para mejorar sus propiedades reológicas, ya que el caucho presente en los neumáticos, tanto el de origen natural como el sintético, se compone en más del 50 % de polímeros elastoméricos.

En este trabajo de investigación se efectuó el estudio para el diseño y formulación de un ladrillo de concreto con la incorporación de caucho procedente de neumáticos fuera de uso. El desarrollo de este trabajo nos permitirá aportar nuevas tecnologías en el sector de la construcción con el fin de mejorar la calidad, reducir costos, aumentar las prestaciones y contribuir con el desarrollo sostenible, aprovechando materiales excedentes de otros procesos de producción y los materiales reciclados, que resultan claramente reutilizables como ocurre con el caucho que se obtiene de los neumáticos usados.

Actualmente, el estudio sobre las posibilidades de utilizar los residuos es uno de los objetivos prioritarios de carácter ambiental en la investigación científica y técnica, por lo que nuestra Universidad no puede quedar exenta. Para ello es necesario alcanzar un conocimiento profundo sobre los distintos tipos de residuos, el volumen de estos, las posibilidades técnicas, la repercusión económica, las limitaciones de uso y las precauciones que requiere su empleo. Además de asignar para cada residuo el mejor aprovechamiento entre los usos posibles a fin de obtener el mayor valor añadido.

La metodología empleada fue experimental debido a que las variables fueron manipuladas, lo que nos permitió tener una amplia visión para tomar la mejor decisión, luego de culminados los trabajos experimentales efectuados en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Privada San Pedro.

Como antecedentes relacionados al estudio de esta investigación tenemos:

Albano, C. (2008). Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. En base a lo indicado, esta investigación se llevó a cabo a través de ensayos destructivos y no destructivos con el fin de estudiar las propiedades mecánicas y las mediciones de pulso ultrasónico de un concreto al cual se le incorporó la raspadura de las bandas de rodamiento provenientes de neumáticos en un porcentaje de 5% variando el tamaño de partícula con una relación agua/cemento de 0,45 y edad de curado de 28 días.

Siendo dicha investigación del tipo Aplicada y diseño Experimental de nivel Cuasi-Experimental. Llegando a la conclusión que:

- El descenso en los valores de las propiedades de resistencia a la compresión y resistencia a la tracción de los compuestos con caucho de tamaño «fino» y «grueso», se debe a la porosidad que se origina en las muestras.
- El comportamiento del compuesto de concreto con 5% en peso de caucho de tamaño «al azar» muestra en todas las propiedades analizadas, valores similares a los del concreto tradicional. Esto se debe a que las partículas pequeñas se colocan en los huecos dejados por las partículas grandes de caucho, disminuyendo de esta forma la porosidad.

Almeida, N. (2011). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

El objetivo del proyecto realizado fue obtener hormigón que incorpore caucho procedente de neumáticos fuera de uso, con posibilidades reales de situarse ventajosamente en el mercado; con la finalidad de minimizar el impacto ambiental que generan los neumáticos luego de transcurrida su vida útil. Se realizó un estudio experimental sobre hormigones reforzados con fibras cortas de caucho, de tamaño variable y superficie rugosa, procedentes del reencauchado de neumáticos. En dicho trabajo se documentó la compatibilidad entre el caucho y el hormigón y se obtuvieron las propiedades más importantes de la mezcla. Aunque se llegó a mezclar hasta un 13% en volumen, por eficiencia de trabajabilidad, puesta en obra y propiedades mecánicas, se optó por recomendar mezclas del 3.5% y del 5% de caucho triturado en hormigón. Además, se realizó un tramo experimental de hormigón con caucho y fibras cortas de polipropileno.

Siendo dicha investigación del tipo Aplicada y diseño Experimental de nivel Cuasi-Experimental. Llegando a la conclusión que:

- Luego de someter los bloques a la carga de compresión se observó que la incorporación del caucho en los mismos mejoró la adherencia con los demás materiales ya que al llegar a la carga de rotura el bloque se trisaba y no se partía en pedazos como el bloque normal, esto sucedió por las propiedades que el caucho posee como la resistencia y elasticidad.
- Se analizó los datos de manera estadística y se pudo determinar que tanto los diseños con incorporación de fibras de caucho de neumáticos reciclados al 5% y 10% son factibles ya que mejora la resistencia.
- Al revisar los resultados de resistencias máximas se obtuvo como resultado que el diseño que mayor resistencia se obtuvo fue con la fibra de caucho de neumáticos reciclados TIPO 2 el de 0,14cm y 1,92cm (diámetro y largo respectivamente) con un porcentaje de incorporación de caucho del 5%, obteniendo una resistencia media de 21,78 kg/cm² que comparado con la resistencia del bloque normal 12,14 kg/cm², existe un incremento a la de 9,64 kg/cm² correspondiente a un incremento del 79,41%.
- Luego de encontrado el diseño óptimo del bloque en estudio, se procedió a analizar el factor “peso”, comparándolo con el bloque normal, en donde se verificó que con el diseño al 5% de incorporación de caucho en sustitución del agregado fino se llegó a disminuir el 1,76% del peso, es decir, el bloque analizado tuvo un peso de 5,57 kg.

Torres, H. (2014). Universidad Julio Garavito, Bogotá, Colombia. Abordó el problema de la valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho. Para el desarrollo del trabajo se prepararon cuatro tipos de mezclas, la primera sin adición de grano de caucho, la segunda reemplazando el 10% del agregado fino por la misma cantidad en volumen de caucho, la tercera y cuarta mezcla de la misma forma, pero con porcentajes de reemplazo de 20% y 30% respectivamente. Se evaluaron las propiedades mecánicas como: resistencia a la compresión y a la flexión; ensayos de durabilidad como: penetración de cloruros, carbonatación, absorción y propiedades eléctricas como resistividad e impedancia. Los ensayos mecánicos y de durabilidad se evaluaron en edades de 28 y 90 días y en el caso de la resistencia a la compresión se ensayaron las muestras a los 3, 7, 28 y 90 días. Siendo dicha investigación del tipo Aplicada y diseño Experimental de nivel Cuasi-Experimental. Llegando a la conclusión que:

- La densidad del concreto se ve claramente disminuida con el aumento del porcentaje de sustitución de caucho, esto se debe a la diferencia de densidades entre el caucho y el agregado

fino que fue reemplazado, disminuyendo la densidad en 1.7, 2.7 y 6% para el 10, 20 y 30% de sustitución de caucho respectivamente, para lo cual no podría ser utilizado como concreto liviano.

- En general las propiedades mecánicas y de durabilidad se vieron afectadas por el uso de caucho como reemplazo parcial de arena, presentando un comportamiento generalizado de reducción de valores frente a los presentados por la muestra sin sustitución de caucho. Los concretos con mayores pérdidas en la resistencia a la compresión son los que contienen altos porcentajes de sustitución de caucho. Sin embargo, la resistencia a la compresión con 10 % y 20 % de adición caucho presentaron resultados similares a largo plazo. Se validan las investigaciones realizadas a nivel nacional e internacional en donde con el aumento en porcentaje de caucho se pierde resistencia a la compresión.
- El módulo de elasticidad del concreto se ve levemente reducido por la incorporación de residuo de caucho con 5 % y 10, permitiendo mayores deformaciones; a nivel general el módulo de elasticidad se ve reducido con respecto a la muestra de 0 % de adición de caucho, debido a que los agregados provenientes del caucho tienen una rigidez claramente inferior
- Con esta investigación, se concluye que para evitar disminuciones grandes en las propiedades mecánicas del concreto, el uso de agregados de grano de caucho debe limitarse a niveles porcentuales menores del 10 %, para minimizar estos impactos negativos.

Ramírez y Garay (2015). Universidad San Pedro. Huaraz, Perú. Donde busca contribuir con el conocimiento comparativo de la resistencia a la compresión entre la resistencia convencional del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con concretos convencionales a las cuales se les ha adicionado caucho en un 5%, 10% y 15%. Los resultados obtenidos, ensayados a la compresión según (ASTM C39/C39-M), NTP 339.034-2008, fueron favorables cuando al concreto se le adiciona un porcentaje de 5% de fibras de caucho (neumático) superando a los 28 días al concreto patrón en resistencia, las adiciones de 10% y 15% fueron muy deficientes en la resistencia obteniendo una resistencia mucho menor al concreto patrón. Cuanto mayor sea la adición de fibras en el concreto disminuye la resistencia a la compresión.

Siendo dicha investigación del tipo Aplicada y diseño Experimental de nivel Cuasi-Experimental. Llegando a la conclusión que:

- El uso de fibras de caucho aumenta la resistencia a la compresión, a 23.8 kg/cm^2 cuando se le adiciona en un porcentaje de 5% con la que se obtuvo mejores resultados.

- Cuanto mayor sea el porcentaje de adición de fibras en el concreto, disminuye la resistencia a la compresión, siendo estos resultados menores que el concreto patrón.
- Las fibras de caucho tienen las propiedades físicas mecánicas, tal como su resistencia última a la tensión y su flexibilidad, que les permite ser consideradas como posible refuerzo en el concreto.

Fundamentación científica

Unidad de albañilería

RNE. (2006). *Norma Técnica de Albañilería E-070*. Afirma que, la unidad de albañilería conocido como ladrillo o bloque es el componente básico para la construcción de la albañilería. Actualmente tenemos variedad de estas, por lo que se ve la necesidad de establecer clasificaciones de acuerdo a sus principales propiedades.

Es importante recalcar que el comportamiento sísmico de nuestras edificaciones dependerá en su mayoría de la calidad de materiales empleados y el procedimiento constructivo adecuado. Esta unidad se elabora de materias primas diversas: arcilla, de concreto de cemento portland, y la mezcla de sílice y cal; entre las principales.

El ladrillo

RNE. (2006). *Norma Técnica de Albañilería E-070*. Define a la unidad de albañilería como ladrillo a aquella unidad cuyas dimensiones y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.

Las unidades de albañilería a las que se refiere esta norma son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.

Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.

Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días, que se comprobará de acuerdo a la NTP 399.602.

Dimensiones y áreas

- Dimensiones especificadas. - Son las dimensiones a las cuales debe conformarse el ladrillo de acuerdo con su designación.
- Dimensiones. - Dimensiones reales que tiene el ladrillo.
- Largo. - Es la mayor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo.
- Ancho. - Es la menor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo.
- Alto. - Es la dimensión perpendicular a la superficie de asiento del ladrillo.
- Área bruta. - Es el área total de la superficie de asiento, obtenida de multiplicar su largo por su ancho.
- Área neta. - Es el área bruta menos el área de los vacíos.

Clasificación

La NTP 399.601 (2006). Clasifica los ladrillos de concreto de acuerdo al área de orificios y su resistencia a la compresión.

Por sus dimensiones

Los ladrillos tienen como características principales: sus dimensiones pequeñas y su peso, que hace que se pueda manejar con una sola mano en el proceso de asentado. Una pieza tradicional debe tener un ancho de 11cm a 14cm, un largo de 23cm a 29cm y una altura de 6cm a 9cm; con un peso oscilante de 3kg a 6kg. Los bloques: a diferencia están hechos para ser manejados por las dos manos y puede llegar a pesar hasta los 15 kilogramos, su ancho no está determinado pues variará por los alveolos o huecos que tienen para ser manejados, claro que también son usados para la armadura o el concreto líquido.

Por su materia prima y fabricación

- Existen por la materia prima tres tipos: de arcilla, de Sílice – Cal y de Concreto
- Existen por la fabricación dos tipos: los artesanales y los industriales.

Por sus alveolos

Esta clasificación se basa en el área neta de la unidad, respecto a la superficie bruta de la cara y las características de los alveolos, existen cuatro tipos:

Sólidas o macizas: Los alveolos están necesariamente perpendicular a la cara del asiento, que ocupan un área no mayor al 30% del área bruta, por lo cual para ser solido aún puede tener alveolos. En la aplicación de este tipo se considera para todas las propiedades las de la sección bruta, como el área, modulo resistente y la inercia calculados en función del espesor y largo de la unidad sin tener en cuenta los alveolos. Generalmente las unidades artesanales son macizas por la facilidad de su fabricación, mientras que las que tienen alveolos son hechos en fábrica.

Alveolares o huecas: A diferencia de las sólidas los alveolos exceden el 30% del área bruta y en estas se puede rellenar con concreto líquido. En la aplicación de este tipo se considera para las propiedades las de la sección neta. Existen las perforadas dentro de esta categoría, que se caracterizan por tener alveolos reducidos no pueden ser rellenos ni armados.

Tubulares: Tienen los alveolos paralelos a la cara de asiento. El tamaño de los alveolos será en relación al área bruta de la cara lateral.

De acuerdo a su resistencia y durabilidad

La clasificación de las unidades de albañilería que se usa en el Perú tiene como principal criterio, su aplicación. Las bases de la clasificación son las propiedades estructurales y de durabilidad.

De acuerdo a la NTP 331.017

Los ladrillos se clasifican por resistencia, indicando en su clasificación un número que representa la resistencia a la compresión en MPa. Se tienen 4 tipos, tal como sigue:

- Tipo 21: Para uso donde se requiere alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.
- Tipo 17: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia al frío y a la penetración de la humedad.
- Tipo 14: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.
- Tipo 10: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

De acuerdo a la norma E-070 del RNE

Aunque el criterio principal es la resistencia a la compresión, esta clasificación incluye otros parámetros como la variabilidad dimensional, la absorción, alabeo y porcentaje de vacíos. Según esto, se proponen 5 tipos denominados con números romanos, siendo el tipo I el de menor calidad y capacidad resistente.

Aunque la norma establece unos valores mínimos y máximos en cada uno de los parámetros considerados, no da mayor explicación sobre sus aplicaciones. Al respecto, San Bartolomé (1994) ofrece una descripción práctica sobre las aplicaciones de cada una de las categorías mencionadas, que se transcribe a continuación.

- Tipo I.- Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas (viviendas de 1 o 2 pisos), evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo.
- Tipo II.- En esta categoría clasifican los ladrillos que tienen baja resistencia y durabilidad; son aptos para usarse en condiciones de servicio moderadas (no deben estar en contacto directo con lluvia, agua o el suelo).
- Tipo III.- Son ladrillos de mediana resistencia y durabilidad; aptos para ser usados en construcciones sujetas a condiciones de bajo intemperismo.
- Tipo IV.- Estos ladrillos son de alta resistencia y durabilidad; aptos para ser usados bajo condiciones de servicio moderado. Pueden estar sujetos a condiciones de servicio moderado, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.
- Tipo V.- Estos ladrillos son de muy alta resistencia y durabilidad; aptos para ser usados bajo condiciones de servicio rigurosas. Pueden estar sujetos a condiciones de servicio riguroso, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.

Características

Clasificación para fines estructurales

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla 7.

Tabla 1 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

Norma E-070 del RNE								NTP 331.017						
Tipo	Variación dimensional (%)			Alabeo (mm)	Absorción (%)	Vacíos (%)	f'b (Mpa)	Tipo	Variación dimensional (mm)			Absorción (%)	Vacíos (%)	f'b (Mpa)
	Hasta 100mm	Hasta 150mm	Más de 150mm						De 60 a 100	De 101 a 140	De 141 a 240			
	Altura	Ancho	Largo						Altura	Ancho	Largo			
I	8 (8mm)	6 (9mm)	4 (6mm)	10	22	30	4.9	10	3	5	6	Sin límite	25	8
II	7 (7mm)	6 (9mm)	4 (6mm)	8	22	30	6.9							
III	5 (5mm)	4 (6mm)	3 (4.5mm)	6	22	30	9.3	14	3	5	6	Sin límite	25	10
IV	4 (4mm)	3 (4.5mm)	2 (3mm)	4	22	30	12.7	17	3	5	6	25	25	15
V	3 (3mm)	2 (3mm)	1 (1.5mm)	2	22	30	17.6	21	3	5	6	20	25	17

Fuente: (RNE E-070 del y NTP 331.017)

Limitaciones en su aplicación

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 2. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 Diseño Sismo resistente.

Tabla 2 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales

TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1	
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos	Sí, hasta 2 pisos

Fuente: (R.N.E. Norma Técnica de Albañilería E-070)

Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Pruebas en la unidad de Albañilería

a) Muestreo

El muestreo será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.

b) Resistencia a la compresión

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en la NTP. 399.613 y 339.604.

Definición

La resistencia a la compresión es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se puede definir, en límites bastante ajustados, como una propiedad independiente. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los materiales que no se rompen en la compresión se define como la cantidad de esfuerzo necesario para deformar el material una cantidad arbitraria. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión.

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada, F'_c , del proyecto. Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros moldeados se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras, para programar las operaciones de construcción, tales como remoción de cimbras o para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura. NTP. 399.613 y 339.604.

En el concreto

La resistencia a la compresión es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi). El ensayo universalmente conocido para determinar la resistencia a la compresión, es el ensayo sobre probetas cilíndricas elaboradas en moldes especiales que tienen 150 mm de diámetro y 300 mm de altura.

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la

resistencia especificada, f'_c , del proyecto. Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros moldeados se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras, para programar las operaciones de construcción, tales como remoción de cimbras o para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura.

La resistencia a la compresión involucra pruebas y cálculos sobre qué tan bien un determinado espécimen, producto o material puede sobrevivir a un esfuerzo de compresión. A diferencia de la tensión, que expande o jala, la compresión significa que el objeto es presionado o aplastado.

La resistencia a la compresión de un material es el punto en el cual éste falla, calcular la fuerza de compresión implica realizar pruebas para hallar el punto de falla, y utilizar los datos del experimento para realizar los cálculos. La cifra final de resistencia a la compresión se expresa en libras de fuerza por pulgada cuadrada (psi) o kilogramos fuerza por metro cuadrado.

Los pasos para realizar el cálculo de la compresión de un concreto son los siguientes:

- Diseñar el ensayo para determinar la carga máxima que soporta el espécimen o material que se está investigando. Este ensayo tiene que ser único para el objeto. Determinar la máxima cantidad de esfuerzo de compresión que el objeto puede soportar, en kg/cm^2 . Colocar el objeto en una superficie sólida y aplicar la fuerza con el equipo de ensayo hasta que el objeto falle o se rompa. Registrar la fuerza ejercida al momento de la falla, en kg/cm^2 . Este esfuerzo tiene que hacer fallar al objeto dentro de los 15 minutos de haber sido aplicado.

- Calcular el área del objeto (A). Si la sección tiene forma circular o cilíndrica, utiliza la fórmula $A = 3,1415 \times r^2$, donde r es el radio. Si el objeto tiene área rectangular, utiliza la fórmula $A = L.W$, donde L es la longitud y W es el ancho. El área estará en cm^2 .

- Calcular la resistencia a la compresión utilizando la fórmula $S = P/A$, donde S es la resistencia a la compresión, P es la carga máxima aplicada al objeto, y A es el área. El valor de resistencia a la compresión final estará expresado en Kg/cm^2 .

c) **Variación dimensional**

Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en la NTP 399.613 y 399.604.

Definición

En términos generales ningún ladrillo conforma perfectamente con sus dimensiones especificadas. Existen diferencias de largo, de ancho y alto, así como deformaciones de la superficie asimilables a concavidades o convexidades.

El efecto de estas imperfecciones geométricas en la construcción de albañilería se manifiesta en la necesidad de hacer juntas de mortero mayores que las convenientes. A mayores imperfecciones mayores espesores de juntas. En resumen, las imperfecciones geométricas del ladrillo inciden en la resistencia de la albañilería. A más y mayores imperfecciones menor resistencia de la albañilería.

d) **Alabeo**

Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicada en la NTP 399.613.

Definición

Es la prueba de ensayo que nos dirá el desgaste o la poca importancia que se le dio al diseño u forma de los ladrillos. El alabeo suele ser más presente en los ladrillos que se han hecho de forma artesanal en comparación de los ladrillos fabricados en empresas grandes.

e) **Absorción**

Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en la NTP 399.604 y 399.1613.

Definición

La capacidad de absorción de agua de un ladrillo se define como el cociente entre el peso del agua que absorbe y su propio peso cuando está seco. Se expresa en tantos porcientos. Según esta definición.

$$\text{Capacidad de absorción del agua} = \frac{P_{sat} - P_{sec}}{P_{sec}} \times 100$$

En donde:

P_{sat} = peso de ladrillo saturado de agua

P_{secn} = peso de ladrillo seco

Aceptación de la unidad

- Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.
- La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%.
- El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP.
- La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.
- La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.
- La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

Tabla 3 Especificaciones técnicas del ladrillo

TIPO	ABSORCION (máx en %)	COEFICIENTE DE SATURACION (máximo) (2)
I	Sin Límites	Sin Límites
II	Sin Límites	Sin Límites
III	25	0.90
IV	22	0.88
V	22	0.88

Fuente: (R.N.E. Norma ITINTEC 331.018)

Nota 1.- El ensayo de absorción máxima sólo es exigible cuando el ladrillo estará en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.

Nota 2.- El ensayo de coeficiente de saturación sólo es exigible para condición de intemperismo severo.

El concreto

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesto de cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada), para formar una masa semejante a una roca ya que la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua. (Polanco, 2012).

Propiedades del concreto

Las propiedades del concreto se estudian primordialmente con la finalidad de determinar el diseño de la mezcla, las propiedades del concreto endurecido quedan especificadas por el proyectista de la estructura y las propiedades del concreto fresco, se rigen por el tipo de construcción y por las técnicas de colocación y transporte.

Propiedades del concreto fresco

Es el estado en que una masa de concreto, durante las primeras horas de haberse fabricado, puede moldearse fácilmente, con una fluidez que depende principalmente de las características de la pasta y del agua misma dentro de ella. Las principales propiedades que el concreto presenta en este estado son:

a) Trabajabilidad

Es aquella propiedad del concreto que determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad, así como para ser acabado sin que se presente segregación.

Factores que afectan la trabajabilidad

- Contenido de agua en la mezcla
- Contenido, finura y composición química del concreto

- Tamaño máximo, granulometría forma y textura de los agregados
- Proporciones de la mezcla de concreto
- Temperatura ambiente
- Tiempo de medición
- Aditivos

Medición de la trabajabilidad

Algunos de los ensayos que sirven para medir la consistencia del concreto, en combinación con la observación de su comportamiento, se emplea como una medida indirecta de la trabajabilidad.

En las pruebas que se ha desarrollado tratando de medir la trabajabilidad se tienen:

- Prueba del factor de compactación
- Prueba del remoldeo
- Prueba de bebe

b) Consistencia

La consistencia del concreto es una propiedad que define la propiedad de la mezcla para el grado de la fluidez de la misma, entendiéndose con ello que mientras más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

Este método de colocación empleado es el ensayo del cono de abraams o slump (ASTM – C143) que define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o centímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica. Por consiguiente, se puede definir el asentamiento como la medida de la diferencia de la altura entre el molde metálico standard y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría. Es una prueba sencilla que se usa tanto en el campo como en el laboratorio. Se puede clasificar al concreto de acuerdo a su consistencia en 3 grupos.

Tabla 4 *Determinación del asentamiento del concreto*

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO	TRABAJABILIDAD
Seca	0" a 2"	Poco trabajable
Plástica	3" a 4"	Trabajable
Húmeda	5" a mas	Muy trabajable

Fuente: (NTP 339.035)

Medida de la consistencia

- Prueba de reventamiento

c) Segregación

La segregación se puede definir como la descomposición mecánica del concreto con sus partes constituyentes, de modo que su distribución deje de ser uniforme. Se puede presentar dos formas de segregación: en la primera las partículas gruesas tienden a separarse del mortero porque suelen desplazarse a lo largo de una pendiente o se asientan más rápido que las partículas finas, en la segunda forma de segregación, la lechada se separa de la mezcla y se produce exclusivamente en aquellas que están húmedas.

Factores que influyen en la segregación

- La diferencia apreciable entre el peso específico del agregado grueso y del agregado fino
- La diferencia considerable entre las partículas
- Los procesos inadecuados de manipulación, transporte y colocación del concreto
- El exceso de vibración

Control de segregación

Mediante de incorporación de aire a las mezclas, se puede reducir significativamente el riesgo de segregación, dado que las burbujas al flotar entre los agregados y el material cementante reduce la posibilidad de sedimentación del concreto y tienden a mantener las partículas sólidas en suspensión.

Medición de la segregación

Cuantitativamente es imposible medir la segregación, sin embargo, la prueba de fluidez nos puede proporcionar una buena indicación sobre la cohesividad de la mezcla y en forma indirecta sobre su capacidad de segregación.

d) Exudación

Propiedad por la cual una parte del agua de la mezcla se separa de la masa y sube a la superficie del concreto, la prueba standard para medir la exudación está definida por la norma (ASTM C – 232) necesitándose solo una pipeta como equipo adicional a las balanzas moldes y probetas graduadas que constituyen lo normal en el laboratorio.

Causas de la exudación

- Una mala dosificación en la mezcla
- Un exceso de contenido de agua en el concreto
- Una temperatura más alta de lo normal
- La poca finura del cemento
- La presencia de determinados aditivos

Propiedades del concreto endurecido

Es una masa solida producto de la petrificación del material cementante que aglutina a los agregados y que puede adquirir las siguientes propiedades: impermeabilidad, durabilidad, resistencia mecánica, (compresión, tensión, flexión, abrasión, etc.) resistencia al fuego y a la reactividad, cambios volumétricos y eléctricos.

a) Resistencia

La resistencia es considerada como una de las propiedades más importante del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo. Está definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de calidad.

La resistencia del concreto esta principalmente determinada por la cantidad neta de agua empleada por unidad de material cementante, siendo mayores las resistencias con forme dicha relación se hace menor.

Factores que influyen en la resistencia a la compresión

- Relación agua/material cementante
- Tipo y calidad de cemento
- Forma y textura de los agregados
- Calidad de agua de mezcla
- Temperatura ambiental
- Compactación de la mezcla
- Método de proporcionamiento y mezclado
- Eficiencia de curado
- Tiempo o edad del concreto
- Forma y método del ensayo del espécimen
- Métodos constructivos

b) Durabilidad

El concreto debe ser capaz endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo, por lo tanto, un concreto durable es aquel que puede resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio a las cuales él está sometido.

La resistencia a los procesos de intemperismo severo especialmente acciones de congelación y deshielo mejora significativamente por la incorporación, en todos los concretos expuestos a ambientes menores a 4°C, de una cantidad adecuada de aire , el cual debe obligatoriamente ser empleado siempre que exista la posibilidad de que se presente procesos de congelación durante la vida del concreto .

La incorporación de aire igualmente incrementa la durabilidad por reducción de la capilaridad y disminución del volumen y secciones de canales de agua o poros capilares del concreto endurecido, por disminución de la exudación y segregación del concreto fresco la resistencia del concreto a la acción de las heladas depende de la naturaleza de los agregados y de su granulometría, del volumen del agua de la mezcla, de la estructura capilar del concreto y de su resistencia a la compresión.

Factores que afectan la durabilidad

La falta de durabilidad puede ser originada por causas internas o externas:

➤ **Entre las causas internas tenemos:**

- Relación de álcalis – agregado
- Cambio de volumen, debido a las diferencias térmicas del agregado y el material cementante y principalmente a la permeabilidad del concreto. Este factor determina en gran medida la vulnerabilidad del concreto ante los agentes externos, razón por la cual, un concreto durable deberá ser relativamente impermeable.
- **Entre las causas externas tenemos:** Las físicas, químicas o mecánicas, que pueden ser ocasionadas por condiciones atmosféricas, temperaturas extremas, abrasión, ataques por líquidos y gases de origen natural o industrial, acción electrolítica, etc.

Control de durabilidad

La durabilidad se puede controlar y mejorar empleando

- Una baja relación agua / material cementante
- Eligiendo un cemento adecuado
- Agregados sanos y resistentes a la abrasión.
- Aditivos, incluso de aire y puzolanas.

Medida de durabilidad

La durabilidad es una propiedad cualitativa por lo que no puede ser medida en unidades de longitud, masa y tiempo. No obstante, se puede dar una buena apreciación, no obstante se puede dar una buena apreciación en determinados periodos de observación.

Curado del concreto

NTP 339.033 ASTM C 31. Desde un principio se supo que eran muchos los factores, ajenos al concreto mismo, que afectaban la resistencia que se pretende determinar. Entre estos factores están el tamaño y forma de las probetas, el tamaño máximo de los áridos, la consolidación de las probetas, el tipo de molde, la temperatura y la humedad hasta el momento del ensayo (curado) y todas las variables que se agregan en el ensayo. Eso hizo imprescindible la estandarización de todo el procedimiento para poder contar con información confiable. El efecto que cada uno de estos factores tiene sobre la resistencia de las probetas siempre varía dependiendo de las circunstancias particulares.

➤ **Inundación**

El procedimiento ideal para mantener el concreto saturado, o tan saturado como sea posible, con el fin de garantizar una correcta hidratación de los materiales cementantes, es la inundación (inmersión) total de la pieza terminada de concreto en agua. Sin embargo, por razones de espacio y manejo de los elementos, no es muy utilizada.

➤ **Riego superficial.**

El riego por aspersión en forma permanente permite mantener saturado el hormigón evitando su secado superficial.

En lo posible, el rociado debe ser continuo; si se hace de manera intermitente el concreto puede secarse entre las aplicaciones de agua, generando ciclos de humedecimiento y secado que pueden generar agrietamientos superficiales.

➤ **Cubiertas húmedas**

Otro método empleado para el curado son las cubiertas húmedas saturadas, que pueden ser de tierra, arena, aserrín o paja, tejidos de fique y telas de algodón u otro material que retenga la humedad. Los materiales granulares utilizados deben estar libres de sustancias que puedan perjudicar al cemento o que puedan mancharlo o decolorarlo.

➤ **Láminas de plástico**

Uno de los métodos más utilizados es la aplicación de rollos de polietileno sobre la superficie del concreto, con el objetivo de mantener la parte del agua de mezclado en el concreto durante el periodo inicial de endurecimiento. Deben colocarse sobre la superficie tan pronto como sea posible, sin deteriorarla, y debe cubrir todas las caras expuestas del concreto. Además es indispensable fijarlas adecuadamente para que permanezca en contacto con el concreto durante el tiempo de curado especificado.

La idea del proceso de curado para esta experimentación consiste en que el ladrillo recupere la humedad perdida en los 3 primeros días de curado con una mínima cantidad de agua y conserve la totalidad del agua de diseño durante los 4 días restantes de curado.

Ensayos en el concreto

El concreto es un material importante para la construcción, debido a ello es necesario determinar su calidad y buen comportamiento frente a cargas de diseño y durante los procesos constructivos, por lo cual normalmente se le efectúan diversos ensayos de control cuando está en estado fresco y endurecido. (Valencia G. Ibarra M. 2013).

Ensayos en el concreto en estado fresco

Estos ensayos son esenciales para monitorear las características iniciales del concreto y el efecto que tienen los insumos en la mezcla final, de esta manera se controla su puesta en servicio. También aplica para la verificación de una mezcla de diseño o de una muestra de investigación. El tiempo para efectuar los ensayos de rutina no debe exceder de 15 minutos desde la toma de la muestra representativa, entre ellos tenemos los siguientes:

Ensayo para la medición del asentamiento (ASTM C143):

Este ensayo es el método más usado para medir la consistencia del concreto, aunque no mide todos los factores que contribuyen a la trabajabilidad, de todos modos, es usado convenientemente como una prueba de control dado que ofrece una indicación de la uniformidad de la mezcla.

Bajo condiciones de laboratorio con estricto control de todos los materiales del concreto (en ausencia de aditivos plastificantes), el asentamiento está vinculado proporcionalmente al contenido de agua que tiene la mezcla y por lo tanto está inversamente relacionado con la resistencia del concreto.

Para este ensayo se utiliza el cono de Abrams y el tiempo de evaluación no debe ser mayor a 2.5 minutos de realizado el muestreo la mezcla.

La consistencia del concreto se establece por la medida del asentamiento, el cual está determinado por la diferencia entre la altura del molde cónico invertido y la altura del cono de mezcla deformado, la medida es tomada en el eje del cono de concreto y se expresa en pulgadas.

Se puede clasificar al concreto de acuerdo a su consistencia en tres grupos:

- Concretos consistentes o secos, con asentamiento de 0" a 2".
- Concreto plástico, con asentamiento de 3 a 4" (7,5 cm. a 10 cm.).

- Concretos fluidos, con asentamiento con más de 5" (12,5 cm.).

Ensayo para determinar el peso unitario y densidad (ASTM C138)

Este ensayo sirve para determinar el peso unitario y el rendimiento de la mezcla. Para realizar este ensayo se utiliza un molde rígido el cual se rellena y compacta metódicamente, se determina la masa de concreto restando la masa del molde de la masa total; para obtener la densidad se divide la masa del concreto entre el volumen del molde. Los valores de rendimiento (PU real entre PU teórico) deberían estar en el rango de 1.00 +/- 0.02 para considerarse aceptables.

Ensayo para determinar el contenido de aire (ASTM C138)

Este ensayo determina la cantidad de aire que puede contener el concreto recién mezclado, excluyendo cualquier cantidad de aire que puedan contener las partículas de los agregados, el control del contenido del aire entrampado es importante, debido a que un incremento relevante del mismo se traduce en una disminución de la resistencia por el aumento de vacíos en el mortero.

Ensayo para determinar la temperatura (ASTM C1064)

Este ensayo cumple con la finalidad de examinar la temperatura del concreto recién mezclado, puede usarse para verificar que dicho concreto satisfaga requerimientos específicos de temperatura; es importante realizar este control debido a que condiciona la velocidad del proceso de endurecimiento inicial del concreto, la cual es influenciada por la temperatura ambiente y calor específico de los materiales constituyentes; a mayor temperatura durante el muestreo mayor será la resistencia inicial y también el efecto de contracción, disminuyendo posiblemente la resistencia a largo plazo.

El ensayo consiste en colocar un dispositivo de medición de temperatura en la muestra de concreto de tal modo que esté rodeado de mezcla por todos sus lados (al menos 3" y lejos del recipiente que lo contiene), el tiempo mínimo que debe estar introducido el dispositivo medidor es de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice. Se debe efectuar este ensayo dentro de los 5 minutos de tomada la muestra.

Ensayos en el concreto en estado endurecido

Estos ensayos se efectúan para determinar la resistencia y/u otros parámetros de calidad mediante pruebas estándar efectuadas a probetas de concreto fraguadas o a especímenes extraídos de un elemento de concreto, los cuales pueden ser obtenidos en obra o en alguna evaluación realizada en laboratorio. Se clasifican en:

Ensayos destructivos en el concreto:

Son pruebas realizadas sobre testigos de concreto que permiten determinar, generalmente de forma directa, ciertas propiedades inherentes al material, produciendo en ellos una alteración irreversible de su geometría dimensional y/o de su composición química. Se tiene, por ejemplo:

- Ensayo de resistencia a compresión
- Ensayo a flexo tracción
- Ensayo a tracción indirecta
- Ensayo petrográfico
- Ensayo de contenido de cloruros (si se analiza una sección de concreto)
- Ensayo del grado de carbonatación (si se analiza una sección de concreto)
- Ensayo de permeabilidad
- Ensayo de humedad
- Ensayo de resistencia a la abrasión

Ensayos no destructivos en el concreto:

Son métodos que permiten inspeccionar o comprobar determinadas propiedades del concreto endurecido, sin afectar de forma permanente sus dimensiones, características de servicio, propiedades físicas, químicas o mecánicas.

Cada método tiene ventajas y limitaciones, en general los ensayos no destructivos proveen datos no muy exactos acerca del estado de la variable a evaluar a comparación de los ensayos destructivos, por lo cual es conveniente complementar los resultados de ensayos no destructivos con datos provenientes de ensayos destructivos; sin embargo, suelen ser más económicos ya que

no implican la destrucción del elemento evaluado y algunos de ellos permiten hacer más de una repetición.

La aplicación de los métodos de ensayos no destructivos se encuentra resumida en los siguientes grupos:

Defectología

Detección de discontinuidades, deterioro por agentes ambientales, actividad corrosiva del acero de refuerzo, etc.

Caracterización

Evaluación de características químicas, estructurales, mecánicas, físicas, etc.

Metrología

Control de espesores, medidas de espesores de recubrimiento, niveles de llenado, etc.

Hay distintos métodos de ensayos no destructivos para concreto, cada uno de ellos depende del parámetro que se desee controlar y las condiciones bajo las cuales se realice el ensayo, entre estos métodos tenemos:

- Ensayo de ultrasonido
- Ensayo de líquidos penetrantes
- Ensayo con esclerómetro
- Ensayo de partículas magnetizables
- Ensayos radiográficos
- Ensayo de emisiones acústicas
- Ensayo de impacto acústico
- Ensayo de conductividad térmica
- Prueba de carga
- Ensayo por absorción o difusión de isótopos radiactivos
- Método de madurez

Tecnología de los materiales

La tecnología de materiales es uno de los pilares fundamentales de cualquier carrera de ingeniería. El **estudio** de las **propiedades de los materiales** y cómo podemos fabricarlos de

manera que se adecuen a la finalidad que queremos conseguir, es de **vital importancia** para cualquier rama de la ingeniería. *Fundamentos de la tecnología de los materiales* (FGP, 2012).

Con la ayuda de la Tecnología de materiales se han alcanzado metas que parecían inaccesibles y dispositivos que hasta años atrás formaban parte de la **ciencia ficción**. Cada día se consiguen estándares de calidad mayores que nos **facilitan el trabajo** a los ingenieros de otros campos, para conseguir mejorar el mundo poco a poco.

En esta investigación se enumera las actividades que el responsable debe conocer y manejar, garantizando así la calidad del ladrillo elaborado y con ello la seguridad de la estructura que empleará este tipo de ladrillo.

Clasificación

Hay muchas formas de clasificar los materiales: según su composición, por su origen, de acuerdo con sus propiedades físico- químicas, desde el punto de vista de la fabricación, etc.

Según su origen, los materiales se pueden clasificar en materiales naturales y materiales artificiales, dependiendo de que se encuentren directamente en el medio natural o sean el resultado de algún proceso de fabricación. Por ejemplo, el granito es un material natural, mientras que el acero es un material artificial.

Según su composición, los materiales se pueden clasificar en elementos y compuestos, homogéneos y heterogéneos, metálicos y no metálicos, inorgánicos y orgánicos, etc. Según sus propiedades, los materiales se pueden clasificar en rígidos y flexibles, tenaces y frágiles, conductores y aislantes, reciclables y no reciclables, etc.

El criterio más empleado, desde un punto de vista tecnológico, es según sus características comunes teniendo en cuenta su naturaleza física:

Tenemos pues:

1. Materiales metálicos y sus aleaciones.
2. Maderas y sus derivados.
3. Polímeros: llamados vulgarmente plásticos.
4. Materiales pétreos y sus derivados.
5. Fibras textiles.

Factores de elección de un material

A la hora de seleccionar el material más adecuado para una determinada aplicación, debemos tener en cuenta diversos factores, como son el trabajo que va a desarrollar la pieza, la atmósfera en la que se va a encontrar, el proceso de conformado mediante el cual se le dará la forma definitiva, la disponibilidad de ese material, su coste (no debe suponer más de la mitad del precio final del producto para que su venta pueda resultar competitiva, incluye extracción, transporte, transformación en producto de primera fase y transporte al lugar de la segunda transformación). Por lo tanto, un profundo conocimiento de las propiedades de los distintos grupos de materiales y de las formas en que se pueden mejorar (elementos químicos de aleación, tratamientos térmicos) es la clave para estar en condiciones de determinar cuál es el más adecuado.

Así, antes de fabricar un determinado objeto, es necesario establecer las características deseables que deben poseer los materiales de los que estará hecho, y, en una segunda fase, escoger el material óptimo entre aquellos que cumplan las características deseadas.

Propiedades de los materiales

Definición

I.E.S. Tegueste, (2012) *Tecnología Industrial*. Definen como un conjunto de características diferentes para cada cuerpo o grupo de cuerpos, que ponen de manifiesto cualidades intrínsecas de los mismos o su forma de responder a determinados agentes exteriores: Propiedades mecánicas (resistencia, tenacidad, dureza, rigidez,...), resistencia a la corrosión, conductividad térmica y eléctrica, facilidad de conformado, peso específico y apariencia externa (propiedades sensoriales), factores ecológicos: mínima necesidad de materia prima y posibilidad de reciclaje y reutilización, precio de la materia prima. Estas características vienen determinadas por la estructura interna del material (componentes químicos presentes y forma de unión de los átomos).

Las propiedades de un material determinado se pueden clasificar en cinco grandes grupos:

- **Propiedades químicas:** Se refiere a los procesos que modifican químicamente un material.
- **Propiedades físicas:** Se refiere a las características de los materiales debido al ordenamiento atómico o molecular del mismo.

- **Propiedades magnéticas:** Se refiere a la capacidad de algunos materiales al ser sometidos a campos magnéticos.
- **Propiedades mecánicas:** Están relacionadas con la forma en que reaccionan los materiales al actuar fuerzas sobre ellos.
- **Propiedades térmicas:** Se refiere al comportamiento del material frente al calor.

Propiedades físicas

- **Densidad:** Es la relación existente entre la masa de una determinada cantidad de material y el volumen que ocupa. Su unidad en el sistema internacional es el kg/m^3 .
- **Peso específico:** Es la relación existente entre el peso de una determinada cantidad de material y el volumen que ocupa. Su unidad en el SI es el N/m^3 .
- **Resistencia eléctrica:** Todas las sustancias ofrecen un mayor o menor grado de oposición al paso de la corriente eléctrica. Tal oposición es la resistencia eléctrica, que define si un material es un conductor, semiconductor o aislante eléctrico. La resistencia eléctrica se mide en ohmios (Ω). Una magnitud asociada a la resistencia eléctrica es la resistividad (ρ), que se define como la resistencia que ofrece al paso de la corriente un material de un metro de longitud y de un m^2 de sección. Se mide en $\Omega \cdot \text{m}$. La inversa de la resistividad es la conductividad (σ)
- **Propiedades ópticas:** Se refiere al comportamiento de los cuerpos cuando la luz incide sobre ellos, así tenemos:
 - Cuerpos opacos absorben o reflejan totalmente la luz, impidiendo que pase a su través.
 - Cuerpos transparentes transmiten la luz, por lo que permiten ver a través de ellos.
 - Cuerpos translúcidos dejan pasar la luz, pero impiden ver los objetos a su través

Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas son aquellas propiedades de los sólidos que se manifiestan cuando aplicamos una fuerza. Las propiedades mecánicas principales son: dureza, resistencia, ductilidad, maleabilidad, elasticidad, plasticidad y resiliencia es decir **capacidad de sobreponerse a momentos críticos y adaptarse luego de experimentar alguna situación inusual e inesperada**. También indica volver a la normalidad.

- **Cohesión:** Resistencia de los átomos a separarse unos de otros.

- **Plasticidad:** Capacidad de un material a deformarse ante la acción de una carga, permaneciendo la deformación al retirarse la misma. Es decir, es una deformación permanente e irreversible.
- **Dureza:** Es la resistencia de un cuerpo a ser rayado por otro. Es la capacidad de oponer resistencia a la deformación superficial por uno más duro.
- **Resistencia:** Se refiere a la propiedad que presentan los materiales para soportar las diversas fuerzas. Es la oposición al cambio de forma y a la separación, es decir a la destrucción por acción de fuerzas o cargas.
- **Ductilidad:** se refiere a la propiedad que presentan los materiales de deformarse sin romperse obteniendo hilos.
- **Maleabilidad:** Se refiere a la propiedad que presentan los materiales de deformarse sin romperse obteniendo láminas.
- **Elasticidad:** se refiere a la propiedad que presentan los materiales de volver a su estado inicial cuando se aplica una fuerza sobre él. La deformación recibida ante la acción de una fuerza o carga no es permanente, volviendo el material a su forma original al retirarse la carga.
- **Higroscopicidad:** se refiere a la propiedad de absorber o exhalar el agua.
- **Hendibilidad:** es la propiedad de partirse en el sentido de las fibras o láminas (si tiene).
- **Plasticidad:** Capacidad de un material a deformarse ante la acción de una carga, permaneciendo la deformación al retirarse la misma. Es decir, es una deformación permanente e irreversible.
- **Resiliencia:** Es la capacidad de oponer resistencia a la destrucción por carga dinámica.

Propiedades térmicas

La mayoría de los materiales aumentan de tamaño (se dilatan) al aumentar la temperatura. La magnitud que define el grado de dilatación de un cuerpo es el coeficiente de dilatación que nos da una idea del cambio relativo de longitud o volumen que se produce cuando cambia la temperatura del material. Los materiales son las materias primas transformadas mediante procesos físicos y/o químicos, que son utilizados para fabricar productos. Ej. Tableros de madera, placas de yeso, láminas de metal, el plástico, neumáticos, etc.

Los materiales de construcción tienen como característica común el ser duraderos. Dependiendo de su uso, además deberán satisfacer otros requisitos tales como la dureza, la resistencia mecánica, la resistencia al fuego, o la facilidad de limpieza. Por norma general, ningún material de construcción cumple simultáneamente todas las necesidades requeridas: la disciplina de la construcción es la encargada de combinar los materiales para satisfacer adecuadamente dichas necesidades. Teniendo todas estas consideraciones realizamos una unidad de albañilería tipo IV - macizo 24 x 14 x 8 cm, para la ejecución en nuestra investigación.

Materiales de construcción

Los materiales de construcción son los componentes de los elementos constructivos y arquitectónicos de una edificación. Se emplean en grandes cantidades, por lo que deben provenir de materias primas abundantes y de bajo costo. Por ello, la mayoría de los materiales de construcción se elaboran a partir de materiales de gran disponibilidad como arena, arcilla o piedra.

Agregados

Generalmente se entiende por "agregado" a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la (NTP 400.012, 2001).

Es una colección de partículas de diversos tamaños que se pueden encontrar en la naturaleza, ya sea en forma de finos, arenas y gravas o como resultado de la trituración de rocas. Cuando el agregado proviene de la desintegración de las rocas debido a la acción de diversos agentes naturales se le llama agregado natural, y cuando proviene de la desintegración provocada por la mano del hombre se le puede distinguir como agregado de trituración, pues este método es el que generalmente se aplica para obtener el tamaño adecuado.

Los agregados naturales y los de trituración se distinguen por tener, por lo general, un comportamiento constructivo diferente, sin embargo, se pueden llegar a combinar teniendo la mezcla a su vez características diferentes.

Arena natural

Como su nombre lo indica son arenas que se producen por la desintegración natural de las rocas, las mismas tienden a ser de excelente calidad, como es el cuarzo y el sílice.

Este tipo de arena se puede encontrar en los cantos rodados y en el río. Son las arenas donde no ha intervenido el hombre, como es el caso de la sílice la cual presenta la misma forma del cuarzo. Es de grano duro que resiste muy bien las adversidades atmosféricas. Es el tipo a encontrar en costas continentales y no tropicales.

Granulometría

Para el análisis granulométrico del agregado fino, los tamices a consideraran serán el 3/8, #4, #8, #16, #30, #50, #100, siendo los porcentajes que pasaran según la norma (ASTM C33).

Tabla 5 *Granulometría del agregado fino*

TAMIZ N°	PORCENTAJE QUE PASA
3/8	100
4	95 – 100
8	80 – 100
16	50 – 85
30	25 – 60
50	10 – 30
100	0 - 10

Fuente: ASTM C33

El cálculo del porcentaje de árido retenido en cada tamiz, en base al peso total de la muestra de ensayo, se calcula:

$$P = \frac{B}{A} \times 100$$

Donde:

P = Porcentaje parcial del árido retenido en un determinado tamiz.

A = Peso de la muestra de ensayo.

B = Peso de la cantidad de material parcial retenido en un determinado tamiz.

El valor característico para determinar o tener una idea del grosor o finura del agregado o Módulo de Finura (MF), se obtiene al dividir entre 100 la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices de la siguiente serie:

Tabla 6 *Módulo de Finura, de Duff Abrams*

TAMIZ N°	ABERTURA (mm)
150.0	6'
75.0	3'
37.5	1 1/2'
19.0	3/4'
9.5	3/8'
4.75	4'
2.36	8'
1.18	16'
0.60	30'
0.30	50'
0.15	100'

Fuente: Monroy, Luna, López (1985).

$$MF = \frac{\sum \% \text{ retenidos acumulados de tamices módulo de finura}}{100}$$

Agua

El agua de mezcla cumple dos funciones muy importantes, permitir la hidratación del cemento y hacer la mezcla manejable, De toda el agua que se emplea en la preparación de un mortero o un concreto, parte hidrata el cemento, el resto no presenta ninguna alteración y con el tiempo se evapora; como ocupaba un espacio dentro de la mezcla, al evaporarse deja vacíos los cuales disminuyen la resistencia y la durabilidad del mortero o del hormigón.

La cantidad de agua que requiere el cemento para su hidratación se encuentra alrededor del 25% al 30% de la masa del cemento, pero con esta cantidad la mezcla no es manejable, para que la mezcla empiece a dejarse trabajar, se requiere como mínimo una cantidad de agua del orden del 40% de la masa del cemento, por lo tanto, de acuerdo con lo anterior como una regla práctica, se debe colocar la menor cantidad de agua en la mezcla, pero teniendo en cuenta que el mortero o el hormigón queden trabajables. (NTP. 339.088, 2013).



Figura 1: Agua potable
Fuente: tomado de internet

Tabla 7 *Requisitos para agua de mezcla*

DESCRIPCIÓN	LIMITE PERMISIBLE
Cloruros	300ppm.
Sulfatos	300ppm.
Sales de magnesio	150ppm.
Sales solubles totales	1500ppm.
PH	Mayor de 7

Fuente: NTP 339.088

Agua de mezclado:

El agua de mezclado cumple dos funciones: hidratar el cemento y proporcionar fluidez y lubricación al concreto. Es la causante de la formación de conductos capilares que interconectan poros; estos se llenan parcialmente de aire y producen concreto menos resistentes y menos durables, por lo que debe usarse el menor volumen de agua que sea posible para obtener la fluidez requerida.

Ciertas impurezas en el agua pueden causar reacciones perjudiciales al concreto o alteraciones en sus propiedades como trabajabilidad, tiempos de fraguado, resistencias mecánicas, adherencia entre materiales del concreto, durabilidad, entre otros.

Para la elaboración de concretos se debe usar agua potable, es decir, aquella que por sus características químicas y físicas es útil para el consumo humano o que cumplan con los requisitos de calidad establecidos en la norma, careciendo de impurezas tales como arcilla y cloruros que alteren su durabilidad y aspecto estético, y ácidos que puedan reaccionar.

Cemento

El cemento es un polvo fino que se obtiene de la calcinación a 1,450°C de una mezcla de piedra caliza, arcilla y mineral de hierro. El producto del proceso de calcinación es el Clinker, principal ingrediente del cemento, que se muele finamente con yeso y otros aditivos químicos para producir cemento.

El cemento es el material de construcción más utilizado en el mundo. Adopta propiedades útiles y deseables tales como resistencia a la compresión, durabilidad y estética para la diversidad de aplicaciones de construcción. (NTP. 334.090, 2013)

Tipos de cemento:

Tipo I.- Es un cemento que se adapta a todo uso, siempre y cuando no se requieran propiedades especiales.

Tipo II.- Se usa cuando se requiere moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.

Tipo III.- Es un cemento que alcanza altas resistencias en un periodo muy breve, por lo general en una semana o menos.

Tipo IV.- Es usado cuando se desea bajo calor de hidratación.

Tipo V.- Es usado cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

Finalmente es necesario mencionar que el cemento que usaremos para el desarrollo de la presente investigación será el cemento tipo I.

El caucho

Sustancia natural o sintética que se caracteriza por su elasticidad, repelencia al agua y resistencia eléctrica. La resistencia de los cauchos se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo. En la industria del caucho se utilizan básicamente dos tipos de caucho: el natural y el sintético. (Beliczky, L. y Fajen J, 1996).

Clases de caucho

a) Caucho natural

El caucho natural se produce principalmente en el sudeste asiático, es extraído de los árboles, comenzaba a no poder hacer frente a la fuerte demanda de productos que lo utilizaban como

materia prima. A las oscilaciones en su calidad y precio se sumaban además su insuficiente resistencia al calor y la escasa capacidad que presentaba para ser sometido a modificaciones químicas.

El caucho es un polímero elástico, cis-1,4-polisopreno, polímero del isopreno o 2-metilbutadieno.



Figura 2: Caucho natural

Fuente: Tomado de internet

b) Caucho sintético

Obtenido a través de diferentes polímeros, sirve para la fabricación de una gran variedad de productos procede en su mayoría de países industrializados como Estados Unidos, Japón, Europa occidental y Europa oriental. Brasil es el único país en desarrollo que posee una industria importante de caucho sintético.

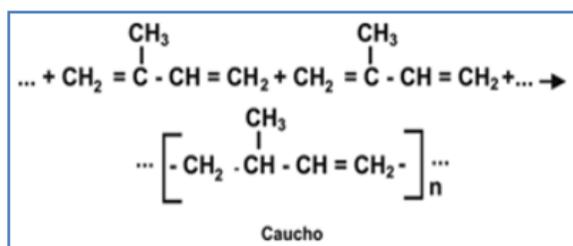
El 60% del caucho sintético y el 75% del caucho natural se destinan a la fabricación de neumáticos y productos afines. (Greek, 1991)



Figura 3: Caucho sintético

Fuente: tomado de internet

Estructura química del caucho



Propiedades químicas del caucho natural

- El caucho bruto en estado natural es un hidrocarburo blanco o incoloro.
- El compuesto más simple del caucho es el isopreno, su fórmula química es C₅H₈.
- De 0 a 10^a es frágil y opaco y por encima de 20^a C se vuelve blando, flexible y translucido, al calentarlo por encima de 50^a C, el caucho adquiere una textura de plástico pegajoso. A temperatura de 200^a C o superiores se descompone.
- El caucho puro es insoluble en el agua y soluble en el benceno, petróleo, hidrocarburos clorados.
- Con agentes oxidantes químicos se oxida rápidamente, pero con el oxígeno de la atmósfera lo hace lentamente.

Tabla 8 *Propiedades químicas del caucho según %*

CAUCHO	COMPONENTES	PARTES +100%	PROPORCION MEZCLA %	CANTIDAD Kg.
CAUCHOS		100		
CARGAS	Minerales negro de humo	20 a 200 %		
PLASTIFICANTES	Minerales, aceites sintéticos, resinas	5 a 100 %		
VULCANIZANTES	Azufre, óxidos metálicos, acelerantes peróxidos	1 a 12 %		
ANTIOXIDANTES	Amínicos fenólicos, ceras	1 a 6 %		
AUXILIARES DE PROCESO		1 a 20 %		
ESPONJANTES		2 a 15 %		
	PARTES	X %		
TOTALTES	PROPORCION %		100	
	CANTIDAD Kg.			Z

Fuente: (cerclesbd.wordpress.com, Agosto, 2011)

Propiedades físicas del caucho natural

- Las propiedades físicas del caucho varían con la temperatura.
- A bajas temperaturas se vuelve rígido, y cuando se congela en estado de extensión adquiere estructura fibrosa.
- Calentando a más de 100^a C se ablanda y sufre alteraciones permanentes.
- El caucho bruto adquiere gran deformación permanente debido a su naturaleza plástica.
- La densidad del caucho a 0^a C es de 0.950 a 20^a C es de 0.934. El caucho bruto deshelado después de la masticación por cilindros fríos no varía de densidad.

- La plasticidad del caucho varía de un árbol a otro y también depende de la cantidad de trabajo debido al caucho desde el estado látex, de las bacterias que lo acompañan e influyen en su oxidación y de otros factores, la plasticidad puede modificarse dentro de ciertos límites por la acción de productos químicos.
- El caucho bruto calentado hasta 200°C. Se ablanda y sus soluciones tienen menor viscosidad, pero el número de dobles enlaces se conserva sin alteración. Cuando la temperatura se eleva hasta 250 °C., los enlaces dobles se separan y tiene lugar la formación de anillos. El cambio a caucho cíclico eleva la densidad y la solubilidad, el producto obtenido es una dura y frágil resina.

Tabla 9 Cuadro comparativo caucho natural SBR

PROPIEDADES	CAUCHO NATURAL	SBR
Rango de dureza	20 - 90	40 - 90
Resistencia a la rotura	Buena	Regular
Resistencia abrasiva	Excelente	Buena
Resistencia a la compresión	Buena	Excelente
Permeabilidad a los gases	Regular	Regular

Fuente: (Castro, G. 2008, p.38)

El neumático

Un neumático es básicamente un elemento que permite a un vehículo desplazarse en forma suave a través de superficies lisas. Consiste en una cubierta principalmente de caucho que contiene aire el cual soporta al vehículo y su carga.

Su invención se debe al norteamericano Charles Good year quién descubrió, accidentalmente en 1880, el proceso de vulcanización, con el que se da al caucho la resistencia y solidez necesaria para fabricarlo. En la actualidad, la mayoría de los neumáticos de vehículos de pasajeros como los de camión son radiales, por lo que están compuestos de una banda de rodamiento elástica, una cintura prácticamente inextensible y una estructura de arcos radialmente orientada, sobre una membrana inflada y sobre unos aros también inextensibles que sirven de enganche a otro elemento rígido, que es la llanta.

También existe otro tipo de neumáticos llamados diagonales, utilizados principalmente en camiones. (Castro, G. 2008).

Composición y características de los neumáticos de caucho reciclado

El neumático ocupa un destacado primer lugar entre todos los artículos de goma y se compone mayoritariamente de caucho, aunque llevan otros aditivos en diferentes porcentajes.

Tabla10 *Composición y características de los Neumáticos (automóviles y camionetas)*

COMPOSICIÓN	%
Caucho natural	14%
Caucho sintético	27%
Negro de humo	28%
Acero	14 -15%
Fibra textil, suavizantes, óxidos, antioxidantes, etc.	16 -17%
Peso promedio:	8.6 Kg.
Volumen	0.06m ³

Fuente: (Castro, G. 2008, pp.4-5)

Tabla 11 *Composición y características de los Neumáticos (camiones y microbuses)*

COMPOSICIÓN	%
Caucho natural	27%
Caucho sintético	14%
Negro de humo	28%
Acero	14 -15%
Fibra textil, suavizantes, óxidos, antioxidantes, etc.	16 -17%
Peso promedio:	45.4 Kg.
Volumen	0.36m ³

Fuente: (Castro, G. 2008, pp.4-5)

- **Negro de humo:** brinda resistencia contra la abrasión mientras protege al caucho de la luz ultravioleta.
- **Azufre:** Durante el vulcanizado, el azufre une a las moléculas de caucho entre sí, proporcionándoles resistencia tanto al frío como al calor.
- **Resinas y pigmentos de zinc:** Pequeñas cantidades de pigmentos de zinc y resinas ayudan a controlar el vulcanizado, previenen la oxidación y facilitan el procesamiento del caucho.

- **Acelerantes:** Los acelerantes se utilizan para controlar la proporción de vulcanizado, razón por la cual los distintos tipos de caucho pueden vulcanizarse completamente en el mismo lapso de tiempo.
- **Antioxidantes y antizonantes:** Los antioxidantes y antizonantes se agregan al caucho para combatir los efectos del oxígeno y del ozono, que acortan la vida útil de los neumáticos.

Justificación de la investigación

Mediante esta investigación, se buscó obtener de manera específica una óptima resistencia a la compresión en los ladrillos de concreto sustituyendo parcialmente el confitillo por diferentes porcentajes de caucho, teniendo en cuenta que en nuestra localidad no existe un sistema que nos permita utilizar el caucho reciclado producto de los neumáticos fuera de uso como un aditivo óptimo en la elaboración de ladrillos de concreto.

De cumplir con todos los requerimientos mínimos establecidos, este nuevo ladrillo beneficiará a las nuevas construcciones de viviendas en la Provincia del Santa, ya que en la actualidad se busca alternativas de recursos naturales que nos permitan un mejor sistema de vida y que además puedan contribuir a la preservación del medio ambiente.

La accesibilidad para adquirir dicho producto se ve reflejado en los millones de neumáticos que son arrojados anualmente a la basura en todo el país y nuestra localidad no está ajena a esta realidad. Dar una utilidad práctica a los neumáticos reciclados, es la solución o minimización de la contaminación ambiental de la ciudad de Chimbote, porque se utilizará el caucho, el cual no es un material biodegradable o lo es a muy largo plazo, para la elaboración de dichos ladrillos, además se promoverá su uso racional de recursos disponibles en lugar de desecharlo y contaminar el ambiente.

En cuanto al factor económico se propone utilizar el caucho triturado producto de los neumáticos que ya han cumplido su ciclo de vida y que por consiguiente son arrojados a la basura. El uso de este material reciclado nos ayudará a mantener un precio razonable en los ladrillos que fácilmente estará al alcance de la población.

El proyecto se justifica económicamente, en el sentido de que este sustituto del confitillo se hará en porcentajes que ayuden a la mezcla a no utilizar tanto agregado natural (confitillo),

convirtiéndolo en un producto elaborado con desechos reciclados y logrando un bien común y la reducción de los costos que implican el diseño del ladrillo de concreto con caucho.

Problema

Realidad problemática

A nivel internacional

El concreto es la materia prima de construcción utilizado por la humanidad desde hace siglos debido a la alta resistencia y durabilidad que ofrece en la industria de la construcción. A nivel internacional se han desarrollado diversos diseños de concreto con la finalidad de obtener diversas magnitudes de resistencias para diversas aplicaciones, las cuales dieron como resultado al concreto ciclópeo y concreto armado. Asimismo, para obtener diversos valores de resistencia a la compresión se han utilizado mezclas adicionales de materiales tales como caucho, plásticos, residuos de materiales de construcción, etc.

La determinación de las resistencias del concreto ante la adición de porcentajes de aditivos ha constituido siempre un problema científico a resolver. La adición de caucho en el concreto en porcentajes es un tipo de diseño de concreto que se han aplicado en varios países desarrollados del mundo con diversos resultados, por lo tanto, la determinación de la resistencia a la compresión del concreto ha constituido una necesidad de cálculo.

La aplicación porcentual de caucho al concreto involucra el cálculo de la resistencia a la compresión con la finalidad de satisfacer las demandas de calidad estructural de un proyecto de ingeniería civil, no determinarlo va a constituir un conjunto de problemas de fallas estructurales de compresión, tensión, flexión, etc. El caucho podría reemplazar cierto porcentaje de la mezcla ocupado por el confitillo, pero en este se desea saber en cuanto aumenta o disminuye la resistencia a la compresión si se agrega 5% y 10% de caucho.

En la elaboración de mezclas para la fabricación del concreto, es innegable el uso de recursos diferentes a los tradicionales, con la utilización del caucho se estaría resolviendo en parte los problemas de contaminación el cual con el pasar del tiempo se ha hecho más agudo. Considerando que la contaminación ambiental está en aumento se plantea reutilizarlo como agregado en la mezcla de concreto

Por lo tanto, este proyecto está encaminado a determinar comparativamente la resistencia a la compresión de cada una de las mezclas de concreto con adiciones de caucho en los porcentajes indicados.

A nivel nacional

La fabricación de ladrillos está ampliamente distribuida a nivel nacional. Las grandes empresas por lo general están formalizadas adecuadamente ante los gobiernos locales y ante la autoridad sectorial que es el Ministerio de la Producción. Estas en su mayoría, poseen tecnologías de proceso mejor desarrolladas en cuanto a tipos de horno y combustibles que utilizan, lo cual les permite obtener productos de mejor calidad y con mejores posibilidades de controlar o prevenir los impactos ambientales de su actividad industrial. Asimismo, están organizadas en forma empresarial desarrollando técnicas de gestión y de comercialización adecuadas con acceso a fuentes de financiamiento y créditos. Por el contrario, la gran mayoría de empresas ladrilleras de micro y pequeño tamaño distribuidas a nivel nacional presentan un alto grado de informalidad y utilizan técnicas artesanales para la fabricación de sus productos, la planta de fabricación está representada básicamente por un espacio de terreno como área de trabajo.

A nivel local

En la localidad de Chimbote existen ladrilleras artesanales donde se elaboran ladrillos de concreto, sin embargo, estas no cuentan con normas prácticas y especializadas para la elaboración de los mismos, siendo por ello, un producto sencillo y de baja calidad.

Por lo general estos ladrillos en su mayoría, son comprados por las personas que viven en centros poblados, ya que al ser un elemento esencial para la construcción y de bajo costo estos los adquieren con mucha más facilidad.

Formulación del problema

¿CUAL SERIA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN LADRILLO DE CONCRETO, SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN UN 5%, 10%?

Conceptuación y operacionalización de las variables

- ✓ **Unidad de análisis:** Probetas de diseño de la unidad de albañilería
- ✓ **Variables:** Resistencia a la compresión – Variable Dependiente

✓ **Diseño:** (dosificación 5% y 10%) – Variable Independiente

Variable dependiente:

Resistencia a la compresión

Definición conceptual

La resistencia a la compresión de las mezclas de concreto se puede diseñar de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad, que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura. La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras.

La resistencia a la compresión se mide tronando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión, en tanto la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en mega pascales (MPa) en unidades SI. Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 17 MPa para concreto residencial hasta 28 MPa y más para estructuras comerciales. Para determinadas aplicaciones se especifican resistencias superiores hasta de 170 MPa y más. (CivilGeeks.com agosto, 2010)

Definición operacional

El ensayo a la compresión se determina experimentalmente, la variación de dicho ensayo dependerá de acuerdo a la dosificación de los materiales, la relación agua cemento y los porcentajes de sustitución con respecto al confitillo y caucho.

Dimensiones

➤ **Edad del concreto**

Se ha demostrado que la resistencia a la compresión aumenta con el envejecimiento, hasta por 50 años, si existe humedad. En la tabla (a) se muestra el desarrollo de las resistencias a la compresión, en condiciones de curado. Los valores a los 28 días se toman como el 100% y los valores de todos los demás envejecimientos se basan en los de 28 días. (Osorio, J. 2013)

➤ **Flexión**

En ingeniería se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. El término "alargado" se aplica cuando una dimensión es dominante frente a las otras. Un caso típico son las vigas, las que están diseñadas para trabajar, principalmente, por flexión. Igualmente, el concepto de flexión se extiende a elementos estructurales superficiales como placas o láminas.

El esfuerzo que provoca la flexión se denomina momento flector. **(Degarmo. E. P. y Black. J.T. y Kohser. R. A. (2011)).**

➤ **Carga axial**

Fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un miembro estructural aplicada al centroide de la sección transversal del mismo produciendo un esfuerzo uniforme. También llamada fuerza axial.

Tabla 12 *Variables indicadores*

INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Asentamiento	cm
Temperatura del Concreto	°C
Esfuerzo de compresión	%
Módulo de elasticidad	kg/cm ²
Módulo de rotura	kg/cm ²
Peso específico	g/cm ³
Absorción	%
Ensayo de adherencia	kg/cm ²

Fuente: ASTM C1064 - ASTM C143 - R.N.E. Norma ITINTEC 331.018

Tabla 13 *Resistencia a la compresión concreta normal*

EDAD (días)	F^{rc} (%)
3	50
7	70
14	80
21	90
28	100

Fuente: ASTM C-39

Indicadores

- Asentamiento
- Esfuerzo de compresión
- Módulo de rotura
- Promedio
- Desviación estándar

Variable independiente

- ***Dosificación al 5%***
 Cemento: 350 g.
 Agregado fino: 2850 g.
 Agregado grueso (confitillo): 2164 g.
 Caucho: 36 g.
 Agua: 430 g.
- ***Dosificación al 10%***
 Cemento: 350 g.
 Agregado fino: 2850 g.
 Agregado grueso (confitillo): 2078 g.
 Caucho: 72 g.
 Agua: 410 g.

Definición conceptual

El diseño de mezclas es un proceso que consiste en varios pasos dependientes entre sí:

El diseño de mezcla de ladrillos se puede definir como el proceso de selección más adecuado, conveniente y económico de sus componentes como son: agua, cemento, agregados y caucho reciclado.

Es importante la selección de los materiales para poder obtener un concreto que en el estado fresco tenga trabajabilidad y consistencia adecuada, además en estado endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicado en los requerimientos del proyecto y especificaciones técnicas.

Parte de procedimientos de diseño están basados principalmente en lograr una resistencia a compresión para una edad determinada así como la **maneabilidad apropiada para un tiempo determinado**.

Definición operacional

El cemento que usaremos en este proyecto será Pacasmayo tipo I, la arena será extraída de la cantera Vesique – Samanco, el confitillo será extraído de la cantera la Sorpresa, el agua será potable de consumo humano, mientras que el caucho reciclado será procesado y extraído de los neumáticos fuera de uso que ya cumplieron su ciclo de vida.

Para obtener el diseño de mezcla de concreto experimental se usara la siguiente dosificación:

Cemento: 350 g.

Arena: 2850 g.

Confitillo: 2250 g.

Agua: 450 g.

Dimensiones

➤ ***Relación agua cemento***

La resistencia mecánica a compresión del ladrillo de concreto sustituyendo el confitillo por caucho reciclado en un 5 % y 10 %, depende fundamentalmente de la relación a/c, los valores de la relación agua cemento son los datos más importantes de la tecnología del concreto ya que de ella depende la resistencia y durabilidad.

➤ **Dosificaciones**

La dosificación implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el diseño de la mezcla.

La dosificación en los porcentajes presentes en este trabajo busco acercarse a la dosificación más eficiente.

Componentes

- Cemento portland tipo I
- Agregado fino
- Caucho Agregado grueso (confitillo)
- Caucho reciclado
- Agua

Indicadores

- % de proporciones 1:3:3

Proceso de Experimentación

Pérez T. (2016). *Comportamiento físico -mecánico del ladrillo de concreto tipo IV*.

Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.

Molde

Paso previo para la elaboración de los ladrillos, consiste en fabricar un molde metálico para prevenir que el ladrillo presente deformaciones e irregularidades en todos sus lados. En el caso del ladrillo de concreto propuesto cumplirá con las dimensiones estipuladas en la Norma Técnica Peruana 399.601 (2006). En la Investigación los ladrillos de concreto tendrán las dimensiones de diseño de 23 x 13 x 9 cm, las cuales están dentro de los límites máximos establecidos por Norma.

Acondicionamientos previos a la preparación de la mezcla

Se elige una localización que cumpla lo siguiente:

- Una manta plástica en el suelo donde se puedan mezclar los agregados y que impida el contacto directo con el suelo, para evitar la pérdida de humedad.

- Una base que sea uniforme impermeable y limpio donde desmoldar el ladrillo.
- Un ambiente cerrado y libre de exposiciones directas con el sol y aire.

Preparación de la mezcla

El mezclado de los materiales puede ser manual o mecánico. En esta investigación se realizó un mezclado manual, para lo cual primero colocamos el agregado fino, luego en agregado grueso (confitillo), el cemento portland tipo I y el caucho triturado, luego hacemos un primer mezclado hasta que los materiales se mezclen de manera homogénea entre sí (5 vueltas como mínimo) y finalmente agregamos el agua. Seguidamente hacemos el segundo mezclado hasta que el agua se haya distribuido de manera uniforme en toda la mezcla (5 vueltas como mínimo).

Moldeado y fraguado de los ladrillos

Se pesa la cantidad de concreto que ira en el ladrillo (5750 g.)

Se coloca en la parte superior del molde la malla de 25 cm de largo x 15 cm de ancho y con una abertura de 1 cm² con la finalidad que el concreto pase por la malla.

Se deja caer el concreto directamente sobre la malla, luego con la ayuda de una espátula de 3 pulgadas se va haciendo caer el concreto dentro del molde, esta maya permite el paso medido y ordenado de las partículas de concreto ordenándolos de manera uniforme.

Finalmente se comprime el concreto con la tapa del molde, haciendo uso de un combo metálico. (La tapa metálica del molde tiene un límite que regula la compresión de los ladrillos).

Una vez fabricados los ladrillos, éstos deben permanecer en un lugar libre de la exposición directa al sol, vientos y/o lluvias, con la finalidad de que puedan fraguar. El periodo de fraguado es de 10 horas, pero por recomendación de Zafra, R. (2014) es preferible dejar fraguar a los ladrillos de un día para otro. Por tanto, al término de 24 horas después de su moldeo, los ladrillos ya tienen la resistencia requerida para poder ser manipulados sin inconvenientes y ser llevados a la etapa de curado.

Curado

El curado consiste en mantener los ladrillos húmedos para evitar la deshidratación del concreto en su etapa inicial, esto nos permitirá obtener una buena calidad y resistencia especificada. Por esto es necesario curar los ladrillos como cualquier otro producto de concreto. Lo más recomendado para el proceso de curado, es sumergir los ladrillos en un pozo o piscina llena de

agua saturada con cal, durante un periodo de tres días Zafra, R. (2014). Pero el curado también se puede realizar regando periódicamente con agua durante siete días, se humedecen los ladrillos al menos tres veces al día o lo necesario para que no se comiencen a secar en los bordes y se les cubre con plásticos o costales húmedos para evitar que no se evapore fácilmente el agua.

Almacenamiento y secado

Transcurridos los días de curado, se trasladan los ladrillos a la zona destinada para el almacenamiento, donde permanecen como parte del periodo de secado. Los ladrillos pueden utilizarse después de 28 días de su fabricación. Aunque los ladrillos elaborados presenten buena resistencia, se debe tener cuidado en su manejo y transporte. Deben ser manipulados y colocados de manera organizada, sin afectar su forma final. (R.N.E. Norma Técnica de Albañilería E-070).

Hipótesis

Hipótesis principal

Si se sustituye parcialmente el confitillo por caucho reciclado en un 5 % y 10 % es posible obtener un ladrillo de concreto cuya resistencia a la compresión cumpla con la norma técnica E - 070.

Objetivos

Objetivo general

- ✓ Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto al sustituir el confitillo por caucho reciclado en un 5 % y 10 %.

Objetivos específicos

- ✓ Caracterización química y propiedades mecánicas del caucho reciclado
- ✓ Determinar características y propiedades físicas de los agregados
- ✓ Determinar la relación agua cemento de la muestra patrón y los experimentales en 5% y 10% en función al volumen.
- ✓ Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto patrón y experimental a los 7,14 y 28 días.

II. Metodología de la investigación

En esta investigación se utilizó la observación científica ya que es una técnica que cumple un papel fundamental en la investigación que describe y genera una explicación de la realidad ya existente desde la cual se define un objeto de estudio. Es decir es la captación previamente planteada y el registro controlado de datos con una determinada finalidad para la investigación mediante la percepción visual o acústica de un acontecimiento, para ello necesitaremos de los cuatro elementos fundamentales de la observación científica como son: objeto, sujeto, medios e instrumentos.

OBJETO: es todo aquello que existe fuera de nuestra realidad y que tiene su propia existencia.

SUJETO: es la persona o personas que observan dicha situación.

MEDIOS: son los elementos que el observador tiene y posee, vista, oídos y otros sentidos.

INSTRUMENTOS: son la base que fortalecen nuestros sentidos nos permiten profundizar la verdad.

En esta investigación se han utilizado diversos métodos científicos tales como:

Observación: Se han observado los elementos que componen la elaboración del concreto, tales como: cemento, agregados, porcentajes de caucho, agua.

Análisis: Se han analizado las normas de fabricación del concreto, la estructura química del caucho, los antecedentes de investigación, las probetas, las resistencias a las compresiones de los ladrillos patrones y experimentales.

Síntesis: Se ha sintetizado los conocimientos y resultados de la presente investigación.

Tipo de investigación

Esta investigación fue tipificada según los siguientes criterios: Por el tipo de pregunta que se formula es una investigación aplicada experimental.

Por el tipo de análisis de los datos: es investigación cuantitativa, porque los datos consignados son numerales.

El diseño de la investigación fue descriptivo comparativo. Se compararon los resultados de la resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto tipo IV con un $F'c$ 130 kg/cm² con 0%, 5% y 10%, adicionando caucho reciclado, ensayados a los 7, 14 y 28 días respectivamente.

Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue la siguiente:

Tabla 14 *Grupo control patrones y experimentales*

GRUPO	VARIABLE INDEPENDIENTE	INSTRUMENTO
Concreto simple convencional	No se adiciona caucho al Concreto	
Concreto con 5% de caucho	Adición de caucho al Concreto al 5%	Máquina de determinación de fuerza de compresión
Concreto con 10% de caucho	Adición de caucho al Concreto al 10%.	Norma ASTM

Fuente: Propia

Población y muestra

Población

La población destinada para esta investigación fueron ladrillos rectangulares teniendo como base los parámetros establecidos según la NTP 339.034:2008 equivalente al ASTM C-39.

ALCANCE

Este ensayo permite la determinación de la resistencia a la compresión (f_c) de los especímenes cilíndricos de concreto moldeados en laboratorio o en campo u obtenidos por medio de la extracción de núcleos. Se limita a concretos con peso unitario mayor que 800 kg/m³. (ASTM C-39)

Espécimen de ensayo

Los especímenes de ensayo estándar son cilindros de concreto de 150 x 300 mm o 100 x 200 mm. Pueden utilizarse cilindros de otras dimensiones, siempre y cuando cumplan con la relación Longitud/Diámetro = 2. La diferencia de diámetro de un espécimen individual con respecto a los demás no debe ser mayor que

2%. *El número mínimo de especímenes es de 2 para especímenes de 150 mm de diámetro y 3 para especímenes de 100 mm de diámetro.* (ASTM C–39)

Requerimientos para solicitudes

Se debe proveer al laboratorio los especímenes y especificar claramente la fecha de moldeo y la fecha a la cual se especifica la falla. Por ejemplo: 7 días, 28 días, 56 días, etc. Se debe especificar si los especímenes necesitan Tiempo de curado en la cámara y coronamiento. Si no se va a colocar coronamiento, la forma en que se desea que se preparen los especímenes para garantizar planicidad en sus caras (Pulido o con almohadilla de neopreno). El laboratorio no se responsabiliza por cilindros que no cumplen con la especificación. (ASTM C–39)

En esta investigación se tomó una población de 27 probetas.

Muestra

La muestra para esta experimentación estuvo constituida con una totalidad de 27 probetas que está distribuido de la siguiente manera

- 9 muestras de concreto patrones, con caucho al 0%.
- 9 muestras de concreto adicionado con caucho al 5%
- 9 muestras de concreto adicionado con caucho al 10%

Técnicas e instrumentos de investigación

Los instrumentos para determinar las fuerzas de la compresión de los concretos en estudio son la máquina de determinación de fuerza a la compresión y la Norma ASTM.

Técnica: la técnica a utilizar es la observación científica.

Observaciones: grupo control (probetas de concreto convencional) y grupo experimental (probetas de concreto adicionando caucho).

Siendo un proyecto con un Nivel de Investigación Experimental se realizó ensayos de las muestras en un laboratorio. Se usó la técnica de OBSERVACION CIENTIFICA. (Guía de observación resumen como instrumento), en donde se fue comparando la variación de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de vida como establece la NTP

331.017.

Al tener listo las unidades de albañilería se ejecutaron los siguientes ensayos para determinar si la dosificación es la más adecuada.

Los Instrumentos serán tomados con respecto a los siguientes ensayos:

- Ensayo de dimensiones
- Ensayo de compresión axial
- Ensayo de alabeo
- Ensayo de absorción
- Ensayo de succión
- Realización de probetas
- Ensayo de conductividad térmica

Evaluación del instrumento

Determinados por los ensayos normados para la unidad de albañilería del Reglamento nacional de edificación E.070 y la Norma Técnica Peruana 331.017. Las cuales especifican el instrumento a utilizar en cada ensayo junto con su calibración y el mantenimiento que los operarios deben realizar a dichos instrumentos cada cierto periodo de tiempo.

Validación del instrumento

El laboratorio de USP cuenta con instrumentos de medición mecánicos que se usaran para este proyecto de investigación, estos instrumentos nos ayudaron a determinar las características y propiedades de los materiales que utilizaremos y también los resultados de los ensayos.

El laboratorio dispone además de equipos calibrados y normalizados bajo estándares internacionales ASTM, como son: Juego de tamices, hornos para secado de muestras, equipo de límite líquido para determinación de características de los suelos y su clasificación en los sistemas SUCS y AASHTO.

Luego haciendo uso de la máquina de compresión de probetas, nuestros especímenes fueron ensayados para determinar su resistencia.

Finalmente los resultados fueron obtenidos mediante fichas técnicas como son:

- Peso unitario
- Granulometría
- Peso específico

- Absorción
- Contenido de humedad
- Diseño de mezcla
- Resistencia a la compresión

Estas fichas fueron debidamente certificadas por el supervisor en turno que garantizo la veracidad de los ensayos y resultados.

Procesamiento de la información

Una vez recolectada la información en base a la aplicación de los ensayos descritos anteriormente, tales datos fueron procesados, resumidos y presentados adecuadamente haciendo uso de los métodos estadísticos tanto descriptivos como inferenciales.

Métodos descriptivos

La información recolectada se clasifico sistemáticamente y se presentó en tablas estadísticas de distribución de frecuencias, además para visualizar mejor el comportamiento de las variables se construyeron gráficos como: grafico de barras, gráfico de sectores circulares, y se calcularan medidas estadísticas como: Media aritmética, Moda, varianza, desviación estándar y para efecto de determinar el grado de relación entre las variables se aplicara el coeficiente de correlación lineal (coeficiente de Pearson).

Métodos inferenciales

A través de los métodos inferenciales tales como Estimación de Parámetros, Prueba de Hipótesis, se pudo inducir basándose de la información recolectada por la muestra, el comportamiento de la población con un riesgo de error medible en términos de probabilidad. Para verificar la veracidad de la hipótesis planteada en esta investigación, se usara la Prueba de Hipótesis. Se usó un Análisis de la Varianza para comparar si los valores de la media de los resultados de la muestra patrón son significativamente distintos a los valores de la muestra experimental.

Proceso de experimentación

Extracción y tratamiento del caucho (neumático)

- Para obtener el caucho granular se tuvo que recolectar los neumáticos en desuso que se encontraban en las reencauchadoras y en el vertedero ubicado a la salida de la ciudad de Chimbote (Km. 408 panamericana sur).



Figura 4: Servi llantas Martin – Av. José Gálvez – Chimbote

Fuente: Propia

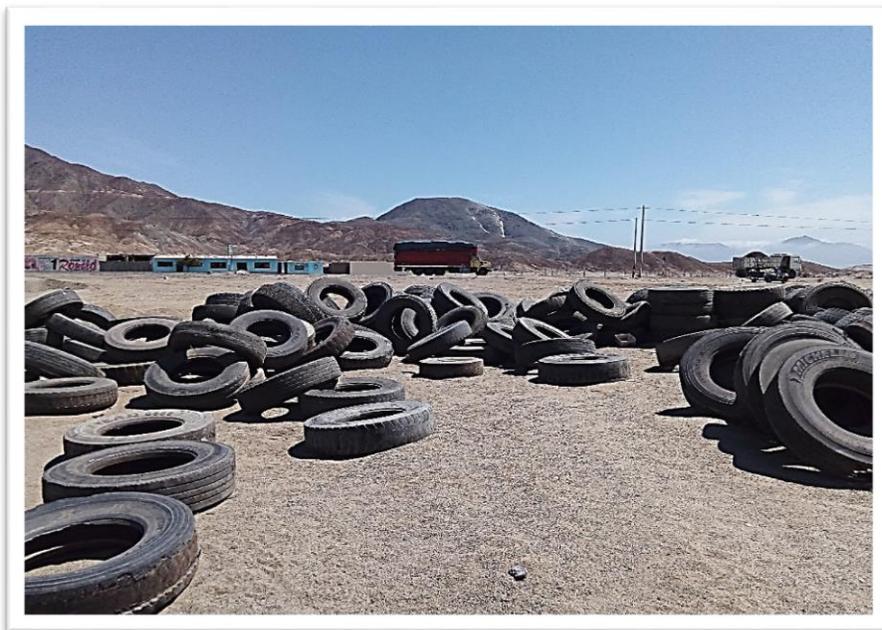


Figura 5: Vertedero, Km. 408 Panamericana sur - Chimbote
Fuente: Propia

- Luego procesamos los neumáticos según granulometría requerida mediante una máquina trituradora de caucho.



Figura 6: Máquina trituradora de caucho
Fuente: propia

- La malla que utilizó la máquina para triturar el caucho fue la N°4



Figura 7: Malla N° 4
Fuente: Propia

- Luego que el caucho es triturado se recoge en un costal



Figura 8: Proceso de envasado del caucho triturado
Fuente: Propia

- En el laboratorio de suelos de la U.S.P. se procede al tamizado del caucho granular triturado para adicionar posteriormente al concreto. La granulometría debe ser los pasantes por la malla N° 4 y retenidas en la malla N° 8.



Figura 9: Selección granular según tamices N° 4 y N° 8

Fuente: Propia

- Para determinar el contenido de absorción del caucho granular (neumáticos reciclado y triturados). El caucho granular pasante de la malla N° 4 y retenido en la malla N° 8 se saturaron por un periodo de 24 horas en un recipiente plástico con agua (el agua cubre 5 cm. arriba del volumen del caucho triturado).



Saturación del caucho triturado

Fuente: Propia

Figura

10:

- Después de 24 horas de saturación, se retira el agua del recipiente y se vacía la muestra de caucho para realizar su secado superficial.



Figura 11: secado superficial del caucho triturado
Fuente: Propia

- Después de este procedimiento se procede al peso de la muestra saturada superficialmente seca.



Peso del caucho triturado superficialmente seco
Fuente: Propia

Figura 12:

- Luego se procede al secado de la muestra al aire libre bajo el sol, por un periodo no menor a 2 horas, luego se obtiene el peso seco del caucho.



Figura 13: Peso del caucho triturado seco
Fuente: Propia

De esta manera obtenemos el porcentaje de absorción usando la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Absorción} = \frac{p_{SSS} - p_S}{p_S} * 100$$

La diferencia entre PSSS-PS es el peso del agua de absorción, el cual dividido entre el peso seco del caucho triturado (PS), resulta en el porcentaje de absorción del caucho triturado tratadas relativo al peso seco.

Propiedades físicas y mecánicas del agregado natural

El agregado fino (arena) fue extraído de la cantera de VESIQUE – SAMANCO quien nos proporcionó 4 sacos de este agregado.

El agregado grueso (confitillo) fue extraído de la cantera LA SORPRESA procesado y triturado por una maquina Chancadora, quien nos proporcionó 4 sacos de este agregado.

Los agregados naturales según datos obtenidos del laboratorio, cumplían los requisitos mínimos de la norma técnica peruana.

Ensayos involucrados

Para cumplir con los objetivos planteados, los ensayos realizados a los agregados descritos anteriormente fueron:

- Análisis granulométrico por tamizado según ASTM C-136, NTP 400.012.
- Determinación de los pesos unitarios suelto y compacto según ASTM C 29/C-29M, NTP 400.017.
- Módulo de fineza según NTP 400.037.
- Contenido de humedad según ASTM D-2216.
- Peso específico y porcentaje de absorción según ASTM C29, NTP 400.022.

Procedimiento de diseño de mezcla

Información para el diseño

En esta investigación nos fueron útiles los resultados del análisis granulométrico que se hicieron a los materiales disponibles, tanto para los agregados naturales (arena y confitillo) como para el caucho granular triturado.

Para la dosificación del concreto utilizamos los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio, de tal manera que estos sean utilizados en obra.

- Análisis granulométrico del caucho reciclado y triturado
- Análisis granulométrico de los agregados (arena y confitillo)
- Peso unitario de los agregados (arena y confitillo)
- Peso específico de masa.
- Porcentajes de absorción y humedad de los agregados arena y confitillo.

- Tipo y marca de cemento portland.
- Requerimientos de agua de mezclado.
- Relaciones entre la resistencia y la relación agua cemento.

Método de diseño

Para el diseño de mezcla se escogieron como resistencias a la compresión $f^c = 130 \text{ kg/cm}^2$, y el cálculo de las proporciones de los materiales necesarios para el mezclado del concreto se efectuaron según el método ACI 211, además tuvimos en cuenta lo señalado en la NTE 060.

Preparación del molde de las probetas

Para la elaboración de las probetas de concreto se utilizó un molde rectangular de lámina rígida de acero inoxidable de 0.5 cm de espesor, con dimensiones de 23 cm de largo, 13 cm de ancho y 9 cm de altura, el molde fue elaborado exclusivamente para la realización de este proyecto, teniendo en cuenta que el acero inoxidable tiene una menor rugosidad y contaminación que el fierro convencional, esto nos brinda un mejor desempeño al momento de desmoldar el ladrillo y además este material no se contamina con el óxido agresivo que es característico de la ciudad de Chimbote, permitiéndonos tener el molde en todo momento en óptimas condiciones para la realización de nuestros ladrillos.

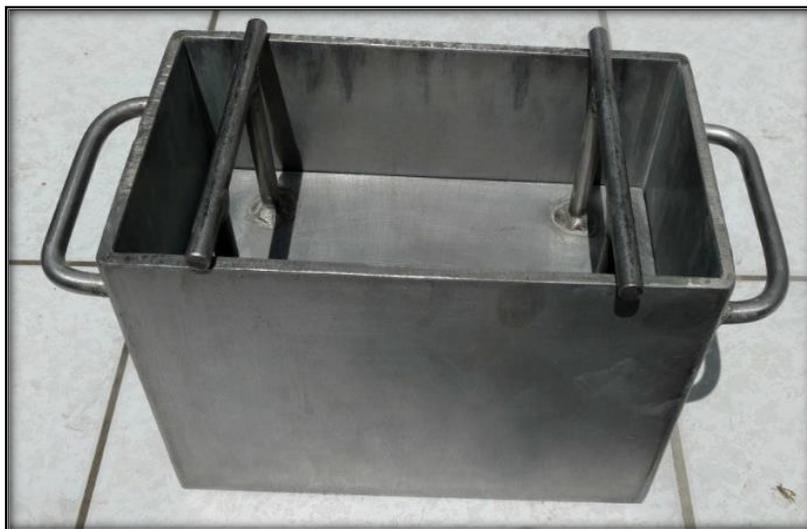


Figura 14: Molde metálico de acero inoxidable
Fuente: Propia



Figura 15: Componentes del molde
Fuente: Propia

Acondicionamiento previo

Para la elaboración de los testigos se acondiciono un espacio con algunas características particulares con el fin de obtener resultados optimos, como son:

- Un ambiente cerrado donde el testigo pueda tener su etapa de fraguado y curado libre de la radiación directa del sol y libre del contacto con corrientes de aire.



Figura 16: Apilado en un ambiente cerrado
Fuente: Propia

- El testigo debe ser desmoldado sobre una base impermeable para evitar el contacto directo con el suelo y así no haya una acelerada deshidratación.



Figura 17: Base impermeable (melamine tropical)
Fuente: Propia

- La base debe ser totalmente rectilínea y sin deformaciones, esto nos ayudará al momento de realizar los ensayos a compresión ya que al momento de recibir la carga esta será transmitida a la totalidad del área del testigo de manera uniforme.



Figura 18: Base sin deformaciones ni abultamientos
Fuente: Propia

Mezclado

La mezcla fue realizada en el suelo sobre una manta plástica, para evitar que el nivel de piso terminado absorba la humedad de la mezcla alterando la relación agua cemento. Primero pesamos y vaciamos los agregados (arena y confitillo según dosificación) después realizamos el mezclado manual entre la arena y confitillo dos veces; luego incorporamos el cemento y finalmente el caucho granular triturado.



Figura 19: Peso del material requerido

Fuente: Propia

Nota: Los materiales fueron colocados de esta manera solo para la foto

Mesclamos nuevamente 5 veces como mínimo todos los materiales entre si hasta tener una combinación homogénea y uniforme, finalmente le añadimos el agua requerida en dos tiempos y volvemos a mesclar (5 veces como mínimo) hasta que el agua este bien distribuida en toda la mezcla.



Figura 20: Proceso de mezclado

Fuente: Propia

Luego pesamos 5.750 Kg. de concreto fresco, para luego ser vaciado en el molde metálico pasando el concreto por una maya metálica de 1cm^2 de abertura esto nos permite tener un mejor acomodo de las partículas de concreto dentro del molde, todo esto con la ayuda de una espátula. Después del vaciado del concreto se coloca la tapa metálica y con la ayuda de un combo se va compactando hasta que llegue al tope que lleva consigo la tapa del molde.



Figura 21: Peso del material requerido
Fuente: Propia



Figura 22: Vaciado del concreto
Fuente: Propia

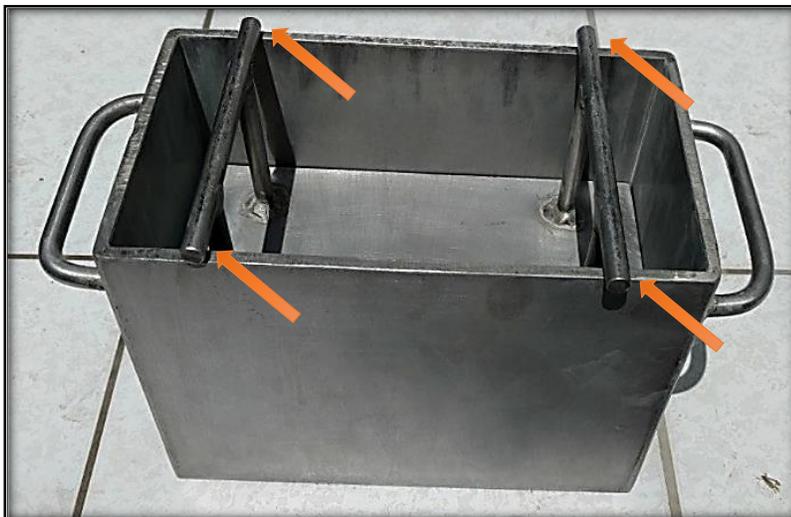


Figura 23: Topes de la tapa del molde

Fuente: Propia

El desmoldado es instantáneo jalando el molde de manera vertical hacia arriba, teniendo cuidado de no lastimar las esquinas del ladrillo.

Todos los elementos mezclados fueron agregados en proporciones indicadas en el diseño de dosificación para la relación A/C de 0.56.

El procedimiento de mezclado, colado y curado, utilizando agua potable fue de acuerdo a la Norma E.060.

Tabla 15 *Dosificación del concreto*

MATERIAL	PESO (g.)
Cemento	350
Arena	2850
Confitillo	2250
Agua	450

Proceso de curado

Para este proceso es necesario contar con una manta plástica que pueda cubrir totalmente los ladrillos empezando desde la base donde asentarán los ladrillos como también la parte superior de los mismos. También se hará uso de una botella plástica con un agujero en la tapa que servirá como instrumento para rociar el agua superficialmente sobre los ladrillos.

En esta etapa el proceso de curado se realizó de la siguiente manera:

- Al día siguiente después de haber fabricado el ladrillo lo pesamos para verificar que cantidad de agua a perdido.



Figura 24: Control de peso antes del curado
Fuente: Propia

- Después de tener los datos del peso, procedemos a su curado superficial rociando agua sobre los ladrillos de manera uniforme y sin exageración. Para este caso hicimos uso de una botella plástica llena de agua a la cual le hicimos un agujero en la tapa y así poder rociar el agua.



Figura 25: Curado superficial
Fuente: Propia

- Después de rociar el agua sobre los ladrillos volvemos a pesar y anotamos su nuevo peso para determinar qué tan rápido recupera el agua perdida.



Figura 26: Control de peso después del curado
Fuente: Propia

- Después del curado superficial procedemos a cubrir los testigos con una cubierta plástica sellando sus extremos para evitar que el agua salga fuera del área de curado y se evapore.



Figura 27: Aislamiento con manta plástica
Fuente: Propia

- El proceso de rociado de agua mediante una botella plástica será los 3 primeros días hasta que el ladrillo haya recuperado totalmente el agua de diseño. después del tercer día de curado los testigos permanecerán protegidos con una cubierta plástica por 4 días más.
- La idea del proceso de curado consiste en que el ladrillo recupere la humedad perdida en los 3 primeros días de curado con una mínima cantidad de agua y conserve la totalidad del agua de diseño durante los 4 días restantes de curado.

Ensayo de probetas

Con las proporciones obtenidas en el diseño de mezclas se elaboraron probetas rectangulares de concreto las cuales fueron sometidas a ensayos de resistencia a la compresión según ASTM C 39/C-39M, NTP 339.034-2008.



Figura 28: Supervisión del asesor

Fuente: Propia



Figura 29: Testigos ensayados

Fuente: Propia

III. Resultados

Propiedades y características del caucho granular

Interpretación de laboratorio

La sustitución del caucho granular fue con respecto al confitillo en proporción a su volumen.

Tabla 16 *Características del caucho granular (neumático)*

Descripción	
Caucho granular tamizado	4.760 - 2.360 mm
Absorción de agua en 24 hr	1.05%
Contenido de Humedad	0.12%
Ensayo de rockwell ASTM E18	7.5 Kgf/mm ²

Propiedades y características de los agregados

En el siguiente cuadro se muestran los resultados de las determinaciones de las propiedades de los materiales empleados:

Tabla 17 *Propiedades de los materiales*

Propiedades	Agregados Fino	Agregado grueso
Módulo de fineza	2.82	
Contenido de humedad (%)	0.48	0.29
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	1553	1359
Absorción (%)	0.77	1.67
Peso específico (Kg/m ³)	2.73	2.76
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	1743	1407
Tamaño máximo nominal		N° 8

Granulometría de los agregados

Granulometría del confitillo

Se muestra la curva granulométrica ensayada para el agregado grueso (Confitillo).

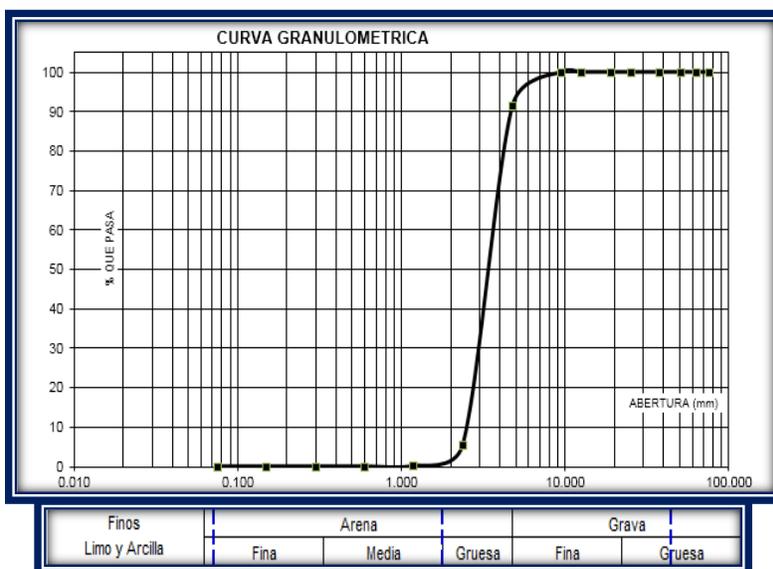


Figura 30: Granulometría del agregado grueso (confitillo)

Fuente: Interpretación del laboratorio

Los resultados del análisis granulométrico de la piedra chancada (confitillo) para el diseño de mezclas de $f'c = 130 \text{ kg/cm}^2$ del laboratorio se muestran en los Anexos adjuntos.

Granulometría del agregado fino

La granulometría del agregado fino natural (arena) utilizado para los ensayos cumplen las especificaciones mínimas requeridas por la norma técnica peruana.

Se muestra la curva granulométrica ensayada para el agregado fino.

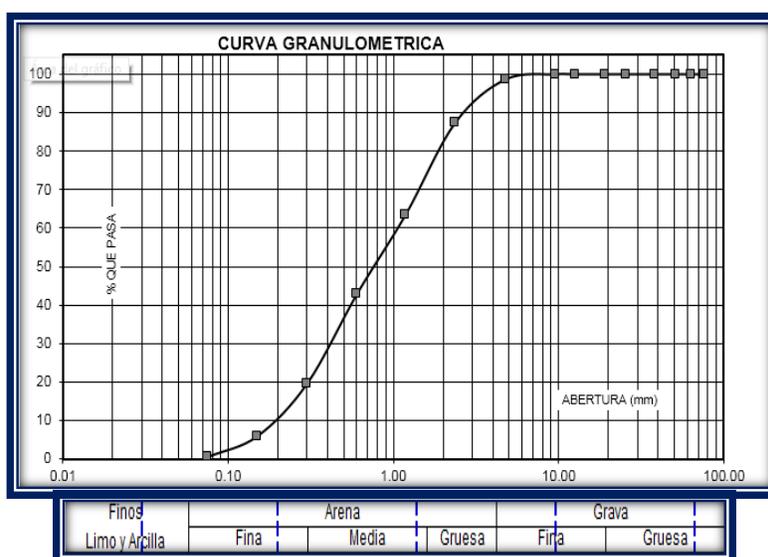


Figura 31: Granulometría del agregado fino (arena)

Fuente: Interpretación del laboratorio

Los resultados del análisis granulométrico del agregado fino para el diseño de mezclas de $f'c = 130 \text{ kg/cm}^2$ del laboratorio se muestran en los Anexos adjuntos.

Diseño de mezcla / relación agua cemento

Cemento, arena confitillo ($f'c=130 \text{ kg/cm}^2$)

El método utilizado para el diseño de mezclas de concreto es el ACI 211, la piedra chancada (confitillo) se obtuvo por trituración artificial de rocas de la cantera “*La Sorpresa*”, mientras que la arena se obtuvo de la cantera “*Vesique*” Samanco para el diseño de mezcla correspondiente.

Como se trata de un concreto convencional, según especificación de la Norma Técnica Peruana; el resultado obtenido de acuerdo a los datos técnicos en cantidad de materiales por metro cubico de concreto y las proporciones, corresponden a un concreto normal utilizado en la actualidad.

Tabla 18 *Materiales para concreto convencional*

CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO	
MATERIAL	Kg/m3
Cemento	112,010
Arena	747.74
Confitillo	678.669
Agua	147.038

Tabla 19 *Materiales para concreto con 5% de caucho*

CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO	
MATERIAL	Kg/m3
Cemento	112,010
Arena	747.74
Confitillo	644.736
Caucho	33.933
Agua	147.038

Tabla 20 *Materiales para concreto con 10% de caucho*

CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO	
MATERIAL	Kg/m3
Cemento	112,010
Arena	747.74
Confitillo	610.803
Caucho	67.866
Agua	147.038

Tabla 21 *Proporción de los materiales*

PROPORCIONES		
PROPORCIÓN	PESO	VOLUMEN
Cemento	1	1
Arena	4.42	4.25
Piedra (confitillo)	2.60	2.87
Agua lt/saco	24.10	24.10

Tabla 22 *Dosificación por cada testigo patrón*

PROPORCIONES	
PROPORCIÓN	PESO (g)
Cemento	350
Arena	2850
Piedra (confitillo)	2250
Agua (l)	450

Tabla 23 *Dosificación por cada testigo experimental 5%*

PROPORCIONES	
PROPORCIÓN	PESO (g)
Cemento	350
Arena	2850
Piedra (confitillo)	2164
Caucho	36
Agua (l)	450

Tabla 24 *Dosificación por cada testigo experimental 10%*

PROPORCIONES	
PROPORCIÓN	PESO (g)
Cemento	350
Arena	2850
Piedra (confitillo)	2078
Caucho	72
Agua (l)	410

Resistencia a la compresión

Ensayo de resistencia a la compresión de ladrillos de concreto NTP. 399.613 y 339.604.

Concreto patrón vs concreto con adición de caucho granular en porcentajes de 5% y 10% a los 7 días de vida.

En el siguiente cuadro podemos apreciar la resistencia del concreto en porcentaje final a los 7 días de curado, los ensayos de concreto con caucho granular con una adición de 5% nos presenta una resistencia a compresión de diseño promedio de 92.54 kgf/cm² y con una adición de 10% la resistencia promedio es de 98.07 kgf/cm², mientras que el concreto patrón con $f'c = 130$ kg/cm² presenta una resistencia a compresión de diseño promedio de 99,67 kgf/cm². Los testigos de concreto con adición de caucho granular ensayados a los 7 días presentan tipos de fracturas muy parecidos entre sí. Ver (ilustración 25).

Tabla 25 *Resistencias de laboratorio*

Descripción	f'c	Fecha		Edad	Carga	f'c	%
	Diseño	Molde	Rotura				
0% caucho	130	06/12/2018	13/12/2018	7	27860	93	72
0% caucho	130	06/12/2018	13/12/2018	7	28820	97	74
0% caucho	130	06/12/2018	13/12/2018	7	27550	92	71
5% caucho	130	14/02/2019	21/02/2019	7	26160	89	67
5% caucho	130	14/02/2019	21/02/2019	7	26240	89	67
5% caucho	130	14/02/2019	21/02/2019	7	26250	89	67
10% caucho	130	14/02/2019	21/02/2019	7	24310	82	63
10% caucho	130	14/02/2019	21/02/2019	7	24270	81	62
10% caucho	130	14/02/2019	21/02/2019	7	26250	88	67

Concreto patrón vs concreto con adición de caucho granular en porcentajes de 5% y 10% a los 14 días de vida

El siguiente cuadro podemos apreciar la resistencia del concreto en promedio final a los 14 días de curado, los ensayos de concreto con caucho granular con una adición de 5% nos presenta una resistencia a compresión de diseño promedio de 107.28 kg/cm² y con una adición de 10% la resistencia promedio es de 115.51 kg/cm², mientras que el concreto patrón con $f'c = 130$ kg/cm² presenta una resistencia a compresión de diseño promedio de 120.00 kg/cm².

Los testigos de concreto con adición de caucho granular ensayados a los 14 días presentan tipos de fracturas muy parecidos entre sí.

Tabla 26 Resistencias de laboratorio

Descripción	f'c		Fecha		Edad Días	Carga (Kgf)	f'cd (Kg/cm2)	%
	Diseño Kg/cm2	Molde	Rotura					
0% caucho	130	06/12/2018	20/12/2018		14	32200	109	83
0% caucho	130	06/12/2018	20/12/2018		14	32360	108	83
0% caucho	130	06/12/2018	20/12/2018		14	31930	107	82
5% caucho	130	14/02/2019	28/02/2019		14	27900	94	72
5% caucho	130	14/02/2019	28/02/2019		14	29740	100	76
5% caucho	130	14/02/2019	28/02/2019		14	28220	94	73
10% caucho	130	14/02/2019	28/02/2019		14	28350	95	73
10% caucho	130	14/02/2019	28/02/2019		14	28120	94	72
10% caucho	130	14/02/2019	28/02/2019		14	26880	90	69

Concreto patrón vs concreto con adición de caucho granular en porcentajes de 5% y 10% a los 28 días de vida

El siguiente cuadro muestra las resistencias del concreto en porcentaje final a los 28 días de curado de las muestras, los ensayos de concreto con caucho granular con una adición de 5% nos presenta una resistencia a compresión de diseño promedio de 126.13 kg/cm² y con una adición de 10% la resistencia promedio es de 139.04 kg/cm², mientras que el concreto patrón con $f'c = 130$ kg/cm² presenta una resistencia a compresión de diseño promedio de 139.80 kg/cm².

Los testigos de concreto con adición de caucho granular ensayados a los 28 días presentan tipos de fracturas muy parecidos entre sí.

Tabla 27 Resistencias de laboratorio

Descripción	f'c Diseño Kg/cm2	Fecha		Edad d Días	Carga (Kgf)	f'cd (Kg/cm2)	%
		Molde	Rotura				
0% caucho	130	06/12/2018	03/01/2019	28	39330	132	101
0% caucho	130	06/12/2018	03/01/2019	28	39110	132	101
0% caucho	130	06/12/2018	03/01/2019	28	41600	139	107
5% caucho	130	14/02/2019	14/03/2019	28	38420	129	99
5% caucho	130	14/02/2019	14/03/2019	28	39220	133	101
5% caucho	130	14/02/2019	14/03/2019	28	38010	127	98
10% caucho	130	14/02/2019	14/03/2019	28	35740	120	91
10% caucho	130	14/02/2019	14/03/2019	28	35983	120	93
10% caucho	130	14/02/2019	14/03/2019	28	36120	122	93

Comparación de resistencias del concreto patrón vs concreto con caucho granular

El siguiente cuadro muestra la resistencia a la compresión promedia ensayada en tres testigos para cada dosis, tanto para el concreto patrón convencional, como para el concreto experimental con caucho granular reciclado, ambos ensayados a los 7, 14 y 28 días de edad.

Tabla 28 Resistencias de laboratorio

Adición	Promedio de rotura		
	7	14	28
0%	94.20	108.00	134.20
5%	88.70	96.20	129.80
10%	83.70	93.20	120.70

La gráfica representa el comportamiento de la resistencia de diseño del concreto cuando se le adiciona caucho granular en porcentajes de 5% y 10% (en función al volumen) y concreto patrón versus los días de curado (7días, 14 días y 28 días).

El comportamiento del concreto cuando se adiciona un 5% y 10% de caucho granular es de menor resistencia que el concreto patrón, que está por encima de la resistencia de diseño.

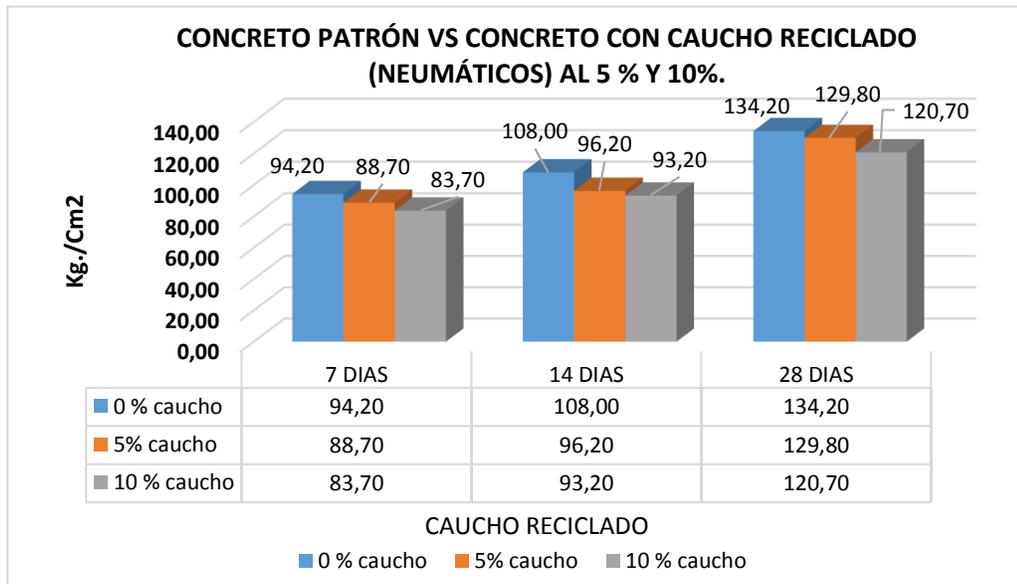


Figura 32: Comparación de resultados
Fuente: Laboratorio de ensayo de materiales y concreto

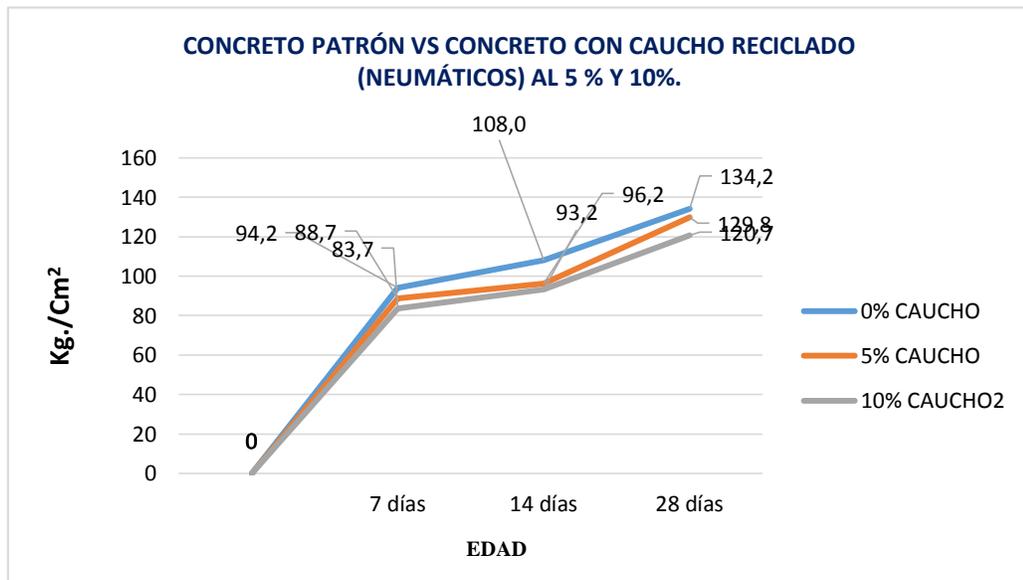


Figura 33: Comparación de resultados
Fuente: Laboratorio de ensayo de materiales y concreto

Trabajabilidad del concreto con caucho granular reciclado (neumáticos)

La incorporación de caucho granular reciclado en el concreto, extraído de los neumáticos fuera de uso, no tiene ninguna relevancia significativa en la trabajabilidad y combinación de los elementos a mezclar ya que este material tiene un buen desempeño a lo largo de todo el proceso de experimentación.

Análisis económico

El costo de producción de caucho granular derivado de los neumáticos fuera de uso en el mercado nacional es de 0.70 S/. el kilo a precio por mayor; el 70% del precio por mayor está relacionado con el costo de mano de obra y de producción donde está incluido el reciclado de los neumáticos, traslado, extracción de las fibras y el tamizado entre las mallas N° 4 y N°8.

Esta materia prima se puede obtener en diversos lugares especialmente en las reencauchadoras y en el vertedero a las afueras de la ciudad, Km. 408 Panamericana sur Chimbote.

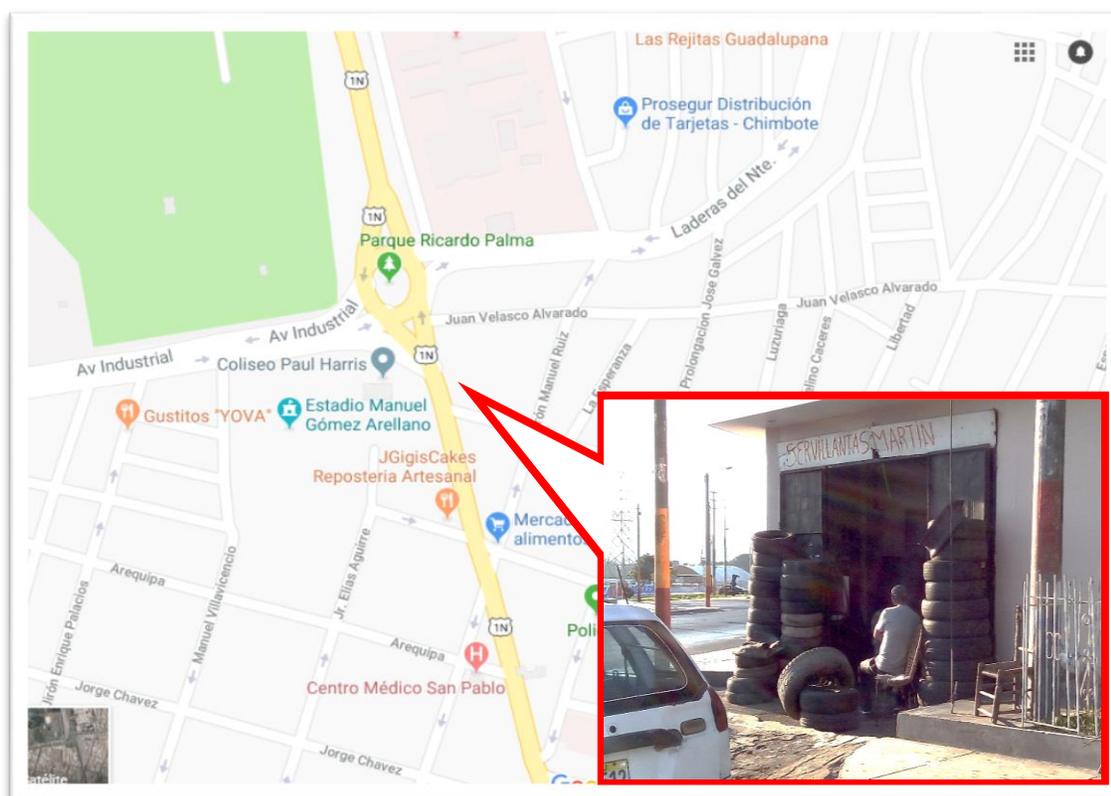


Figura 34: Ubicación de las posibles canteras
Fuente: Google Earth

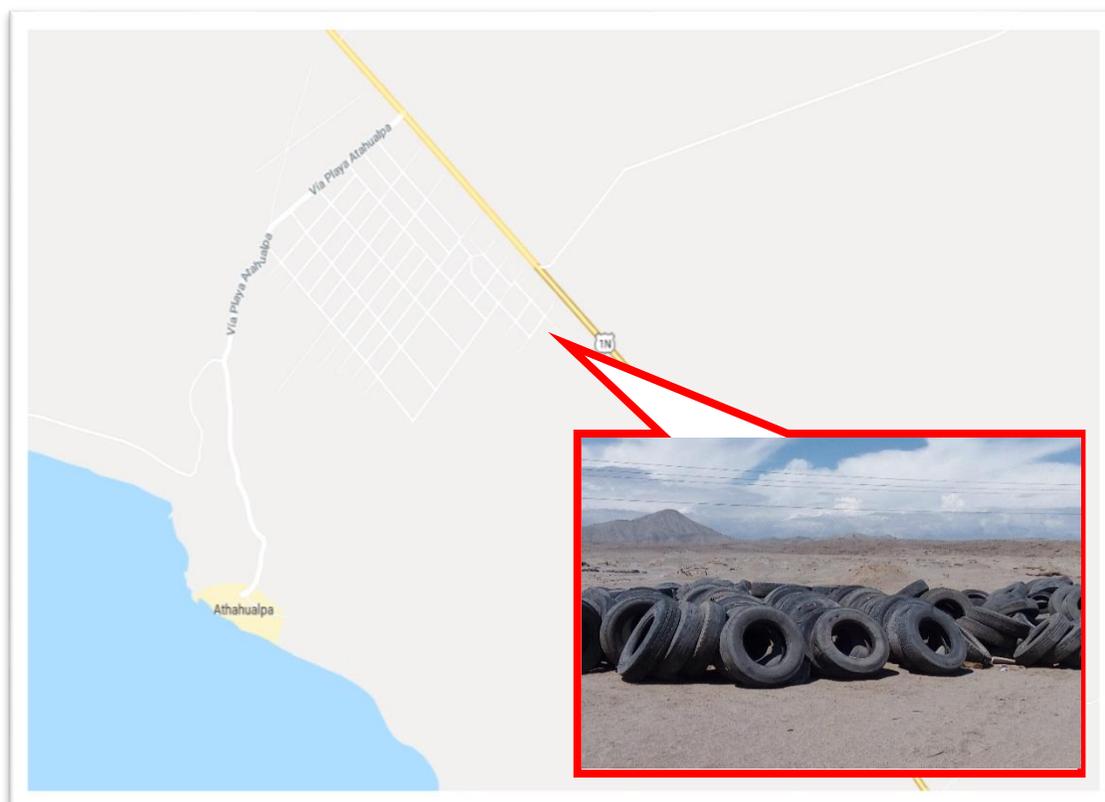


Figura 35: Ubicación de las posibles canteras

Fuente: Google Earth

Proceso y análisis de datos

- Para el análisis de los datos se elaboraron tablas, gráficos, se calcularon porcentajes, promedios, varianzas y una prueba de hipótesis (ANOVA).

Tabla 29 Resistencias a la compresión de ladrillo de concreto con una sustitución de confitillo por caucho reciclado

DÍAS DE CURADO	RESISTENCIA DE UNIDAD DE LADRILLO		
	Patrón	5%	10%
7	94,0	89,0	83,7
14	108,0	96,0	93,0
28	134,3	129,7	120,7

En la tabla 32 se puede apreciar que las resistencias a la compresión de las unidades de ladrillo de concreto son mayores a los 28 días de curado y menores resistencias de presenta a los 7 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad con Shapiro – Wilk (con un $p > 0.05$ para cada tratamiento) y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene ($p = 0.947$ y $p > 0.05$) de las resistencias medias obtenidas en las unidades de ladrillo de concreto en cada tratamiento (sustitución de un porcentaje de confitillo por caucho reciclado) se procedió a realizar la prueba ANOVA

Tabla 30

Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las unidades de ladrillo de concreto.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Caucho	253,229	2	126,614	23,515	,006
Días de curado	2503,709	2	1251,854	232,495	,000
Error	21,538	4	5,384		
Total	2778.476	8			

En la tabla 33 se puede visualizar que para la sustitución de confitillo por caucho reciclado (en un porcentaje de 0%, 5% y 10%) el $p\text{-value} < \alpha$ ($p = 0.006$, $p < 0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula (H_0 : resistencias medias iguales). Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm² logradas en las unidades de ladrillo de concreto, con sustitución de confitillo por caucho reciclado en 0%, 5%, y 10%, son diferentes. Es decir, existe una diferencia significativa entre las resistencias medias de las unidades de ladrillo de concreto.

También se tienen que para los días de curado $p\text{-value} < \alpha$ ($p = 0.000$, $p < 0.05$) entonces podemos decir que las resistencias medias de las unidades de ladrillo de concreto son diferentes a consecuencia de los días de curado (existe un efecto significativo de los días de curado en las resistencias medias).

Tabla 31

Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencias medias de las unidades de ladrillo son diferentes.

Porcentaje de caucho	Subconjunto para alfa = 0,05		
	1	2	3
10%	99.1333		
5%		104.9000	
Patrón			112.1000

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio, LEM-UNI.

Patrón	112.1000..... a
5%	104.9000..... b
10%	99.1333..... c

En la tabla 34 después de realizar la prueba de Duncan podemos apreciar que las unidades de ladrillo de concreto que tienen mayor resistencia a la compresión es la del patrón, seguido de las unidades de ladrillo con 5% de caucho reciclado y las unidades de ladrillo que presentan menor resistencia a la compresión son los que reciben un 10% de caucho reciclado.

IV. Análisis y discusión

Durante la fase de investigación de campo en la ciudad de Chimbote se pudo observar que la acumulación de los neumáticos fuera de uso (NFU) se producen en su gran mayoría en las vulcanizadoras las mismas que un 75% son desechados y el 25% son de cierta manera enviadas al proceso de reencauchado de llantas que se encuentran en condiciones de ser reutilizadas.

En el proceso de elaboración de ladrillos de concreto con diferentes porcentajes de caucho, se observó que no hubo ningún cambio significativo en comparación al procedimiento de fabricación normal del diseño patron, es decir, el caucho se mezcló con los demás materiales y no se disgregó o desmoronó al salir de su molde, lo que significa que la incorporación de caucho en el proceso de fabricación de los ladrillos no presenta ninguna alteración desfavorable.

Discusión de los resultados obtenidos

Los resultados fueron analizados según (ASTM C39/C39-M), NTP 339.034-2008.

A partir de los resultados encontrados negamos la hipótesis principal donde señala que Si se “sustituye” parcialmente el confitillo por caucho reciclado en un 5 % y 10 % será posible obtener un ladrillo de concreto cuya resistencia a la compresión cumpla con la norma técnica E - 070.

El ensayo de fluorescencia realizado al caucho en el laboratorio de arqueometría de la Universidad Mayor de san Marcos nos indica que el caucho en su composición química tiene elementos químicos que contribuyen y favorecen al cemento, como por ejemplo:

El óxido de aluminio (Al_2O_3) 15.289 % este material se usa en la industria del cemento para aumentar la resistencia y la temperatura de maduración en la mezcla con otros óxidos, el óxido de aluminio aporta con varias propiedades mecánicas al cemento portland.

Óxido de hierro (Fe_2O_3) 7.93 % también utilizado en la industria del cemento porque es insoluble en agua y sirve como material de soporte ya que es difícilmente atacable por factores climáticos como la temperatura, humedad presión, aire, entre otros. (Ver detalles en resultados de ensayo de fluorescencia – óxidos al 100 %), sin embargo cuando el caucho fue sometido al ensayo de dureza Rockwell para determinar sus propiedades mecánicas, se determinó mediante los resultados emitidos por el Laboratorio de Concreto y Reciclados de la Universidad Nacional de Trujillo que la dureza del caucho es inferior a la del confitillo, teniendo en cuenta que el confitillo proviene de la roca andesita cuya dureza es de 1500 – 2500 Kg/cm^2 , mientras que el

caucho reciclado es un polímero elástico con una resistencia de 750 kg/cm^2 . Es evidente que ante tanta diferencia exista una disminución en los ensayos de resistencia a la compresión entre los ladrillos patrón y los ladrillos experimentales de 5 % y 10 %. Ya que al sustituir un material más denso y más resistente por otro que no lo es, es coherente que tengamos resultados desfavorables en relación a la hipótesis.

Estos resultados tienen relación con lo que sostienen Albano, C. (2008) y Torres, H. (2014) quienes señalan que las propiedades mecánicas y de durabilidad se vieron afectadas por el uso de caucho como reemplazo parcial de la arena y también como adición, presentando un comportamiento generalizado de reducción de valores, en comparación a los presentados por la muestra sin sustitución de caucho.

Estos autores afirman que los concretos con mayores pérdidas en la resistencia a la compresión son los que contienen altos porcentajes de sustitución de caucho. Sin embargo, la resistencia a la compresión con menores porcentajes de adición caucho presentaron resultados similares a largo plazo. Ello es acorde con lo que en este estudio se halla.

Pero no encontramos ninguna relación en lo que menciona Almeida, N. (2011) donde afirma que la incorporación de fibras de caucho en un 5% incrementa la resistencia a la compresión en un 79.41 % en comparación al diseño patrón.

En cuanto a la determinación del porcentaje óptimo, adición o sustitución y la determinación de parámetros adecuados de proceso de elaboración de especímenes tenemos que: Albano, C. (2008), Almeida, N. (2011) y Ramírez y Garay (2015) utilizaron el caucho como una *adición* al diseño de concreto, mientras que Torres H. (2014) *sustituyo* parcialmente la arena por caucho reciclado.

Verificación de la hipótesis

Luego de finalizada la investigación de campo y analizado los datos de manera estadística para determinar el diseño más óptimo se puede concluir que la utilización del caucho granular reciclado producido por los neumáticos fuera de uso en la fabricación de ladrillos de concreto de $13 \times 23 \times 9 \text{ cm}$. Con la incorporación de caucho en un 5% y 10% en función al volumen del agregado fino (confitillo) y en reemplazo del mismo; nos da como resultado una resistencia a la compresión inferior en comparación al diseño patrón. Se validan las investigaciones realizadas a nivel nacional e internacional en donde con el aumento en porcentaje de caucho se pierde resistencia a la compresión. Por lo tanto podemos decir que es necesario experimentar con porcentajes menores a 5%.

V. Conclusiones

- El ensayo de fluorescencia determino que el caucho cuenta con propiedades químicas utilizadas en la industria del cemento que mejoran su resistencia tales como: El óxido de aluminio (Al_2O_3) 15.289 % y Óxido de hierro (Fe_2O_3) 7.93 %, mientras que el ensayo de dureza por el método rockwell determino la inferioridad del caucho frente al confitillo con una dureza de 750 kg/cm^2 a favor del caucho frente a una dureza de 1500 a 2500 kg/cm^2 . a favor del confitillo.
- Conocer las características y propiedades de los agregados (arena, confitillo, caucho). Nos permitieron usar una misma dosificación tanto para el diseño patrón como para los diseños experimentales ya que el porcentaje de absorción del confitillo fue de: 1.67 % mientras que del caucho fue de: 1.26, esta variación de porcentajes no presento ningún cambio significativo al momento de realizar la mezcla entre el cemento, arena, confitillo, caucho y agua. Se diseñaron mezclas con 0 % , 5% y 10 % de sustitución de confitillo por caucho reciclado por el método del ACI – 211.
- La relación agua cemento que se utilizó en esta tesis fue de 0.850 con una proporción en volumen de : 1 : 4.25 : 2.87 : 24.10 (cemento : arena : confitillo : agua) y una dosificación en peso de: 1 : 4.42 : 2.60 : 24.10 por m^3 de concreto. El ensayo de cono de Abrams nos dio un asentamiento de 0”, esta misma relación a/c se usó en los ladrillos patrones como en los ladrillos experimentales, independientemente de los porcentajes de sustitución. El comportamiento del caucho granular junto con los otros agregados antes, durante y después del proceso de mezclado en porcentajes de 5% y 10% fue optimo, no presentando ningún inconveniente durante todo el proceso de fabricación de los ladrillos. Así mismo el peso del concreto usado en cada testigo antes de ser vaciado en el molde fue de 5750.00 g.
- El ladrillo patrón alcanzo una resistencia promedio a los 7 días de 94.15 Kg/cm^2 , a los 14 días 108.00 Kg/cm^2 y a los 28 días 134.16 Kg/cm^2 . El ladrillo experimental con 5% de sustitución de caucho alcanzo una resistencia promedio a los 7 días de 88.75 Kg/cm^2 , a los 14 días 96.24 Kg/cm^2 y a los 28 días 129.79 Kg/cm^2 . El ladrillo experimental con 10 % de

sustitución de caucho alcanzo una resistencia promedio a los 7 días de 83.67 Kg/cm^2 , a los 14 días 93.19 g/cm^2 y a los 28 días 120.71 Kg/cm^2 .

Estos resultados demostraron que si se sustituye el confitillo por caucho reciclado en un 5 % y 10 % en función de su peso no es posible obtener una resistencia a la compresión igual o superior a la del diseño patrón. Estos resultados fueron validados por el laboratorio de suelos de la Universidad San Pedro.

VI. Recomendaciones

- ✓ Utilizar una granulometría de caucho reciclado de menor tamaño (tamizado y retenido en la malla N° 50) como sustitución parcial del confitillo en función al volumen.
- ✓ Se recomienda el curado por aspersión y si se hace por inmersión, que sea no mayor a 7 días.
- ✓ Determinar el peso del concreto que se empleara en cada espécimen antes de vaciar al molde, el peso que se consideró en esta investigación fue de 5750.00 g. por cada probeta.
- ✓ Se recomienda investigar las propiedades dinámicas de los concretos con caucho para su aplicación en estructuras sismo resistente.
- ✓ Investigar la durabilidad de los ladrillos de concretos con caucho cuando son expuestos al ambiente natural a largo plazo, su impermeabilidad y conductividad térmica en lugares con diversidad de climas.

VII. Agradecimientos

A Dios

Una frase sencilla que demuestre toda mi gratitud hacia Él sería “SIN DIOS NADA SOY” pero la más poderosa que pude encontrar en este camino es que “CON EL TODO LO PUEDO”. Es que en este camino comprendí que cuando Dios ocupa el primer lugar en tu vida, todas las piezas restantes encajan alrededor de Él, en un orden perfecto y que la fe en Dios hace de tu peor día el primero de una nueva etapa, mucho mejor.

A mis docentes

El tiempo ha transcurrido no como un concepto abstracto, sino como un sendero lleno de aprendizaje y responsabilidades. En este ya largo camino de la vida me detengo un instante y miro hacia el pasado, el punto donde empezó esta historia, la universidad, cada pasadizo, cada aula, cada docente que formo parte de este proceso de aprendizaje y quienes con sus observaciones y cuestionamientos me enseñaron a sostener mi palabra y a cuidar mis responsabilidades a no bajar la mirada y mantener firme lo que es correcto no hay palabra para expresar tanta gratitud por su noble trabajo y dedicación. ¡MUCHAS GRACIAS!

Dedicatoria

A mi familia

La vida me enseñó que la familia es lo que tienes, tengas éxito o no. Ya que la riqueza emerge o desaparece pero la familia al final, siempre está ahí.

Yo no elegí a mi familia ellos son un regalo de Dios para mí y yo para ellos y como tal, quiero agradecerles.

Jacinto Ambrocio y Paula león, mis padres. Una mezcla de pasividad, coraje, fuerza, trabajo y valentía. Berlina, Nimia y Orlan, mis hermanos. El equipo perfecto para alcanzar objetivos estas palabras las identifican: trabajo, fuerza...inteligencia, perseverancia... ingenio y disposición absoluta. Yonathan, Rubén y Kelly, mis sobrinos. Casi casi mis hermanos por todo el tiempo que pasamos juntos y por todo lo que aprendimos los unos de los otros. Harrison y William, mis sobrinos lejanos. Todo un mundo nuevo que espero descubrir y aprender con ellos. Keisy, Hilary y Ana Paula, mis sobrinas. Ellas son sinónimo de Seguridad y confianza... practicidad y rapidez...dedicación y empeño. Al Doctor Aparicio Carranza Ramírez, mi cuñado. El hermano mayor que me hubiera gustado tener y que pude tener.

Hoy estoy convencido que tener un lugar a donde ir es un hogar, Tener alguien a quien amar es una familia. Pero tener ambos es una bendición. ¡GRACIAS POR TODO FAMILIA!

Ambrosio León Abel Quenan

VIII. Referencias bibliográficas

- AccuWeather, (2017). Peru tiempo metereologico. Recuperado de <https://www.accuweather.com/es/pe/chimbote/256879/april-weather/256879?monyr=4/1/2017>.
- Almeida, N. (2011). Utilización de fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de bloques de mampostería para mitigar el impacto ambiental en el cantón Ambato. Tesis para obtener el título de ingeniero civil Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/4346>
- Albano, C. (2008). Estudio de concreto elaborado con caucho reciclado de diferentes tamaños e partículas. Tesis para obtener el título de ingeniero civil. Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/329660309/ESTUDIO-DE-CONCRETO-ELABORADO-CON-CAUCHO-DE-RECICLADO-DE-DIFERENTES-TAMANOS-DE-PARTICULAS>
- Cauchosintetico.pdf (Greek,1991) recuperado de <https://es.scribd.com/doc/244758448/CAUCHO-SINTETICO-pdf>
- Caucho sintético recuperado de <https://www.muyinteresante.es/innovacion/articulo/historia-del-caucho-sintetico-el-material-que-revoluciono-la-automocion>
- Ensayos a la unidad de albañilería “A” recuperado de http://www.academia.edu/10643669/ENSAYOS_A_LA_UNIDAD_DE_ALBA%C3%91ILERIA_A_
- Huanca S. (2006). Diseño de mezclas de concreto. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Fundamentos de la tecnología de los materiales (FGP, 2012). Tecnología de los materiales. Blog de y para estudiantes de ingeniería. Recuperado de <https://ingenierosenapuros.wordpress.com/apuntes-y-recursos/upm/tecnología-de-materiales/>
- Flexión en ingeniería (Degarmo. E. P. y Black. J.T. y Kohser. R. A. (2011). Recuperado de <https://www.coursehero.com/file/51749058/metalurgica-fisicadocx/>
- Ingeniería y construcción (**CivilGeeks.com** agosto, 2010) recuperado de <https://civilgeeks.com/2015/10/01/resistencia-a-la-compresion-del-concreto/>
- INEI (2017). Instituto nacional de estadística e informática. Recuperado de <http://www.inei.gob.pe/>

- Industria del caucho, (Beliczky, L. y Fajen J, 1996).recuperado de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/80.pdf>.
- Materiales de uso técnico. Tecnología industrial Recuperado de https://iesvillabahervastecnologia.files.wordpress.com/2012/02/materiales_propiedades.pdf
- Materiales compuestos para la industria del neumático (Castro, 2008) recuperado de https://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Materiales_y_Compuestos_para_la_Industria_del_Neumatico.pdf
- Módulo de finura de Duff Abrams (Monroy, Luna, López, 1985)Recuperado de <https://es.scribd.com/document/319033489/Metodo-Del-Modulo-de-Finura-de-La-Combinacion-de-Agregados>
- Norma Técnica Peruana. (NTC, 2003). Unidades de albañilería.
- Polanco A. (2012). Manual de Practicas de Laboratorio de Concreto. México. Recuperado de http://fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2012/01/26/MANUAL_LAB_DE_CONCRETO.pdf
- Pérez T. (2016). Comportamiento físico -mecánico del ladrillo de concreto tipo IV. Tesis para obtener el grado de ingeniero civil Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. Recuperado de http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/30/browse?rpp=20&order=ASC&sort_by=1&etal=-1&type=title&starts_with=E
- Propiedades químicas del caucho cerclesbd.wordpress.com, Agosto, 2011 Recuperado de <https://es.scribd.com/document/319033489/Metodo-Del-Modulo-de-Finura-de-La-Combinacion-de-Agregados>
- Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E, 2016)
- Ramírez y Garay (2015). Estudio comparativo de resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ convencional con caucho adicionado en 5%, 10% y 15%. Tesis para obtener el grado de ingeniero civil. Universidad San Pedro. Huaraz, Perú.
- Romero A. y Hernández J. (2014). Diseño de mezclas de hormigón por el método a.c.i. Y efectos de la adición de cenizas volantes de termo pasajero en la resistencia a la compresión, tesis para obtener el grado de ingeniero civil Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/915/Diseno%20de%20mezclas%20de%20hormigon%20por%20el%20metodo%20a.c.i..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tecnología industrial I.E.S. Tegueste, (2012). Recuperado de <https://aprendemostecnologia.org/category/ies-tegueste/tecnologia-industrial-i-tegueste/>

- Torres, H. (2014). Valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil Universidad Julio Garavito, Bogotá, Colombia. Recuperado de https://www.academia.edu/15946905/VALORACION_DE_PROPIEDADES_MECANICAS_Y_DE_DURABILIDAD_DE_CONCRETO_ADICIONADO_CON_RESIDUOS_DE_LLANTAS_DE_CAUCHO
- Universidad Nacional de Jaén (SF). Peru. tecnología del concreto recuperado de <https://es.scribd.com/document/270801142/Naturaleza-Del-Concreto>
- Unidad de albañilería: Alabeo y resistencia axial del ladrillo. Recuperado de http://www.academia.edu/27758889/UNIDAD_DE_ALBAÑILERIA_ALABEO_Y_RESISTENCIA_AXIAL_DEL_LADRILLO
- Valencia G. Ibarra M. (2013). Estudio experimental para determinar patrones de correlación entre la resistencia a compresión y la velocidad de pulso ultrasónico en concreto simple. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Zafra, R. (2014) característica física y mecánica de los ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos – Cajamarca Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/629/T%20666.737%20Z11%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENCIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>GENERAL:</p> <p>¿En qué medida se mejorará la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto sustituyendo el conftillo en un 5% y 10% de caucho reciclado?</p>	<p>GENERAL:</p> <p>Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto al sustituir el conftillo por caucho reciclado en un 5 % y 10 %.</p>	<p>GENERAL:</p> <p>Si se sustituye el agregado grueso por caucho reciclado en un 5 % y 10 % procedente de neumáticos fuera de uso, será posible obtener un ladrillo de concreto tipo IV, para que pueda ser empleado en la edificación de muros portantes.</p>	<p>V. I.</p> <p>Dosificación de mezcla</p> <p>DEFINICION CONCEPTUAL Es el proceso de selección más adecuado, conveniente y económico de sus componentes como son: agua, cemento, agregados y caucho reciclado.</p> <p>DEFINICION OPERACIONAL a) Selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua y aditivos). b) Determinación de sus cantidades relativas “proporcionamiento”, tan económico como sea posible, un concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada.</p>	<p>V. D.</p> <p>➤ Edad del concreto</p> <p>Se ha demostrado que la resistencia a la compresión aumenta con el envejecimiento, hasta por 50 años, si existe humedad.</p> <p>➤ Carga axial</p> <p>Fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un miembro estructural aplicada al centroide de la sección transversal del mismo produciendo un esfuerzo niforme. También llamada fuerza axial.</p> <p>V. I.</p> <p>➤ Relación agua cemento</p>	<p>V. D.</p> <p>➤ Asentamiento o ➤ Esfuerzo de compresión ➤ Módulo de rotura ➤ Promedio ➤ Desviación estándar</p>	<p>En esta investigación se utilizaran la observación científica ya que es una técnica que cumple un papel fundamental en la investigación que describe y genera una explicación de la realidad desde la cual se define un objeto de estudio.</p>
	<p>ESPECIFICO:</p> <p>Selección y trituración del caucho según la granulometría requerida Caracterización física y mecánica del caucho en un laboratorio certificado. Determinar características y propiedades físicas de los agregados (arena, conftillo). Determinar la relación agua cemento de la muestra patrón y los experimentales en 5% y 10%. Determinar experimentalmente el porcentaje en peso del caucho reciclado, para la obtención de una unidad de albañilería que cumpla con las normas establecidas. Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto patrón y experimental a los 7,14 y 28 días. Determinar la resistencia a la compresión de murete (ensayo de corte) Analizar los resultados obtenidos en la resistencia a la compresión y hacer la valides estadística.</p>	<p>SECUNDARIAS</p> <p>1. La determinación del porcentaje óptimo en la sustitución del agregado fino por caucho reciclado en un 5%, 10%, facilitaría la obtención de un ladrillo de concreto tipo IV.</p> <p>2. La determinación de parámetros adecuados al sustituir el agregado fino por caucho reciclado procedente de neumáticos fuera de uso en un 5% y 10%, posibilitaría la obtención de un ladrillo tipo IV.</p> <p>3. El desarrollo de pruebas experimentales a nivel de laboratorio posibilitaría la obtención de una resistencia a la compresión del ladrillo de concreto de $f'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$ al sustituir el agregado fino por caucho reciclado en un 5% y 10 %.</p>	<p>V. D.</p> <p>Resistencia a la compresión</p> <p>DEFINICIÓN CONCEPTUAL La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial del concreto. Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm2).</p> <p>DEFINICION OPERACIONAL La resistencia a la compresión se mide tronando ladrillo de concreto en una máquina de ensayos de compresión, en tanto la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga</p>	<p>V. I.</p> <p>➤ Relación agua cemento</p> <p>La resistencia mecánica a compresión del ladrillo de concreto depende fundamentalmente de la relación a/c</p> <p>➤ Dosificaciones</p> <p>La dosificación implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen un producto. (Sánchez, 2001)</p>	<p>V. I.</p> <p>➤ Dosificación es con 5% y 10 % de caucho reciclado</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>Aplicada</p> <p>Diseño de investigación</p> <p>Cuasi experimental</p>

ANEXOS Y APENDICE

ANEXO 01

**ANALISIS GRANULOMETRICOS Y
RESULTADOS**



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

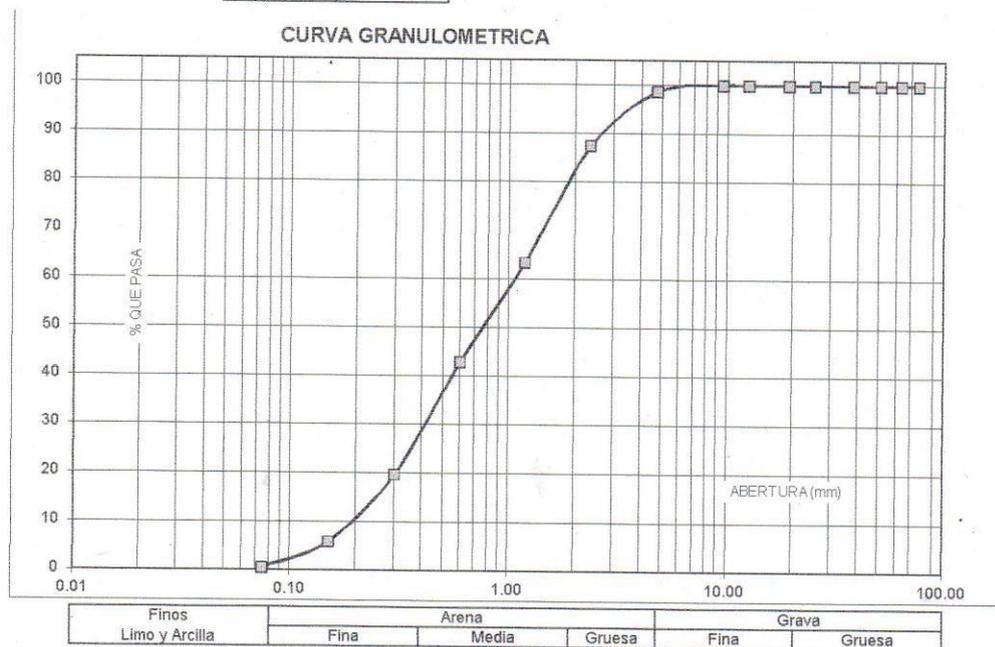
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : AMBROSIO LEON ABEL QUENAN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
 CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN 5% Y 10%
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 19/03/2019

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
Nº	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.76	14.5	1.3	98.7
Nº 8	2.36	123.8	11.3	87.4
Nº 16	1.18	263.8	24.0	63.4
Nº 30	0.60	226.1	20.6	42.9
Nº 50	0.30	255.8	23.3	19.6
Nº 100	0.15	150.6	13.7	5.9
Nº 200	0.08	59.5	5.4	0.5
PLATO	ASTM C-117-04	5.7	0.5	0.0
TOTAL		1099.8	100.0	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.82

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Telf. (043) 483212 - Celular: 990562762
 Email: fmsyem@usanpedro.edu.pe





ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO

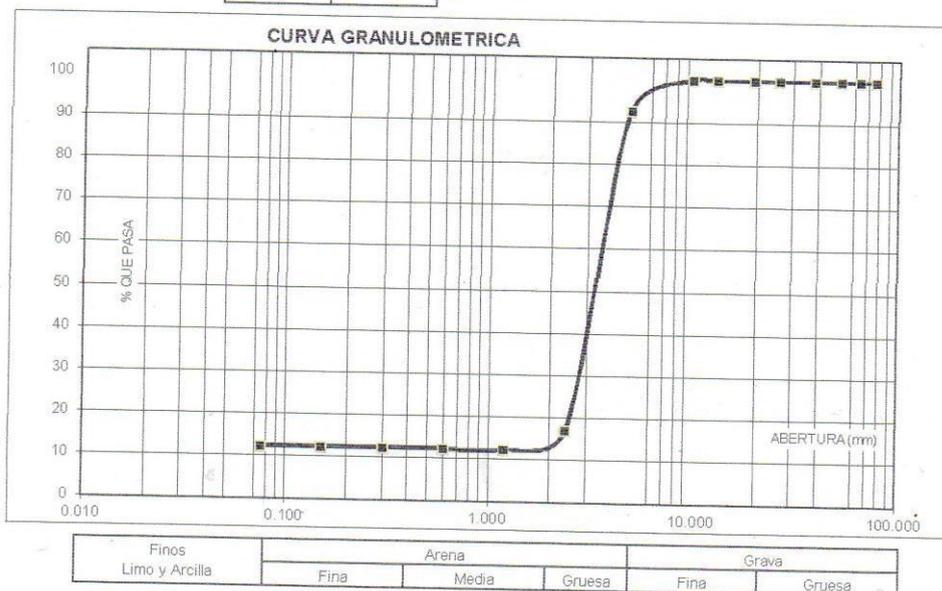
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : AMBROSIO LEÓN ABEL QUENAN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
 CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN 5% Y 10%
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
 CANTERA : LA SORPRESA
 MATERIAL : CONFITILLO
 FECHA : 19/03/2019

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
Nº	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.520	0.0	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.760	74.2	7.5	7.5	92.5
Nº 8	2.360	753.7	75.7	83.1	16.9
Nº 16	1.180	46.0	4.6	87.7	12.3
Nº 30	0.600	0.0	0.0	87.7	12.3
Nº 50	0.300	0.0	0.0	87.7	12.3
Nº 100	0.150	0.0	0.0	87.7	12.3
Nº 200	0.075	0.0	0.0	87.7	12.3
PLATO	ASTM C-117-04	122	12.3	100.0	0.0
TOTAL		995.9	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	Nº 4
Huso	Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : AMBROSIO LEON ABEL QUENAN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
 CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN 5% Y 10%
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 19/03/2019

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7650	7650	7650
Peso de molde	3300	3300	3300
Peso de muestra	4350	4350	4350
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1560	1560	1560
Peso unitario prom. (Kg/m³)		1560	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1553	

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8150	8200	8200
Peso de molde	3300	3300	3300
Peso de muestra	4850	4900	4900
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1740	1758	1758
Peso unitario prom. (Kg/m³)		1752	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1743	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA : AMBROSIO LEON ABEL QUENAN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
 CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN 5% Y 10%
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 19/03/2019

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua	gr.	687.20	687.20
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B)	cm ³	987.20	987.20
D	Peso de picnometro + agua + material	gr.	878.00	878.00
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D)	cm ³	109.20	109.20
F	Peso de material seco en estufa	gr.	297.70	297.70
G	Volumen de masa (E-(A-F))		106.90	106.90
H	P.e. Bulk (Base Seca)	F/E	2.726	2.726
I	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/E	2.747	2.747
J	P.e. Aparente (Base Seca)	F/E	2.785	2.785
K	Absorción (%) ((D-A/A)x100)		0.77	0.77

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.726
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.747
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.785
 Absorción (%) : 0.77



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO
(ASTM D-2216)**

SOLICITA : AMBROSIO LEON ABEL QUENAN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
 CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN 5% Y 10%
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 19/03/2019

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	800	800
TARA + SUELO SECO (gr)	796.8	797.3
PESO DEL AGUA (gr)	3.2	2.7
PESO DE LA TARA (gr)	162.8	201.1
PESO DEL SUELO SECO (gr)	634	596.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.50	0.45
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.48	





**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO
(ASTM D-2216)**

SOLICITA : AMBROSIO LEON ABEL QUENAN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
 CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN 5% Y 10%
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
 CANTERA : LA SORPRESA
 MATERIAL : CONFITILLO
 FECHA : 19/03/2019

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	780	900
TARA + SUELO SECO (gr)	778.4	897.9
PESO DEL AGUA (gr)	1.6	2.1
PESO DE LA TARA (gr)	210.1	204.4
PESO DEL SUELO SECO (gr)	568.3	693.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.28	0.30
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.29	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA : AMBROSIO LEON ABEL QUENAN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
 CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN 5% Y 10%
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
 CANTERA : LA SORPRESA
 MATERIAL : CONFITILLO
 FECHA : 19/03/2019

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	471.30	516.20
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	303.60	331.80
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A-B)	167.70	184.40
D	Peso de material seco en estufa	463.20	508.10
E	Volumen de masa (C-(A-D))	159.60	176.30
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.762	2.755
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.810	2.799
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.902	2.882
F	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	1.75	1.59

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.759
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.805
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.892
 Absorción (%) : 1.67



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : AMBROSIO LEON ABEL QUENAN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
 CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN 5% Y 10%
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
 CANTERA : LA SORPRESA
 MATERIAL : CONFITILLO
 FECHA : 19/03/2019

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7150	7100	7050
Peso de molde	3300	3300	3300
Peso de muestra	3850	3800	3750
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m3)	1381	1363	1345
Peso unitario prom. (Kg/m3)	1363		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1359		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7200	7250	7250
Peso de molde	3300	3300	3300
Peso de muestra	3900	3950	3950
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m3)	1399	1417	1417
Peso unitario prom. (Kg/m3)	1411		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1407		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos / Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE

ANEXO 02
DISEÑO DE MEZCLA



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : AMBROSIO LEON ABEL QUENAN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
 CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN 5% Y 10%
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
 FECHA : 19/03/2019

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 130 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.08

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : VESIQUE

- Peso específico de masa 2.73
- Peso unitario suelto 1553 kg/m³
- Peso unitario compactado 1743 kg/m³
- Contenido de humedad 0.48 %
- Absorción 0.77 %
- Módulo de fineza 2.82

D.- Agregado grueso

CANTERA : LA SORPRESA

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal N° 4
- Peso específico de masa 2.76
- Peso unitario suelto 1359 kg/m³
- Peso unitario compactado 1407 kg/m³
- Contenido de humedad 0.29 %
- Absorción 1.67 %





**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 0" a 1" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 0" a 1" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de N° 4 , el volumen unitario de agua es de 216 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.850

FACTOR DE CEMENTO

F.C. : 216 / 0.850 = 254.118 kg/m³ = 5.98 bolsas / m³

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	112.010 kg/m ³
Agua efectiva.....	147.038 lts/m ³
Agregado fino.....	747.74 kg/m ³
Agregado grueso.....	678.669 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{112.01}{112.01} : \frac{747.74}{112.01} : \frac{678.67}{112.01}$$

$$1 : 4.42 : 2.60 : 24.10 \text{ lts / bolsa}$$

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$1 : 4.25 : 2.87 : 24.10 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

ANEXO 03

**RESULTADOS RESISTENCIA A LA
COMPRESION**



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO-PATRON

SOLICITA : AMBROSIO LEON ABEL QUENAN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
 CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN 5% Y 10%
 UBICACIÓN : CHIMBOTE- PROVINCIA DE SANTA - ANCASH
 FECHA : 19/03/2019

MATERIAL : LADRILLO (PATRON)
 DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

Identificación de la Muestra	Dimensiones (cm)			Area Bruta (cm ²)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
M-1 (7 DIAS)	23.00	13.00	9.00	299.0	27,860	93.18
M-1 (7 DIAS)	23.00	12.90	9.00	296.7	28,820	97.14
M-1 (7 DIAS)	23.00	13.00	8.90	299.0	27,550	92.14
PROMEDIO						94.15


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO-PATRON

SOLICITA : AMBROSIO LEON ABEL QUENAN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
 CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN 5% Y 10%
 UBICACIÓN : CHIMBOTE- PROVINCIA DE SANTA - ANCASH
 FECHA : 19/03/2019

MATERIAL : LADRILLO (PATRON)
 DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

Identificación de la Muestra	Dimensiones (cm)			Area Bruta (cm ²)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
M-1 (14 DIAS)	23.00	12.90	8.90	296.7	32,200	108.53
M-1 (14 DIAS)	23.00	13.00	9.00	299.0	32,360	108.23
M-1 (14 DIAS)	22.90	13.00	8.90	297.7	31,930	107.26
PROMEDIO						108.00



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO-PATRON

SOLICITA : AMBROSIO LEON ABEL QUENAN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
 CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN 5% Y 10%
 UBICACIÓN : CHIMBOTE- PROVINCIA DE SANTA - ANCASH
 FECHA : 19/03/2019

MATERIAL : LADRILLO (PATRON)
 DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

Identificación de la Muestra	Dimensiones (cm)			Area Bruta (cm ²)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
M-1 (28 DIAS)	23.00	13.00	9.00	299.0	39,330	131.54
M-1 (28 DIAS)	23.00	12.90	9.00	296.7	39,110	131.82
M-1 (28 DIAS)	23.00	13.00	8.80	299.0	41,600	139.13
PROMEDIO						134.16



Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO-EXPERIMENTAL 5%

SOLICITA : AMBROSIO LEON ABEL QUENAN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
 CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN 5% Y 10%
 UBICACIÓN : CHIMBOTE- PROVINCIA DE SANTA - ANCASH
 FECHA : 19/03/2019

MATERIAL : LADRILLO (EXPERIMENTAL)
 DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

Identificación de la Muestra	Dimensiones (cm)			Area Bruta (cm ²)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
M-1 (7 DIAS)	22.90	12.90	9.00	295.4	26,160	88.55
M-1 (7 DIAS)	22.90	12.90	9.00	295.4	26,240	88.83
M-1 (7 DIAS)	22.90	12.90	8.90	295.4	26,250	88.86
PROMEDIO						88.75



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO-EXPERIMENTAL 5%

SOLICITA : AMBROSIO LEON ABEL QUENAN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
 CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN 5% Y 10%
 UBICACIÓN : CHIMBOTE- PROVINCIA DE SANTA - ANCASH
 FECHA : 19/03/2019

MATERIAL : LADRILLO (EXPERIMENTAL)
 DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

Identificación de la Muestra	Dimensiones (cm)			Area Bruta (cm ²)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
M-1 (14 DIAS)	22.90	12.90	8.90	295.4	27,900	94.45
M-1 (14 DIAS)	22.90	13.00	9.00	297.7	29,740	99.90
M-1 (14 DIAS)	23.00	13.00	9.00	299.0	28,220	94.38
PROMEDIO						96.24

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 JEFATURA
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO-EXPERIMENTAL 5%

SOLICITA : AMBROSIO LEON ABEL QUENAN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
 CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN 5% Y 10%
 UBICACIÓN : CHIMBOTE- PROVINCIA DE SANTA - ANCASH
 FECHA : 19/03/2019

MATERIAL : LADRILLO (EXPERIMENTAL)
 DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

Identificación de la Muestra	Dimensiones (cm)			Area Bruta (cm ²)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
M-1 (28 DIAS)	23.00	12.90	9.00	296.7	38,420	129.49
M-1 (28 DIAS)	22.90	12.90	9.00	295.4	39,220	132.76
M-1 (28 DIAS)	23.00	13.00	9.00	299.0	38,010	127.12
PROMEDIO						129.79



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO-EXPERIMENTAL 10%

SOLICITA : AMBROSIO LEON ABEL QUENAN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
 CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN 5% Y 10%
 UBICACIÓN : CHIMBOTE- PROVINCIA DE SANTA - ANCASH
 FECHA : 19/03/2019

MATERIAL : LADRILLO (EXPERIMENTAL)
 DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

Identificación de la Muestra	Dimensiones (cm)			Area Bruta (cm ²)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
M-1 (7 DIAS)	22.90	13.00	9.00	297.7	24,310	81.66
M-1 (7 DIAS)	23.00	13.00	9.00	299.0	24,270	81.17
M-1 (7 DIAS)	22.90	13.00	8.90	297.7	26,250	88.18
PROMEDIO						83.67



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO-EXPERIMENTAL 10%

SOLICITA : AMBROSIO LEON ABEL QUENAN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
 CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN 5% Y 10%
 UBICACIÓN : CHIMBOTE- PROVINCIA DE SANTA - ANCASH
 FECHA : 19/03/2019

MATERIAL : LADRILLO (EXPERIMENTAL)
 DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

Identificación de la Muestra	Dimensiones (cm)			Area Bruta (cm ²)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
M-1 (14 DIAS)	23.00	13.00	9.00	299.0	28,350	94.82
M-1 (14 DIAS)	22.90	13.00	9.00	297.7	28,120	94.46
M-1 (14 DIAS)	22.90	13.00	9.00	297.7	26,880	90.29
PROMEDIO						93.19



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO-EXPERIMENTAL 10%

SOLICITA : AMBROSIO LEON ABEL QUENAN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE CONCRETO SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL
 CONFITILLO POR CAUCHO RECICLADO EN 5% Y 10%
 UBICACIÓN : CHIMBOTE- PROVINCIA DE SANTA - ANCASH
 FECHA : 19/03/2019

MATERIAL : LADRILLO (EXPERIMENTAL)
 DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

Identificación de la Muestra	Dimensiones (cm)			Area Bruta (cm ²)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
M-1 (28 DIAS)	23.00	13.00	8.90	299.0	35,740	119.53
M-1 (28 DIAS)	23.00	13.00	9.00	299.0	35,980	120.33
M-1 (28 DIAS)	22.90	12.90	9.00	295.4	36,120	122.27
PROMEDIO						120.71



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE

