



**UNIVERSIDAD NACIONAL**

**PEDRO RUIZ GALLO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL,**

**DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA.**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

---



**TESIS**

**“Estudio de las propiedades físico mecánicas del concreto empleando partículas de caucho reciclado como material suplementario del agregado grueso”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**RESPONSABLES:**

**Effio Salazar, Felix Junior**

**Granda Sampén, Luiggi Isaac**

**ASESOR:**

**Dr. Ing. Mondragón Castañeda, Carlos Ernesto**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2022**



**UNIVERSIDAD NACIONAL**

**PEDRO RUIZ GALLO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL,**

**DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA.**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

---



**TESIS**

**“Estudio de las propiedades físico mecánicas del concreto empleando partículas de caucho reciclado como material suplementario del agregado grueso”**

**APROBADO POR:**

---

**Dr. Ing. Anibal Quintin Cáceres Narrea**

**PRESIDENTE**

---

**Dr. Ing. Hamilton Vladimir Cueva Campos**

**SECRETARIO**

---

**Mg. Ing. Domingo Jorge Luis Dávila Vidarte**

**VOCAL**



UNIVERSIDAD NACIONAL

PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL,

DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA.

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

---



TESIS

**“Estudio de las propiedades físico mecánicas del concreto empleando partículas de caucho reciclado como material suplementario del agregado grueso”**

**PRESENTADO POR:**

---

**Bach. Effio Salazar Felix Junior**

**AUTOR**

---

**Bach. Granda Sampén Luiggi Isaac**

**AUTOR**

---

**Dr. Ing. Mondragón Castañeda Carlor Ernesto**

**AUTOR**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo es dedicado especialmente a mis padres, pues sin su apoyo, motivación y consejos no habría logrado cumplir con este objetivo. Su bendición a lo largo de mi vida me protege y me guía por el camino del bien.

A mis hermanos, quienes desde un principio me acompañaron y apoyaron y me dieron la fuerza para continuar.

A nuestro asesor y jurado quienes nos guiaron y nos brindaron su experiencia para poder alcanzar este objetivo.

**Effio Salazar, Felix Junior**

Agradezco a mi madre por todo los consejos, apoyo y sacrificio que ha realizado para poder culminar mi carrera universitaria, sin ella no hubiese podido lograrlo.

A mis abuelos quienes en vida me cuidaron y me enseñaron a nunca rendirme en cada paso que he dado. Dios los tenga en su Gloria.

A nuestro asesor y jurado, quienes con sus consejos nos guiaron e hicieron posible lograr nuestro objetivo.

**Granda Sampén, Luiggi Isaac**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a Dios por protegernos y brindarnos la fuerza para continuar en cada paso que hemos dado en nuestra vida.

Gracias a nuestros padres, su apoyo y consejos fueron incondicionales en cada nuevo reto y cada nueva meta trazada.

Queremos agradecer de igual forma a nuestro asesor, Dr. Ing. Carlos Ernesto Mondragón Castañeda por su esfuerzo y dedicación, su conocimiento y experiencia nos orientó exitosamente para encaminar de manera adecuada este proyecto de tesis.

A nuestros queridos docentes, que han aportado conocimientos a nuestra formación a lo largo de nuestra carrera profesional.

Gracias a nuestros amigos que nos han apoyado a lo largo de nuestra carrera y durante la redacción de este trabajo.

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue el de estudiar las propiedades físico mecánicas del concreto empleando partículas de Caucho reciclado como material suplementario del agregado grueso, esta es una investigación aplicada de tipo experimental. Se identificaron ocho poblaciones. Las primeras cuatro poblaciones están conformadas por el grupo de probetas de concreto con un  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup> con 5%, 10% y 15% de caucho reciclado y el concreto patrón. El segundo grupo está conformado por vigas de concreto con un  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup> con 5%, 10% y 15% de caucho reciclado y el concreto patrón. Se realizó un muestreo total de 36 probetas en forma de cilindro y 24 vigas de concreto lo cual es el total de la población, a las cuales se les realizó ellos ensayos de resistencia a la rotura y resistencia a la flexión. Se obtuvo como resultado que al utilizar un máximo de 5% de caucho reciclado en el concreto se logra generar un concreto estructural y con un aumento en su resistencia a la flexión, por lo cual se propone utilizar este material en estructuras de pavimentos urbanos.

## **ABSTRACT**

The objective of the present investigation was to study the physical-mechanical properties of concrete using recycled rubber particles as a supplementary material for coarse aggregate, this is an applied investigation of an experimental type. Eight populations were identified. The first four populations are made up of the group of cylindrical concrete specimens with an  $f_c$  of 210 kg/cm<sup>2</sup> with 5%, 10% and 15% recycled rubber and the standard concrete. The second group is made up of concrete beams with an  $f_c$  of 210 kg/cm<sup>2</sup> with 5%, 10% and 15% recycled rubber and standard concrete. A total sampling of 36 cylindrical specimens and 24 concrete beams was carried out, which meant the total population, to which compressive strength and flexural strength tests were performed. It was obtained as a result that by using a maximum of 5% of recycled rubber in the concrete, a structural concrete can be obtained with an increase in its resistance to bending, for which it is proposed to use this material in urban pavement structures.

## CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Precedentes de la Investigación: .....	15
1.1.1 Antecedentes a Nivel Internacional: .....	15
1.1.2 Antecedentes a Nivel Nacional: .....	17
1.2 Planteamiento del Problema:.....	19
1.3 Justificación: .....	19
1.4 Objetivos: .....	19
1.4.1 Objetivo Principal: .....	19
1.4.2 Objetivo específico.....	19
1.5 Identificación de Variables: .....	20
1.5.1 Variable Independiente: .....	20
1.5.2 Variable Dependiente:.....	20
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....	21
2.1 Cemento Portland.....	22
2.1.1 Concepto .....	22
2.1.2 Principales características del Cemento .....	22

2.1.3 Tipos de Cemento Portland.....	23
2.2 Agregados .....	24
2.2.1 Concepto .....	24
2.2.2 Evaluación de canteras de Agregados – Lambayeque .....	25
2.3 Aire.....	26
2.4 Agua.....	26
2.4.1 Concepto .....	26
2.4.2 Requisitos de Calidad.....	26
2.5 Fabricación del Concreto .....	27
2.5.1 Selección del material .....	27
2.5.2 Diseño de mezcla para el concreto patrón.....	29
2.5.3 Mezclado.....	30
2.5.4 Curado.....	30
2.6 Concreto.....	31
2.6.1 Concepto .....	31
2.6.2 Propiedades del Concreto Fresco .....	31
2.6.3 Propiedades del Concreto Endurecido .....	32

2.6.1 Ensayo de Control de Calidad del concreto .....	33
2.6.2 Definición de Caucho:.....	37
<b>CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....</b>	<b>38</b>
3.1 Tipo de Investigación.....	39
3.2 Diseño de la Investigación: .....	39
3.2.1 Caracterización de los Materiales: .....	39
3.2.2 Propiedades de partículas de caucho reciclado (PCR):.....	40
3.2.3 Propiedades del Cemento:.....	41
3.2.4 Propiedades del agua de mezclado:.....	43
3.2.5 Métodos a usar en la fabricación de probetas .....	43
3.2.6 Ensayos realizados: .....	49
<b>CAPÍTULO 4: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>54</b>
4.1 Propiedades físicas de los materiales: .....	55
4.1.1 Propiedades físicas de los agregados: .....	55
4.1.2 Propiedades físicas del cemento (Cemento Portland – Tipo I):.....	59
4.1.3 Propiedades físicas del caucho reciclado:.....	59
4.2 Diseño de Mezcla del Concreto: .....	59

4.3 Resultados Ensayo de Resistencia a la Compresión: .....	65
4.4 Resultados Ensayo de Resistencia a la Flexión:.....	68
4.5 Conclusiones y recomendaciones: .....	70

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Límites aceptables para el agua de mezcla y curado.....	27
Tabla 2: Requisitos granulométricos del Agr. fino.....	27
Tabla 3: Disposición granulométrica del agregado grueso .....	28
Tabla 4: Relación de ensayos realizados en laboratorio.....	39
Figura 5: Caucho utilizado en el experimento.....	40
Tabla 5: Características del cemento Portland Tipo I .....	41
Tabla 6: Diseño de mezcla 210 kg/cm <sup>2</sup> , con proporción a/c de 0.775.....	44
Tabla 7: Denominación de muestras de concreto.....	45
Tabla 8: Granulometría del agregado fino.....	55
Tabla 9: Granulometría del agregado grueso .....	56
Tabla 10: Propiedades físicas de los áridos obtenidos en laboratorio.....	58

Tabla 11: Densidad del cemento Portland Tipo I.....	59
Tabla 12: Peso Unitario Suelto del Caucho reciclado .....	59
Tabla 13: Requerimientos de agua de mezclado y de contenido de aire aproximados para distintos valores de revenimiento y TMN del agregado.....	60
Tabla 14: Relación a/c y resistencia a la rotura del concreto. ....	61
Tabla 15: Máxima relación a/c para concretos con exposición severa.....	61
Tabla 16: Volumen de Ag. Grueso por unidad de volumen de concreto .....	62
Tabla 17: Dosificación en peso y volumen .....	64
Tabla 18: Ensayo a la Compresión – CP.....	65
Tabla 19: Ensayo a la Compresión – CP5%CR .....	65
Tabla 20: Ensayo a la Compresión – CP10%CR .....	65
Tabla 21: Ensayo a la Compresión – CP15%CR .....	66
Tabla 22: Resistencia a la rotura del concreto en estado endurecido .....	66
Tabla 23: Ensayo a la Flexión – CP, CP5%CR, CP10%CR, CP15%CR.....	68

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ensayo de control de Asentamiento o Cono de Abrams.....	34
Figura 2: Ensayo de Resistencia a Compresión.....	35
Figura 3: Procedimiento ensayo de Resistencia a Flexión .....	36
Figura 4: Diagrama Esfuerzo - Deformación .....	37
Figura 6: Ensayo de densidad del cemento .....	42
Figura 7: Medición de temperatura .....	43
Figura 8: Pesado de 64 gr de cemento.....	43
Figura 9: Ensayo de revenimiento o slump .....	46
Figura 10: Fabricación del concreto con trompo mezclador .....	46
Figura 11: Llenado de moldes prismáticos.....	48
Figura 12: Llenado de probetas cilíndricas.....	48
Figura 13: Ensayo de resistencia a la compresión.....	49
Figura 14: Aplicación de carga axial en probetas.....	50
Figura 15: Falla en viga por aplicación de carga central.....	51
Figura 16: Ensayo de Resistencia a la Flexión .....	51
Figura 17: Ensayo de Módulo de Elasticidad.....	52

Figura 18: Ensayo de Módulo de Elasticidad.....	53
Figura 19: Curva granulométrica del Agregado fino.....	55
Figura 20: Curva granulométrica del Ag. Grueso .....	57
Figura 21: Resistencia a la rotura del concreto en estado endurecido según tiempo de curado.....	67
Figura 22: Resistencia a la compresión según porcentaje de caucho reciclado. ....	67
Figura 23: Resistencia a la flexión según porcentaje de caucho reciclado.....	69

# **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Precedentes de la Investigación:**

### **1.1.1 Antecedentes a Nivel Internacional:**

#### **C Alabo y N Camacho (Caracas – Venezuela 2005):**

Analizaron los efectos que generaba agregar rayones de la banda exterior de caucho de los neumáticos en el concreto mediante pruebas destructivas y no destructivas. Realizaron pruebas de resistencia a la rotura y a la tracción a los 28 días de edad, con una composición en peso del 5 % de caucho reciclado y de diferentes tamaños, arrojando como resultado valores similares a los del concreto base. Una posible explicación a esto es que los fragmentos de menor tamaño se colocan en los espacios que dejan los fragmentos de caucho más grandes, lo que reduce la porosidad. En conclusión, podemos decir que es posible usar 5% de caucho reciclado en peso de diferentes dimensiones en el concreto lo cual también ayuda a mitigar el impacto negativo que originan estos residuos en el ecosistema.

#### **Pilar Urra (Valdivia – Chile 2006):**

Realizaron experimentos para establecer la resistencia a la rotura y el módulo elástico para mezclas de concreto con contenido de caucho de 5 %, 10 %, 15 % y 20 %.

Analizando la curva tensión - deformación se pudo concluir que al aplicar cargas de compresión a los testigos el comportamiento del concreto con caucho es prácticamente lineal hasta un máximo del 70 % de la máxima resistencia soportada. Cuando se supera este porcentaje, la curva se desvía de la linealidad. Con estos resultados se determinó que cuando el concreto contiene caucho sus propiedades mecánicas disminuyen, por ello se recomienda una mezcla entre un 5 % y un 10 % de fragmentos de caucho en el concreto.

**A. García (Caracas – Venezuela 2007):**

Con la finalidad de encontrar una mejor aplicación a las bandas de rodadura de las ruedas de los autos, se desarrolló esta investigación para generar nuevas mezclas de hormigón. Se analizó un concreto patrón con cuatro mezclas en las que se reemplazó el 0.5% y 1% de finos por fibras de polímeros termoplásticos y el 1%, 3%, 6%, 12% y 18% de finos por cinco elastómeros compuestos. Después de esto, se elaboraron testigos con forma cilíndrica y placas y se les realizó pruebas de trabajabilidad, rotura y flexión según los procedimientos de la Norma Venezolana Covenin 338. Se concluyó entonces que es completamente posible producir mezclas de concreto con caucho reemplazando parte de estos materiales reciclados con agregados finos (arena), ya que los resultados muestran que el desempeño de algunas mezclas se puede mantener y mejorar.

**M. Bizinotto y J. Riba (Barcelona – España 2009):**

Tuvieron como objetivo analizar en que influye la incorporación de diferentes porcentajes de caucho en las características físicas y mecánicas del hormigón. Se emplearon 5, 10 y 15% del volumen de los agregados. Se utilizó dos tamaños de fragmentos, de 1 a 4 mm y de 10 a 16 mm los cuales fueron reemplazados como ag. fino y ag. grueso respectivamente. Se realizaron ensayos de los cuales resultó que la incorporación de fragmentos de NFU en el concreto no altera su resistencia a la tracción, por el contrario, con 5% de partículas de NFU esta propiedad se ve aumentada. Las propiedades que se vieron afectadas fueron el módulo de elasticidad y la resistencia a la rotura los cuales disminuyeron conforme se aumentaba el contenido de partículas de NFU.

### **S. Sgobba y C. Giuseppe (2010)**

Estudiaron los beneficios que se originan en las propiedades del hormigón el adicionarle fragmentos de caucho. Estas partículas de caucho fueron obtenidas de la trituración mecánica de llantas en desuso de vehículos automotores.

Se realizaron los siguientes ensayos: densidad de las partículas de caucho, trabajabilidad y compresión. De los ensayos se obtuvo como resultado que la necesidad de agua en la mezcla, así como el contenido de aire aumentan mientras que algunas propiedades mecánicas del concreto disminuyen, sin embargo, también se muestra que la incorporación de caucho en el concreto es una solución viable para disminuir el precio del concreto.

### **Cristhian Román Peñaloza Garzón (Bogotá – Colombia 2015):**

Analizaron las diferencias que se generan en las características del hormigón al adicionar diferentes porcentajes de partículas de neumáticos reciclados, dándonos como respuesta que a la edad de 28 días el concreto logra alcanzar una resistencia requerida en el diseño. De acuerdo a los resultados el concreto a esta edad tiene una resistencia a la rotura que está un 3% por debajo del concreto patrón.

#### **1.1.2 Antecedentes a Nivel Nacional:**

### **Y. Guzmán y E. Guzmán (Chimbote – Perú 2015):**

En el estudio realizado se pudo observar que la inclusión de fibras de caucho reciclado (FCR) no afectó de manera considerable al concreto en su trabajabilidad y consistencia hasta un máximo de 5% de FCR. Cuando la cantidad adicionada fue mayor al 15% de FCR originó un cambio considerable en el revenimiento del concreto.

Se pudo observar también una distribución homogénea y no se observó segregación, lo cual es un indicativo de que los componentes utilizados no tienden a separarse, concluyendo que existe una buena adherencia del material reciclado en la mezcla de concreto.

**E. Cabanillas Huachua (Cajamarca – Perú 2017).**

Obtuvieron como resultado que al concreto cuando se le adiciona 5% de fragmentos de caucho reciclado este disminuye su resistencia a la rotura en 8.47% respecto al concreto base; el concreto elaborado con el 10% de caucho reciclado disminuye su resistencia en 38.15% y por último la diferencia de resistencia entre el concreto al que le fue añadido 20% de fragmentos de caucho reciclado respecto al patrón fue de 46.12%.

**Ledezma Chumbes, Felipe y Yauri Huiza, Wilder (Huancavelica – Perú 2018)**

Se tuvo como resultado que es factible el empleo de polvo de neumático en el concreto hasta un 25% en peso (tamaños aleatorios). Este nuevo material vuelve más liviano el concreto además ayuda a mitigar los efectos desfavorables que originan estos desechos, sin embargo, perjudica de manera significativa sus características.

## **1.2 Planteamiento del Problema:**

Existe un continuo crecimiento en la demanda de concreto lo cual genera inquietudes ambientales y del desarrollo sostenible de la industria concretera. Por otro lado, la utilización de neumáticos y la poca inversión en el reciclaje de estos que en su mayor parte termina en botaderos informales para ser quemados a tajo abierto generando problemas de salud a la población y en la calidad del medio ambiente.

Estos escenarios nos llevan a hacernos la siguiente pregunta:

*¿Cómo afecta la sustitución en volumen del agregado grueso por partículas de caucho reciclado en las principales propiedades del concreto?*

## **1.3 Justificación:**

Esta investigación se realizó al ver la excesiva contaminación que existe en nuestro entorno y la depredación de recursos naturales que genera la industria concretera. Es así que esta investigación pretende buscar soluciones a estos problemas y así mitigar los efectos ambientales originados.

## **1.4 Objetivos:**

### **1.4.1 Objetivo Principal:**

El objetivo principal es estudiar la influencia de la sustitución parcial del ag. grueso por caucho reciclado procedentes de neumáticos fuera de uso, en las características físico - mecánicas del concreto.

### **1.4.2 Objetivo específico:**

- Precisar y cuantificar las variaciones que se originan en las características físico - mecánicas del concreto adicionado con caucho reciclado.

- Analizar los resultados y valorar la influencia del caucho en las características del concreto.
- Calcular la mejor relación de fragmentos de caucho reciclado, para generar un concreto de buena calidad.
- Especificar los cambios en la dosificación del concreto al utilizar caucho como material suplementario del agregado grueso.
- Llevar a cabo ensayos normados de laboratorio para conocer las características de resistencia a la rotura y a la flexión del concreto.

### **1.5 Identificación de Variables:**

Se definieron dos tipos de variables: dependientes e independientes. La presente investigación es del tipo experimental aplicada.

#### **1.5.1 Variable Independiente:**

- Porcentaje de partículas de caucho reciclado.
- Indicadores:
  - Diseño de mezcla de concreto patrón (dosificación sin caucho).
  - Diseño de mezcla de concreto añadiendo caucho como material suplementario del agregado grueso.

#### **1.5.2 Variable Dependiente:**

- Propiedades físicas y mecánicas del concreto con incremento de partículas de caucho reciclado.

**CAPÍTULO 2:**  
**MARCO TEÓRICO**

## **2.1 Cemento Portland**

### **2.1.1 Concepto**

Es un polvo conglomerante finamente molido que al aplicarle agua obtenemos propiedades aglutinantes, así como también unificadoras, las cuales le otorgarán una capacidad de poder formar una pasta muy moldeable, un todo compacto y duradero.

### **2.1.2 Principales características del Cemento**

#### ***2.1.2.1 Peso específico***

Definimos al peso específico del cemento al estado compacto del material, Los rangos de estos valores específicos están comprendidos entre  $3.0\text{gr/cm}^3$  y  $3.2\text{gr/cm}^3$ . En el caso se adicionen cementos cuya estructura es integrada, este obtendrá un valor menor de 3 y estará en función de la fineza del material que se adhiera.

#### ***2.1.2.2 Fineza***

La fineza del cemento está relacionado a la molienda con la cual es fabricado. Característicamente es importante debido a que influye en el calor, proceso que se produce mediante la hidratación, en la ascendencia de la resistencia como también en la trabajabilidad del concreto. Es decir, los materiales cementantes mientras más finos sean tendrán una reacción más rápida con el agua y por ende una mayor ganancia respecto a la resistencia temprana del concreto.

#### ***2.1.2.3 Hidratación***

Definimos a la hidratación del cemento, a las reacciones generadas entre el agua y los materiales constituyentes al cemento. Se debe tener en cuenta que en este proceso los factores que más resaltan son el yeso, el Clinker, la temperatura, la fineza, y la cantidad de agua.

#### ***2.1.2.4 Tiempo de fraguado***

Es el tiempo que le toma al cemento en pasar de estado fluido a estado rígido generándose la reacción de hidratación y desarrollándose la resistencia de este. El proceso inicia con el fraguado inicial y se da cuando la mezcla pierde su forma plástica para así empezar a conservar una forma estable si ser sometido a presiones o cargas, a esto se le denomina fraguado final.

#### ***2.1.2.5 Calor de hidratación***

Proceso mediante el cual fragua y endurece dicha masa se define como una reacción química, es decir, durante este se generan reacciones entre los compuestos y el agua. Esta reacción hace que libere calor la cual necesita directamente de la composición química del material, así como la finura del cemento.

### **2.1.3 Tipos de Cemento Portland**

Actualmente existen 5 variedades de cemento Portland, en el cual cada tipo de cemento está diseñado para diferentes usos.

#### ***2.1.3.1 Cemento Portland Tipo I:***

Normalmente se encuentra en su estado más puro, el cual es obtenido mezclando Clinker con yeso. Es el más adecuado para gran parte de construcciones civiles e industriales (casas, naves industriales, estructuras diversas, pavimentaciones, etc.) y cuando este inicialmente requiere una resistencia muy alta y un tiempo de desencofrado más corto.

#### ***2.1.3.2 Cemento Portland Tipo II:***

Particularmente son adecuado para proyectos que requieren altos volúmenes de concreto (requieren de un calor de hidratación reducido), especialmente proyectos moderadamente afectados por cloruros y sulfatos (mayormente en contacto con agua).

### ***2.1.3.3 Cemento Portland Tipo III:***

Cuando necesitamos una elevada resistencia inicial este cemento es muy recomendable. Se sabe que en comparación con los tipos I y II, este cemento aumenta en alto grado la resistencia inicial. Por ello, este cemento es utilizado cuando necesitamos remover el encofrado en el menor tiempo posible o cuando los tiempos son reducidos.

### ***2.1.3.4 Cemento Portland Tipo IV:***

Basado en un calor de hidratación bajo lo cual permite prevenir el fisuramiento inicial rápido del concreto. Especialmente utilizado para proyectos que utilizan concreto de manera masiva (presas, túneles, etc.). Para su elaboración se utilizan materiales de piedra caliza, arcilla e incluso materiales de sílice y aluminio.

### ***2.1.3.5 Cemento Portland Tipo V:***

Caracterizado por poseer una muy elevada resistencia a los sulfatos. Cualquier estructura que tenga contacto directo con la superficie de alto contenido en sulfatos son las ideales para aplicar este cemento.

## **2.2 Agregados**

### **2.2.1 Concepto**

Comprendidos por un gran número de partículas el cual provienen de orígenes naturales como artificiales, las cuales pueden variar en tamaño desde partículas casi invisibles hasta piedras grandes. Estos materiales pueden ser trasladados y almacenados con la finalidad de evitar su segregación y contaminación, ya que estos llegan alcanzar al rededor del 60 hasta el 75% de volumen del concreto influyendo fuertemente en las características del concreto ya sea en su estado fresco como endurecido.

### ***2.2.1.1 Agregado Grueso***

En definición es aquel material que queda retenido en el tamiz N°4 (4.75mm).

Este material puede consistir de la trituración de la roca mediante procesos mecánicos como lo es la chancadora. Estas partículas deben estar limpias, tener una figura angular, ser duros y compactos, resistentes y tener textura rugosa.

### ***2.2.1.2 Agregado Fino***

Se define al material el cual llega a pasar el tamiz de 9,5 mm (3/8”).

El agregado fino también puede estar constituido de arenas naturales proveniente de canteras aluviales, de arena fabricada o también de la combinación de ambos.

## **2.2.2 Evaluación de canteras de Agregados – Lambayeque**

### ***2.2.2.1 Ubicación de las Canteras***

Para poder realizar este estudio se tomaron muestras de cuatro canteras diferentes en el departamento de Lambayeque que producen piedra chancada y arena gruesa. Las canteras evaluadas fueron:

- Cantera La Victoria (Pátapo)
- Cantera 3 Tomas (Ferreñafe)
- Cantera Pacherez (Pucalá)

Se evaluaron sus principales propiedades de los agregados para lo cual se realizaron ensayos:

- Granulometría del agregado
- Porcentaje de Absorción y Peso Específico
- Peso Unitario y Contenido de Humedad

Con respecto a los estudios realizados se optó: Cantera La Victoria (Pátapo) para la Arena Gruesa y la Cantera Pacherez (Pucalá) para la Piedra Chancada. Los resultados de estos ensayos se adjuntan en los anexos.

### **2.3 Aire**

El aire siempre estará representado por el 1% y 3% del volumen de mezcla, el cual está influenciado por la particularidad de los materiales que intervienen, esto quiere decir que su variabilidad va depender de la granulometría de los agregados y de su tamaño.

### **2.4 Agua**

#### **2.4.1 Concepto**

Fundamentalmente este elemento es muy importante en la fabricación de mortero y concreto el cual permite que el cemento desarrolle sus capacidades como aglutinantes, hidratando al cemento y asegurando la trabajabilidad del concreto. Cuando existe agua en exceso en el concreto se crea porosidad al momento de fraguado lo que origina una reducción en su resistencia, por lo que se sugiere utilizar aditivos plastificantes cuando se necesite un mayor slump en la mezcla y no con agua.

#### **2.4.2 Requisitos de Calidad**

Para un buen uso de la mezcla debemos garantizar que el agua debe ser vital para el consumo, no puede poseer materias que perjudiquen al concreto como ácidos y aceites, sustancias alcalinas y materias orgánicas. Este elemento llamado agua es el más favorable para una muy buena elaboración de concreto ya que presenta características físicas y químicas óptimas.

Tabla 1: *Límites aceptables para el agua de mezcla y curado*

Descripción	Límite Permisible			Norma NTP
Cloruros (ion $CL^-$ )	1000	ppm	Máximo	339.076
Sulfatos (ion $SO_4$ )	600	ppm	Máximo	339.074
Alcalinidad Total	1000	ppm	Máximo	339.088
Sales Solubles Totales	1500	ppm	Máximo	339.152
pH	5.5 a 8	ppm	Máximo	339.073
Residuos Sólidos en Suspensión	500	ppm	Máximo	339.071
Sustancias Orgánica Expresado en Oxígeno	3	ppm	Máximo	339.072

*Nota: Normas Técnicas Peruanas*

## 2.5 Fabricación del Concreto

### 2.5.1 Selección del material

Agregado Fino: Según los estándares de la tabla 2: Debe cumplir con la siguiente gradación:

Tabla 2: *Requisitos granulométricos del Agr. fino*

Tamiz	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (No. 4)	95 a 100
2.36 mm (No. 8)	80 a 100
1.18 mm (No. 16)	50 a 85
600 um (No. 30)	25 a 60
300 um (No. 50)	5 a 30
150 um (No. 100)	0 a 10

*Nota: NTP 400.037*

- Su módulo de finura será superior a 2.3 e inferior a 3.1.
- No deberá presentar impurezas orgánicas perjudiciales.
- El agregado fino tendrá un máximo de 3% de trozos de arcilla y partículas friables.
- Como material tendrá un máximo de 5% que pase la malla 75 um (No. 200).

Agregado grueso: De acuerdo a los límites de la tabla 3 debe tener una gradación:

Tabla 3: *Disposición granulométrica del agregado grueso*

HUSO	Tamaño Máximo Nominal	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS														
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	300 <del>um</del>	
1	90 mm a 37.5 mm	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-	
2	63 mm a 37.5 mm	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-	
3	50 mm a 25 mm	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	
357	50 mm a 4.75 mm	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-	
4	37.5 mm a 9 mm	-	-	-	-	100	95 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	
467	37.5 mm a 4.75 mm	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-	
5	25 mm a 12.5 mm	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-	
56	25 mm a 9.5 mm	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-	
57	25 mm a 4.75 mm	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-	
6	19 mm a 9.5 mm	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-	
67	19 mm a 4.75 mm	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	
7	12.5 mm a 4.75 mm	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-	
8	9.5 mm a 2.56 mm	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-	
89	9.5 mm a 1.18 mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 mm a 1.18 mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Nota: NTP 400.037

- Tendrá un máximo de 5% de trozos de arcilla y partículas friables.
- Como material tendrá un máximo de 1% que pase la malla 75 um (No. 200).
- Poseerá una resistencia a la abrasión no menor al 50 %.

## **2.5.2 Diseño de mezcla para el concreto patrón**

### ***2.5.2.1 Método de diseño ACI***

En este proceso contamos con 9 pasos del diseño de mezcla de concreto convencional, incluyendo los ajustes de contenido de humedad total y la corrección de la mezcla de prueba:

1. Como paso uno debemos elegir el revenimiento a usar.
2. Elegimos el tamaño del agregado (TMN - Tamaño máximo nominal).
3. Como paso tres, se visualiza una tabla con el contenido del agua recomendado según el revenimiento necesitado y el tamaño máximo estos agregados, considerando también si el concreto necesita o no necesita incorporación de aire.
4. En el cuarto paso, para la resistencia requerida a los 28 días, se facilita una tabla donde se muestran valores de la relación agua/cemento.
5. El cemento a obtener se calcula en base al valor de agua que se especifica en el tercer punto y la relación agua cemento que se obtuvo en el cuarto paso.
6. Seguido se mostrará una tabla con el volumen del agregado grueso que existe por volumen unitario de concreto. Los valores de estos se hallarán con el TMN del ag. grueso y del módulo de fineza del ag. fino.
7. Posteriormente se estima la porción de agregado fino cuya cantidad es lo que resta para llegar al total. Existen dos métodos que podemos utilizar ya sea por su peso o por volumen absoluto.

8. Luego realizamos un reajuste de la mezcla por el contenido de humedad de los agregados, el agua que se incorpora a la mezcla se le debe disminuir en cantidad equitativa a la humedad que se aportó por el agregado, es decir, humedad global menos la absorción.
9. Y como paso final, debemos ajustar la muestra de la mezcla obtenida, para lo cual se debe corroborar la masa volumétrica del concreto, el contenido de aire, la buena manejabilidad por medio del ensayo de revenimiento o slump, la carencia de segregación y sangrado, además de las propiedades de acabado.

### **2.5.3 Mezclado**

Es la acción que busca encubrir el espacio de estos agregados con la pasta de cemento, originando así una masa muy homogénea. Esta mezcla se realiza de forma mecánica con una batidora o mezcladoras la cual asegura la homogeneización del concreto de forma económica. La mezcla se va originando cuando cada parte de concreto es elevada por agitadores a medida que gira el tambor, de modo que al momento de cada giro se vierte para mezclar con las otras porciones, hasta formar una mezcla homogénea.

### **2.5.4 Curado**

Proceso el cual consiste en conservar en un ambiente húmedo el concreto durante varios días posterior al vaciado, con el objetivo de lograr su máxima resistencia de diseño ( $f'c$ ) y el de evitar probables agrietamientos en la superficie.

## **2.6 Concreto**

### **2.6.1 Concepto**

De acuerdo al libro “Tópicos de tecnología del concreto” de autor E. Pasquel, nos menciona que, el concreto es la combinación de materiales como arena y piedra (también llamados agregados o áridos) y cemento el cual sirve como conglomerante.

### **2.6.2 Propiedades del Concreto Fresco**

De acuerdo a sus propiedades principales del concreto en su estado fresco son:

#### ***2.6.2.1 Trabajabilidad:***

Es una propiedad crucial del concreto para diversas aplicaciones. Básicamente, porque permite con facilidad combinarse los componentes y la mezcla final puede manipularse, moverse y colocarse sin perder homogeneidad.

#### ***2.6.2.2 Segregación:***

Está dado por la desunión de elementos diferentes de una mezcla en estado fresco la cual está formada por elementos de diferentes tamaños y pesos. Las partículas de mayor peso tienden a asentarse en la parte inferior del lugar de transporte o colocación y las partículas de menor peso se elevan a la superficie.

La segregación origina la aparición de fisuras y cangrejas lo cual conlleva a que disminuya la resistencia a la rotura y la durabilidad del concreto.

#### ***2.6.2.3 Exudación:***

Esto se debe al asentamiento de sólidos, lo que hace que parte del agua mezclada suba hacia la superficie. Esta propiedad está directamente influenciada por un gran número de finos en el agregado y la fineza del cemento.

La exudación es perjudicial al concreto ya que da como resultado obtenemos un concreto poroso, con menos duración y con menor resistencia debido a una mayor relación agua – cemento.

### **2.6.3 Propiedades del Concreto Endurecido**

Sus propiedades principales del concreto en estado endurecido son:

#### ***2.6.3.1 Elasticidad:***

Capacidad que le da al concreto la particularidad en deformarse aplicándole cargas sin sufrir deformaciones duraderas. El concreto es intrínsecamente inelástico porque no se comporta linealmente en ninguna parte de su gráfica en compresión de esfuerzo vs deformación.

#### ***2.6.3.2 Resistencia:***

Este posee una capacidad en peso y esfuerzos, teniendo una mejor conducta en compresión que en tracción.

Su resistencia va depender primordialmente del grado en que puede concentrarse esta pasta en la mezcla, que se suele expresar como la relación agua/cemento en peso.

#### ***2.6.3.3 Extensibilidad:***

Esta propiedad faculta al concreto deformarse, pero sin generar agrietamientos. Está definido en base a la función de la deformación unitaria máxima que puede tolerar al concreto sin que se generen rajaduras.

#### ***2.6.3.4 Durabilidad:***

Para el concreto es muy importante esta propiedad, ya que debe ser resistente a la intemperie, a las consecuencias de los productos químicos y al desgaste que sufrirá durante su uso. La

mayoría de los deterioros que se causan por la intemperie pueden ser atribuidos a los ciclos de congelamiento y descongelación.

#### ***2.6.3.5 Impermeabilidad:***

Propiedad importante del concreto la cual puede verse mejorada al reducir la porción de agua, mezcla que se realiza al concreto. El excesivo contenido de líquido de agua se evapora dejando huecos y vacíos que pueden penetrar o atravesar el concreto.

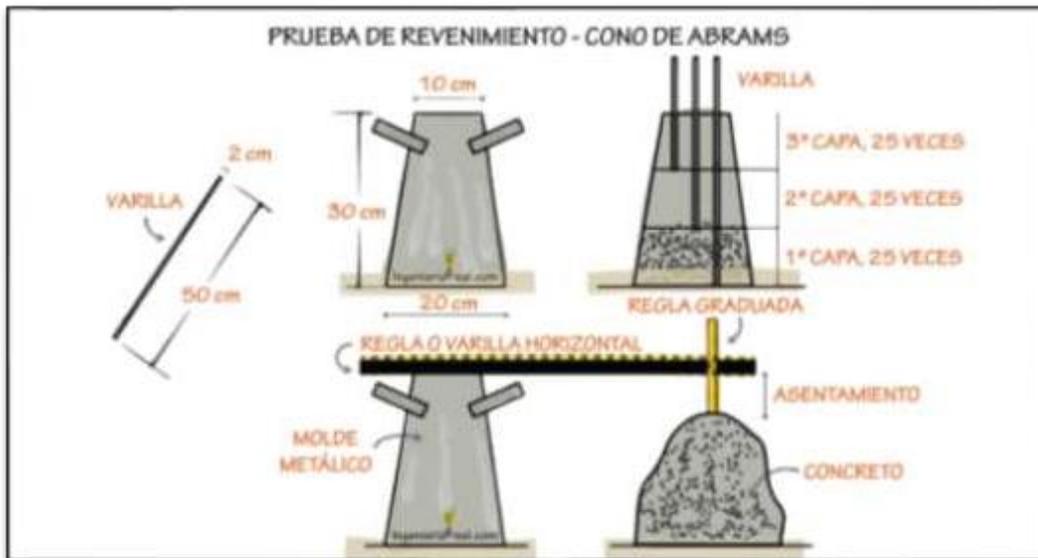
### **2.6.1 Ensayo de Control de Calidad del concreto**

#### ***2.6.1.1 Ensayo de Control de asentamiento:***

También llamado cono de Abrams, este nos permite calcular la solidez de un concreto en su estado más fresco. Podría decirse que cuanto menor sea el asentamiento medido, más trabajo requerirán los operadores y las máquinas para trabajar el concreto en su lugar.

El asentamiento del concreto es medido con wincha, pero es necesario el criterio del operario para describir su comportamiento ya que es una prueba cuali - cuantitativa.

Figura 1: *Ensayo de control de Asentamiento o Cono de Abrams*



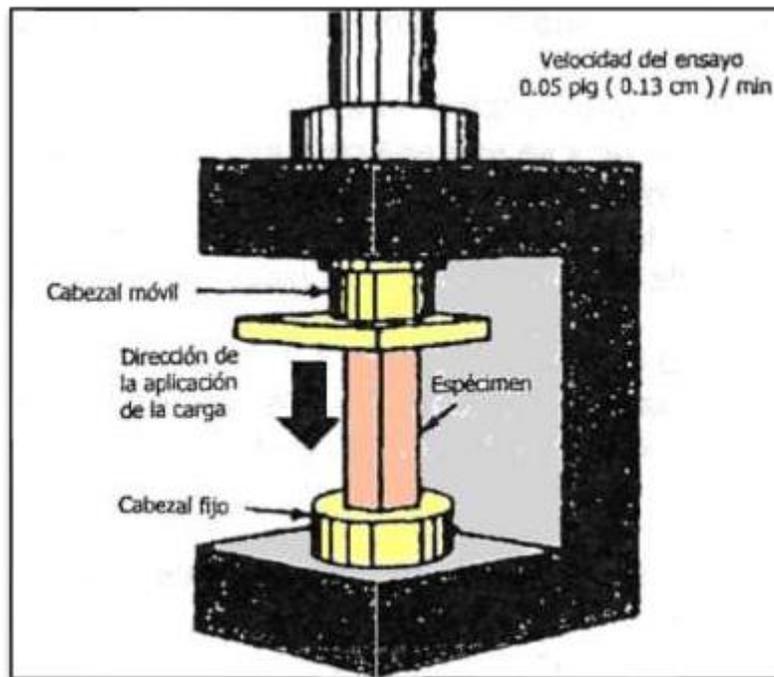
*Nota: Procedimiento y materiales para realizar el ensayo según NTP 339.035*

### **2.6.1.2 Resistencia a la compresión del concreto**

Propiedad muy fundamental del concreto cuando se encuentra en su estado endurecido, podemos definirla como la suficiencia que puede soportar peso por unidad de área, normalmente lo expresamos en kg/cm<sup>2</sup> o MPa. Estos resultados primordialmente se utilizan para precisar si la mezcla de concreto preparado cumple con los requisitos especificados de resistencia estipuladas ( $f_c$ ).

La obtención de estos resultados finales sometidos al mecanismo de la máquina compresora nos garantiza si el concreto cumple con los parámetros de acuerdo a las resistencias estandarizadas para el correcto uso de controles de calidad en obra.

Figura 2: *Ensayo de Resistencia a Compresión*

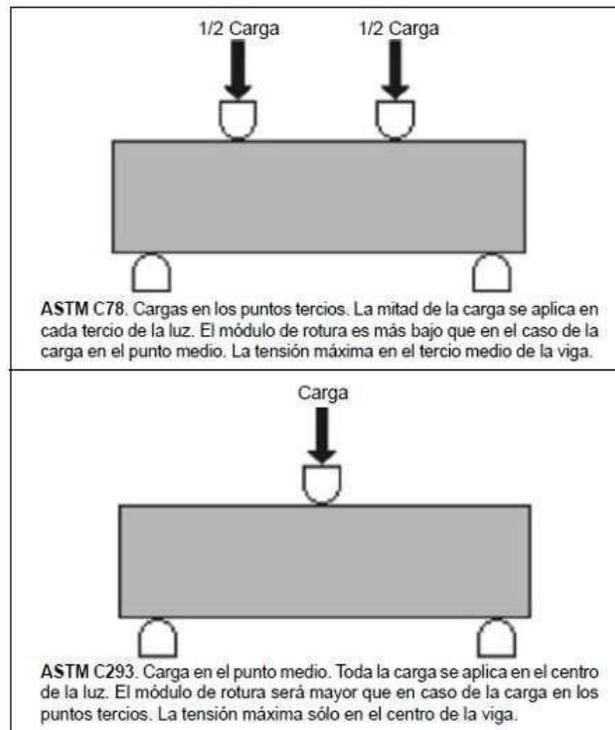


*Nota: Explicación de aplicación de las cargas axiales según la NTP339.033*

### **2.6.1.3 Resistencia a la flexión del concreto**

La flexión es una medición de la carga resistente a la tracción del concreto. Esta medida falla por momento de una losa o viga de concreto sin refuerzo. Podemos hallarlo si aplicamos pesos a vigas de concreto de 6'' x 6'' medidas en susección transversal y con una luz mínima que és tres veces su espesor.

Figura 3: *Procedimiento ensayo de Resistencia a Flexión*

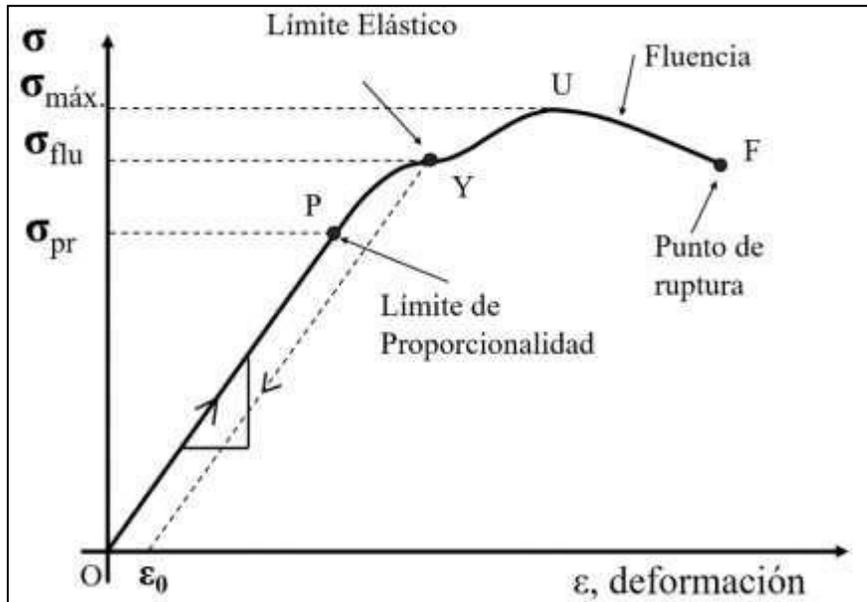


Nota: Modelo de cargas para el ensayo de resistencia a la flexión.

#### **2.6.1.4 Módulo de elasticidad del concreto**

Propiedad que nos refleja la capacidad que tiende a deformarse elásticamente, la cual se puede obtener aplicando cargas de magnitud conocidas a una muestra para calcular la deformación del material. Se determina mediante la prueba de tensión estándar especificada en la norma ASTM C469, mediante la preparación de muestras en forma de cilindro con diámetro de 0.15m y una  $H=0.30m$ (altura), sometidas a cargas y aumentadas axialmente de manera que el cilindro de concreto falle. Las deformaciones horizontales y longitudinales se miden continuamente mientras se aplican cargas adicionales.

Figura 4: Diagrama Esfuerzo - Deformación



### 2.6.2 Definición de Caucho:

Este material se puede obtener de las secreciones lechosas la cual provienen del árbol de caucho. Esta resina que se origina naturalmente de los árboles se llama látex, luego el producto se trata con varios productos químicos y luego se da paso a la producción de látex. El uso de estos materiales se puede diversificar, pero las aplicaciones más relevantes son la producción de neumáticos y ciertas recopilaciones hechas a partir de hidrocarburos.

# **CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

### 3.1 Tipo de Investigación:

- Según los métodos para demostrar la hipótesis: **Investigación experimental**
- Según la finalidad a perseguir: **Investigación aplicada**

### 3.2 Diseño de la Investigación:

#### 3.2.1 Caracterización de los Materiales:

Para los agregados, se realizó un análisis de las canteras de la zona con la prioridad de determinar las particularidades, propiedades y calidad del material y poder así elegir los mejores agregados para el presente estudio. Los ensayos realizados fueron:

Tabla 4: *Relación de ensayos realizados en laboratorio*

Nombre del Ensayo	Uso	Ensayo NTP	Propósito
Granulometría	Clasificación	400.012	Determinar la distribución cuantitativa de las medidas de partículas de los áridos.
Peso Unitario	Calidad de agregados	400.017	Calcular el peso unitario suelto o compactado en el ag. fino, grueso o una combinación de ambos
Peso específico y absorción del agregado	Calidad de agregados	400.021 400.022	Determinar el peso específico, como también la absorción después de 24h de sumergidos en agua.
Abrasión de los Ángeles	Calidad de agregados	400.019	Calcular el aguante al desgaste de los áridos naturales o triturados de tamaños menores a 1 ½”

*Nota: Elaboración propia*

### **3.2.2 Propiedades de partículas de caucho reciclado (PCR):**

En esta investigación usamos partículas de caucho originados de los neumáticos que ya no tienen uso. Parte de estos neumáticos fueron previamente reutilizados por personas que fabrican piezas para autos de caucho en la “Feria San Lorenzo” de la ciudad de Chiclayo y otra parte por productores de llanques también de la ciudad de Chiclayo.

Las partículas residuales de estos trabajos, los cuales terminaban en drenes, botaderos y terrenos baldíos, fueron usadas en la presente investigación a fin de darle un nuevo uso y así reducir el impacto ambiental de este. Las partículas de caucho utilizadas tienen forma variada con diámetros de entre 2 a 2.5 cm, no se retiró las fibras textiles ni acero de su composición.

Figura 5: *Caucho utilizado en el experimento*



### 3.2.3 Propiedades del Cemento:

El cemento Pacasmayo el Portland tipo I fue el utilizado en este trabajo, cuyas propiedades físico - mecánicas fueron proporcionados por el fabricante y se visualizan en la tabla 5.

Tabla 5: *Características del cemento Portland Tipo I*

Propiedades físicas y mecánicas	NTP 334.090	Resultado	Verificació
Contenido de aire	Máx 12 %	6 %	Sí cumple
Expansión de autoclave	Máx 0.80 %	0.12 %	Sí cumple
Superficie específica	Mín 2600cm <sup>2</sup> /g	3810 cm <sup>2</sup> /g	Sí cumple
Densidad	No especifica	3.12 g/mL	Sí cumple
Fraguado inicial	Mínimo 45min	110 min	Sí cumple
Fraguado final	Máximo 375 min	238 min	Sí cumple
Resistencia a la compresión 3 días	Mínimo 12.0 MPa	30.3 MPa	Sí cumple
Resistencia a la compresión 7 días	Mínimo 19.0 MPa	37.0 MPa	Sí cumple
Resistencia a la compresión 28 días	Mínimo 28.0 MPa	42.1 MPa	Sí cumple

*Nota: Cementos Pacasmayo S.A.*

Para obtener datos más exactos, realizamos el ensayo de densidad al cemento Tipo I de Pacasmayo, siguiendo la **NTP 334. 005** “CEMENTOS. La cual nos indica los métodos establecidos para obtener la densidad del cemento Pórtland”.

Procedimos en sumergir el frasco volumétrico de Le Chatelier en un recipiente conteniendo agua a 20° C, con un termómetro se controló la temperatura la cual debe de ser constante, luego de esto se procedimos en llenar el frasco con kerosene libre de agua hasta la numeración 0 ml en

el frasco de Le Chatelier, finalmente con un embudo se comenzó a introducir el cemento en pequeñas cantidades de 0.05 gramos aproximadamente hasta llegar a 64 gramos evitando que se adhiriera el cemento en las paredes interiores y en el cuello del frasco. Después que se introdujo todo el cemento se tapó el frasco y se comenzó a girar en posición inclinada a fin de liberar todo el aire del cemento hasta que no quedara ninguna burbuja. Finalmente se procedió a tomar la lectura del desplazamiento del líquido el cual fue 20.65 ml.

Mediante la siguiente formula:

$$\rho \text{ (g/cm}^3\text{)} = \text{masa de cemento(g)}/\text{volumen de líquido desplazado (cm}^3\text{)}$$

Se obtuvo la densidad del cemento utilizado en la presente tesis el cual es **3.10 g/cm<sup>3</sup>**.

Figura 6: *Ensayo de densidad del cemento*



*Nota: Materiales utilizados para el ensayo de densidad del cemento.*

Figura 8: *Pesado de 64 gr de cemento*

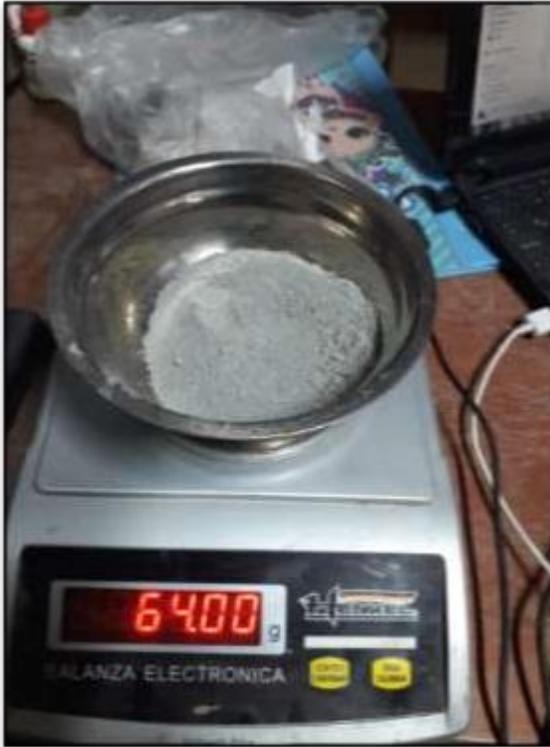


Figura 7: *Medición de temperatura*



### **3.2.4 Propiedades del agua de mezclado:**

En este presente estudio elaboramos y curamos el concreto a demás empleamos agua potable proveniente de la red de que abastece a la ciudad de Chiclayo con el objetivo de cumplir la **NTP 339.088** “CONCRETO. Agua que siempre es usada para elaboración de una mezcla de concreto de cemento Portland” (ASTM C1602).

### **3.2.5 Métodos a usar en la fabricación de probetas:**

#### **3.2.5.1 Dosificación:**

Para estos procedimientos de elaboración de mezcla de concreto de tomaron en cuenta los siguientes pasos de acuerdo a lo establecido al comité 211 del ACI, tomando como dato inicial la resistencia a la rotura de 210 kg/cm<sup>2</sup>, con un slump de 3” a 4” para el concreto patrón y las

mezclas con caucho. Las porciones de caucho que establecimos en la realización de probetas con forma cilíndrica fueron de 5%, 10% y 15% del volumen de piedra chancada.

Estos ingredientes de la mezcla se dosificarán de tal manera que el resultado de este concreto obtenga resistencia suficiente y una adecuada trabajabilidad para su vaciado. Debemos destacar la relación agua-cemento por ser factor primordial con el cual se controla la resistencia del concreto.

La dosificación del hormigón de referencia se detalla en la tabla 9.

Tabla 6: *Diseño de mezcla 210 kg/cm<sup>2</sup>, con proporción a/c de 0.775*

Material	Proporción en peso	Pesos (kg)	% de mezcla
Cemento	1.00	352	15.73
Agua	0.775	273	12.20
Arena	2.15	757	33.82
Grava	2.43	856	38.25
Total, para 1 m <sup>3</sup>		2238	100

*Nota: Elaboración propia*

Para este concreto se elaboró el diseño de tres mezclas, con una sustitución de caucho por el agregado grueso (piedra) a partir de una dosificación patrón sin que se altere en absoluto la relación conocida como agua /cemento.

Al momento de la realización de la mezcla usando fragmentos de caucho, se sustituyó el 5%, 10% y 15% del volumen de la piedra del concreto base por fragmentos de caucho reciclado. La denominación de los concretos preparados se visualiza en la tabla 7:

Tabla 7: *Denominación de muestras de concreto*

<b>Código</b>	<b>Designación</b>
CP	Concreto patrón
CP5%CR	Concreto patrón con 5 % de caucho reciclado
CP10%CR	Concreto patrón con 10 % de caucho reciclado
CP15%CR	Concreto patrón con 15 % de caucho reciclado

---

*Nota: Elaboración propia*

### **3.2.5.2 Elaboración de la mezcla:**

Se utilizó un trompo mezclador con capacidad para 250 litros (9 pie<sup>3</sup>). En la mezcladora, previamente humedecida y encendida, se colocó la arena, la piedra (agregado grueso) y parte del agua de mezclado determinada para cada tipo de concreto y se mezcló por unos segundos, luego se añadió el cemento y lo faltante del agua de mezclado. Se dejó batir durante tres minutos hasta conseguir una mezcla homogénea. Para las mezclas donde se adicionó fragmentos de caucho, este se añadió junto a la piedra (ag. grueso)

Figura 9: *Ensayo de revenimiento o slump*



Figura 10: *Fabricación del concreto con trompo mezclador*



### ***3.2.5.3 Vaciado y compactación del concreto:***

Realizamos moldes en forma de cilindros de 0.15m de diámetro por 0.30m de alto los cuales serán utilizados en los ensayos que realizaremos de resistencia a la rotura siguiendo la **NTP 339.034** y en moldes prismáticos de 15x15x53 cm en ensayos de resistencia a flexión siguiendo la **NTP 339.079**.

El proceso de vaciado para los moldes de forma de cilindro lo realizamos en 3 sencillos pasos, la primera capa llenamos aproximadamente a 10 cm de altura del molde, la segunda capa a 20 cm de la altura del molde y la tercera hasta completar los 30 cm de altura de los moldes cilíndricos. Para el caso de moldes en forma de rectángulo (para resistencia a la flexión) se realizó en dos llenadas. La primera hasta alcanzar 7.5 cm de altura y la segunda hasta alcanzar los 15 cm de altura del molde.

Luego de realizada la mezcla aplicamos 25 golpes o chuceadas el cual nos permite asegurar que pase toda la capa reduciendo los vacío que se generan, incluso se recomienda que la varilla ingrese aproximadamente unos 2.5 cm a la capa anterior. Terminado el compactado en cada capa, se deben aplicar de 10 - 15 golpes con martillo de goma con el fin de cerrar los vacíos que pudieron haberse originado y con esto aumentar la densidad.

Figura 12: *Llenado de probetas cilíndricas*



Figura 11: *Llenado de moldes prismáticos*



#### ***3.2.5.4 Curado del concreto:***

Para curar las probetas debemos sumergirlas en agua durante los días posteriores al moldeo y se sacaron de los contenedores 2 horas antes de efectuar su prueba de resistencia a la rotura así como para flexión en edades de 7, 14 y 28 días. Este procedimiento se hizo respetando los parámetros que indica la **NTP 339.033**.

#### **3.2.6 Ensayos realizados:**

##### ***3.2.6.1 Resistencia a la compresión:***

Durante el proceso del ensayo hallamos la resistencia dividimos la carga que soportó el área de su sección de la probeta midiéndose en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm<sup>2</sup>). Para la realización de este ensayo se analizaron tres probetas para cada una de las edades de 7, 14 y 28 días haciendo un total de 9 probetas para cada tipo de concreto diseñado de acuerdo a la **NTP 339.034**.

Figura 13: *Ensayo de resistencia a la compresión*



Figura 14: *Aplicación de carga axial en probetas*



### ***3.2.6.2 Resistencia a la flexión:***

Para proceder con este ensayo usamos moldes de forma prismática los cuales miden 15x15x53 cm. Primero, se limpiaron todas las superficies para deshacerse del polvo u otros materiales extraños de la superficie que estarán en contacto con los rodillos. Luego se colocó la muestra en la máquina de modo que su eje longitudinal sea perpendicular al eje longitudinal de los rodillos superior e inferior, y se verificó que la carga sea perpendicular a la dirección de la muestra.

Se seleccionó un aumento constante de tensión abarcando los 0,04 MPa/s a 0,06 MPa/s. Luego de aplicarse la carga inicial la cual no excedió el 20% de carga aplicada, se aplicó carga de forma continua con un aumento de  $\pm 10\%$  hasta la falla de la probeta.

Figura 16: *Ensayo de Resistencia a la Flexión*



Figura 15: *Falla en viga por aplicación de carga central.*



### ***3.2.6.3 Módulo de Elasticidad:***

Propiedad mecánica que representa la capacidad de deformación elástica del concreto, que se puede obtener evaluando la deformación del material aplicando una carga conocida a la muestra.

Se prepararon especímenes cilíndricos con un diámetro de 0.15m y una altura de 0.30m, los cuales fueron sometidos a carga axial progresivamente creciente hasta la muestra falle con deformaciones de hasta  $0.45 f'c$  (zona elástica). Las deformaciones transversales y longitudinales se miden continuamente bajo cargas crecientes.

Figura 17: *Ensayo de Módulo de Elasticidad*



Figura 18: *Ensayo de Módulo de Elasticidad*



**CAPÍTULO 4:**  
**PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

#### 4.1 Propiedades físicas de los materiales:

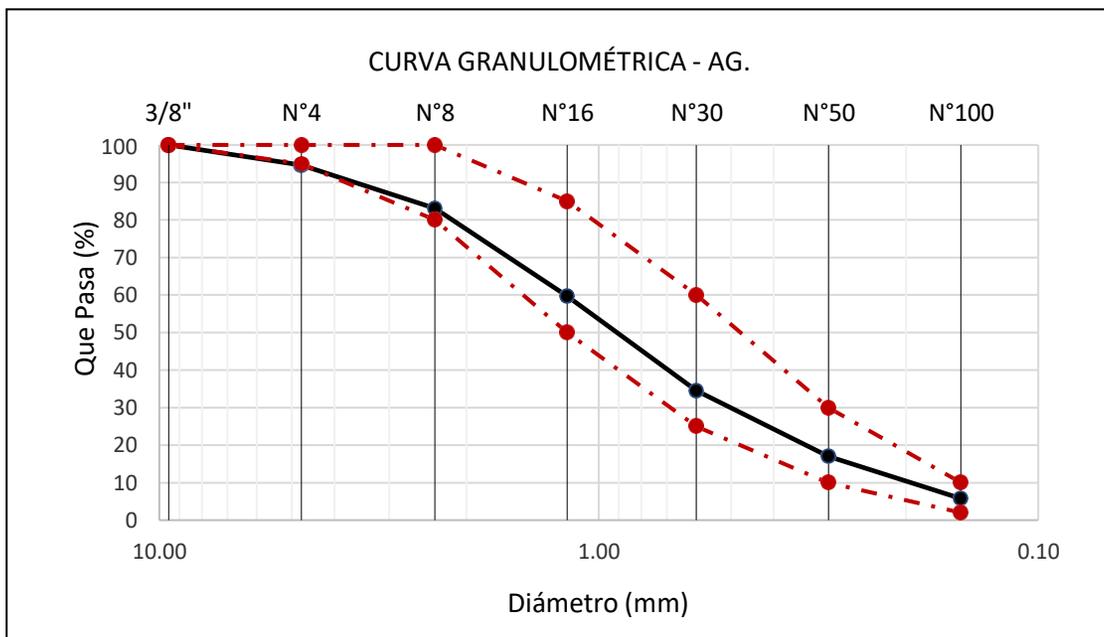
##### 4.1.1 Propiedades físicas de los agregados:

Tabla 8: Granulometría del agregado fino

Malla		% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa acumulado	Gradación "C"
Nº Tamiz	(mm)				
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 04	4.750	5.3	5.6	94.4	95 - 100
Nº 08	2.360	11.6	16.9	83.1	80 - 100
Nº 16	1.180	23.4	40.3	59.7	50 - 85
Nº 30	0.600	25.2	65.5	34.5	25 - 60
Nº 50	0.300	17.5	83.0	17.0	10 - 30
Nº 100	0.150	11.2	94.2	5.8	2 - 10
<b>MÓDULO DE FINURA</b>				3.05	

Nota: Elaboración propia

Figura 19: Curva granulométrica del Agregado fino



Con referencia al módulo de fineza para el agregado fino la cual nos indica la **NTP 400.037** este no tendrá un valor menor de 2.3 ni excederá de 3.1. Si el módulo de finura está por debajo a 2.3 se considera una arena muy fina lo cual conllevará a la necesidad de más agua para realizar la mezcla de concreto, por el contrario, cuando el módulo de finura está por encima a 3.1 decimos que es una arena muy gruesa la cual genera la reducción de la trabajabilidad de la mezcla. De acuerdo a los ensayos realizados mostrados en la Tabla 11 podemos observar la fineza de nuestro agregado está dentro del rango óptimo.

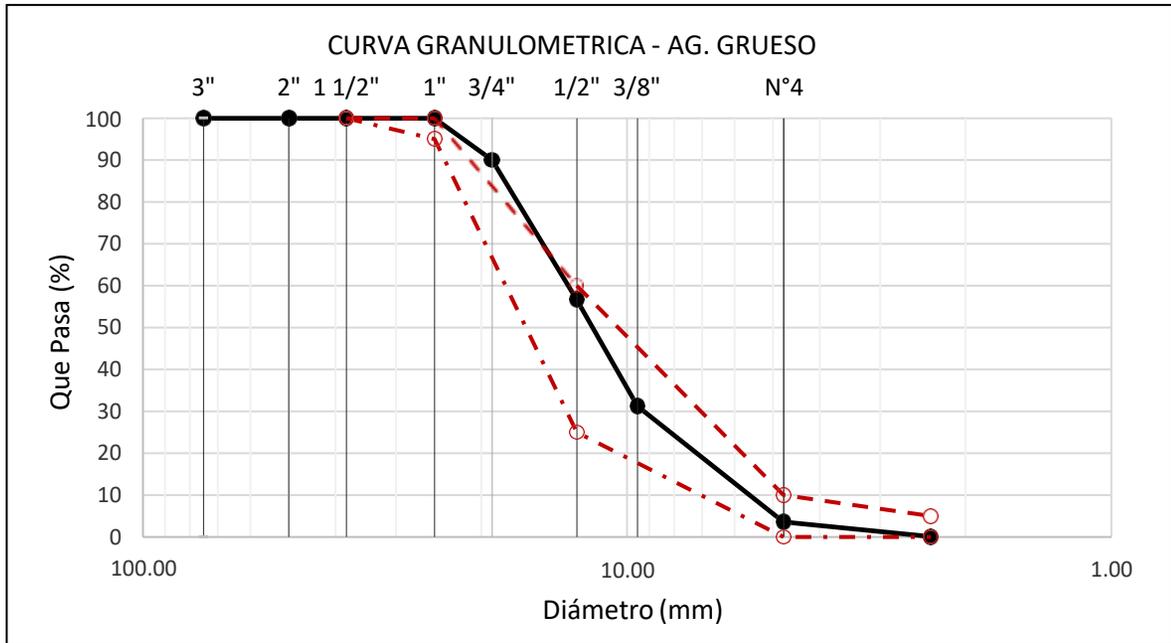
También observamos que según la curva granulométrica mostrada en la Figura 23 se tiene una buena gradación del ag. fino estando acorde con los límites que nos muestra la norma.

Tabla 9: *Granulometría del agregado grueso*

<b>Malla</b>		<b>% Retenido</b>	<b>% Retenido acumulado</b>	<b>% Que pasa acumulado</b>	<b>Huso 57</b>
<b>N° Tamiz</b>	<b>(mm)</b>				
1 ½"	50.00	0.0	0.0	100.0	<b>100</b>
1"	25.00	0.0	0.0	100.0	<b>95 – 100</b>
¾"	19.00	10.0	10.0	90.0	-
½"	12.70	33.3	43.3	56.7	<b>25-60</b>
3/8"	9.52	25.5	68.7	31.3	-
N° 04	4.75	27.6	96.3	3.7	<b>0 - 10</b>
N° 08	4.75	3.5	99.8	0.2	<b>0 - 5</b>
<b>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL</b>				¾"	

*Nota: Elaboración propia*

Figura 20: Curva granulométrica del Ag. Grueso



Apreciamos la tabla Tabla 9 obtuvimos un TMN de  $\frac{3}{4}$ " para el agregado grueso.

Notamos también en la Figura 20 que el porcentaje retenido de piedra de  $\frac{3}{4}$ " es mayor al óptimo, por tal motivo, se preparó una tanda de concreto en el laboratorio de acuerdo al diseño con el fin de ver la consistencia de nuestra mezcla y reajustar el porcentaje de piedra de ser necesario.

Tabla 10: *Propiedades físicas de los áridos obtenidos en laboratorio.*

<b>Agregados</b>				
Piedra Cantera:	Pacherrez – Pucalá			
Arena Cantera:	La Victoria – Pátapo			
<b>Características</b>				
	<b>Agregado Fino</b>		<b>Agregado Grueso</b>	
Humedad Natural	0.90	%	0.18	%
Absorción	1.58	%	0.78	%
Peso Específico de Masa	2.512	gr/cm <sup>3</sup>	2.617	gr/cm <sup>3</sup>
Peso Específico de Masa SSS	2.552	gr/cm <sup>3</sup>	2.638	gr/cm <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1.493	kg/m <sup>3</sup>	1.391	kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1.702	kg/m <sup>3</sup>	1.528	kg/m <sup>3</sup>
Módulo de Fineza	3.05	-	-	-
Tamaño Máximo Nominal	-	-	3/4	pulg.

*Nota: Elaboración propia*

Después de realizados los ensayos para la caracterización de estos componentes importantes al concreto, mostramos un resumen de los resultados en la Tabla 10. Estos resultados serán empleados para elaborar el diseño correcto de mezcla de concreto.

#### 4.1.2 Propiedades físicas del cemento (Cemento Portland – Tipo I):

Tabla 11: *Densidad del cemento Portland Tipo I*

<b>Material</b>	<b>Cemento</b>
Peso de la muestra (gr)	64.0
Temperatura del agua (°C)	20
Lectura inicial (ml)	0.0
Lectura final (ml)	20.65
<b>Densidad del cemento (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>3.10</b>

*Fuente: Elaboración propia*

El peso específico del cemento portland TIPO I está comprendido entre 3.1 y 3.2 según la NTP 334.005. Se realizó este ensayo *con* la finalidad de hacer más real el diseño de esta mezcla a emplearse en el concreto. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 11.

#### 4.1.3 Propiedades físicas del caucho reciclado:

Tabla 12: *Peso Unitario Suelto del Caucho reciclado*

<b>Material</b>	<b>Caucho reciclado</b>
Peso Unitario Suelto Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	0.597
Peso Unitario Compactado Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	0.654

*Nota: Elaboración propia*

#### 4.2 Diseño de Mezcla del Concreto:

Para estas propiedades la cual obtuvimos de los componentes del concreto mostrados en la Tabla 10 y del cemento mostrado en la Tabla 11, elaboramos el diseño de mezcla para un concreto que pueda resistir 210 kg/cm<sup>2</sup> siguiendo la metodología del ACI 211, obteniendo el siguiente diseño:

### A. Agua de Mezcla y Contenido de Aire:

Sabiendo los valores del revenimiento y del TMN del agregado grueso obtenemos los valores del agua necesaria para la mezcla y el contenido de aire usando la tabla 24:

**Agua de Mezclado** = 200 lts/m<sup>3</sup>

**Contenido de aire** = 2%

Tabla 13: *Requerimientos de agua de mezclado y de contenido de aire aproximados para distintos valores de revenimiento y TMN del agregado.*

ASENTAMIENTO O SLUMP	Agua en lit/m <sup>3</sup> de concreto para los tamaños máximos de agregados y asentamiento indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO</b>								
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170	---
Cantidad aproximada de aire atrapado en %	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>CONCRETO CON AIRE INCORPORADO</b>								
1" a 2"	180	175	165	160	145	140	135	120
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135
6" a 7"	215	205	190	185	170	165	160	---
% de aire incorporado en función al grado de exposición								
Suave	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Moderado	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Severo	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: ACI, comité 211.

### B. Selección de la relación Agua – Cemento:

Se usó un factor de seguridad del 20 % para obtener el  $f'_{cr}$ , luego usamos la tabla 25 haciendo una interpolación simple entre los valores:

$F'_{cr} = 252 \text{ kg/cm}^2$

**Relación agua – cemento = 0.617**

Tabla 14: *Relación a/c y resistencia a la rotura del concreto.*

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS ( $f'_{cr}$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	RELACION AGUA-CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	----
400	0.43	----
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.43
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

*Fuente: Comité 211 del ACI*

Si se tuviera un elemento estructural que se encuentre en el mar o la congelación se usaría la tabla 15 la cual nos indica los siguientes parámetros a considerar:

Tabla 15: *Máxima relación a/c para concretos con exposición severa*

TIPO DE ESTRUCTURA	Expuestas a congelación	Expuestas al agua de mar
Secciones delgadas y/o recubrimiento < 3cm	0.45	0.4
Cualquier otro tipo	0.45	0.4

*Fuente: Comité 211 del ACI*

### C. Cálculo de Contenido de Cemento:

$$\text{Contenido de Cemento (kg/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Agua de mezclado}}{\text{relación a/c}}$$

$$\text{Contenido de Cemento (kg/cm}^3\text{)} = 324.25 \text{ kg/m}^3$$

#### D. Cálculo del contenido de Ag. Grueso

$$\text{Contenido de Ag. Grueso (kg)} = \text{Vol. de Ag. Grueso} * \text{Peso Unitario Seco Compactado}$$

Para resolver el Volumen de Agregado Grueso usaremos la tabla 16 tomando como datos de entrada el TMN del ag. grueso y el módulo de finura del ag. fino, luego realizamos una interpolación simple:

$$\text{Módulo de finura} = 3.05$$

$$\text{Volumen de Ag. Grueso} = 0.595$$

Tabla 16: Volumen de Ag. Grueso por unidad de volumen de concreto

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO (PULGADAS)	Volumen de Ag. Grueso Seco y compactado MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.6
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	0.76	0.74	0.72	0.7
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.81	0.79	0.77	0.75
6	1.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Comité 211 del ACI

$$\text{Contenido de Ag. Grueso (kg)} = 0.595 * 1528$$

$$\text{Contenido de Ag. Grueso (kg)} = 909.16 \text{ kg}$$

### E. Cálculo del Contenido de Ag. Fino

$$\text{Vol. del agua} = 0.200 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. de cemento} = 324.25/3100 = 0.105 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. de Ag. Grueso} = 909.16/2617 = 0.347 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. de aire} = 0.020 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. de Ag. Fino} = 1 - (0.200+0.105+0.347+0.020) = 0.328 \text{ m}^3$$

$$\text{Contenido de Ag. Fino (kg)} = \text{Vol. de Ag. Fino} * \text{Peso Unitario Seco Compactado}$$

$$\text{Contenido de Ag. Fino (kg)} = 0.328 * 2512$$

$$\text{Contenido de Ag. Fino (kg)} = 823.94 \text{ kg}$$

### F. Ajuste por contenido de Humedad de los Agregados

$$\text{Peso Ag. Grueso húmedo} = \text{Peso Ag. Grueso Seco} * Wg\% = 910.8 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Ag. Fino húmedo} = \text{Peso Ag. Fino Seco} * Wf\% = 831.3 \text{ kg}$$

$$\text{Agua en Ag. Grueso} = (X) = \text{Peso Ag. Grueso seco} * (Wg\% - ag\%) = -5.45 \text{ kg}$$

$$\text{Agua en Ag. Fino} = (Y) = \text{Peso Ag. Fino seco} * (Wf\% - af\%) = -5.60 \text{ kg}$$

$$\text{Agua Neta Efectiva} = \text{Agua de Diseño (kg)} - (X+Y) = 211.06 \text{ kg}$$

Donde:

AGREGADO GRUESO

AGREGADO FINO

Humedad Total =  $Wg\%$

Humedad Total =  $Wf\%$

Absorción =  $ag\%$

Absorción =  $af\%$

Resumen de materiales por m<sup>3</sup>:

Cemento = 324.25 kg

Ag. Grueso = 910.80 kg

Ag. Fino = 831.34 kg

Agua = 211.06 lts

### G. Dosificación en Peso y Volumen:

Se realizó un reajuste del diseño en el laboratorio a fin de corroborar los datos obtenidos.

Se concluyó que se necesita agregar 500 ml de agua por bolsa de cemento para obtener un slump de 3" a 4". Después de la corrección se obtuvo una mezcla trabajable y consistente.

De acuerdo a lo anterior, se nos mostrará en la Tabla 17 la dosificación en peso y volumen se muestra

Tabla 17: *Dosificación en peso y volumen*

		<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
Dosificación en Peso	(kg / m <sup>3</sup> )	1	2.56	2.81	32.7
Dosificación en Volumen	(kg / m <sup>3</sup> )	1	2.53	3.00	32.7

*Nota: Elaboración propia*

### 4.3 Resultados Ensayo de Resistencia a la Compresión:

Tabla 18: *Ensayo a la Compresión – CP*

	$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Edad	P 01	P 02	P 03	Prom.
Concreto patrón	210	7 días	191.53	190.29	196.23	192.67
	210	14 días	212.77	216.56	219.91	216.41
	210	28 días	234.72	249.01	238.55	240.75

*Nota: Elaboración Propia*

Tabla 19: *Ensayo a la Compresión – CP5%CR*

	$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Edad	P 01	P 02	P 03	Prom.
Concreto + 5 % caucho	210	7 días	149.27	148.67	145.26	147.73
	210	14 días	175.06	183.08	171.92	176.68
	210	28 días	216.21	204.11	211.86	210.73

*Nota: Elaboración Propia*

Tabla 20: *Ensayo a la Compresión – CP10%CR*

	$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Edad	P 01	P 02	P 03	Prom.
Concreto + 10 % caucho	210	7 días	128.27	138.98	131.13	132.79
	210	14 días	156.29	148.69	163.67	156.22
	210	28 días	198.00	191.30	196.23	195.18

*Nota: Elaboración Propia*

Tabla 21: *Ensayo a la Compresión – CP15%CR*

	<b>f<sub>c</sub></b> <b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Edad</b>	<b>P 01</b>	<b>P 02</b>	<b>P 03</b>	<b>Prom.</b>
<b>Concreto + 15 % caucho</b>	210	7 días	98.54	100.36	98.91	99.27
	210	14 días	124.52	121.38	118.45	121.45
	210	28 días	143.82	141.39	137.84	141.01

*Nota: Elaboración Propia*

Con estos resultados que llegamos a obtener, se obtiene la Tabla 22 la cual muestra una comparativa entre la resistencia a la rotura a distintas edades y los distintos porcentajes de caucho reciclado que se adicionaron a las probetas respecto al concreto patrón.

Tabla 22: *Resistencia a la rotura del concreto en estado endurecido*

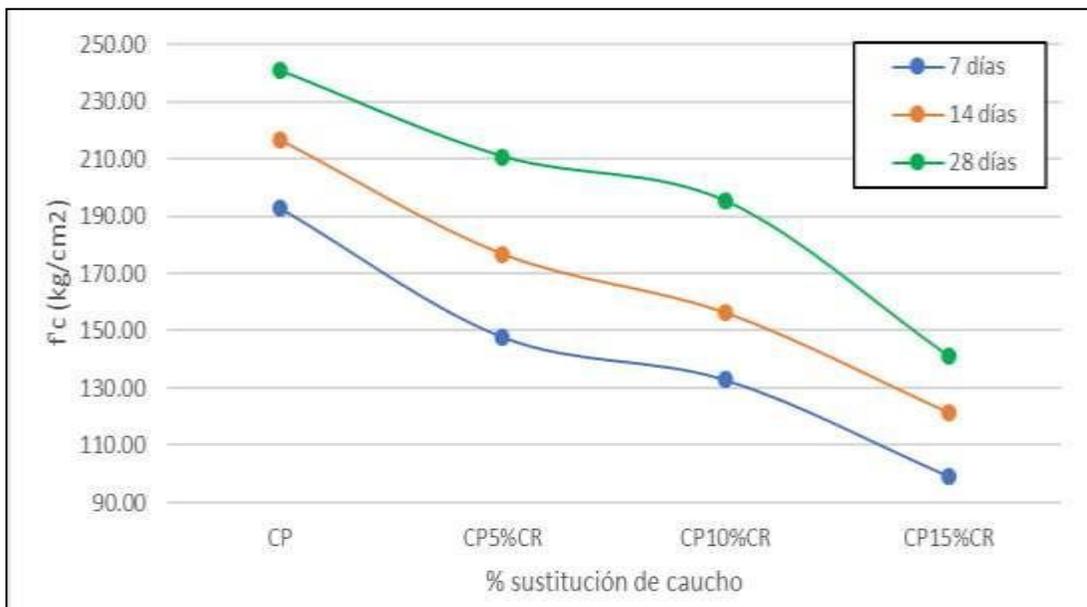
<b>Mezcla</b>	<b>Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>					
	<b>7 días</b>	<b>% alc.</b>	<b>14 días</b>	<b>% alc.</b>	<b>28 días</b>	<b>% alc.</b>
CP	192.67	91.75%	216.41	103.05%	240.75	114.64%
CP5%CR	147.73	70.35%	176.68	84.13%	210.73	100.35%
CP10%CR	132.79	63.23%	156.22	74.39%	195.18	92.94%
CP15%CR	99.27	47.27%	121.45	57.83	141.01	67.15%

*Nota: Elaboración Propia*

Figura 21: Resistencia a la rotura del concreto en estado endurecido según tiempo de curado.



Figura 22: Resistencia a la compresión según porcentaje de caucho reciclado.



Reflexiones:

1. De acuerdo a la Tabla 22 y a las Figuras 21 y 22 podemos observar que al agregar partículas de caucho reciclado en la mezcla que se hizo en el concreto genera una disminución de la resistencia a la compresión.
2. Agregando un máximo de 5% de este material reciclado llamado caucho a la mezcla de concreto aún obtenemos un concreto estructural.

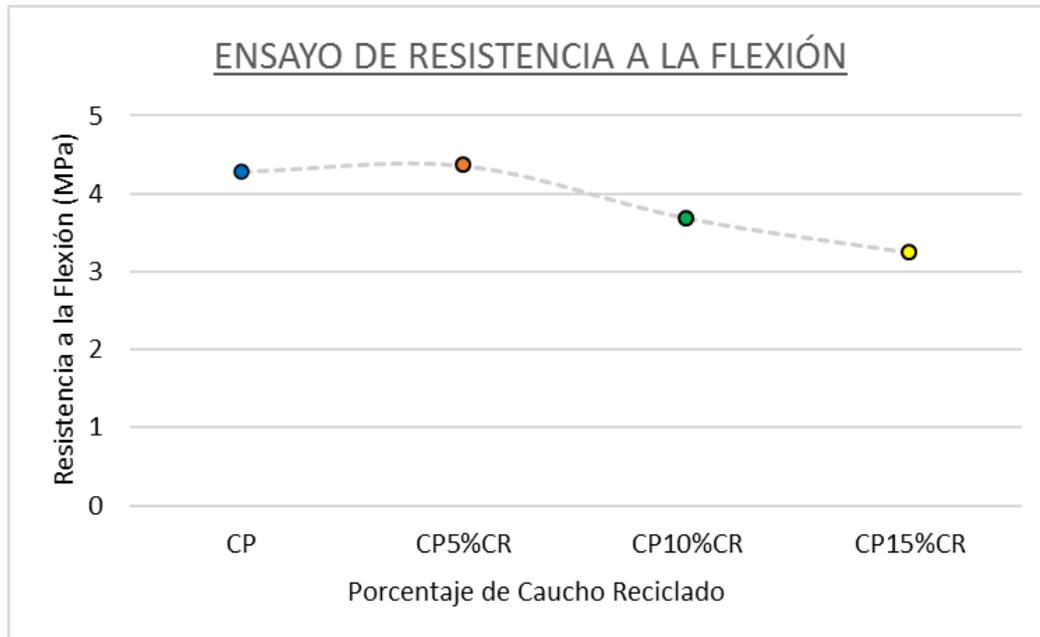
#### 4.4 Resultados Ensayo de Resistencia a la Flexión:

Tabla 23: *Ensayo a la Flexión – CP, CP5%CR, CP10%CR, CP15%CR*

	<b>f<sub>c</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Edad</b>	<b>P 01</b>	<b>P 02</b>	<b>Prom.</b>
<b>CP</b>	210	28 días	4.32	4.25	4.28
<b>CP5%CR</b>	210	28 días	4.42	4.30	4.36
<b>CP10%CR</b>	210	28 días	3.60	3.76	3.68
<b>CP15%CR</b>	210	28 días	3.30	3.17	3.24

*Nota: Elaboración Propia*

Figura 23: Resistencia a la flexión según porcentaje de caucho reciclado.



Reflexiones:

1. De acuerdo a la Tabla 23 y a la Figura 23 podemos observar que al agregar fragmentos de caucho reciclado en un 5 % del volumen de la mezcla, esta genera un aumento en la resistencia a la flexión comparado con el concreto patrón.
2. Agregando un porcentaje por encima al 5% de caucho reciclado a la mezcla que se hizo al concreto genera una disminución de la resistencia a la flexión del concreto.

## **4.5 Conclusiones y recomendaciones:**

### **Conclusiones**

1. Al sustituir agregado grueso por caucho reciclado apreciamos la existencia de una disminución de la resistencia a la compresión respecto al concreto patrón a la edad de 28 días de 14.29% al agregar 5% de PCR, de 21.7% al agregar 10% de PCR y de 47.49% al agregar 15% de PCR.
2. Respecto a la resistencia a la flexión cuando se sustituye agregado grueso por caucho reciclado se obtuvo que existe un aumento de 1.87% al agregar 5% de PCR. Al incrementar el porcentaje de PCR en el concreto la resistencia a la flexión comienza a disminuir, 14.02% al agregar 10% de PCR y de 24.30% al agregar 15% de PCR.
3. Se sugiere utilizar un máximo de 5% de PCR para la elaboración de concreto.

## **Recomendaciones**

1. Se recomienda evaluar un diseño de mezcla con partículas de caucho reciclado como agregado grueso con formas más angulosas.
2. Se recomienda evaluar un diseño de mezcla con diferentes tamaños de partículas de caucho asemejándose a la gradación del agregado grueso.

## **Bibliografía:**

1. Pasquel, E. (1998). Tópicos de tecnología del concreto. Colegio de Ingenieros del Perú. Lima – Perú.
2. Tesis. “Adaptación Del Método De Diseño De Mezclas De Concreto Según ACI 211.1 Utilizando Los Tipos De Cemento ASTM C-1157 TIPO GU Y ASTM C-1157 Tipo He” (Gustavo Cáder V y Carmen Oliva S.)
3. Conceptos Básicos del Concreto – IMCYC - Julio 2004.
4. Tecnología del Concreto y del Mortero – Diego Sánchez de Guzmán
5. Peláez. G., Velásquez, S., Giraldo, D, (2017). Aplicaciones de caucho reciclado: una revisión de la literatura, Ciencia e Ingeniería Neogranadina, Vol.27, Num2, Universidad Militar Nueva Granada.
6. Silva. O.J, (2015). Tipos de agregados y su influencia en el diseño de mezcla del concreto.
7. Silvestre. A, (2016a). Análisis del concreto con caucho como aditivo para aligerar elementos estructurales.
8. Silvestre. A, (2016b). Evaluación de la resistencia del concreto hidráulico con diferentes aditivos.
9. Silvestre. A, (2015). Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales.
10. Propiedades físicas y mecánicas del hormigón usando polvo residual de desechos orgánicos como reemplazo parcial del cemento - Revista Ingeniería de Construcción vol. 33 – 2018.
11. Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante - Revista Ingeniería de Construcción vol. 33 – 2018.
12. Reglamento Nacional de Edificaciones (Decreto Supremo 011-2006-VIVIENDA del 05-03-2006).

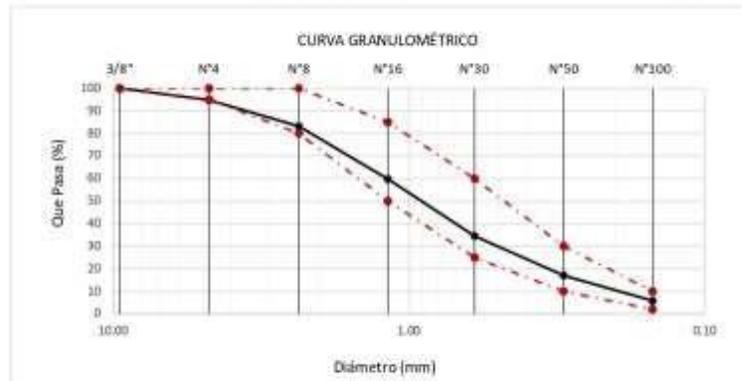
## **Linkografía:**

1. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0798-40652008000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0798-40652008000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
2. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfciu.81h/doc/bmfciu.81h.pdf>
3. <https://docplayer.es/88044967-Universidad-simon-bolivar-decanato-de-estudios-de-postgrado-maestria-en-ingenieria-mecanica.html>
4. [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/6046/Hormig%c3%b3n\\_con\\_caucho.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/6046/Hormig%c3%b3n_con_caucho.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
5. [https://www.researchgate.net/publication/267781168\\_Use\\_of\\_Rubber\\_Particles\\_from\\_Recycled\\_Tires\\_as\\_Concrete\\_Aggregate\\_for\\_Engineering\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/267781168_Use_of_Rubber_Particles_from_Recycled_Tires_as_Concrete_Aggregate_for_Engineering_Applications)
6. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2501/3/Art.Comportamiento%20mec%c3%a1nico%20de%20una%20mezcla%20para%20concreto%20con%20sustituciones%20del%2010%25%20y%20el%2030%25%20de%20are.pdf>
7. <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2717/42984.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
8. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1029>
9. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1800>
10. <http://www.umacon.com/noticia.php/es/que-es-el-cemento-portland-tipos-y-caracteristicas/413>
11. <https://jhonolazaconcretouap.blogspot.com/p/semana-10.html>

# **ANEXOS**

**Solicitante** : Bach. FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
 Bach. LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN  
**Proyecto** : Tesis "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de apertura** : 12 de Enero del 2021.  
**ENSAYO** : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.  
**NORMA** : N.T.P. 400.012  
**Muestra** : Arena Gruesa Cantera : La Victoria - Pátapo

Malla		%	% Retenido	% Que Pasa	GRADACIÓN
Pulg.	(mm.)	Retenido	Acumulado	Acumulado	"C"
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 4	4.750	5.3	5.3	94.7	95 - 100
Nº 8	2.360	11.6	16.9	83.1	80 - 100
Nº 16	1.180	23.4	40.3	59.7	50 - 85
Nº 30	0.600	25.2	65.5	34.5	25 - 60
Nº 50	0.300	17.5	83.0	17.0	10 - 30
Nº 100	0.150	11.2	94.2	5.8	3 - 10
<b>MÓDULO DE FINEZA</b>					<b>3.05</b>



**Observaciones:**  
 - Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

INFORME

Solicitante : Bach. FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach. LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN  
Proyecto : Tesis "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO  
UTILIZANDO PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL  
SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : 12 de Enero del 2021.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

Canreta : La Victoria - Pátapo

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.512
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.58

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS



 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

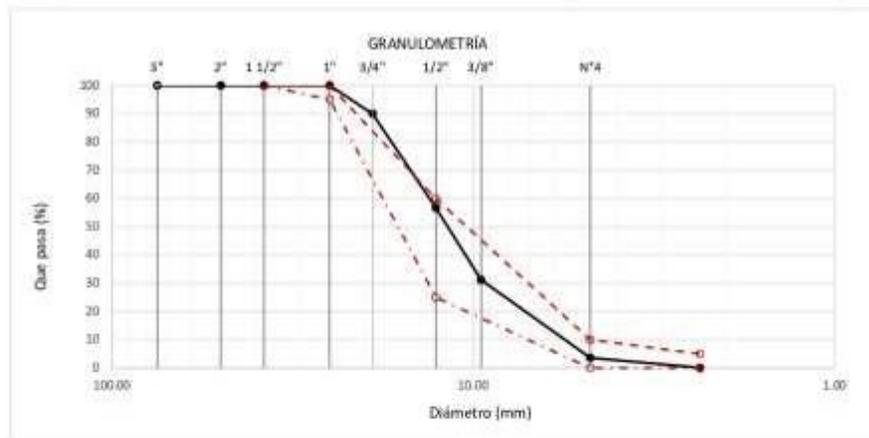


**Solicitante** : Bach. FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
 Bach. LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN  
**Proyecto** : Tesis: "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTICULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO"  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : 12 de Enero del 2021.  
**Ensayo** : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.  
**Norma de referencia** : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

Muestra : Piedra Chancada

Cantera : Pacherez - Pucallá

Análisis Granulométrico por tamizado					
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	HUSO
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	0.0	0.0	100.0	95 - 100
3/4"	19.00	10.0	10.0	90.0	-
1/2"	12.70	33.3	43.3	56.7	25 - 60
3/8"	9.52	25.5	68.8	31.2	-
Nº4	4.75	27.6	96.4	3.6	0 - 10
Nº8	2.36	3.5	99.9	0.1	0 - 5
<b>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL</b>					<b>3/4"</b>


**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

## INFORME

Solicitante : Bach. FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach. LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN

Proyecto : Tesis "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de recepción : 12 de Enero del 2021.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra: Piedra Chancada

Cantera: Pacherez - Pucallá

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.617
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.78

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : Bach. FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach. LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN

Proyecto : Tesis "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de recepción : 12 de Enero del 2021.

Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
NTP 339.185:2013

Muestra : Piedra Chancada                      Cantera: Pacherez - Pucalá.

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1393
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1391
Contenido de Humedad	(%)	0.18

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1531
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1528
Contenido de Humedad	(%)	0.18

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.

INFORME

Pag. 01 de 02

Solicitante : Bach. FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach. LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN

Proyecto : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTICULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO"

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de recepción : 18 de Marzo del 2021.

DISEÑO DE MEZCLA:  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

**CEMENTO**

1.- Tipo de cemento : Tipo I - PACASMAYO.  
2.- Peso específico : 3100 Kg/m<sup>3</sup>

**AGREGADOS :**

**Agregado fino :**

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

1.- Peso específico de masa	2.512	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.552	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1.493	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1.702	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	1.58	%
6.- Contenido de humedad	0.90	%
7.- Módulo de fineza	3.05	

**Agregado grueso :**

: Piedra Chancada - Cantera Pacherras - Pucallá

1.- Peso específico de masa	2.617	gr/cm <sup>3</sup>
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.638	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Peso unitario suelto	1.391	Kg/m <sup>3</sup>
4.- Peso unitario compactado	1.528	Kg/m <sup>3</sup>
5.- % de absorción	0.78	%
6.- Contenido de humedad	0.18	%
7.- Tamaño máximo	1"	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4"	Pulg.

**Granulometría :**

AGREGADO FINO

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	5.3	94.7
Nº 08	11.6	83.1
Nº 16	23.4	59.7
Nº 30	25.2	34.5
Nº 50	17.5	17.0
Nº 100	11.2	5.8
Fondo	5.8	0.0

AGREGADO GRUESO

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	0.0	100.0
3/4"	10.0	90.0
1/2"	33.3	56.7
3/8"	25.5	31.3
Nº 04	27.6	3.7
Nº 08	3.5	0.2
Fondo	0.2	0.0

INFORME

Solicitante : Bach. FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach. LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN  
Proyecto / Obra : Tesis "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO  
UTILIZANDO PARTICULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL  
SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 12 de Enero del 2021.

NORMA : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL  
CEMENTO PORTLAND

REFERENCIA : N.T.P. 334.005-2011

INSTRUMENTOS : Botella de Le Chatelier  
Termómetro digital  
Balanza digital

MATERIAL : Cemento , Tipo I

Masa de material cementicio	(gr)	64.00
Vol. Inicial kerosene	(ml)	0.00
Vol. Final desplazado kerosene	(ml)	20.654

PESO ESPECÍFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	3.099
-------------------------	-----------------------	-------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- El líquido utilizado es Kerosene.
- Se realizó ciclos de baño maría con agua regulada a temperatura de 20°C .
- La lectura inicial se tomó luego de estabilizar el volumen del líquido .

INFORME

Pag. 02 de 02

Solicitante : Bach. FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach. LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN

Proyecto : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTICULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO"

Fecha de recepción : 18 de Marzo del 2021.

DISEÑO DE MEZCLA:  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 4 Pulgadas

Peso unitario del concreto fresco : 2238 Kg/m<sup>3</sup>

Resistencia promedio a los 7 días : 172 Kg/cm<sup>2</sup>

Porcentaje promedio a los 7 días : 75 %

Factor cemento por M<sub>1</sub> de concreto : 7.6 bolsas/m<sup>3</sup>

Relación agua cemento de diseño : 0.771

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	324	Kg/m <sup>3</sup>	: Tipo I - PACASMAYO.		
Agua	250	L	: Potable de la zona.		
Agregado fino	831	Kg/m <sup>3</sup>	: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo		
Agregado grueso	911	Kg/m <sup>3</sup>	: Piedra Chancada - Cartera Pacherras - Pucallá		

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
	1.0	2.56	2.81	32.7	Lts/pe <sup>3</sup>
Proporción en volumen :	1.0	2.53	3.00	32.7	Lts/pe <sup>3</sup>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.

Solicitante : Bach. FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach. LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN

Obra / Proyecto : Tesis "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : 27/03/2021

ENSAYO : HORMIGÓN (CONCRETO): Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

REFERENCIA : NTP 339.034

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	CP	27/03/2021	03/04/2021	7	343.72	183.00	<b>18.78</b>	<b>191.53</b>
02	CP	27/03/2021	03/04/2021	7	339.87	182.13	<b>18.66</b>	<b>190.29</b>
03	CP	27/03/2021	03/04/2021	7	352.38	183.01	<b>19.24</b>	<b>196.23</b>

NOTA :

- Dosificación: 210 Kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES :

- Elaboración realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TEC. EN JEFES DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : Bach. FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach. LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN

Obra / Proyecto : Tesis "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : 27/03/2021

ENSAYO : HORMIGÓN (CONCRETO): Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

REFERENCIA : NTP 339.034

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	CP5%CR	27/03/2021	10/04/2021	14	315.48	183.77	<b>17.17</b>	<b>175.06</b>
02	CP5%CR	27/03/2021	10/04/2021	14	328.15	182.77	<b>17.95</b>	<b>183.08</b>
03	CP5%CR	27/03/2021	10/04/2021	14	308.35	182.89	<b>16.86</b>	<b>171.92</b>

NOTA :

- Dosificación: 210 Kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES :

- Elaboración realizado por el solicitante.

Solicitante : Bach. FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach. LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN

Obra / Proyecto : Tesis "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : 27/03/2021

**ENSAYO** : HORMIGÓN (CONCRETO): Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

**REFERENCIA** : NTP 339.034

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	CP	27/03/2021	24/04/2021	28	420.96	182.88	<b>23.02</b>	<b>234.72</b>
02	CP	27/03/2021	24/04/2021	28	445.65	182.50	<b>24.42</b>	<b>249.01</b>
03	CP	27/03/2021	24/04/2021	28	427.99	182.95	<b>23.39</b>	<b>238.55</b>

**NOTA :**

- Dosificación: 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES :**

- Elaboración realizado por el solicitante.

Solicitante : Bach. FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach. LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN

Obra / Proyecto : Tesis "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : 27/03/2021

**ENSAYO** : HORMIGÓN (CONCRETO): Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

**REFERENCIA** : NTP 339.034

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	CPS%CR	27/03/2021	03/04/2021	7	268.92	183.71	<b>14.64</b>	<b>149.27</b>
02	CPS%CR	27/03/2021	03/04/2021	7	264.74	181.58	<b>14.58</b>	<b>148.67</b>
03	CPS%CR	27/03/2021	03/04/2021	7	258.11	181.70	<b>14.24</b>	<b>145.26</b>

**NOTA :**

- Dosificación: 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES :**

- Elaboración realizado por el solicitante.

Solicitante : Bach. FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach. LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN

Obra / Proyecto : Tesis "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : 27/03/2021

ENSAYO : HORMIGÓN (CONCRETO): Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

REFERENCIA : NTP 339.034

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	CP5%CR	27/03/2021	10/04/2021	14	304.49	183.77	<b>16.57</b>	<b>168.96</b>
02	CP5%CR	27/03/2021	10/04/2021	14	328.15	182.77	<b>17.95</b>	<b>183.08</b>
03	CP5%CR	27/03/2021	10/04/2021	14	308.35	182.89	<b>16.86</b>	<b>171.92</b>

NOTA :

- Dosificación: 210 Kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES :

- Elaboración realizado por el solicitante.

Solicitante : Bach. FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach. LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN

Obra / Proyecto : Tesis "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : 27/03/2021

**ENSAYO** : HORMIGÓN (CONCRETO): Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

**REFERENCIA** : NTP 339.034

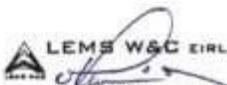
Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	CPS%CR	27/03/2021	24/04/2021	28	388.83	183.39	<b>21.20</b>	<b>216.21</b>
02	CPS%CR	27/03/2021	24/04/2021	28	368.83	184.26	<b>20.02</b>	<b>204.11</b>
03	CPS%CR	27/03/2021	24/04/2021	28	379.91	182.86	<b>20.78</b>	<b>211.86</b>

**NOTA :**

- Dosificación: 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES :**

- Elaboración realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
TEC. ESPECIALIZADO DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : Bach, FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach, LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN

Obra / Proyecto : Tesis "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : 27/03/2021

**ENSAYO** : HORMIGÓN (CONCRETO): Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

**REFERENCIA** : NTP 339.034

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	CP10%CR	27/03/2021	03/04/2021	7	228.38	181.40	<b>12.58</b>	<b>128.27</b>
02	CP10%CR	27/03/2021	03/04/2021	7	247.28	181.43	<b>13.63</b>	<b>138.98</b>
03	CP10%CR	27/03/2021	03/04/2021	7	233.49	181.58	<b>12.86</b>	<b>131.13</b>

NOTA :

- Dosificación: 210 Kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES :

- Elaboración realizado por el solicitante.

Solicitante : Bach, FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach, LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN

Obra / Proyecto : Tesis "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : 27/03/2021

**ENSAYO** : HORMIGÓN (CONCRETO): Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

**REFERENCIA** : NTP 339.034

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	CP10%CR	27/03/2021	10/04/2021	14	279.95	182.65	<b>15.33</b>	<b>156.29</b>
02	CP10%CR	27/03/2021	10/04/2021	14	265.07	181.78	<b>14.58</b>	<b>148.69</b>
03	CP10%CR	27/03/2021	10/04/2021	14	292.68	182.35	<b>16.05</b>	<b>163.67</b>

NOTA :

- Dosificación: 210 Kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES :

- Elaboración realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : Bach, FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach, LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN

Obra / Proyecto : Tesis "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : 27/03/2021

**ENSAYO** : HORMIGÓN (CONCRETO): Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

**REFERENCIA** : NTP 339.034

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	CP10%CR	27/03/2021	24/04/2021	28	353.46	182.03	<b>19.42</b>	<b>198.00</b>
02	CP10%CR	27/03/2021	24/04/2021	28	343.26	182.97	<b>18.76</b>	<b>191.31</b>
03	CP10%CR	27/03/2021	24/04/2021	28	351.31	182.56	<b>19.24</b>	<b>196.23</b>

**NOTA :**

- Dosificación: 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES :**

- Elaboración realizado por el solicitante.

Solicitante : Bach. FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach. LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN

Obra / Proyecto : Tesis "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : 27/03/2021

ENSAYO : HORMIGÓN (CONCRETO): Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

REFERENCIA : NTP 339.034

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	CP15%CR	27/03/2021	03/04/2021	7	175.98	182.12	<b>9.66</b>	<b>98.54</b>
02	CP15%CR	27/03/2021	03/04/2021	7	180.44	183.34	<b>9.84</b>	<b>100.36</b>
03	CP15%CR	27/03/2021	03/04/2021	7	176.26	181.71	<b>9.70</b>	<b>98.91</b>

NOTA :

- Dosificación: 210 Kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES :

- Elaboración realizado por el solicitante.

Solicitante : Bach, FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach, LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN

Obra / Proyecto : Tesis "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : 27/03/2021

**ENSAYO** : HORMIGÓN (CONCRETO): Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

**REFERENCIA** : NTP 339.034

Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	CP15%CR	27/03/2021	10/04/2021	14	223.06	182.67	<b>12.21</b>	<b>124.52</b>
02	CP15%CR	27/03/2021	10/04/2021	14	217.31	182.56	<b>11.90</b>	<b>121.38</b>
03	CP15%CR	27/03/2021	10/04/2021	14	212.46	182.91	<b>11.62</b>	<b>118.45</b>

**NOTA :**

- Dosificación: 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES :**

- Elaboración realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. EN INGENIERÍA DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : Bach. FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach. LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN

Obra / Proyecto : Tesis "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : 27/03/2021

**ENSAYO** : HORMIGÓN (CONCRETO): Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

**REFERENCIA** : NTP 339.034

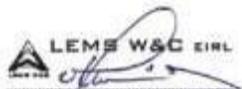
Muestra N°	Denominación ó Descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga (N)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
							Mpa	Kg/Cm <sup>2</sup>
01	CP15%CR	27/03/2021	24/04/2021	28	258.92	183.58	<b>14.10</b>	<b>143.82</b>
02	CP15%CR	27/03/2021	24/04/2021	28	252.46	182.08	<b>13.87</b>	<b>141.39</b>
03	CP15%CR	27/03/2021	24/04/2021	28	247.17	182.86	<b>13.52</b>	<b>137.84</b>

**NOTA :**

- Dosificación: 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES :**

- Elaboración realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Solicitante** : Bach. FELIX JUNIOR EFFIO SALAZAR  
Bach. LUIGGI ISAAC GRANDA SAMPÉN

**Proyecto / Obra** : Tesis "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO UTILIZANDO PARTICULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO".

**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

**Fecha de vaciado** : 12 de Enero del 2021.

**Ensayo** : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

**Referencia** : N.T.P. 339.078:2012

**DISEÑO PATRÓN** : para un diseño 210kg/cm2 sin factor de seguridad.

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	M <sub>c</sub> (Mpa)
01	CP	17/08/2021	14/09/2021	28	33510	450	151	152	4.32
02	CP	17/08/2021	14/09/2021	28	32880	450	150	152	4.25
03	CP5%CR	17/08/2021	14/09/2021	28	33260	450	150	151	4.42
04	CP5%CR	17/08/2021	14/09/2021	28	31920	450	150	150	4.30
05	CP10%CR	17/08/2021	14/09/2021	28	27820	450	151	152	3.60
06	CP10%CR	17/08/2021	14/09/2021	28	28370	450	151	150	3.76
07	CP15%CR	17/08/2021	14/09/2021	28	25060	450	150	151	3.30
08	CP15%CR	17/08/2021	14/09/2021	28	24280	450	151	151	3.17

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

## PANEL FOTOGRÁFICO



Ensayo para la obtención de la densidad del cemento



Toma de temperatura y Moldes para la elaboración de testigos de concreto patrón y concreto con caucho incorporado



Muestras de testigos de Concreto patrón, Concreto con 5%, 10% y 15%  
de caucho incorporado



Proceso de curado de testigos a los 7, 14 y 28 días

Rotura de Probetas de Concreto Patrón + Concreto con 5% de caucho a los 7 días de curado



Rotura de Probetas de Concreto con 10% y Concreto con 15% de caucho a los 7 días de curado



Rotura de Probetas de Concreto Patrón + Concreto con 5% de caucho a los 14 días de curado





Rotura de Probetas a compresión y flexión del Concreto Patrón y Concreto con 5% de caucho a los 28 días de curado



Rotura de Probetas a compresión y flexión del Concreto con 10% y  
Concreto con 15% de caucho a los 28 días de curado

# **Formato de recolección y procesamiento de datos**



## ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N° 007-2023-FICSA - D



Siendo las 09:00 am horas del día 01 de febrero del 2023, se reunieron vía plataforma virtual: <https://meet.google.com/tod-awth-zjb>, los miembros de jurado de la Tesis titulada: “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO EMPLEANDO PARTICULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO” con código de proyecto IC - 2020 - 008, designados por Decreto Directoral 248-2020-UNPRG-UIFICSA, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

DR. ING. ANIBAL QUINTIN CACERES NARREA  
 DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS  
 MG. ING. DOMINGO JORGE LUIS DAVILA VIDARTE

PRESIDENTE  
 SECRETARIO  
 VOCAL

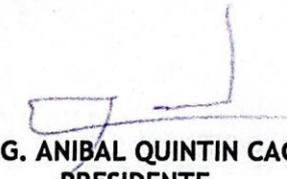
Asesorado por el Docente: DR. ING. CARLOS ERNESTO MONDRAGÓN CASTAÑEDA

El acto de sustentación fue autorizado por OFICIO VIRTUAL No 22-2023-UIFICSA, la Tesis fue presentada y sustentada por los Bachilleres GRANDA SAMPEN LUIGGI ISAAC Y EFFIO SALAZAR FELIX JUNIOR, tuvo una duración de 60 minutos Después de la sustentación absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado, se procedió a la calificación respectiva:

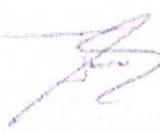
GRANDA SAMPEN LUIGGI ISAAC	17	DIECISIETE	BUENO
EFFIO SALAZAR FELIX JUNIOR	17	DIECISIETE	BUENO

Por lo que quedan APTOS para obtener el Título Profesional de INGENIERO (A) CIVIL de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Civil, de Sistemas y de Arquitectura, de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 10:00 am horas, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado:

  
 DR. ING. ANIBAL QUINTIN CACERES NARREA  
 PRESIDENTE

  
 DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS  
 SECRETARIO

  
 MG. ING. DOMINGO JORGE LUIS DAVILA VIDARTE  
 VOCAL

  
 DR. ING. CARLOS ERNESTO MONDRAGÓN CASTAÑEDA  
 ASESOR



  
 DR. ING. SERGIO BRAVO IDROGO  
 DECANO



**“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”**

## **CONSTANCIA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

Yo, CARLOS ERNESTO MONDRAGÓN CASTAÑEDA, (**Docente, Asesor de Tesis**)  
**y revisor del trabajo**) de los Bachilleres en Ingeniería Civil:

GRANDA SAMPEN LUIGGI ISAAC

EFFIO SALAZAR FELIX JUNIOR

- **DE LA TESIS TITULADA:** “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO EMPLEANDO PARTICULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO.”

Luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 11. % verificable en el reporte de similitud del programa TURNITIN.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas NO CONSTITUYEN PLAGIO. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

**Se expide la presente según lo dispuesto en la Resolución N° 659-2020-R, de fecha 18 de Marzo del 2021 formativa para la obtención de Grados y Títulos de la UNPRG:**

Lambayeque, 23 de Diciembre del 2022

ATENTAMENTE,

.....  
ING. CARLOS ERNESTO MONDRAGÓN CASTAÑEDA  
ASESOR DE TESIS

Se Adjunta lo Siguiente:

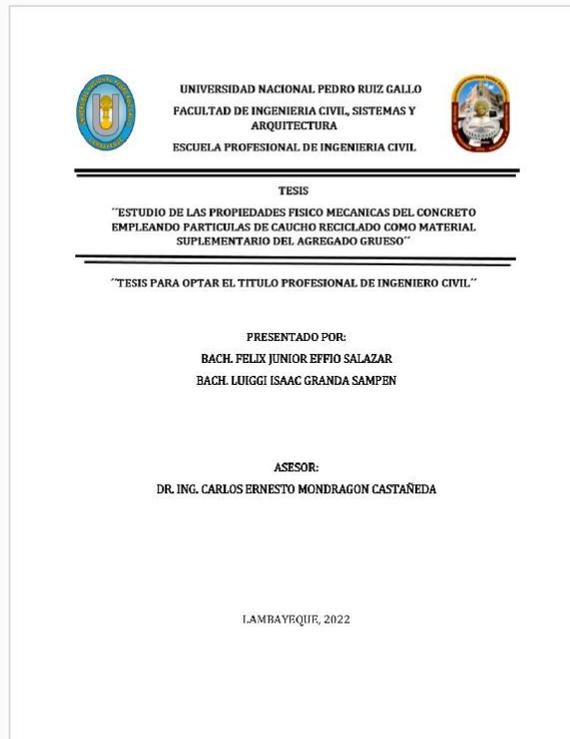


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Felix Junior Y Luiggi Isaac Effio Salazar Y Granda Sampen  
Título del ejercicio: Tesis Pregrado  
Título de la entrega: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CON...  
Nombre del archivo: TESIS\_Rev\_13.12.22.docx  
Tamaño del archivo: 16.51M  
Total páginas: 95  
Total de palabras: 8,325  
Total de caracteres: 42,821  
Fecha de entrega: 17-dic.-2022 10:04a. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega... 1983527699



# ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO EMPLEANDO PARTICULAS DE CAUCHO RECICLADO COMO MATERIAL SUPLEMENTARIO DEL AGREGADO GRUESO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

**11** %

INDICE DE SIMILITUD

**10** %

FUENTES DE INTERNET

**0** %

PUBLICACIONES

**6** %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>2</b> %
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>3</b>	<b>www.studocu.com</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez</b> Trabajo del estudiante	<b>1</b> %
<b>5</b>	<b>Submitted to Fundacion Universidad de America</b> Trabajo del estudiante	<b>1</b> %
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Católica de Santa María</b> Trabajo del estudiante	<b>1</b> %
<b>7</b>	<b>Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt; 1</b> %



8	<b>vsip.info</b> Fuente de Internet	< 1%
9	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	< 1%
10	<b>repositorio.unfv.edu.pe</b> Fuente de Internet	< 1%
11	<b>repositorio.upt.edu.pe</b> Fuente de Internet	< 1%
12	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	< 1%
13	<b>Submitted to Universidad Católica Sedes Sapientiae</b> Trabajo del estudiante	< 1%
14	<b>Submitted to Universidad Manuela Beltrán</b> Trabajo del estudiante	< 1%
15	<b>bibliotecavirtualoducal.uc.cl</b> Fuente de Internet	< 1%
16	<b>repositorio.uandina.edu.pe</b> Fuente de Internet	< 1%
17	<b>dspace.umh.es</b> Fuente de Internet	< 1%
18	<b>Submitted to Universidad Andina del Cusco</b> Trabajo del estudiante	< 1%
19	<b>mriuc.bc.uc.edu.ve</b> Fuente de Internet	

< 1%

20

Submitted to BB Basic

Trabajo del estudiante

< 1%

21

patents.google.com

Fuente de Internet

< 1%

22

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

< 1%

23

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

< 1%

24

repositorio.utn.edu.ec

Fuente de Internet

< 1%

25

Submitted to Universidad Nacional de San  
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

< 1%



Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 15 words

Excluir bibliografía

Activo