

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



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

**TESIS PARA OBTENER  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**TÍTULO DE LA TESIS  
INFLUENCIA DEL LADRILLO LARK TRITURADO  
COMO AGREGADO GRUESO PARA MEJORAR LA  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO**

**Autor: Bach. Hardy Alex López Epiquién**

**Asesor: Dr. Miguel Ángel García Torres**

**Registro:**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2022**

# AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



## ANEXO 3-H

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

#### 1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): López Epiguién Handy Alex  
DNI N°: 76450557  
Correo electrónico: 7645055771@untrm.edu.pe  
Facultad: Ingeniería Civil y Ambiental  
Escuela Profesional: Ingeniería Civil

#### Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): \_\_\_\_\_  
DNI N°: \_\_\_\_\_  
Correo electrónico: \_\_\_\_\_  
Facultad: \_\_\_\_\_  
Escuela Profesional: \_\_\_\_\_

#### 2. Título de la tesis para obtener el Título Profesional

Influencia del lastillo hawk fabricado como agregado grueso para mejorar la resistencia a la compresión del concreto.

#### 3. Datos de asesor 1

Apellidos y nombres: García Torres Miguel Ángel  
DNI, Pasaporte, C.E N°: 08049472  
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) <https://orcid.org/0000-0001-7678-7186>

#### Datos de asesor 2

Apellidos y nombres: \_\_\_\_\_  
DNI, Pasaporte, C.E N°: \_\_\_\_\_  
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) \_\_\_\_\_

#### 4. Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Inmunología)

[https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde\\_ford.html](https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html)  
2.00.00. Ingeniería, Tecnología - 2.01.00. Ingeniería Civil - 2.01.01. Ingeniería Civil

#### 5. Originalidad del Trabajo

Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

#### 6. Autorización de publicación

El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 31 de enero de 2023

Firma del autor 1  
  
Firma del Asesor 1

\_\_\_\_\_  
Firma del autor 2  
\_\_\_\_\_  
Firma del Asesor 2

## **DEDICATORIA**

A Dios, ante todo, por guiarme en la vida, a mis padres quienes me inculcaron los valores y forjaron las herramientas necesarias para estudiar, a mis docentes quienes me enseñaron y formaron poco a poco en la futura vida profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero hacer llegar mi agradecimiento a mi asesor, al Dr. Miguel Ángel García Torres, por asesorarme en la elaboración de la siguiente tesis, brindándome el apoyo necesario para la ejecución del siguiente trabajo de investigación, compartiéndome los conocimientos y consejos respectivos.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO  
RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**Ph.D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA**

Rector

**Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES**

Vicerrector Académico

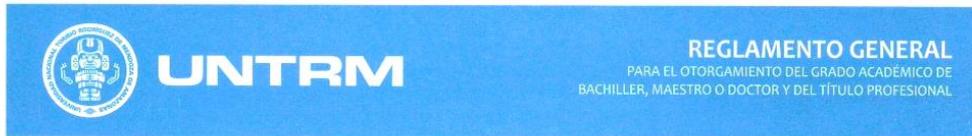
**Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA**

Vicerrectora de Investigación

**Dr. RICARDO EDMUNDO CAMPOS RAMOS**

Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

# VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



## ANEXO 3-L

### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada INFLUENCIA DEL LADRILLO LA TRITURADO COMO AGREGADO GRUESO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO; del egresado HAROLD LÓPEZ EPIQUIÉN de la Facultad de INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de esta Casa Superior de Estudios.

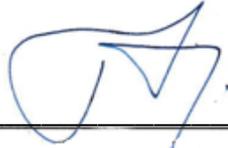
El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 17 de noviembre de 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Miguel Ángel García Torres', written over a horizontal line.

Firma y nombre completo del Asesor  
MIGUEL ÁNGEL GARCÍA TORRES.

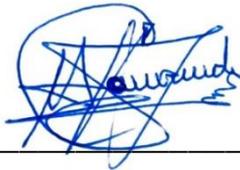
# JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



---

**ING. JORGE CHÁVEZ GUIVIN**

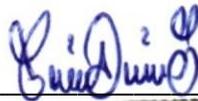
Presidente



---

**ING. JORGE ALFREDO HERNÁNDEZ CHÁVARRI**

Secretario



---

**ING. GEINER CANTA ALVIS**

Vocal

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



## ANEXO 3-Q

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

INFLUENCIA DEL LADRILLO LAR TRITURADO COMO ABRIGANDO GRUESO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

presentada por el estudiante ( )/egresado (X) HARDY ALEX LÓPEZ EPIQUÍEN  
de la Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL

con correo electrónico institucional 7645055771@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 24 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene \_\_\_\_\_ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 05 de diciembre del 2022

SECRETARIO

PRESIDENTE

VOCAL

OBSERVACIONES:

.....  
.....

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-S

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 06 de diciembre del año 2022, siendo las 5.40 horas, el aspirante: Hardy Alex López Epiguién, asesorado por Dr. Miguel Ángel García Torres defiende en sesión pública presencial () / a distancia ( ) la Tesis titulada: INFLUENCIA DEL LADRILLO LAKTRITURADO COMO AGREGADO GRUESO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Ing. Jorge Chávez Guivín

Secretario: Ing. Jorge Alfredo Hernández Chivari

Vocal: Ing. Geiner Santa Alvia

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

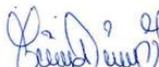
Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

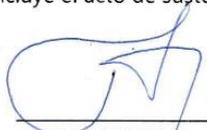
Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría ( ) Desaprobado ( )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 5.4 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....

# ÍNDICE

	<b>Pág</b>
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS.....	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS.....	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	ix
ÍNDICE .....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	18
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	20
2.1. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
2.3. UNIDADES MUESTRALES.....	21
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	22
2.4.1. TÉCNICA.....	22
2.4.2. INSTRUMENTO.....	22
2.5. PROCEDIMIENTOS.....	22
2.5.1. ENSAYOS FÍSICO-MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.....	22
2.5.2. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO.....	23
2.5.2.1. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA.....	23
2.5.2.2. CONTENIDO DE AÍRE.....	24
2.5.2.3. CONTENIDO DE AGUA.....	25
2.5.2.4. RELACIÓN AGUA-CEMENTO.....	25
2.5.2.5. CONTENIDO DE CEMENTO.....	26

2.5.2.6. VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO .....	26
2.5.2.7. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO.....	27
2.5.2.8. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO FINO.....	27
2.5.2.9. AJUSTE POR CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS.....	28
2.5.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS DE CONCRETO..	28
2.5.3.1. ELABORACIÓN DE LOS TESTIGOS DE CONCRETO.....	28
2.5.3.2. PRUEBA DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	29
III. RESULTADOS.....	30
3.1. PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.....	30
3.1.1. AGREGADO FINO.....	30
3.1.1.1. PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO.....	30
3.1.1.2. PESO UNITARIO SECO SUELTO.....	30
3.1.1.3. CONTENIDO DE ABSORCIÓN.....	31
3.1.1.4. CONTENIDO DE HUMEDAD.....	32
3.1.1.5. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO.....	33
3.1.1.6. MÓDULO DE FINEZA.....	34
3.1.2. AGREGADO GRUESO.....	35
3.1.2.1. PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO.....	35
3.1.2.2. PESO UNITARIO SECO SUELTO.....	36
3.1.2.3. PESO UNITARIO SECO COMPACTADO POR VARILLADO.....	37
3.1.2.4. CONTENIDO DE ABSORCIÓN.....	37
3.1.2.5. CONTENIDO DE HUMEDAD .....	38
3.1.2.6. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO.....	39
3.1.2.7. TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL.....	40
3.1.3. LADRILLO LARK TRITURADO.....	41
3.1.4. CEMENTO PORTLAND TIPO I.....	42
3.2. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO MEDIANTE LA NORMA ACI, COMITÉ 211.1-91.....	42
3.2.1. RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA.....	44
3.2.2. CONTENIDO DE AIRE.....	44
3.2.3. CONTENIDO DE AGUA.....	44

3.2.4. RELACIÓN AGUA-CEMENTO.....	44
3.2.5. CONTENIDO DE CEMENTO.....	44
3.2.6. PESO DEL AGREGADO GRUESO .....	45
3.2.7. VOLUMEN ABSOLUTO.....	45
3.2.8. PESO DEL AGREGADO FINO.....	45
3.2.9. DISEÑO EN ESTADO SECO.....	45
3.2.10. CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS.....	45
3.2.11. APORTE UNITARIO DE AGUA A LA MEZCLA.....	46
3.2.12. AGUA EFECTIVA.....	46
3.2.13. PESO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD.....	46
3.2.14. PROPORCIÓN DE DISEÑO EN PESO.....	46
3.2.15. RELACIÓN AGUA/CEMENTO DE DISEÑO.....	46
3.2.16. RELACIÓN AGUA/CEMENTO EFECTIVA.....	46
3.2.17. VOLUMEN APARENTE DE LOS MATERIALES.....	46
3.2.18. PROPORCIÓN DE DISEÑO EN VOLUMEN.....	47
3.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS DE CONCRETO...	48
IV. DISCUSIÓN.....	58
V. CONCLUSIONES.....	61
VI. RECOMENDACIONES.....	62
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXOS.....	65
1. FOTOGRAFÍAS.....	66
2. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO.....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág</b>
<b>Tabla 1.</b> Ensayos de laboratorio requeridos para los agregados.....	22
<b>Tabla 2.</b> Cálculo de la resistencia promedio requerida cuando no se tiene datos de registros anteriores.....	23
<b>Tabla 3.</b> Cálculo de la resistencia promedio requerida cuando se tiene en cuenta el control de calidad en la obra.....	24
<b>Tabla 4.</b> Contenido de aire atrapado.....	24
<b>Tabla 5.</b> Contenido de agua.....	25
<b>Tabla 6.</b> Relación agua-cemento por resistencia.....	26
<b>Tabla 7.</b> Volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	27
<b>Tabla 8.</b> Porcentajes de dureza del concreto según edad en días.....	29
<b>Tabla 9.</b> Ensayo del peso específico del agregado fino mediante la Norma ASTM C128.....	30
<b>Tabla 10.</b> Ensayo del peso unitario seco suelto del agregado fino mediante la Norma ASTM C128.....	31
<b>Tabla 11.</b> Ensayo del contenido de absorción del agregado fino mediante la Norma ASTM C128.....	32
<b>Tabla 12.</b> Ensayo del contenido de humedad del agregado fino mediante la Norma ASTM C128.....	32
<b>Tabla 13.</b> Ensayo sobre el análisis granulométrico por lavado del agregado fino mediante la Norma ASTM D421.....	33
<b>Tabla 14.</b> Ensayo del módulo de fineza del agregado fino mediante la Norma ASTM D421.....	35
<b>Tabla 15.</b> Ensayo del peso específico del agregado grueso mediante la Norma ASTM C128.....	36
<b>Tabla 16.</b> Ensayo del peso unitario seco suelto del agregado grueso mediante la Norma ASTM C128.....	36
<b>Tabla 17.</b> Ensayo del peso unitario seco compactado varillado del agregado grueso mediante la Norma ASTM C128.....	37
<b>Tabla 18.</b> Ensayo del contenido de absorción del agregado grueso mediante la Norma ASTM C128.....	38

<b>Tabla 19.</b> Ensayo del contenido de humedad del agregado grueso mediante la Norma ASTM C128.....	38
<b>Tabla 20.</b> Ensayo sobre el análisis granulométrico por lavado del agregado grueso mediante la Norma ASTM D421.....	39
<b>Tabla 21.</b> Características generales del ladrillo King Kong de la marca Lark.....	41
<b>Tabla 22.</b> Características físicas del ladrillo King Kong de la marca Lark.....	41
<b>Tabla 23.</b> Propiedades físico-mecánicas de los agregados.....	43
<b>Tabla 24.</b> Slump según consistencia requerida.....	43
<b>Tabla 25.</b> Proporción de diseño en peso empleando la Norma ACI, comité 211.1-91.....	47
<b>Tabla 26.</b> Proporción de diseño en volumen empleando la Norma ACI, comité 211.1-91.....	47
<b>Tabla 27.</b> Resistencia a la compresión de las probetas CE.....	48
<b>Tabla 28.</b> Resistencia a la compresión de las probetas TM 25%.....	49
<b>Tabla 29.</b> Resistencia a la compresión de las probetas TM 30%.....	49
<b>Tabla 30.</b> Resistencia a la compresión de las probetas TM 50%.....	49
<b>Tabla 31.</b> Resistencia a la compresión de las probetas TT 25%.....	50
<b>Tabla 32.</b> Resistencia a la compresión de las probetas TT 30%.....	50
<b>Tabla 33.</b> Resistencia a la compresión de las probetas TT 50%.....	50
<b>Tabla 34.</b> Resistencia a la compresión de las probetas CE a los días 7, 14 y 28.....	51
<b>Tabla 35.</b> Resistencia a la compresión de las probetas TM 25% a los días 7, 14 y 28 ..	51
<b>Tabla 36.</b> Resistencia a la compresión de las probetas TM 30% a los días 7, 14 y 28 ....	52
<b>Tabla 37.</b> Resistencia a la compresión de las probetas TM 50% a los días 7, 14 y 28 .....	52
<b>Tabla 38.</b> Resistencia a la compresión de las probetas TT 25% a los días 7, 14 y 28 ...	52
<b>Tabla 39.</b> Resistencia a la compresión de las probetas TT 30% a los días 7, 14 y 28 .....	53
<b>Tabla 40.</b> Resistencia a la compresión de las probetas TT 50% a los días 7, 14 y 28 .....	53
<b>Tabla 41.</b> Resistencias a la compresión más favorables de las probetas TM.....	54
<b>Tabla 42.</b> Resistencias a la compresión más favorables de las probetas TM.....	54
<b>Tabla 43.</b> Resistencias a la compresión más favorables de las probetas TT.....	56
<b>Tabla 44.</b> Resistencias a la compresión más favorables de las probetas TT.....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág</b>
<b>Figura 1.</b> Ubicación del laboratorio Díaz y Ocampo en la ciudad de Chachapoyas, departamento de Amazonas, Perú.....	20
<b>Figura 2.</b> Curva granulométrica de la arena.....	34
<b>Figura 3.</b> Curva granulométrica de la grava.....	40
<b>Figura 4.</b> Comparación de las resistencias a la compresión de las probetas CE y TM.....	55
<b>Figura 5.</b> Comparación en porcentajes de las resistencias a la compresión de las probetas CE y TM a los 28 días.....	55
<b>Figura 6.</b> Comparación de las resistencias a la compresión de las probetas CE y TT.....	57
<b>Figura 7.</b> Comparación en porcentajes de las resistencias a la compresión de las probetas CE y TT a los 28 días .....	57

## RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación surge a partir de la necesidad de buscar posibles soluciones técnicas y económicas en conseguir e inclusive mejorar levemente la resistencia a la compresión del concreto requerido, donde la metodología usada consistió en reemplazar parte del agregado grueso pétreo por ladrillo Lark triturado en el diseño de mezcla del concreto, usando el método comité ACI 211.1-91, que es la más usada en nuestro país. Se reemplazó parte del agregado grueso pétreo por ladrillo Lark triturado en cantidades del 25%, 30%, y 50% en volumen, donde se tomó en cuenta el triturado del ladrillo Lark tanto manualmente como a trituradora en tamaños de partículas de 3/4 a 1/2 pulgadas respectivamente, para luego ser comparadas con el diseño de mezcla de concreto estándar sin incorporación de ladrillo, con una resistencia a la compresión de diseño de 210 Kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados muestran que no es recomendable el reemplazo debido a que minora la resistencia a la compresión del concreto, en cantidades de reemplazo del 30% en volumen como máximo, la resistencia disminuye aproximadamente en un 10% de la resistencia de diseño (210 Kg/cm<sup>2</sup>), y para reemplazos mayores del 30% en volumen la resistencia a la compresión disminuye considerablemente a más del 10% de la resistencia requerida (210 Kg/cm<sup>2</sup>) en un concreto estándar. La conclusión del siguiente trabajo de investigación sugiere no reemplazar parte del agregado grueso pétreo por ladrillo Lark triturado con el propósito de llegar o mejorar levemente la resistencia a la compresión del concreto requerido.

**PALABRAS CLAVES:** Resistencia a la compresión del concreto, diseño de mezcla de concreto.

## **ABSTRACT**

The following research work arises from the need to seek possible technical and economic solutions to achieve and even slightly improve the compressive strength of the required concrete, where the methodology used consisted of replacing part of the coarse stone aggregate by Lark brick crushed in the concrete mix design, using the ACI 211.1-91 committee method, which is the most used in our country. Part of the coarse stone aggregate was replaced by crushed Lark brick in amounts of 25%, 30%, and 50% by volume, where the crushing of the Lark brick was taken into account both manually and with a crusher in particle sizes of 3/4 to 1/2 inches respectively, to then be compared with the standard concrete mix design without brick incorporation, with a design compressive strength of 210 Kg/cm<sup>2</sup>. The results show that replacement is not recommended because it reduces the compressive strength of the concrete, in replacement amounts of 30% by volume as a maximum, the resistance decreases by approximately 10% of the design resistance (210 Kg/ cm<sup>2</sup>), and for replacements greater than 30% in volume, the compressive strength decreases considerably to more than 10% of the required resistance (210 Kg/cm<sup>2</sup>) in standard concrete. The conclusion of the following research work suggests not to replace part of the coarse stone aggregate by crushed Lark brick with the purpose of reaching or slightly improving the required compressive strength of the concrete.

**KEYWORDS:** Compressive strength of concrete, concrete mix design.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han investigado técnicas innovadoras sobre el uso de concretos con elaboraciones alternas a las convencionales, con el propósito de conseguir e inclusive mejorar en muchos de los casos la resistencia a la compresión del concreto requerido, muchos de estos trabajos se basan en el reemplazo parcial de algunos de los materiales que componen la elaboración del concreto, dentro de ellos, uno de los más destacables, es el reemplazo de parte del material pétreo grueso por ladrillo triturado de arcilla, dando como resultado en muchas de las investigaciones, resistencias a la compresión requeridas e inclusive mejorar dichas resistencias.

Muchos de estos estudios sobre el reemplazo parcial del material grueso pétreo por triturado de ladrillo de arcilla en el diseño de mezcla del concreto, afirman que dicho reemplazo no debe pasar del 30% en volumen. Pérez (2012) afirma, la consecuencia de su estudio indica la viabilidad de emplear triturado de ladrillo como agregado grueso en la confección de concreto, siempre y cuando este no supere el 30% del agregado natural grueso en volumen. Otros autores afirman lo siguiente, Se prepararon mezclas de testigos de concreto con reemplazo del agregado grueso pétreo natural por ladrillo de arcilla triturado al 25%, 50%, 75% y 100%, con el objetivo de comparar las resistencias a la compresión, los resultados de las pruebas mostraron que es posible producir concretos elaborados con ladrillo triturado de arcilla con características similares a las de un concreto estándar, siempre y cuando el reemplazo sea como máximo en un 25% en volumen (Kasi y Malasani 2016).

Otros estudios realizados sobre este tema, demuestran inclusive una mejoría en la resistencia a la compresión del concreto, utilizando en el agregado grueso pétreo reemplazos parciales de ladrillos de arcilla triturados en el diseño de mezcla del concreto, de tal manera nos mencionan lo siguiente; los ladrillos triturados sobre quemados también se pueden usar para elaborar concretos con mayor resistencia a la compresión, con pesos reducidos si los ladrillos se queman correctamente (Apebo et al., 2014).

La importancia sobre producir concretos con resistencias a la compresión requeridas e inclusive una mejora en dichas resistencias son muy importantes a nivel técnico y económico, tal como lo demuestran ciertos estudios realizados sobre este tema, debido a que el ladrillo de arcilla es fácil de adquirir, inclusive encontrándolo en obra en muchos

de los casos, los ladrillos son económicos, e inclusive si se efectúa un adecuado diseño de mezcla de concreto, utilizando proporciones adecuadas de los materiales, incluido del reemplazo del ladrillo de arcilla triturado en la mezcla, se puede mejorar la resistencia a la compresión del concreto, por ende lo convierte también en una alternativa técnica en la elaboración de concretos, así como también una alternativa económica, frente a otros estudios referidos a este tema, los cuales utilizan otros materiales relativamente más antieconómicos.

Es en este sentido como nace la necesidad de realizar esta investigación sobre el aporte que puede dar el ladrillo triturado de arcilla en el diseño de mezcla del concreto, en cuanto a la resistencia a la compresión se refiere, para el siguiente trabajo de investigación se empleó el ladrillo de la marca Lark modelo King Kong, se escogió esta marca y modelo ya que es una de las marcas más comercializadas a nivel nacional. La metodología usada en el siguiente trabajo de investigación se basó en hacer reemplazos al 25%, 30% y 50% del material pétreo grueso natural por ladrillo Lark triturado, tanto manualmente como por trituradora en el diseño de mezcla del concreto, con el propósito en base a los antecedentes observados de verificar si se llega o inclusive se mejora la resistencia a la compresión del concreto requerido, planteándonos dicha interrogante; ¿En qué medida influye el ladrillo Lark triturado como parte del agregado grueso en el diseño de mezcla del concreto para mejorar la resistencia a la compresión del concreto?.

Es por ello que la siguiente investigación tiene por objetivo principal; determinar la influencia del ladrillo Lark triturado como agregado grueso para mejorar la resistencia a la compresión del concreto. Así como tres objetivos específicos, las cuales son; encontrar el porcentaje óptimo de ladrillo Lark triturado como reemplazo parcial del agregado grueso, para mejorar la resistencia a la compresión del concreto; mejorar la resistencia a la compresión del concreto empleando ladrillo Lark triturado como parte del agregado grueso en el diseño de mezcla del concreto; y demostrar el empleo a nivel técnico y económico del ladrillo Lark triturado como reemplazo parcial del agregado grueso en el diseño de mezcla del concreto.

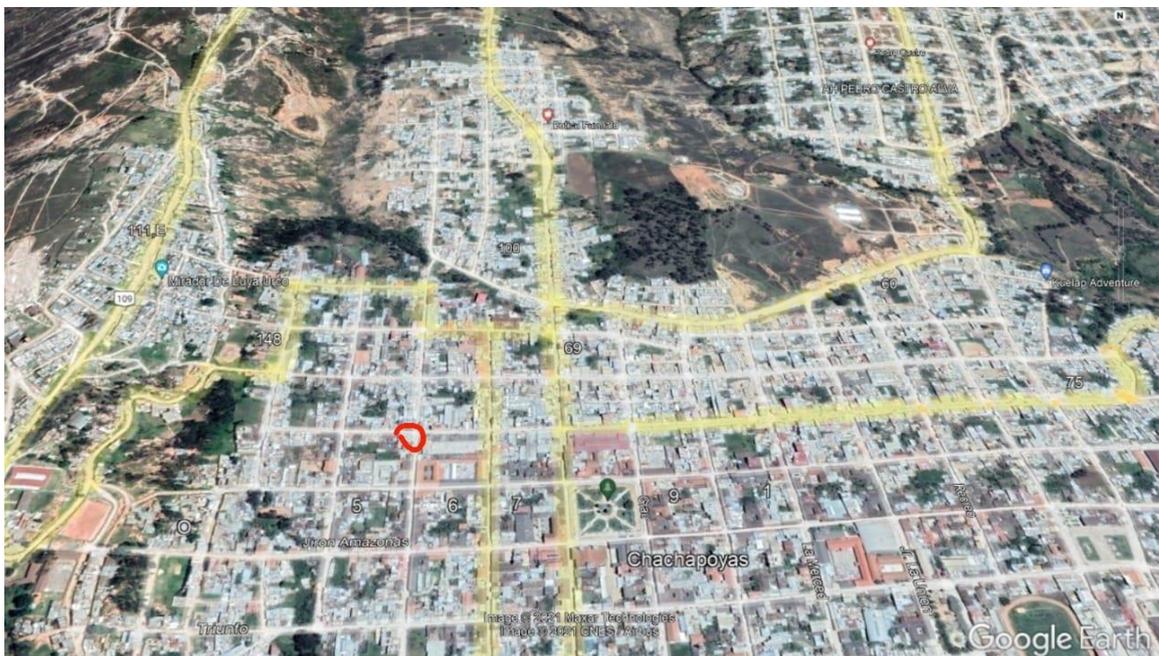
## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Los ensayos requeridos para la realización del siguiente trabajo de investigación, se desarrolló a cabo en el laboratorio Días y Ocampo en la ciudad de Chachapoyas, departamento de Amazonas.

#### Figura 1

*Ubicación del laboratorio Días y Ocampo en la ciudad de Chachapoyas, departamento de Amazonas, Perú*



Nota. La imagen representa una vista parcial de la ciudad de Chachapoyas en Google Earth.

- Localidad: Chachapoyas
- Distrito: Chachapoyas
- Provincia: Chachapoyas
- Región: Amazonas

Los agregados para el diseño de mezcla que se desarrolló en esta investigación, se obtuvieron de la cantera fluvial Mesías Agregados, localizados en las inmediaciones de la ciudad de Chachapoyas.

- Localidad: Chachapoyas
- Distrito: Chachapoyas
- Provincia: Chachapoyas

- Región: Amazonas

## **2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El siguiente estudio es de carácter experimental, a causa de que, para llegar a las conclusiones requeridas, se tuvo que manipular una variable experimental, en condiciones rigurosamente controladas, a la misma vez, en el siguiente trabajo de investigación fueron realizados ensayos de laboratorio para obtener los datos requeridos, a continuación, se presentan las variables de estudio del siguiente trabajo de investigación.

- Variable Independiente: Ladrillo triturado Lark
- Variable Dependiente: Resistencia a la compresión del concreto

## **2.3. UNIDADES MUESTRALES**

Las unidades muestrales en el siguiente trabajo de investigación son los veintiún testigos de concreto que se ensayó en el siguiente estudio, las cuales se fabricaron en moldes de probetas estándares, que tienen una medida de 6 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de altura. Dichos testigos de concreto se distribuyeron de la siguiente manera:

- 3 probetas de concreto sin incorporación de ladrillo Lark (CE)
- 3 probetas de concreto con incorporación de ladrillo Lark triturado manualmente al agregado grueso en un 25% de reemplazo en volumen (TM 25%)
- 3 probetas de concreto con incorporación de ladrillo Lark triturado manualmente al agregado grueso en un 30% de reemplazo en volumen (TM 30%)
- 3 probetas de concreto con incorporación de ladrillo Lark triturado manualmente al agregado grueso en un 50% de reemplazo en volumen (TM 50%)
- 3 probetas de concreto con incorporación de ladrillo Lark triturado por trituradora (3/4" a 1/2" de partículas) al agregado grueso en un 25% de reemplazo en volumen (TT 25%)
- 3 probetas de concreto con incorporación de ladrillo Lark triturado por trituradora (3/4" a 1/2" de partículas) al agregado grueso en un 30% de reemplazo en volumen (TT 30%)
- 3 probetas de concreto con incorporación de ladrillo Lark triturado por trituradora (3/4" a 1/2" de partículas) al agregado grueso en un 50% de reemplazo en volumen (TT 50%)

En todos los casos, los testigos de concreto se diseñaron con la Norma ACI, comité 211.1-91, para una resistencia a la compresión de 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

## 2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

### 2.4.1. TÉCNICA

Para el desarrollo del siguiente trabajo de investigación se usó la técnica de la observación. Debido a que implicó observar atentamente la experimentación realizada, con la finalidad de tomar la información necesaria, para ser registrada posteriormente de una forma sistemática.

### 2.4.2. INSTRUMENTO

Para el desarrollo del siguiente trabajo de investigación se usó un formato de registro. Este formato de registro fue impreso, y se empleó con la finalidad de tomar apuntes de los datos que se obtuvo de los ensayos realizados en el siguiente trabajo de investigación.

## 2.5. PROCEDIMIENTOS

Los procedimientos usados para el desarrollo de la presente tesis, fueron tres, que se describen a continuación.

### 2.5.1. ENSAYOS FÍSICO-MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

Para poder hacer el diseño de mezcla por la Norma ACI, comité 211.1-91, fue necesario realizar ciertos ensayos de laboratorio a los agregados (grava y arena), las cuales se detallan a continuación:

**Tabla 1**

*Ensayos de laboratorio requeridos para los agregados*

DESCRIPCIÓN DE ENSAYO	ARENA	GRAVA
Peso específico de masa	Requerido	Requerido
Peso unitario suelto seco	Requerido	Requerido
Peso unitario compactado por varillado	No requerido	Requerido
Contenido de absorción	Requerido	Requerido
Contenido de humedad	Requerido	Requerido
Módulo de fineza	Requerido	No requerido
Tamaño máximo nominal	No requerido	Requerido

Nota. Esta tabla indica y especifica los ensayos de laboratorio requeridos para los agregados.

## 2.5.2. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

Para el diseño de mezcla del concreto en el desarrollo de la siguiente tesis, se empleó la Norma ACI, comité 211.1-91. Esta Norma nos detalla una serie de pasos que se debe seguir rigurosamente, para conseguir la resistencia a la compresión requerida, en el caso de esta investigación, se diseñó para una resistencia a la compresión requerida de 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

### 2.5.2.1. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA (F' cr)

La norma nos especifica tres métodos para el cálculo de la resistencia promedio requerida, las cuales se detallan a continuación mediante tablas y fórmulas proporcionadas por la misma Norma ACI, comité 211.1-91.

#### a) Cuando tenemos la desviación estándar

$$F'_{cr} = F'_c + 1.33 \times S$$

$$F'_{cr} = F'_c + 2.33 \times S - 35$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$x_i$  = Valores de resistencias obtenidos en probetas estándar

$\bar{x}$  = Promedio de valores de resistencia obtenidos en probetas estándar

#### b) Cuando no tenemos registros de resistencia de probetas correspondientes a obras anteriores

Usaremos la siguiente tabla:

**Tabla 2**

*Cálculo de la resistencia promedio requerida cuando no se tiene datos de registros anteriores*

F'c	F'cr
Menos de 210 Kg/cm <sup>2</sup>	F'c + 70
210 - 350 Kg/cm <sup>2</sup>	F'c + 84
> 350 Kg/cm <sup>2</sup>	F'c + 98

Nota. La siguiente tabla indica la resistencia promedio requerida cuando no se tiene datos de registros anteriores, según el ACI, comité 211.1-91.

### c) Teniendo en cuenta el control de calidad en la obra

Usaremos la siguiente tabla:

**Tabla 3**

*Cálculo de la resistencia promedio requerida cuando se tiene en cuenta el control de calidad en la obra*

<b>NIVEL DE CONTROL</b>	<b>F'cr</b>
Regular o malo	1.3F'c a 1.5F'c
210 -350 Kg/cm <sup>2</sup>	1.2F'c
> 350 Kg/cm <sup>2</sup>	1.1F'c

Nota. La siguiente tabla indica la resistencia promedio requerida teniendo en cuenta el control de calidad de la obra, según el ACI, comité 211.1-91.

Para el caso del desarrollo de la siguiente tesis, se usó la tabla 2.

#### 2.5.2.2. CONTENIDO DE AIRE

El contenido de aire se calculó mediante el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

**Tabla 4**

*Contenido de aire atrapado*

<b>Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso</b>	<b>Aire atrapado</b>
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
4"	0.2%

Nota. La tabla respectiva muestra el porcentaje de aire atrapado en la mezcla seca endurecida, de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado grueso, según el ACI, comité 211.1-91.

### 2.5.2.3. CONTENIDO DE AGUA

Se calculó mediante la tabla siguiente:

**Tabla 5**

*Contenido de agua*

ASENTAMIENTO O SLUMP	Agua en Lt/m <sup>3</sup> de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	....
Cantidad aproximada de aire atrapado en porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	....
Promedio recomendado para el contenido total de aire, en porcentaje	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Nota. La tabla respectiva muestra el contenido de agua en relación al Slump y tamaño máximo nominal del agregado grueso, según el ACI, comité 211.1-91.

Para el caso de la siguiente tesis, se elaboró concreto sin aire incorporado.

### 2.5.2.4. RELACIÓN AGUA – CEMENTO (a/c)

Se calculó mediante la siguiente tabla:

**Tabla 6***Relación agua – cemento por resistencia*

F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua - cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	.....
450	0.38	.....

Nota. La tabla respectiva muestra la relación agua- cemento de acuerdo a la resistencia a la compresión requerida, según el ACI, comité 211.1-91.

#### **2.5.2.5. CONTENIDO DE CEMENTO**

La cuantía de cemento por unidad de volumen de concreto, es igual al agua de mezclado dividido entre la relación agua – cemento (Abanto, 2015).

Contenido de cemento (en Kg/m<sup>3</sup>) = Agua de mezclado (Kg/m<sup>3</sup>) / relación a/c.

#### **2.5.2.6. VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO**

Se obtuvo mediante la interpolación del tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de fineza del agregado fino. De acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 7***Volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota. La tabla respectiva nos proporciona el volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto, según el ACI, comité 211.1-91.

### 2.5.2.7. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Abanto (2015) menciona, el peso seco del agregado grueso por metro cúbico de concreto, en base al volumen seco y compactado del mismo, es igual al valor obtenido de la tabla anterior, multiplicado por el peso unitario seco y compactado del agregado grueso.

Cantidad de agregado grueso (En Kg) = Volumen de agregado grueso (en m<sup>3</sup>) x Peso unitario seco y compactado del agregado grueso (en Kg/m<sup>3</sup>).

### 2.5.2.8. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO FINO

Abanto (2015) menciona, todos los componentes a excepción del agregado fino son conocidos por metro cúbico de concreto, pudiendo hallarse el mismo por diferencia, empleando el método de los pesos o el método de los volúmenes.

Usando el método de los pesos se tiene:

Peso del agregado fino (En Kg) = Peso del concreto (En Kg) – (Peso del agregado grueso (En Kg) + Peso del cemento (En Kg) + Peso del agua de mezclado (En Kg)).

Usando el método de los volúmenes se tiene:

Peso del agregado fino (En Kg) =  $(1\text{ m}^3 - \text{Volumen de los otros componentes del concreto en } 1\text{ m}^3 \text{ a excepción del agregado fino}) \times (\text{Peso específico del agregado fino (en Kg/m}^3))$ .  
Para el caso del desarrollo de la siguiente tesis, se empleó el método de los volúmenes.

#### **2.5.2.9. AJUSTE POR CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS**

Abanto (2015) menciona, generalmente los agregados utilizados en la preparación de un concreto, se encuentran húmedos por lo cual sus pesos secos se incrementan en el porcentaje de agua que contengan, tanto agua absorbida como superficial. Así el agua de mezclado añadida a la colada, debe ser reducida en una cuantía equivalente a la humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal el contenido total de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción.

Peso del agregado grueso húmedo (En Kg) = (Peso del agregado grueso seco (En Kg)) x (humedad (en%)).

Peso del agregado fino húmedo (En Kg) = (Peso del agregado fino seco (En Kg)) x (humedad (en%)).

Agua en el agregado grueso = (Peso del agregado grueso seco (En Kg)) x (humedad (en%) – absorción (en%)) = X (en Kg).

Agua en el agregado fino = (Peso del agregado fino seco (En Kg)) x (humedad (en%) – absorción (en%)) = Y (en Kg).

Agua neta o efectiva = Agua de diseño (Kg) – (X + Y).

### **2.5.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS DE CONCRETO**

#### **2.5.3.1. ELABORACIÓN DE LOS TESTIGOS DE CONCRETO**

Para la obtención de los 21 testigos de concreto ya mencionados, y con los reemplazos correspondientes de ladrillo Lark triturado al agregado grueso si fuera el caso, se siguió la siguiente secuencia:

- Luego del remezclado, se llenó de inmediato los moldes hasta un tercio de su altura, compactando a continuación con la barra mediante 25 golpes verticales. El proceso se repitió en las 2 capas siguientes, de manera que la barra penetró hasta la capa precedente a no más de 1". En la última capa, se colocó material en exceso, para ser enrazado a tope con el borde superior del molde, sin agregar material.

- Después de ser consolidada cada capa, se procedió a aporrear ligeramente los contornos del molde, empleando un martillo de caucho, para suprimir los vacíos que pudieran haber permanecido.
- El espacio del cilindro fue terminado con la barra, con la intención de lograr una superficie llana, lisa y vertical a la generatriz del cilindro.
- Las probetas se retiraron de los moldes después de 24 horas aproximadamente de ser vaciadas, para a continuación zambullirlas en agua para su curado.
- Los testigos de concreto fueron curados 7 días en agua totalmente sumergidas, para luego finalmente ser llevados a laboratorio para el ensayo de la resistencia a la compresión.

### 2.5.3.2. PRUEBA DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Todas las probetas fueron llevados a la prensa de resistencia a la compresión de concreto, para medir justamente la resistencia a la compresión en Kg/cm<sup>2</sup>, solo al séptimo día. El ensayo aplicado fue: ensayo de compresión simple de concreto mediante las Normas ASTM C – 39, y AASHTO T -22.

Para el cálculo de la resistencia a la compresión de las probetas a los días 14 y 28 respectivamente, se cuantificó mediante el porcentaje de resistencia que alcanzan en esos días las probetas, estos porcentajes de resistencia se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 8**

*Porcentajes de dureza del concreto según edad en días*

EDAD (DÍAS)	PORCENTAJES DE DUREZA DEL CONCRETO (%)
1	16
3	40
7	65
14	90
28	99

Nota. La tabla respectiva nos da el grado de endurecimiento en porcentajes que adquiere el concreto según los días, de acuerdo al ACI, comité 211.1-91.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

##### 3.1.1. AGREGADO FINO

###### 3.1.1.1. PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO

Según la NTP 400.022:2002.

El peso específico de masa saturado superficialmente seco del agregado fino es una magnitud dimensional, el cual representó la división entre la masa de un cierto volumen dado del agregado fino entre el volumen del agregado fino a una cierta temperatura dada, las unidades más usuales en representar el peso específico de masa son en  $\text{Kg/m}^3$  o  $\text{gr/cm}^3$ .

Siguiendo los ensayos de la Norma ASTM C218 para la obtención del peso específico de masa del agregado fino, se obtuvieron los siguientes valores:

**Tabla 9**

*Ensayo del peso específico del agregado fino mediante la Norma ASTM C218*

<b>PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO DE LA ARENA</b>	
Peso de la arena	389.24 gr
Volumen de agua en la probeta	300.00 $\text{cm}^3$
Volumen de agua en la probeta más arena	467.00 $\text{cm}^3$
Volumen de la arena	167.00 $\text{cm}^3$
<b>Peso específico</b>	<b>2.331 <math>\text{gr/cm}^3</math></b>

Nota. La tabla siguiente muestra los resultados de laboratorio obtenidos para el peso específico de masa saturado superficialmente seco de la arena.

###### 3.1.1.2. PESO UNITARIO SECO SUELTO

Según la NTP 400.017:2011.

La prueba de pesos unitarios de los agregados se realizó para obtener los valores de densidad de la masa, los cuales son empleados para la selección de proporciones del diseño de mezcla del concreto.

Se utilizó para convertir las cantidades de peso en cantidades de volumen. Las unidades más usuales en representar el peso unitario seco suelto es en Kg/m<sup>3</sup> o gr/cm<sup>3</sup>.

Siguiendo los ensayos de la Norma ASTM C218 para la obtención del peso unitario seco suelto del agregado fino, se obtuvieron los siguientes valores:

**Tabla 10**

*Ensayo del peso unitario seco suelto del agregado fino mediante la Norma ASTM C128*

<b>PESO UNITARIO SECO SUELTO DE LA ARENA</b>	
Peso del molde	8461.80 gr
Peso del material más molde	13390.00 gr
Peso del material	4928.20 gr
Volumen del material	3067.00 cm <sup>3</sup>
<b>Peso unitario seco suelto</b>	<b>1.607 gr/cm<sup>3</sup></b>

Nota. La tabla siguiente muestra los resultados de laboratorio obtenidos para el peso unitario seco suelto de la arena.

### **3.1.1.3. CONTENIDO DE ABSORCIÓN**

Según la NTP 400.022:2002.

Con este ensayo se determinó la cantidad de agua absorbida por el agregado fino después que este material fue sumergido en agua por 24 horas. El contenido de absorción del agregado fino se expresa en porcentaje del peso seco.

Siguiendo los ensayos de la Norma ASTM C218 para la obtención del contenido de absorción del agregado fino, se obtuvieron los siguientes datos:

**Tabla 11**

*Ensayo del contenido de absorción del agregado fino mediante la Norma ASTM C128*

<b>CONTENIDO DE ABSORCIÓN DE LA ARENA</b>	
Peso de la tara	83.36 gr
Peso de la muestra seca más tara	628.00 gr
Peso de la muestra seca	544.64 gr
Peso de la muestra saturada más tara	784.00 gr
Peso de la muestra horneada (24 horas)	776.00 gr
Peso del agua absorbida	8.00 gr
<b>Contenido de absorción</b>	<b>1.47 %</b>

Nota. La tabla siguiente muestra los resultados de laboratorio obtenidos para el contenido de absorción de la arena.

### **3.1.1.4. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Según la NTP 339.185:2013.

Con esta prueba se determinó la cuantía de agua que tiene el agregado fino en su estado oriundo, de esta manera se pudo realizar la corrección de la cuantía de agua en el diseño de mezcla del concreto. El contenido de humedad del agregado fino se expresa en porcentajes.

Siguiendo los ensayos de la Norma ASTM C218 para la obtención de la cuantía de humedad del agregado fino, se obtuvieron los siguientes valores:

**Tabla 12**

*Ensayo del contenido de humedad del agregado fino mediante la Norma ASTM C128*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA ARENA</b>	
Peso de la tara	83.36 gr
Peso de la muestra húmeda más tara	628.00 gr
Peso de la muestra seca más tara	628.00 gr
Peso de la muestra seca	544.64 gr
Peso del agua	0.00 gr
<b>Contenido de humedad</b>	<b>0.00 %</b>

Nota. La tabla siguiente muestra los resultados de laboratorio obtenidos para el contenido de humedad de la arena.

### 3.1.1.5. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO

Según la NTP 400.012:2013.

Se realizó el análisis granulométrico con el propósito de hallar la gradación de las partículas del agregado fino.

Continuando los ensayos de la Norma ASTM D421 para el análisis granulométrico del agregado fino, se obtuvieron los subsiguientes valores (para una muestra seca de arena cuyo peso fue de 983.00 gr):

**Tabla 13**

*Ensayo sobre el análisis granulométrico por lavado del agregado fino mediante la Norma ASTM D421*

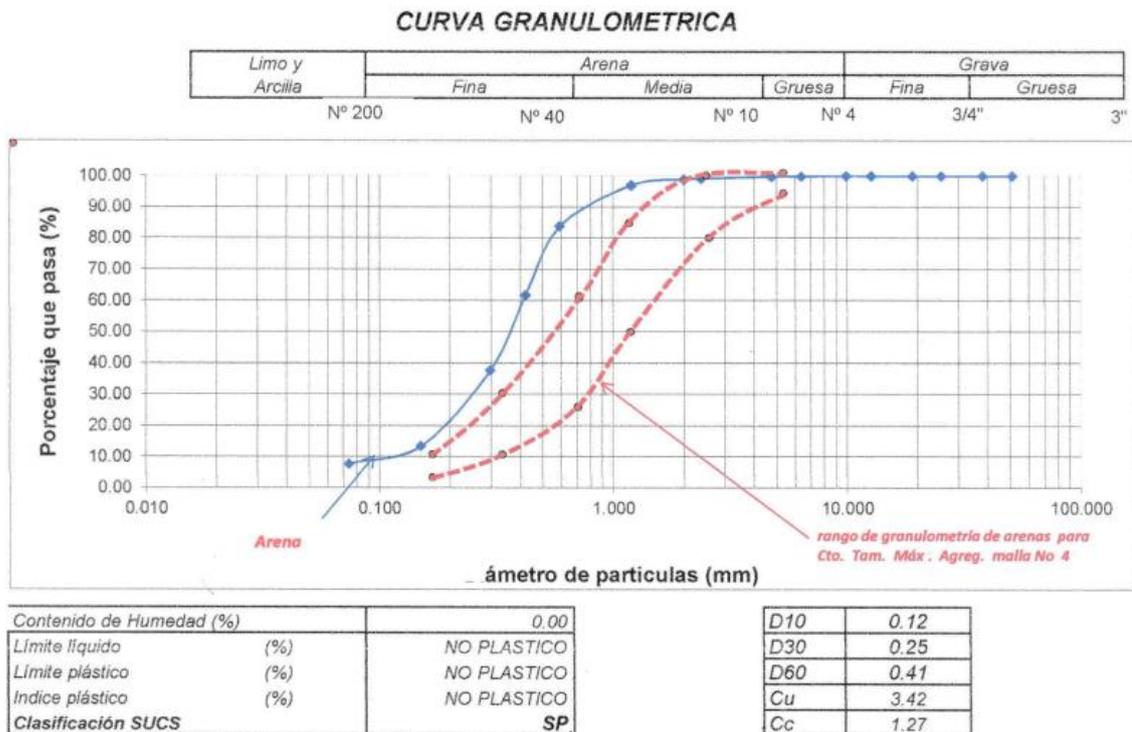
<b>Malla</b>	<b>Malla (mm)</b>	<b>Peso retenido Parcial</b>	<b>% Retenido Parcial</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Que Pasa</b>
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.925	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.350	2.00	0.20	0.20	99.80
Nº 4	4.760	1.00	0.10	0.31	99.69
Nº 8	2.380	6.00	0.61	0.92	99.08
Nº 10	2.000	3.00	0.31	1.22	98.78
Nº 16	1.190	18.00	1.83	3.05	96.95
Nº 30	0.590	129.00	13.12	16.17	83.83
Nº 40	0.420	217.00	22.08	38.25	61.75
Nº 50	0.297	236.00	24.01	62.26	37.74
Nº 100	0.150	239.00	24.31	86.57	13.43
Nº 200	0.074	56.00	5.70	92.27	7.73
<b>Pérdida por lavado</b>		<b>76.00</b>	<b>7.73</b>	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>

Nota. La tabla respectiva muestra los resultados del ensayo de análisis granulométrico por lavado de la arena.

Una vez obtenido los valores requeridos en el ensayo granulométrico por tamizado de la arena mediante la Norma ASTM D421, se obtuvo la curva granulométrica de los valores previamente obtenidos del análisis granulométrico por tamizado, donde nos indica también los límites de consistencia de Atterberg, en el cual para todos los casos nos dio como resultado arena no plástica, y a la misma vez arena mal graduada, como se puede observar en la imagen siguiente.

**Figura 2**

*Curva granulométrica de la arena*



**ARENA MAL GRADUADA**

*la arena es proporcionada por el solicitante*

Nota. El gráfico representa la curva granulométrica del agregado fino obtenido en laboratorio.

### 3.1.1.6. MÓDULO DE FINEZA

Según la NTP 400.037:2014.

El módulo de fineza se consiguió mediante de la adición de los porcentajes retenidos aglomerados de las mallas Nº 4, Nº 8, Nº 16, Nº 30, Nº 50, Nº 100, y divididos entre 100. Este parámetro nos indica el índice de finura que presenta el material. La unidad es adimensional.

Siguiendo los ensayos de la Norma ASTM D421 para el módulo de fineza del agregado fino, se obtuvieron los siguientes datos:

**Tabla 14**

*Ensayo del Módulo de Fineza del agregado fino mediante la Norma ASTM D421*

<b>MALLA</b>	<b>MALLA (MM)</b>	<b>PORCENTAJE DE PESO ACUMULADO RETENIDO</b>
N° 4	9.480	0.31
N° 8	2.380	0.92
N° 16	1.190	26.95
N° 30	0.595	62.26
N° 50	0.298	86.57
N° 100	0.150	92.27
<b>TOTAL</b>		<b>269.28</b>
	%	100.00
<b>Módulo de Fineza</b>		<b>2.69</b>

Nota. La tabla respectiva muestra los resultados del ensayo de módulo de fineza de la arena.

### **3.1.2. AGREGADO GRUESO**

#### **3.1.2.1. PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO**

Según la NTP 400.022:2002.

El peso específico de masa saturado superficialmente seco del agregado grueso es una magnitud dimensional, el cual representa la división entre la masa de un cierto volumen dado del agregado grueso entre el volumen del agregado grueso a una cierta temperatura dada, la unidad más usual en representar el peso específico de masa es en Kg/m<sup>3</sup> o gr/cm<sup>3</sup>.

Siguiendo los ensayos de la Norma ASTM C218 para la obtención del peso específico de masa del agregado grueso, se obtuvieron los siguientes valores:

**Tabla 15**

*Ensayo del peso específico del agregado grueso mediante la Norma ASTM C128*

<b>PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO DE LA GRAVA</b>	
Peso de la grava en el aire	3308.00 gr
Peso de la grava en el agua	1978.00 gr
<b>Peso específico</b>	<b>2.487 gr/cm<sup>3</sup></b>

Nota. La tabla respectiva muestra los resultados del ensayo del peso específico de masa saturado superficialmente seco de la grava.

### **3.1.2.2. PESO UNITARIO SECO SUELTO**

Según la NTP 400.017:2011.

Esta prueba se realizó para obtener los datos de densidad de la masa, las cuales son usados para la selección de relaciones de la mezcla del concreto. Esto se utilizó para convertir las cantidades de peso en cantidades de volumen. Las unidades más usuales en representar el peso unitario seco suelto es en Kg/m<sup>3</sup> o gr/cm<sup>3</sup>.

Siguiendo los ensayos de la Norma ASTM C218 para la obtención del peso unitario seco suelto del agregado grueso, se obtuvieron los siguientes valores:

**Tabla 16**

*Ensayo del peso unitario seco suelto del agregado grueso mediante la Norma ASTM C128*

<b>PESO UNITARIO SECO SUELTO DE LA GRAVA</b>	
Peso del molde	8461.80 gr
Peso del material más molde	12959.00 gr
Peso del material	4497.20 gr
Volumen del material	3067.00 cm <sup>3</sup>
<b>Peso unitario seco suelto</b>	<b>1.466 gr/cm<sup>3</sup></b>

Nota. La tabla respectiva muestra los resultados del ensayo del peso unitario seco suelto de la grava.

### 3.1.2.3. PESO UNITARIO SECO COMPACTADO POR VARILLADO

Según la NTP 400.017:2011.

También llamado peso unitario apisonado, se calculó la densidad de la masa compactada en tres capas con 25 golpes en cada capa del agregado grueso mediante una varilla metálica reglamentada en la presente norma. De esta manera se pudo determinar el grado de compactación del material. Las unidades más usuales en representar el peso unitario seco compactado varillado es en Kg/m<sup>3</sup> o gr/cm<sup>3</sup>.

Siguiendo los ensayos de la Norma ASTM C218 para la obtención del peso unitario seco compactado varillado del agregado grueso, se obtuvieron los siguientes valores:

**Tabla 17**

*Ensayo del peso unitario seco compactado varillado del agregado grueso mediante la Norma ASTM C128*

<b>PESO UNITARIO SECO COMPACTADO VARILLADO DE LA GRAVA</b>	
Peso del molde	8461.80 gr
Peso del material más molde	13465.00 gr
Peso del material	5003.20 gr
Volumen del material	3067.00 cm <sup>3</sup>
<b>Peso unitario seco suelto</b>	<b>1.631 gr/cm<sup>3</sup></b>

Nota. La tabla respectiva muestra los resultados del ensayo del peso unitario seco compactado varillado de la grava.

### 3.1.2.4. CONTENIDO DE ABSORCIÓN

Según la NTP 400.021:2002.

Con este ensayo se determinó la cuantía de agua absorbida por el agregado grueso luego que este material fuera sumergido en agua por 24 horas. La unidad en que se expresa este parámetro es en porcentaje del peso seco.

Siguiendo los ensayos de la Norma ASTM C218 para la obtención del contenido de absorción del agregado grueso, se obtuvieron los siguientes valores:

**Tabla 18**

*Ensayo del contenido de absorción del agregado grueso mediante la Norma ASTM C128*

<b>CONTENIDO DE ABSORCIÓN DE LA GRAVA</b>	
Peso de la tara	87.51 gr
Peso de la muestra seca más tara	624.00 gr
Peso de la muestra seca	536.49 gr
Peso de la muestra saturada más tara	801.00 gr
Peso de la muestra horneada (24 horas)	793.00 gr
Peso del agua absorbida	8.00 gr
<b>Contenido de absorción</b>	<b>1.49 %</b>

Nota. La tabla respectiva muestra los resultados del ensayo de contenido de absorción de la grava.

### **3.1.2.5. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Según la NTP 339.185: 2013.

Con la siguiente prueba se determinó la cuantía de agua que tiene el agregado grueso en su estado oriundo, de esta manera se pudo realizar la corrección de la cuantía de agua en el diseño de mezcla del concreto.

Siguiendo los ensayos de la Norma ASTM C218 para la obtención de la cuantía de humedad del agregado grueso, se obtuvieron los siguientes valores:

**Tabla 19**

*Ensayo del contenido de humedad del agregado grueso mediante la Norma ASTM C128*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA GRAVA</b>	
Peso de la tara	87.51 gr
Peso de la muestra húmeda más tara	640.00 gr
Peso de la muestra seca más tara	624.00 gr
Peso de la muestra seca	536.49 gr
Peso del agua	16.00 gr
<b>Contenido de humedad</b>	<b>2.98 %</b>

Nota. La tabla respectiva muestra los resultados del ensayo de contenido de humedad de la grava.

### 3.1.2.6. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO

Según la NTP 400.012:2013.

Se realizó el análisis granulométrico con el propósito de hallar la gradación de las partículas del agregado grueso.

Continuando los ensayos de la Norma ASTM D421 para el análisis granulométrico del agregado grueso, se obtuvieron los siguientes valores (para una muestra seca de grava cuyo peso fue de 3000.00 gr):

**Tabla 20**

*Ensayo sobre el análisis granulométrico por lavado del agregado grueso mediante la Norma ASTM D421*

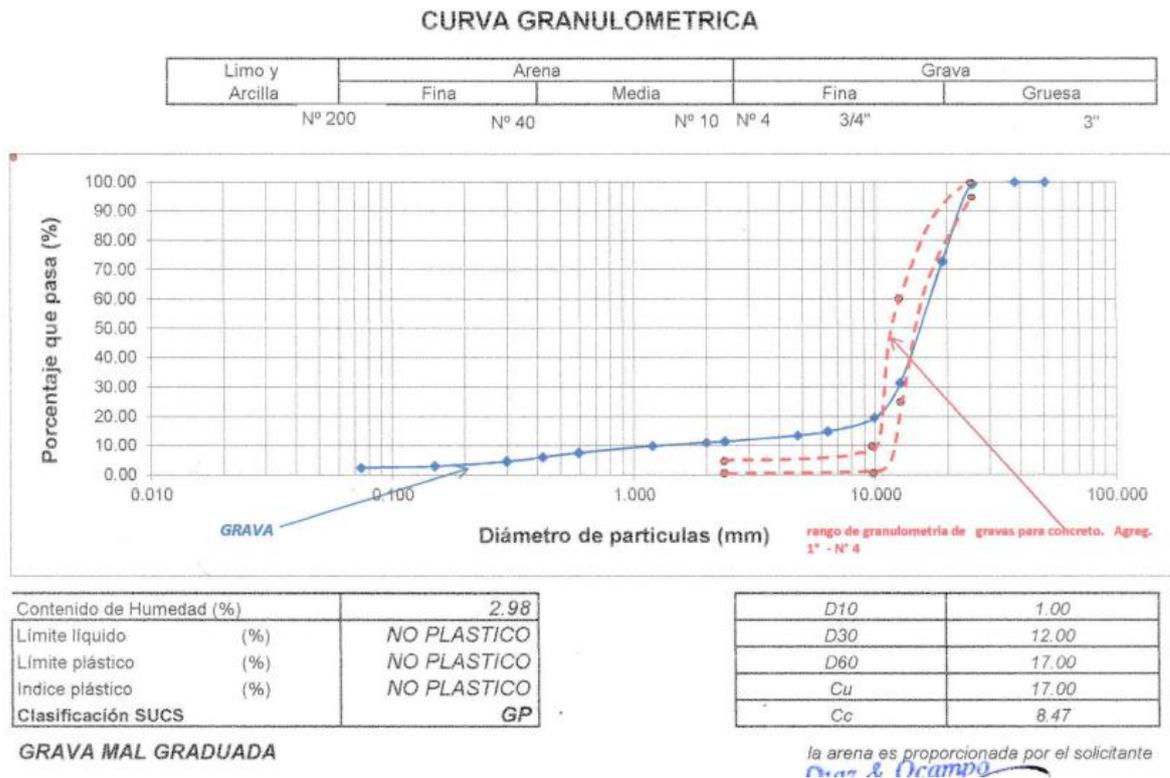
<b>Malla</b>	<b>Malla (mm)</b>	<b>Peso retenido Parcial</b>	<b>% Retenido Parcial</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Que Pasa</b>
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	18.00	0.60	0.60	99.40
3/4"	19.050	796.00	26.53	27.13	72.87
1/2"	12.700	1243.00	41.43	68.57	31.43
3/8"	9.925	355.00	11.83	80.40	19.60
1/4"	6.350	141.00	4.70	85.10	14.90
Nº 4	4.760	40.00	1.33	86.43	13.57
Nº 8	2.380	65.00	2.17	88.60	11.40
Nº 10	2.000	10.00	0.33	88.93	11.07
Nº 16	1.190	34.00	1.13	90.07	9.93
Nº 30	0.590	71.00	2.37	92.43	7.57
Nº 40	0.420	43.00	1.43	93.87	6.13
Nº 50	0.297	45.00	1.50	95.37	4.63
Nº 100	0.150	48.00	1.60	96.97	3.03
Nº 200	0.074	17.00	0.57	97.53	2.47
<b>Pérdida por lavado</b>		<b>74.00</b>	<b>2.47</b>	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>

Nota. La tabla respectiva muestra los resultados del ensayo de análisis granulométrico por lavado de la grava.

Una vez obtenido los valores requeridos en el ensayo granulométrico por tamizado de la grava mediante la Norma ASTM D421, se obtuvo la curva granulométrica de los valores previamente obtenidos del análisis granulométrico por tamizado, donde nos indica también los límites de consistencia de Atterberg, en el cual para todos los casos nos dio como resultado grava no plástica, y a la misma vez grava mal graduada, como se puede observar en la imagen siguiente.

**Figura 3**

*Curva granulométrica de la grava*



Nota. El gráfico representa la curva granulométrica del agregado grueso obtenido en laboratorio.

### 3.1.2.7. TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

Abanto (2015) menciona, el tamaño máximo nominal del agregado grueso, está definida por la rendija de la malla próxima superior a la que retiene el 15% o más, al cernir por ella el agregado más grueso.

Siguiendo los ensayos de la Norma ASTM D421 para el análisis granulométrico del agregado grueso, y con la definición ya mencionada, se obtuvo el tamaño máximo nominal, que es igual a 1”.

### 3.1.3. LADRILLO LARK TRITURADO

El ladrillo Lark triturado se usó en la siguiente investigación como agregado grueso. Se reemplazó parcialmente parte del agregado grueso pétreo por ladrillo Lark triturado en volumen, en cantidades del 25%, 30% y 50% respectivamente.

La forma de triturado del ladrillo Lark en la siguiente investigación, fue tanto manual como a trituradora, y para este caso se trituró para partículas de 3/4 a 1/2 pulgadas de diámetro.

Para el diseño de mezcla del siguiente trabajo de investigación, se usó específicamente el ladrillo Lark King Kong de 18 huecos, el cual presenta las siguientes características:

**Tabla 21**

*Características generales del ladrillo King Kong de la marca Lark*

Tipo de ladrillo de la marca Lark	King Kong 18 huecos		
Denominación Técnica	King Kong Estándar		
Grupo/ Clase/ Familia	Construcciones de muros portantes		
Dimensiones (mm)	L. Corte	Ancho	Largo
	90	125	230
Peso	2.70 Kg		
Unidades m <sup>2</sup>	36		

Nota. La siguiente tabla muestra las características generales del ladrillo tipo King Kong de la marca Lark, según la ficha técnica del ladrillo de la misma marca y modelo.

**Tabla 22**

*Características físicas del ladrillo King Kong de la marca Lark*

Características Físicas	Según NTP	Según muestra
Variación de la dimensión (mm)	+ - 2.0	+ - 2.0
Alabeo (mm)	2	1
Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	130.0 Kg/cm <sup>2</sup>	277.0 Kg/cm <sup>2</sup>
Absorción	< 22	12.80
Eflorescencia	No Eflorescente	No Eflorescente

Nota. La siguiente tabla muestra las características físicas del ladrillo tipo King Kong de la marca Lark, según la ficha técnica del ladrillo de la misma marca y modelo.

Según la Norma NTP 399.613:2005 – 339.604 – 399.604; este ladrillo corresponde:

Tipo IV: Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.

Además, la ficha técnica del ladrillo King Kong estándar de la marca Lark, nos menciona lo siguiente:

- Proceso de fabricación altamente controlado.
- Peso exacto.
- Secado de fabricación tradicional.
- Control de calidad riguroso en todos los procesos.

#### **3.1.4. CEMENTO PORTLAND TIPO I**

Para poder realizar el diseño de mezcla correspondiente en la siguiente tesis mediante la Norma ACI, comité 211.1-91, fue necesario obtener el peso específico del cemento del cual se utilizó para la realización del siguiente trabajo de investigación. El cemento empleado fue el portland tipo I de la marca Pacasmayo.

Según las normas técnicas ASTM C188-95, Y AASHTO T-133, nos menciona que el peso específico del cemento Portland tipo I oscila entre los valores  $3.1 \text{ gr/cm}^3$  a  $3.2 \text{ gr/cm}^3$ . En caso cuando el tipo de obra no justifica la determinación exacta del peso específico relativo del cemento, se puede usar el valor de  $3.15 \text{ gr/cm}^3$ .

En este sentido para el estudio del siguiente trabajo de investigación, se optó por usar como peso específico del cemento Portland tipo I de la marca Pacasmayo, el valor de  $3.15 \text{ gr/cm}^3$ , que es igual a  $3150 \text{ Kg/m}^3$ .

#### **3.2. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO MEDIANTE LA NORMA ACI, COMITÉ 211.1-91**

Para determinar las proporciones de materiales a emplearse en la confección de los testigos de concreto, para una resistencia a la compresión de  $210 \text{ Kg/cm}^2$  en el siguiente trabajo de investigación, se usó el método de diseño de mezcla del concreto de la Norma ACI, comité 211.1-91.

Los datos requeridos y obtenidos mediante ensayos en laboratorio de los agregados para el diseño de mezcla correspondiente, se resumen en el cuadro siguiente:

**Tabla 23***Propiedades físico- Mecánicas de los agregados*

DESCRIPCIÓN	ARENA	GRAVA	CEMENTO
Peso específico de masa	2331 Kg/m <sup>3</sup>	2487 Kg/m <sup>3</sup>	3150 Kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario suelto seco	1607 Kg/m <sup>3</sup>	1466 Kg/m <sup>3</sup>	No requerido
Compactado por varillado	No requerido	1631 Kg/m <sup>3</sup>	No requerido
Contenido de absorción	1.47%	1.49%	No requerido
Contenido de humedad	0.00%	2.98%	No requerido
Módulo de fineza	2.69	No requerido	No requerido
Tamaño máximo nominal	No requerido	1"	No requerido

Nota. La siguiente tabla muestra las propiedades físico- mecánicas de la arena, grava y cemento, usadas en el siguiente trabajo de investigación.

Para el Slump o asentamiento requerido se usó un valor de 4", el cual nos da una consistencia plástica del concreto en mezcla, y a la misma vez, el método de compactación se desarrolló por chuseado. Estas consideraciones del Slump se presentan a continuación en la siguiente tabla:

**Tabla 24***Slump según consistencia requerida*

CONSISTENCIA	SLUMP	TRABAJABILIDAD	MÉTODO DE COMPACTACIÓN
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera por chuseado
Fluida	> 5"	Muy trabajable	Chuseado

Nota. Fuente: Abanto, 2015.

Como se puede observar la consistencia del concreto fresco fue plástica, y a la misma vez trabajable, lo cual es lo ideal en obra, sin la incorporación de algún aditivo, como es el caso del desarrollo del siguiente trabajo de investigación.

También para el desarrollo del diseño de mezcla del concreto en el siguiente trabajo de investigación, no se consideró la incorporación de aire, ya que el tipo de mezcla de concreto que se elaboró fue la convencional, es decir, sin la incorporación de algún aditivo o método adicional de incorporación de aire.

Seguidamente, se muestran los valores del diseño de mezcla del concreto empleando la Norma ACI, comité 211.1-91.

### **3.2.1. RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA ( $F'_{cr}$ )**

De tabla 2, se obtiene:

$$F'_{cr} = 210 \text{ Kg/cm}^2 + 84 \text{ Kg/cm}^2 = \mathbf{294 \text{ Kg/cm}^2}$$

### **3.2.2. CONTENIDO DE AIRE**

De tabla 4, se obtiene:

$$\mathbf{\text{Aire atrapado} = 1.5 \%}$$

### **3.2.3 CONTENIDO DE AGUA**

De tabla 5, se obtiene:

$$\mathbf{\text{Contenido de agua} = 193 \text{ Lt/m}^3}$$

Nótese de tabla 5, que es concreto sin aire incorporado.

### **3.2.4. RELACIÓN AGUA-CEMENTO ( $a/c$ )**

Para una resistencia promedio requerida ( $F'_{cr}$ ) = 294 Kg/cm<sup>2</sup>, mediante la tabla 6 se obtiene:

Interpolamos:

$$\mathbf{a/c = (300-294) - (0.55-x) / (300-250) - (0.55-0.62) = 0.56}$$

### **3.2.5. CONTENIDO DE CEMENTO**

Mediante la relación  $a/c$ , se obtiene:

$$c = a/c = 193/c, \mathbf{c = 344.643 \text{ Kg/m}^3}$$

Factor cemento:

$$344.643/42.5 = 8.109 \text{ bolsas /m}^3$$

### 3.2.6. PESO DEL AGREGADO GRUESO

Mediante el módulo de finura de la arena = 2.69, de la tabla 7 se obtiene:

Interpolamos:

$$(2.80-2.69) - (0.67-x) / (2.80-2.60) - (0.67-0.69) = \mathbf{0.68}$$

Multiplicamos por el peso unitario seco compactado de la grava, se obtuvo:

$$\mathbf{Peso\ del\ agregado\ grueso = 1631\text{Kg/m}^3 \times 0.68 = 1109.08\ \text{Kg/m}^3}$$

### 3.2.7. VOLUMEN ABSOLUTO

- **Cemento** =  $(344.643) / (3.15) (1000) = \mathbf{0.109\ m^3}$
- **Agua** =  $193 / 1000 = \mathbf{0.193\ m^3}$
- **Aire** =  $1.5 / 100 = \mathbf{0.015\ m^3}$
- **Volumen del agregado grueso** =  $1109.08 / 2487 = \mathbf{0.446\ m^3}$

$$\Sigma = \mathbf{0.763\ m^3}$$

- **Volumen del agregado fino** =  $1\ \text{m}^3 - 0.763\ \text{m}^3 = \mathbf{0.237\ m^3}$

### 3.2.8. PESO DEL AGREGAGO FINO

El volumen del agregado fino en  $1\ \text{m}^3$  lo multiplicamos por el peso específico de masa de la arena, se obtuvo:

$$\mathbf{Peso\ del\ agregado\ fino = 0.237\ \text{m}^3 \times 2331\ \text{Kg/m}^3 = 552.447\ \text{Kg/m}^3}$$

### 3.2.9. DISEÑO EN ESTADO SECO

- **Cemento** =  $\mathbf{344.643\ Kg/m^3}$
- **Agregado fino** =  $\mathbf{552.447\ Kg/m^3}$
- **Agregado grueso** =  $\mathbf{1109.08\ Kg/m^3}$
- **Agua de diseño** =  $\mathbf{193\ Lt}$

### 3.2.10. CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

- **Agregado fino** =  $552.447 \times (0/100 + 1) = \mathbf{552.447\ Kg/m^3}$
- **Agregado grueso** =  $1109.08 \times (2.98/100 + 1) = \mathbf{1142.131\ Kg/m^3}$

### 3.2.11. APORTE UNITARIO DE AGUA A LA MEZCLA

- **Agregado fino** =  $(0.00-1.47) \times 552.447 / 100 = -8.121 \text{ Lt/m}^3$
- **Agregado grueso** =  $(2.98-1.49) \times 1109.08 / 100 = 16.525 \text{ Lt/m}^3$
- $\Sigma = 8.404 \text{ Lt/m}^3$

### 3.2.12. AGUA EFECTIVA

$$\text{Agua efectiva} = 193 \text{ Lt/m}^3 - 8.404 \text{ Lt/m}^3 = 184.596 \text{ Lt/m}^3$$

### 3.2.13. PESO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

- **Cemento** =  $344.643 \text{ Kg/m}^3 \cong 345 \text{ Kg/m}^3$
- **Agua efectiva** =  $184.596 \text{ Lt/m}^3 \cong 185 \text{ Lt/m}^3$
- **Agregado fino húmedo** =  $552.447 \text{ Kg/m}^3 \cong 552 \text{ Kg/m}^3$
- **Agregado grueso húmedo** =  $1142.131 \text{ Kg/m}^3 \cong 1142 \text{ Kg/m}^3$

### 3.2.14. PROPORCIÓN DE DISEÑO EN PESO

- **Cemento** =  $345/345 = 1$
- **Agregado fino** =  $552/345 = 1.60$
- **Agregado grueso** =  $1142/345 = 3.31$
- **Agua** =  $185/345 = 0.54$

### 3.2.15. RELACIÓN AGUA/ CEMENTO DE DISEÑO

- $193/345 = 0.56$

### 3.2.16. RELACIÓN AGUA/ CEMENTO EFECTIVA

- $185/345 = 0.54$

Si se requiere saber la cantidad de materiales a usarse equivalente a una bolsa de cemento (42.5 Kg), se tiene:

- **Cemento** =  $1 \times 42.5 = 42.5 \text{ Kg/ bolsa}$
- **Agua efectiva** =  $185 / 8.1 = 22.80 \text{ Lt/ bolsa}$
- **Agregado fino húmedo** =  $1.6 \times 42.5 = 68 \text{ Kg/ bolsa}$
- **Agregado grueso húmedo** =  $3.31 \times 42.5 = 140.68 \text{ Kg/ bolsa}$

### 3.2.17. VOLUMEN APARENTE DE LOS MATERIALES

- **Cemento:**  $345/42.5 = 8.1 \text{ ft}^3$

- **Agregado fino:**  $(552 \times 35.31) / 1607 = 12.1 \text{ ft}^3$
- **Agregado grueso:**  $(1142 \times 35.31) / 1466 = 27.5 \text{ ft}^3$
- **Agua efectiva:** 185 Lt

### 3.2.18. PROPORCIÓN DE DISEÑO EN VOLUMEN

- **Cemento** =  $8.1/8.1 = 1$
- **Agregado fino** =  $12.1/8.1 = 1.5$
- **Agregado grueso** =  $27.5/8.1 = 3.4$
- **Agua** =  $185/8.1 = 22.8 \text{ Lt/bolsa}$

Finalmente, en las siguientes tablas se muestran las proporciones en peso y volumen de los materiales a emplearse, según el diseño de mezcla del concreto ACI, comité 211.1-91:

**Tabla 25**

*Proporción de diseño en peso empleando la Norma ACI, comité 211.1-91*

<b>PROPORCIÓN DE DISEÑO EN PESO</b>			
<b>CEMENTO</b>	<b>AGREGADO FINO</b>	<b>AGREGADO GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
1	1.60	3.31	0.54

Nota. La siguiente tabla nos indica la proporción de diseño en peso utilizado en el siguiente trabajo de investigación.

**Tabla 26**

*Proporción de diseño en volumen empleando la Norma ACI, comité 211.1-91*

<b>PROPORCIÓN DE DISEÑO EN VOLUMEN</b>			
<b>CEMENTO</b>	<b>AGREGADO FINO</b>	<b>AGREGADO GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
1	1.5	3.4	22.8 Lt/bolsa

Nota. La siguiente tabla nos indica la proporción de diseño en volumen utilizado en el siguiente trabajo de investigación, para una bolsa de cemento de 42.5 Kg.

### 3.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS DE CONCRETO

Luego de que se efectuó el diseño de mezcla del concreto para una resistencia de 210 Kg/cm<sup>2</sup>, se procedió a la realización de las probetas de concreto de la siguiente forma:

- 3 probetas de concreto sin incorporación de ladrillo Lark (CE)
- 3 probetas de concreto con incorporación de ladrillo Lark triturado manualmente al agregado grueso en un 25% de reemplazo en volumen (TM 25%)
- 3 probetas de concreto con incorporación de ladrillo Lark triturado manualmente al agregado grueso en un 30% de reemplazo en volumen (TM 30%)
- 3 probetas de concreto con incorporación de ladrillo Lark triturado manualmente al agregado grueso en un 50% de reemplazo en volumen (TM 50%)
- 3 probetas de concreto con incorporación de ladrillo Lark triturado por trituradora (3/4" a 1/2" de partículas) al agregado grueso en un 25% de reemplazo en volumen (TT 25%)
- 3 probetas de concreto con incorporación de ladrillo Lark triturado por trituradora (3/4" a 1/2" de partículas) al agregado grueso en un 30% de reemplazo en volumen (TT 30%)
- 3 probetas de concreto con incorporación de ladrillo Lark triturado por trituradora (3/4" a 1/2" de partículas) al agregado grueso en un 50% de reemplazo en volumen (TT 50%)

Las muestras después de ser curadas en agua durante 7 días fueron llevadas a laboratorio, para medir la resistencia a la compresión de los testigos al séptimo día, mediante las Normas ASTM C-39 y AASHTO T-22 (ensayo de compresión simple de concreto). Donde se hallaron los siguientes valores:

**Tabla 27**

*Resistencia a la compresión de las probetas CE*

Datos del testigo de concreto	Edad (días)	Resistencia según el diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia del testigo ( Kg/cm <sup>2</sup> )
CE	7	210	144.2
CE	7	210	107.1
CE	7	210	153.6

Nota. La tabla indica la resistencia a la compresión de los testigos al séptimo día sin adherencia de ladrillo Lark triturado.

**Tabla 28***Resistencia a la compresión de las probetas TM 25%*

Datos del testigo de concreto	Edad (días)	Resistencia según el diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia del testigo ( Kg/cm <sup>2</sup> )
TM 25%	7	210	82.9
TM 25%	7	210	76.6
TM 25%	7	210	104.3

Nota. La tabla indica la resistencia a la compresión de los testigos con reemplazo del 25 % de ladrillo Lark triturado manualmente a la grava en volumen.

**Tabla 29***Resistencia a la compresión de las probetas TM 30%*

Datos del testigo de concreto	Edad (días)	Resistencia según el diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia del testigo ( Kg/cm <sup>2</sup> )
TM 30%	7	210	91.6
TM 30%	7	210	107.2
TM 30%	7	210	99.7

Nota. La tabla indica la resistencia a la compresión de los testigos con reemplazo del 30 % de ladrillo Lark triturado manualmente a la grava en volumen.

**Tabla 30***Resistencia a la compresión de las probetas TM 50%*

Datos del testigo de concreto	Edad (días)	Resistencia según el diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia del testigo ( Kg/cm <sup>2</sup> )
TM 50%	7	210	101.1
TM 50%	7	210	91.1
TM 50%	7	210	100.2

Nota. La tabla indica la resistencia a la compresión de los testigos con reemplazo del 50 % de ladrillo Lark triturado manualmente a la grava en volumen.

**Tabla 31***Resistencia a la compresión de las probetas TT 25%*

Datos del testigo de concreto	Edad (días)	Resistencia según el diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia del testigo ( Kg/cm <sup>2</sup> )
TT 25%	7	210	97.3
TT 25%	7	210	95.1
TT 25%	7	210	93.0

Nota. La tabla indica la resistencia a la compresión de los testigos con reemplazo del 25 % de ladrillo Lark triturado por trituradora a la grava en volumen.

**Tabla 32***Resistencia a la compresión de las probetas TT 30%*

Datos del testigo de concreto	Edad (días)	Resistencia según el diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia del testigo ( Kg/cm <sup>2</sup> )
TT 30%	7	210	105.4
TT 30%	7	210	87.6
TT 30%	7	210	122.3

Nota. La tabla indica la resistencia a la compresión de los testigos con reemplazo del 30 % de ladrillo Lark triturado por trituradora a la grava en volumen.

**Tabla 33***Resistencia a la compresión de las probetas TT 50%*

Datos del testigo de concreto	Edad (días)	Resistencia según el diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia del testigo ( Kg/cm <sup>2</sup> )
TT 50%	7	210	84.9
TT 50%	7	210	87.9
TT 50%	7	210	68.1

Nota. La tabla indica la resistencia a la compresión de las probetas con reemplazo del 50 % de ladrillo Lark triturado por trituradora a la grava en volumen.

Para el cálculo de la resistencia a la compresión a los 14 y 28 días respectivamente de las probetas, se calculó en base a la tabla 8, es decir, donde nos indican el porcentaje de resistencia que va adquiriendo las probetas a los 14 y 28 días respectivamente. En este

sentido, se sabe que al séptimo día las probetas de concreto adquieren una resistencia del 65%, al día 14 una resistencia del 90%, y al día 28 una resistencia del 99%, en este caso para ese día se puso la resistencia al 100%, debido a que con el paso de los días a partir del día 28 va adquiriendo esa resistencia a la compresión.

A continuación, se presentan estas resistencias a la compresión de las probetas, a los días 7, 14 y 28 respectivamente.

**Tabla 34**

*Resistencia a la compresión de las probetas CE a los días 7, 14 y 28*

Datos del testigo de concreto	Resistencia del testigo al día 7 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)	Resistencia del testigo al día 14 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)	Resistencia del testigo al día 28 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)
CE	144.2	68.7	199.6	95.0	221.8	105.7
CE	107.1	51.0	148.3	70.7	164.8	78.5
CE	153.6	73.1	212.7	101.3	236.3	112.5

Nota. La tabla indica la resistencia a la compresión de los testigos sin adherencia de ladrillo Lark triturado a los días 7, 14 y 28.

**Tabla 35**

*Resistencia a la compresión de las probetas TM 25% a los días 7, 14 y 28*

Datos del testigo de concreto	Resistencia del testigo al día 7 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)	Resistencia del testigo al día 14 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)	Resistencia del testigo al día 28 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)
TM 25%	82.9	39.5	114.8	54.7	127.5	60.7
TM 25%	76.6	36.5	106.0	50.5	117.8	56.1
TM 25%	104.3	49.7	144.5	68.8	160.5	76.4

Nota. La tabla indica la resistencia a la compresión de los testigos con reemplazo del 25 % de ladrillo Lark triturado manualmente a la grava en volumen a los días 7, 14 y 28.

**Tabla 36***Resistencia a la compresión de las probetas TM 30% a los días 7, 14 y 28*

Datos del testigo de concreto	Resistencia del testigo al día 7 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)	Resistencia del testigo al día 14 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)	Resistencia del testigo al día 28 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)
TM 30%	91.6	43.6	126.8	60.4	140.9	67.1
TM 30%	107.2	51.0	148.4	70.7	164.9	78.5
TM 30%	99.7	47.5	138.1	65.8	153.4	73.0

Nota. La tabla indica la resistencia a la compresión de los testigos con reemplazo del 30 % de ladrillo Lark triturado manualmente a la grava en volumen a los días 7, 14 y 28.

**Tabla 37***Resistencia a la compresión de las probetas TM 50% a los días 7, 14 y 28*

Datos del testigo de concreto	Resistencia del testigo al día 7 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)	Resistencia del testigo al día 14 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)	Resistencia del testigo al día 28 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)
TM 50%	101.1	48.1	140.0	66.7	155.5	74.0
TM 50%	91.1	43.4	126.2	60.1	140.2	66.8
TM 50%	100.2	47.7	138.8	66.1	154.2	73.4

Nota. La tabla indica la resistencia a la compresión de los testigos con reemplazo del 50 % de ladrillo Lark triturado manualmente a la grava en volumen a los días 7, 14 y 28.

**Tabla 38***Resistencia a la compresión de las probetas TT 25% a los días 7, 14 y 28*

Datos del testigo de concreto	Resistencia del testigo al día 7 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)	Resistencia del testigo al día 14 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)	Resistencia del testigo al día 28 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)
TT 25%	97.3	46.3	134.7	64.1	149.7	71.3
TT 25%	95.1	45.3	131.7	62.7	146.3	69.7
TT 25%	93.0	44.3	128.8	61.3	143.1	68.1

Nota. La tabla indica la resistencia a la compresión de los testigos con reemplazo del 25 % de ladrillo Lark triturado por trituradora a la grava en volumen a los días 7, 14 y 28.

**Tabla 39***Resistencia a la compresión de las probetas TT 30% a los días 7, 14 y 28*

Datos del testigo de concreto	Resistencia del testigo al día 7 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)	Resistencia del testigo al día 14 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)	Resistencia del testigo al día 28 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)
TT 30%	105.4	50.2	146.0	69.5	162.2	77.2
TT 30%	87.6	41.7	121.3	57.8	134.8	64.2
TT 30%	122.3	58.2	169.4	80.7	188.2	89.6

Nota. La tabla indica la resistencia a la compresión de los testigos con reemplazo del 30 % de ladrillo Lark triturado por trituradora a la grava en volumen a los días 7, 14 y 28.

**Tabla 40***Resistencia a la compresión de las probetas TT 50% a los días 7, 14 y 28*

Datos del testigo de concreto	Resistencia del testigo al día 7 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)	Resistencia del testigo al día 14 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)	Resistencia del testigo al día 28 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto a 210 Kg/cm <sup>2</sup> (%)
TT 50%	84.9	40.4	117.5	55.9	130.6	62.2
TT 50%	87.9	41.9	121.7	57.9	135.2	64.4
TT 50%	68.1	32.4	94.3	44.9	104.8	49.9

Nota. La tabla indica la resistencia a la compresión de los testigos con reemplazo del 50% de ladrillo Lark triturado por trituradora a la grava en volumen a los días 7, 14 y 28.

A continuación, se presenta la comparación de las resistencias a la compresión más favorables (las más altas) de los testigos de concreto, con los reemplazos correspondientes de ladrillo Lark triturado al agregado grueso en las cantidades ya mencionadas.

**Tabla 41***Resistencias a la compresión más favorables de las probetas TM*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>					
<b>EDAD (DÍAS)</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>PATRÓN</b>	<b>REEMPLAZO DE LADRILLO LARK</b>		
			<b>25%</b>	<b>30%</b>	<b>50%</b>
7	1	144.2	82.9	91.6	101.1
	2	107.1	76.6	107.2	91.1
	3	153.6	104.3	99.7	100.2
<b>VALOR MÁS ALTO</b>		<b>153.6</b>	<b>104.3</b>	<b>107.2</b>	<b>101.1</b>
14	1	199.6	114.8	126.8	140.0
	2	148.3	106.0	148.4	126.2
	3	212.7	144.5	138.1	138.8
<b>VALOR MÁS ALTO</b>		<b>212.7</b>	<b>144.5</b>	<b>148.4</b>	<b>140.0</b>
28	1	221.8	127.5	140.9	155.5
	2	164.8	117.8	164.9	140.2
	3	236.3	160.5	153.4	154.2
<b>VALOR MÁS ALTO</b>		<b>236.3</b>	<b>160.5</b>	<b>164.9</b>	<b>155.5</b>

Nota. La siguiente tabla muestra las resistencias a la compresión más favorables de los testigos con reemplazo de ladrillo Lark triturado manualmente a la grava en volumen.

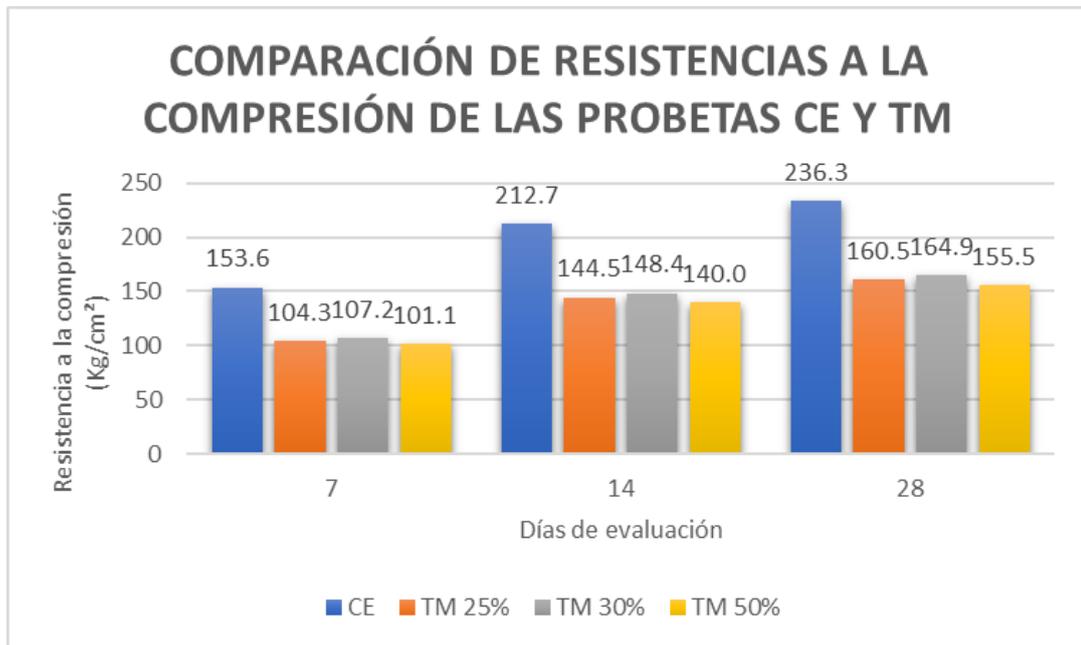
**Tabla 42***Resistencias a la compresión más favorables de las probetas TM*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO MÁS FAVORABLE (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>				
<b>EDAD (DÍAS)</b>	<b>PATRÓN</b>	<b>CANTIDAD DE LADRILLO LARK</b>		
		<b>25%</b>	<b>30%</b>	<b>50%</b>
7	153.6	104.3	107.2	101.1
14	212.7	144.5	148.4	140.0
28	236.3	160.5	164.9	155.5

Nota. La siguiente tabla resume las resistencias a la compresión más favorables de los testigos con reemplazo de ladrillo Lark triturado manualmente a la grava en volumen.

**Figura 4**

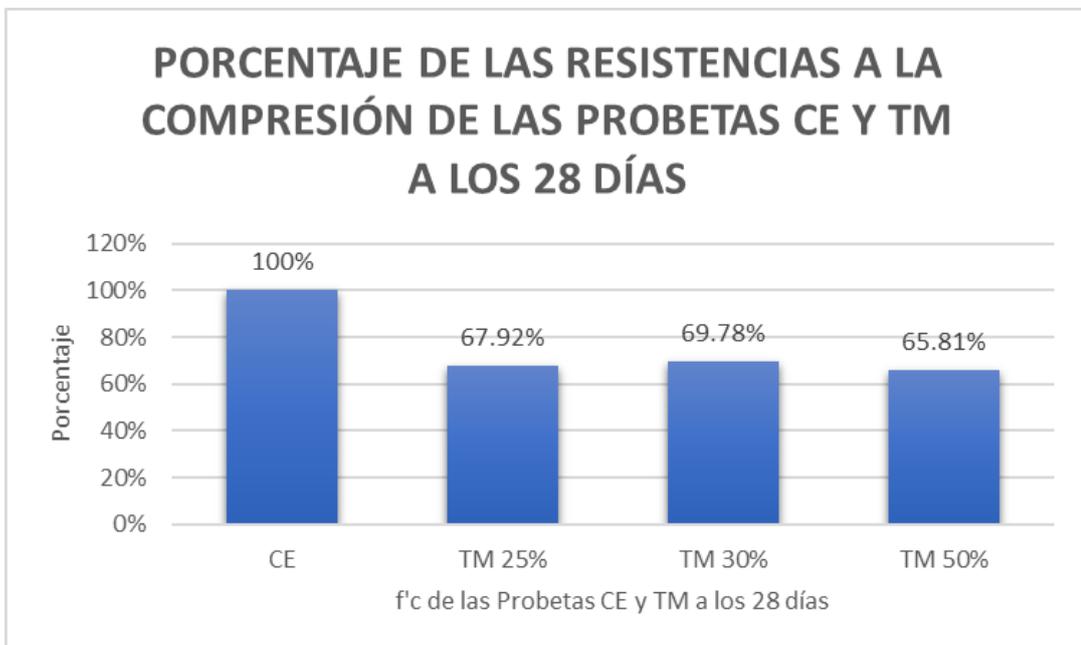
*Comparación de las resistencias a la compresión de las probetas CE y TM*



Nota. El gráfico detalla la comparación de las resistencias a la compresión más favorables de las probetas CE y TM.

**Figura 5**

*Comparación en porcentajes de las resistencias a la compresión de las probetas CE y TM a los 28 días*



Nota. El gráfico detalla la comparación de las resistencias a la compresión más favorables de las probetas CE y TM a los 28 días, tomando a CE como 100%.

**Tabla 43***Resistencias a la compresión más favorables de las probetas TT*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>					
<b>EDAD (DÍAS)</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>PATRÓN</b>	<b>REEMPLAZO DE LADRILLO LARK</b>		
			<b>25%</b>	<b>30%</b>	<b>50%</b>
7	1	144.2	97.3	105.4	84.9
	2	107.1	95.1	87.6	87.9
	3	153.6	93.0	122.3	68.1
<b>VALOR MÁS ALTO</b>		<b>153.6</b>	<b>97.3</b>	<b>122.3</b>	<b>87.9</b>
14	1	199.6	134.7	146.0	117.5
	2	148.3	131.7	121.3	121.7
	3	212.7	128.8	169.4	94.3
<b>VALOR MÁS ALTO</b>		<b>212.7</b>	<b>134.7</b>	<b>169.4</b>	<b>121.7</b>
28	1	221.8	149.7	162.2	130.6
	2	164.8	146.3	134.8	135.2
	3	236.3	143.1	188.2	104.8
<b>VALOR MÁS ALTO</b>		<b>236.3</b>	<b>149.7</b>	<b>188.2</b>	<b>135.2</b>

Nota. La siguiente tabla muestra las resistencias a la compresión más favorables de los testigos con reemplazo de ladrillo Lark triturado por trituradora a la grava en volumen.

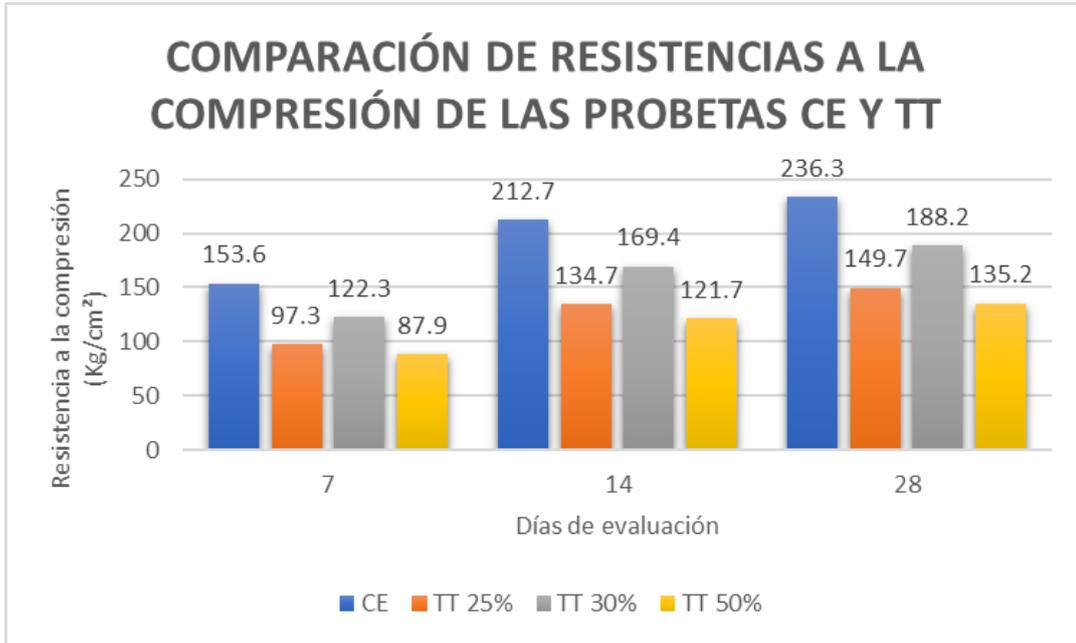
**Tabla 44***Resistencias a la compresión más favorables de las probetas TT*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO MÁS FAVORABLE (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>				
<b>EDAD (DÍAS)</b>	<b>PATRÓN</b>	<b>CANTIDAD DE LADRILLO LARK</b>		
		<b>25%</b>	<b>30%</b>	<b>50%</b>
7	153.6	97.3	122.3	87.9
14	212.7	134.7	169.4	121.7
28	236.3	149.7	188.2	135.2

Nota. La siguiente tabla detalla las resistencias a la compresión más favorables de los testigos con reemplazo de ladrillo Lark triturado por trituradora a la grava en volumen.

**Figura 6**

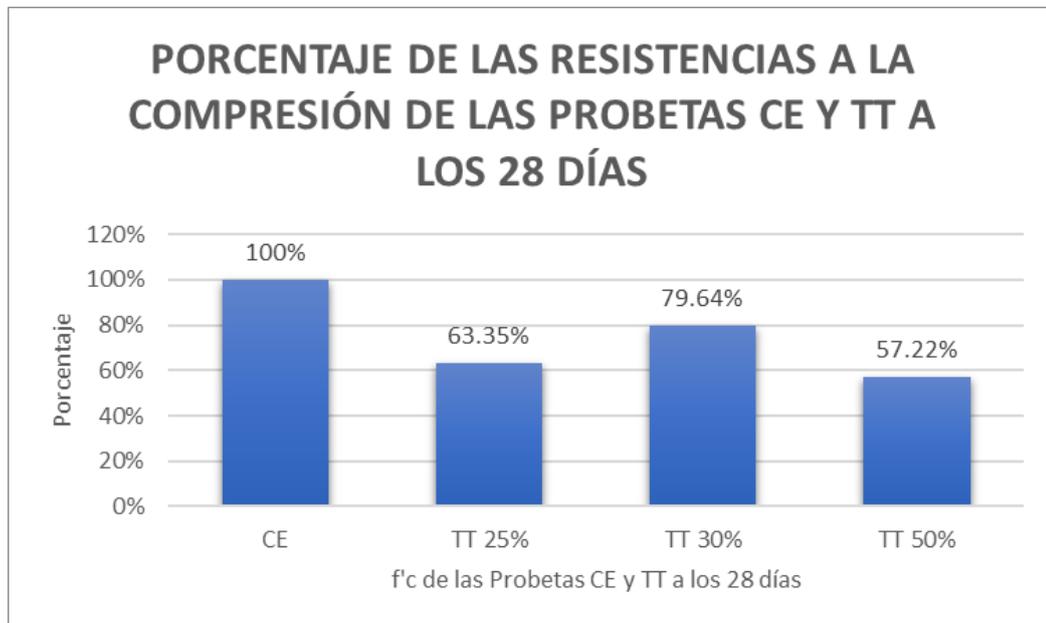
*Comparación de las resistencias a la compresión de las probetas CE y TT*



Nota. El gráfico detalla la comparación de las resistencias a la compresión más favorables de las probetas CE y TT.

**Figura 7**

*Comparación en porcentajes de las resistencias a la compresión de las probetas CE y TT a los 28 días*



Nota. El gráfico detalla la comparación de las resistencias a la compresión más favorables de las probetas CE y TT a los 28 días, tomando a CE como 100%.

## IV. DISCUSIÓN

La intención de determinar la influencia del ladrillo Lark triturado como agregado grueso para mejorar la resistencia a la compresión del concreto, motivó la realización del siguiente trabajo de investigación, el cual demostró que, reemplazar parcialmente parte del agregado grueso pétreo por ladrillo Lark triturado en el diseño de mezcla del concreto, minora la resistencia a la compresión del concreto endurecido, debido a que las propiedades del ladrillo de arcilla no reemplazan cabalmente las propiedades que aporta el agregado grueso pétreo en el diseño de mezcla del concreto.

Estos hallazgos guardan relación con lo hallado por Kesegić et al., (2008) quienes, al estudiar: “Ladrillo de arcilla triturado como un agregado para el concreto: visión general”; concluyen que, el concreto normal trabajado con agregado regular sostiene mejores propiedades fisicomecánicas, por ejemplo, resistencia a la compresión y flexión, que la del concreto elaborado con ladrillo triturado como agregado. Del mismo modo que, Moreno et al., (2018) Concluyeron que, no es óptimo la sustitución parcial del agregado grueso, por ladrillo de arcilla triturado, ya que minoran las diferentes propiedades del concreto tanto en su situación fresca, como empedernido; en un estudio denominado: “Resistencia del concreto con agregado de bloque de arcilla triturado en reemplazo del agregado grueso”; sin embargo, Masías (2018) en su investigación titulada: “Resistencia a la compresión y tracción en el concreto empleando ladrillo triturado como agregado grueso”; verifica la aplicabilidad del empleo del ladrillo formando parte del agregado grueso pétreo, en la confección de concretos, ya que mejora su resistencia a la compresión levemente, pero afecta a su trabajabilidad en menor medida.

Por otro lado, el estudio también apunta a encontrar el porcentaje óptimo de ladrillo Lark triturado como reemplazo parcial del agregado grueso, para mejorar la resistencia a la compresión del concreto, cuyos resultados demostró que no existe un reemplazo óptimo de ladrillo Lark triturado como reemplazo parcial del agregado grueso en el diseño de mezcla del concreto, debido a que en todos los casos de reemplazos en volumen evaluadas en la siguiente tesis (25%, 30% y 50%), tienden a minorar la resistencia a la compresión del concreto, a comparación de la resistencia que adquiere el concreto convencional sin la aplicación de ladrillo Lark triturado.

Estos resultados coinciden con lo hallado por Mounir et al., (2015) quienes, al estudiar: “Resistencia de la unión del concreto que contiene diferentes áridos gruesos reciclados”; concluyen que, la resistencia a la compresión del concreto disminuyó al utilizar distintos porcentajes de agregados reciclados (cerámicas trituradas de ladrillos de arcilla) como sustituto parcial del agregado grueso en volumen, en el diseño de mezcla del concreto, los porcentajes de reemplazo que se utilizó en este estudio de ladrillo de arcilla triturado por agregado grueso en volumen fueron del 25%, 50%, 75%, y 100%, donde en todos los casos la resistencia a la compresión del concreto disminuyó. Del mismo modo que, Gautam y Jaysawal (2018) concluyeron que, la utilización de ladrillos triturados como combinación del agregado grueso pétreo en el diseño de mezcla del concreto, disminuye la resistencia a la compresión del concreto en un 11% a 87%, a la edad de veintiocho días, según la relación cuantitativa de ladrillos triturados que se utilizó en el presente estudio; en un estudio denominado: “Uso del ladrillo triturado sobre quemado como agregado grueso en una mezcla de concreto”; sin embargo, Pérez (2012) en su trabajo de investigación titulado: “Empleo de triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la confección de concreto”; concluye factible el uso de ladrillos de arcilla triturados, formando parte del agregado grueso pétreo, con un máximo de reemplazo del 30% del volumen total del agregado grueso pétreo. A la misma vez recomienda que, al utilizar dichos concretos es ideal efectuar los análisis correspondientes, debido a que las propiedades del ladrillo variarían según su calidad y origen. Del mismo modo, Kasi y Malasani (2016) en su investigación: “Empleo del ladrillo reciclado como agregado grueso en el concreto”; concluyen que, es posible producir concretos con incorporación de ladrillo triturado al agregado grueso con características similares a las del concreto estándar, siempre y cuando cuente con un 25% de reemplazo máximo de ladrillo triturado al agregado grueso en volumen.

Por otro parte, el estudio también se enfocó en demostrar el empleo alternativo a nivel técnico y económico del ladrillo Lark triturado como sustituto parcial del agregado grueso en el diseño de mezcla del concreto, cuyos resultados demostró que es contraproducente tanto a nivel técnico y económico reemplazar parcialmente parte del agregado grueso pétreo por ladrillo Lark triturado en el diseño de mezcla del concreto, con la finalidad de llegar o mejorar la resistencia a la compresión del concreto requerido (Para este caso 210 Kg/cm<sup>2</sup>), ya que la resistencia a la compresión del concreto, tiende a disminuir con este

reemplazo, y a la misma vez sería antieconómico producir estos tipos de concretos por el simple hecho de no conseguir la resistencia requerida del concreto.

Estas conclusiones obtenidas concuerdan con lo encontrado por Moreno et al., (2018) quienes al estudiar: “Resistencia del concreto con agregado de bloque de arcilla triturado en reemplazo del agregado grueso”; mencionan, que reemplazar parcialmente parte del agregado grueso pétreo por ladrillo de arcilla triturado en el diseño de mezcla del concreto, minora la resistencia a la compresión del concreto, por lo cual no sería factible técnicamente usar estos tipos de concretos. Del mismo modo que, Hossain et al., (2015) concluyeron que, nos es práctico, haciendo alusión a lo técnico y económico, hacer estos tipos de concretos con incorporación de ladrillo de arcilla al diseño de mezcla del concreto, ya que por lo general estos concretos tienden a tener baja resistencia, comparadas con los concretos estándares sin incorporación de ladrillo de arcilla a la mezcla de concreto; en un estudio denominado: “Efecto del contenido de cemento y el tamaño del agregado grueso sobre la resistencia del concreto elaborado con agregado de ladrillo”; sin embargo, Rashid et al., (2018) en su investigación titulado: “Propiedades del concreto con mayor resistencia elaborados con ladrillos triturados como agregado grueso”; determinaron, la veracidad de obtener concretos con mayor resistencia a la compresión, utilizando ladrillos triturados como reemplazo parcial del agregado grueso en volumen en el diseño de mezcla del concreto, a comparación de otros concretos, por lo cual estos autores encuentran factible tanto técnicamente como económicamente utilizar estos tipos de concretos.

## V. CONCLUSIONES

- Reemplazar parcialmente parte del agregado grueso pétreo por ladrillo Lark triturado en el diseño de mezcla del concreto, minora la resistencia a la compresión del concreto endurecido, como por ejemplo, en el mejor de los casos para el siguiente trabajo de investigación, minora en un 10% al día 28 respecto a la resistencia requerida (210 Kg/cm<sup>2</sup>), debido a que las propiedades del ladrillo de arcilla no reemplazan cabalmente las propiedades que aporta el agregado grueso pétreo en el diseño de mezcla del concreto.
- No se encontró un reemplazo óptimo de ladrillo Lark triturado como reemplazo parcial del agregado grueso en el diseño de mezcla del concreto, debido a que en todos los casos de reemplazos en volumen evaluadas en la siguiente tesis (25%, 30% y 50%), tienden a minorar la resistencia a la compresión del concreto, a comparación de la resistencia que adquiere el concreto convencional sin la aplicación de ladrillo Lark triturado.
- La forma de triturado del ladrillo de arcilla, ya sea manualmente o a trituradora (Partículas de 3/4 a 1/2 pulgadas para este caso), no tienen relevancia en mejorar la resistencia a la compresión del concreto endurecido, si se requiere reemplazar parte del material pétreo grueso por ladrillo triturado de arcilla en el diseño de mezcla del concreto. Ambas formas de triturado en el ladrillo de arcilla tienden a minorar la resistencia a la compresión del concreto, cuando se reemplaza parcialmente este material por parte del agregado grueso en el diseño de mezcla del concreto.
- Es contraproducente a nivel técnico reemplazar parcialmente parte del agregado grueso pétreo por ladrillo Lark triturado en el diseño de mezcla del concreto, con la finalidad de llegar o mejorar la resistencia a la compresión del concreto requerido (Para este caso 210 Kg/cm<sup>2</sup>), ya que la resistencia a la compresión del concreto, tiende a disminuir con este reemplazo.

## VI. RECOMENDACIONES

- Para los futuros trabajos de investigación relacionados con la temática de la siguiente tesis (reemplazo parcial del agregado grueso por ladrillo de arcilla triturado para mejorar la resistencia a la compresión del concreto), se sugiere realizar la investigación con un máximo de reemplazo del 30 % en volumen.
- Para los futuros trabajos de investigación relacionados con la temática de la siguiente tesis (reemplazo parcial del agregado grueso por ladrillo de arcilla triturado para mejorar la resistencia a la compresión del concreto), se sugiere tener mucho cuidado en los ensayos de laboratorio y especialmente en la mezcla del concreto, debido a que estos son factores claves para llegar a conclusiones adecuadas.
- Se sugiere para futuras investigaciones relacionadas con la temática de la siguiente tesis, investigar más propiedades importantes en el concreto aparte de la resistencia a la compresión, como por ejemplo, resistencia a la tracción, flexión, resistencia a la temperatura, a la erosión, entre otras.
- Realizar más investigaciones relacionadas con el concreto, ya que este es un material fundamental en las edificaciones de la ingeniería civil, estos estudios ayudaran a emplear el concreto de una manera alternativa, y brindando o inclusive mejorando las propiedades que nos ofrece el concreto convencional.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2015). *Tecnología del concreto*. Lima, Perú: Edit: San Marcos.
- ACI 211.1-91 (1997): Standard Practice for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete.
- AASHTO C-39 (2002): Standard Method of Test for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens (ASTM C39/C39 M-18).
- AASHTO T-133 (2003): Standard Method of Test for Density of Hydraulic Cement.
- ASTM C-39 (2002): Standard Method of Test for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- ASTM C188-95 (2003): Standard Method of Test for Density of Hydraulic Cement.
- Apebo, M., Etman, Z., Afify, M., y Salem, M. (2014). Bond Strength of Concrete Containing Different Recycled Coarse Aggregates. *Concrete Research Letters*, 6(2), 93-111. Doi: www.Crl.issres.net
- Gautam, V., y Jaysawal, D. (2018). Use of over burn crushed Brick as Coarse Aggregate in Concrete mix. *International Journal for Research in Engineering Application & Management (IJREAM)*, 4(2), 338-342. Doi: 10.18231/2454-9150.2018.0168.
- Hossain, K., Rashid, M., y Karim, R. (2015). Effect of Cement Content and Size of Coarse Aggregate on the Strength of Brick Aggregate Concrete. *DUET Journal*, 2(2), 20-24.
- Kasi, R., y Malasani, P. (2016). Usage of Recycled Brick as Coarse Aggregate in Concrete. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 3(9), 95-100.
- Kesegić, I., Netinger, I., y Bjegović, D. (2008). Recycled Clay Brick as an Aggregate for Concrete: Overview. *Technical Gazette*, 15(3), 35-40. Doi: udc/udk 691.322: 628.4.036
- Masías, K. (2018). *Resistencia a la flexión y tracción en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso* (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura.
- Moreno, L., Ospina, M., y Rodríguez, K. (2018). Resistencia de concreto con agregado de bloque de arcilla triturado como reemplazo del agregado grueso. *Ingeniare*, 27(4), 635-642. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000400635>.
- Mounir, M., Zeinab, A., Mohamed, R., y Mahmoud, M. (2015). Strength of the concrete joint containing different recycled coarse aggregates. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 1(5), 371-382.

- NTP 339.034:2008. HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.
- NTP 339.185:2013. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
- NTP 400.012:2013. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- NTP 400.017:2011. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.
- NTP 400.018:2002. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (N°200) por lavado en agregados.
- NTP 400.021:2002. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.
- NTP 400.022:2002. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.
- Pérez, A. (2012). Uso de triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la elaboración de concreto. *Ingenium*, 13(26), 116-125. <https://doi.org/10.21500/01247492.1287>
- Rashid, M., Hossain, T., y Islam, M. (2018). Properties of higher strength concrete made with crushed brick as coarse aggregate. *Journal of Civil Engineering (IEB)*, 37(1), 43-52.

# **ANEXOS**

1. FOTOGRAFÍAS

2. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

## ***1. FOTOGRAFÍAS***



**FOTO 1.** Pesando el agregado fino.



**FOTO 2.** Tamices y balanza electrónica usadas para los ensayos mecánicos de los agregados.



**FOTO 3.** Compactando por varillado el agregado grueso.



**FOTO 4.** Pesando el agregado grueso.



**FOTO 5.** Tomando apuntes sobre los datos de los ensayos.



**FOTO 6.** Tamizado del agregado fino.



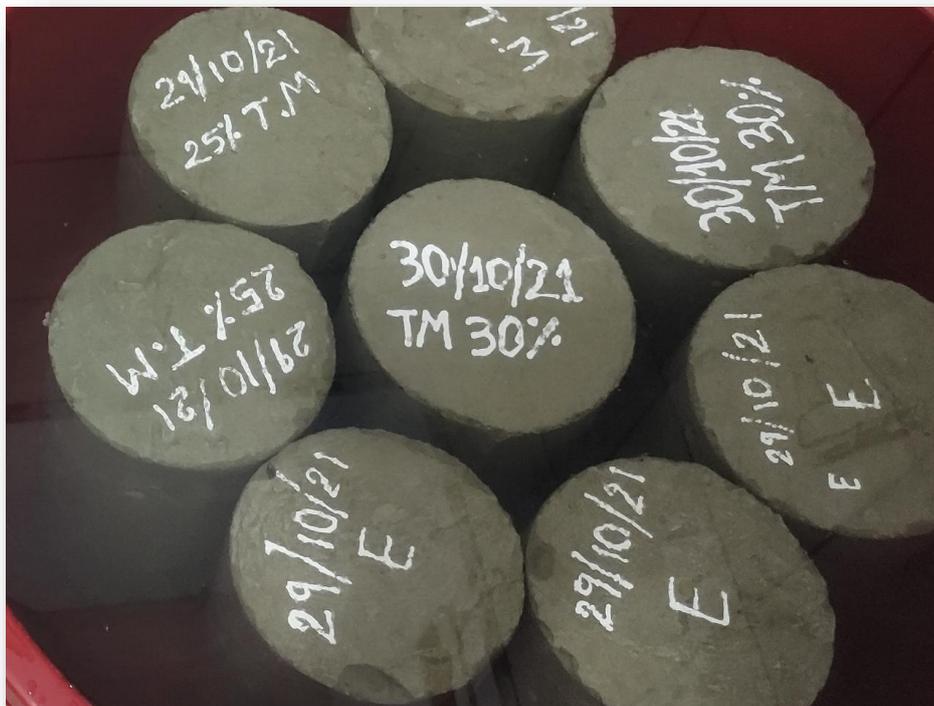
**FOTO 7.** Tamizado del agregado grueso.



**FOTO 8.** Horno utilizado para el ensayo de contenido de humedad de los agregados.



**FOTO 9.** Elaboración de los testigos de concreto.



**FOTO 10.** Curado de los testigos de concreto en agua.



**FOTO 11.** Pesando el testigo de concreto previa prueba de la resistencia a la compresión.



**FOTO 12.** Prueba de la resistencia a la compresión de los testigos de concreto.

## ***2. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO***

DIAZ & OCAMPO



**DIAZ & OCAMPO**  
**CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL**  
**REGISTRO DE INDECOPI N° 00069377**  
**ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**(LABORATORIO)**

Jr. Libertad N° 1309 Cel. 941892090 RPM #941892090 RPC 982360835

CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL

Correo Electronico: nestorda433@hotmail.com - CHACHAPOYAS

**Dosificación de Mezcla de Concreto por el método ACI (usando tablas), comité 211-91**

Se requiere elaborar concreto para el vaciado de **210 kg/cm<sup>2</sup>** de resistencia media requerida; se cuenta con cemento ASTM y agregados con las siguientes características:

DESCRIPCION	ARENA	GRAVA	CEMENTO
Peso Específico de Masa	2331 kg m <sup>3</sup>	2487 kg m <sup>3</sup>	3150 kg m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto Seco	1607 kg m <sup>3</sup>	1466 kg m <sup>3</sup>	-
Compactado por varillado	-	1631 kg m <sup>3</sup>	-
Contenido de Absorción (Wa)	1.47 %	1.49 %	-
Contenido de Humedad (Wo)	0.00 %	2.98 %	-
Módulo de Fineza	2.69	-	-
Tamaño Máximo	-	1"	-

**01.- Consideraciones :**

**Tabla 01:** Slump recomendable de 10 - 2 cm

**Tabla 02:** Para tamaño máximo del agregado **1"**, se necesita **193.00** lt. de agua por m<sup>3</sup> de concreto y **1.50** % de aire atrapado (para un revenimiento de 8 - 10 cm en concreto sin aire incluido)

**Tabla 03:** Para la resistencia media requerida de **210 kg/cm<sup>2</sup>**, se requiere una relación de agua / cemento de 0.56, sin aire incluido.

**Tabla 04:** No está sometido a condiciones severas.

Por condiciones de durabilidad se recomienda emplear 0.50 como relación de agua / cemento.

Utilizamos una relación de agua / cemento = **0.560** (para este diseño)

**Tabla 05:** Para tamaño máximo del agregado de **1"** (25.400 mm) y **2.69** como modulo de fineza de la arena, el volumen del agregado grueso, en condiciones de compactado por varillado es de **0.446** m<sup>3</sup>

**Nota:** las muestras son proporcionadas por el solicitante.

Diaz & Ocampo  
CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL  
INGENIERO ALVARO DIAZ ARIAS  
INGENIERO CIVIL CIP 21962  
GERENTE GENERAL



DIAZ & OCAMPO



**DIAZ & OCAMPO**  
**CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL**  
**REGISTRO DE INDECOPI N° 00069377**  
**ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**(LABORATORIO)**

Jr. Libertad N° 1309 Cel. 941892090 RPM #941892090 RPC 982360835

CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL

Correo Electronico: nestorda433@hotmail.com - CHACHAPOYAS

**02.- Tabulación :**

Para un volumen de 1 m<sup>3</sup> de concreto:

	OPERACIONES	PESO (Kg)	OPERACIONES	VOLUMEN m3
Agua		193.00	193.00 / 1000	0.193
Cemento	193.00 / 0.56	344.64	344.64 / 3150	0.109
Aire	1.50 / 100			0.015
Arena		552.45	1.00 - 0.763	0.237
Grava	0.68 x 1631	1109.08	1109.08 / 2487	0.446
<b>TOTAL</b>		<b>2199.17</b>		<b>1.000</b>

**3. Corrección por Humedad**

Arena	=	( 0.00 - 1.47 ) / 100	=	-0.0147
Corrección del agua	=	-0.0147 x 552.447	=	-8.121 Lt.
Grava	=	( 2.98 - 1.49 ) / 100	=	0.0149
Corrección del agua	=	0.0149 x 1109.08	=	16.525 Lt.

**04.- Dosificación Corregida por humedad (Dosificación Actual)**

Agua	=	193.00 - 8.121 + 16.525	=	184.60 Lt.
Cemento	=		=	344.64 Kg.
Arena	=	552.45 x 1	=	552.45 Kg.
Grava	=	1109.08 x 1.03	=	1142.35 Kg.

**05.- Cantidad de Materiales corregidos por metro cúbico de concreto**

Agua	=	184.60 Lt.
Cemento	=	344.64 Kg.
Arena	=	552.45 Kg.
Grava	=	1142.35 Kg.

*Nota: las muestras son proporcionadas por el solicitante.*

  
**Diaz & Ocampo**  
**CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL**  
**Ing. NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS**  
**INGENIERO CIVIL - CIP. 21362**  
**GERENTE GENERAL**

DIAZ & OCAMPO



CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL

**DIAZ & OCAMPO**  
**CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL**  
**REGISTRO DE INDECOPI N° 00069377**

ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LABORATORIO)  
Jr. Libertad N° 1309 Cel. 941892090 RPM #941892090 RPC 982360835

Correo Electronico: [suelosyconcretodiazarias@hotmail.com](mailto:suelosyconcretodiazarias@hotmail.com) CHACHAPOYAS

**OBRA:** INFLUENCIA DEL LADRILLO LARK TRITURADO COMO AGREGADO GRUESO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.

**SOLICITANTE:** HARDY ALEX LÓPEZ EPIQUIÉN

**ARENA :**

**ENSAYOS DE LABORATORIO**

Para  $F'c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>.

**a. Peso específico saturado superficialmente seca (ASTM C128).**

* Peso de la arena	=	389.24 gr.
* Volumen de agua en la probeta	=	300.00 cm <sup>3</sup>
* Volumen de agua en la probeta + arena	=	467.00 cm <sup>3</sup>
* Volumen de la arena	=	167.00 cm <sup>3</sup>
* Peso específico	=	<b>2.331 gr/cm<sup>3</sup></b>

**b. Peso unitario seco suelto.**

* Peso del molde	=	8461.80 cm <sup>3</sup>
* Peso del material + molde	=	13390.00 gr.
* Peso del material	=	4928.20 gr.
* Volumen del material	=	3067.00 cm <sup>3</sup>
* Peso unitario seco suelto	=	<b>1.607 gr/cm<sup>3</sup></b>

**c. Contenido de absorción**

* Peso de tara	=	83.36 gr.
* Peso de la muestra seca + tara	=	628.00 gr.
* Peso de la muestra seca	=	544.64 gr.
* Peso de la muestra saturada + tara	=	784.00 gr.
* Peso de la muestra horeada (24 horas)	=	776.00 gr.
* Peso del agua absorbida	=	8.00 gr.
* Contenido de absorción	=	<b>1.47 %</b>

**d. Contenido de Humedad**

* Peso de tara	=	83.36 gr.
* Peso de la muestra húmeda + tara	=	628.00 gr.
* Peso de la muestra seca + tara	=	628.00 gr.
* Peso de la muestra seca	=	544.64 gr.
* Peso del agua	=	0.00 gr.
* Contenido de humedad	=	<b>0.00 %</b>

Diaz & Ocampo  
CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL  
Ing. NESTOR ALBERTO DIAZ ARIAS  
INGENIERO CIVIL - CIP 21382  
GERENTE GENERAL

DIAZ & OCAMPO



**DIAZ & OCAMPO**  
**CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL**  
**REGISTRO DE INDECOPI N° 00069377**

ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LABORATORIO)  
Jr. Libertad N° 1309 Cel. 941892090 RPM #941892090 RPC 982360835  
Correo Electronico: suelosyconcretodiazarias@hotmail.com CHACHAPOYAS

CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL

**OBRA:** INFLUENCIA DEL LADRILLO LARK TRITURADO COMO AGREGADO GRUESO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.

**SOLICITANTE:** HARDY ALEX LÓPEZ EPIQUIÉN

GRAVA

**ENSAYOS DE LABORATORIO**

Para  $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .

**a. Peso específico de masa saturado superficialmente seco.**

* Peso de la grava en el aire	=	3308.00 gr.
* Peso de la grava en el agua	=	1978.00 gr.
* Peso específico	=	<b>2.487 gr/cm<sup>3</sup></b>

**b. Peso unitario seco suelto.**

* Peso del molde	=	8461.80 gr.
* Peso del material + molde	=	12959.00 gr.
* Peso del material	=	4497.20 gr.
* Volumen del material	=	3067.00 cm <sup>3</sup>
* Peso unitario seco suelto	=	<b>1.466 gr/cm<sup>3</sup></b>

**c. Peso unitario seco compactado varillado.**

* Peso del molde	=	8461.80 gr.
* Peso del material + molde	=	13465.00 gr.
* Peso del material	=	5003.20 gr.
* Volumen del material	=	3067.00 cm <sup>3</sup>
* Peso unitario seco suelto	=	<b>1.631 gr/cm<sup>3</sup></b>

**d. Contenido de absorción**

* Peso de tara	=	87.51 gr.
* Peso de la muestra seca + tara	=	624.00 gr.
* Peso de la muestra seca	=	536.49 gr.
* Peso de la muestra saturada + tara	=	801.00 gr.
* Peso de la muestra horeada (24 horas)	=	793.00 gr.
* Peso del agua absorbida	=	8.00 gr.
* Contenido de absorción	=	<b>1.49 %</b>

**e. Contenido de Humedad**

* Peso de tara	=	87.51 gr.
* Peso de la muestra húmeda + tara	=	640.00 gr.
* Peso de la muestra seca + tara	=	624.00 gr.
* Peso de la muestra seca	=	536.49 gr.
* Peso del agua	=	16.00 gr.
* Contenido de humedad	=	<b>2.98 %</b>

*Diaz & Ocampo*  
CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL  
ING. ALFONSO DIAZ ARIAS  
INGENIERO CIVIL - CIP 21362  
GERENTE GENERAL



**DIAZ & OCAMPO**  
**CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL**  
**REGISTRO DE INDECOPI N° 00067377**  
**ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
 Jr. Libertad N° 1309 Cel. 941892090 RPM #941892090 RPC 982360835  
 Correo Electronico: suelosyconcretodiazarias@hotmail.com CHACHAPOYAS

CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL

**ENSAYO : ANALISIS GRANULOMETRICO POR LAVADO**  
**NORMA ASTM D421**

**OBRA : INFLUENCIA DEL LADRILLO LARK TRITURADO COMO AGREGADO GRUESO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO.**

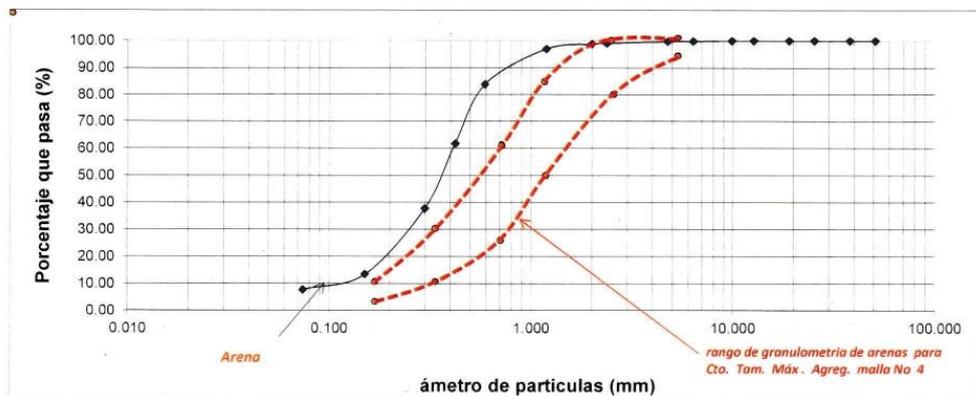
**FECHA : 09 / 10 / 2021**  
**SOLICITANTE : HARDY ALEX LÓPEZ EPIQUIÉN**  
**RESPONSABLE : ING. NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS**

**MUESTRA ARENA :**  
 Peso muestra seca: **983.00 gr**

Malla	Malla (mm)	Peso ret. Parcial	% Retenido Parcial	% Ret. Acumul.	% Que pasa
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.925	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.350	2.00	0.20	0.20	99.80
N° 4	4.760	1.00	0.10	0.31	99.69
N° 8	2.380	6.00	0.61	0.92	99.08
N° 10	2.000	3.00	0.31	1.22	98.78
N° 16	1.190	18.00	1.83	3.05	96.95
N° 30	0.590	129.00	13.12	16.17	83.83
N° 40	0.420	217.00	22.08	38.25	61.75
N° 50	0.297	236.00	24.01	62.26	37.74
N° 100	0.150	239.00	24.31	86.57	13.43
N° 200	0.074	56.00	5.70	92.27	7.73
<b>Pérdida por lavado</b>		<b>76.00</b>	<b>7.73</b>	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>

**CURVA GRANULOMETRICA**

Limo y Arcilla	Arena				Grava	
	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa	
N° 200	N° 40	N° 10	N° 4	3/4"	3"	



Contenido de Humedad (%)	0.00
Límite líquido (%)	NO PLASTICO
Límite plástico (%)	NO PLASTICO
Índice plástico (%)	NO PLASTICO
<b>Clasificación SUCS</b>	<b>SP</b>

D10	0.12
D30	0.25
D60	0.41
Cu	3.42
Cc	1.27

**ARENA MAL GRADUADA**

la arena es proporcionada por el solicitante

**Diaz & Ocampo**  
**CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL**  
**ING. NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS**  
**INGENIERO CIVIL - CIP 21362**  
**GERENTE GENERAL**



**DIAZ & OCAMPO**  
**CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL**  
 REGISTRO DE INDECOPÍ N° 00069377

ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LABORATORIO)  
 Jr. Libertad N° 1309 Cel. 941892090 RPM \*625827 RPC 982360835  
 Correo Electronico: nestorda433@hotmail.com CHACHAPOYAS

CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL

**ENSAYO : ANALISIS GRANULOMETRICO POR LAVADO**  
**NORMA ASTM D421**

<b>OBRA</b>	: INFLUENCIA DEL LADRILLO LARK TRITURADO COMO AGREGADO GRUESO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.
<b>FECHA</b>	: 09 / 10 / 2021
<b>SOLICITANTE</b>	: HARDY ALEX LÓPEZ EPIQUIÉN
<b>RESPONSABLE</b>	: ING. NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS

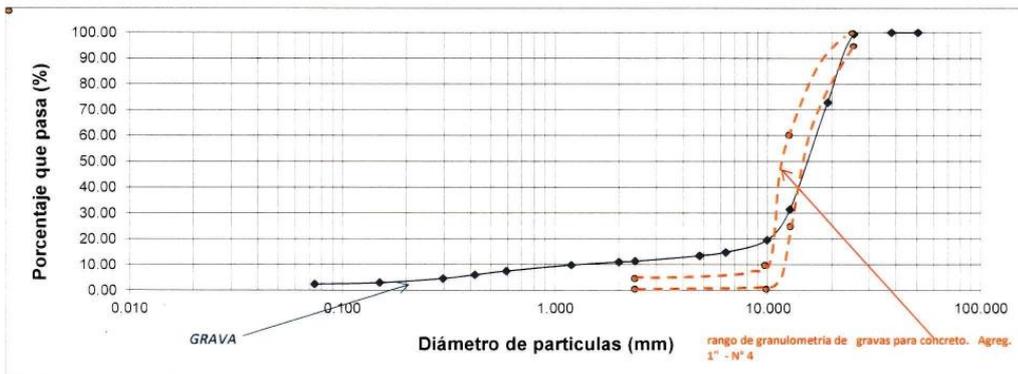
**MUESTRA : GRAVA**

**Peso muestra seca: 3,000.00 gr**

Malla	Malla (mm)	Peso ret. Parcial	% Retenido Parcial	% Ret. Acumul.	% Que pasa
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	18.00	0.60	0.60	99.40
3/4"	19.050	796.00	26.53	27.13	72.87
1/2"	12.700	1243.00	41.43	68.57	31.43
3/8"	9.925	355.00	11.83	80.40	19.60
1/4"	6.350	141.00	4.70	85.10	14.90
Nº 4	4.760	40.00	1.33	86.43	13.57
Nº 8	2.380	65.00	2.17	88.60	11.40
Nº 10	2.000	10.00	0.33	88.93	11.07
Nº 16	1.190	34.00	1.13	90.07	9.93
Nº 30	0.590	71.00	2.37	92.43	7.57
Nº 40	0.420	43.00	1.43	93.87	6.13
Nº 50	0.297	45.00	1.50	95.37	4.63
Nº 100	0.150	48.00	1.60	96.97	3.03
Nº 200	0.074	17.00	0.57	97.53	2.47
Perdida por lavado		74.00	2.47	100.00	0.00

**CURVA GRANULOMETRICA**

Limo y Arcilla	Arena				Grava	
	Fina	Media		Fina	Gruesa	
Nº 200	Nº 40	Nº 10	Nº 4	3/4"	3"	



Contenido de Humedad (%)	2.98
Límite líquido (%)	NO PLASTICO
Límite plástico (%)	NO PLASTICO
Índice plástico (%)	NO PLASTICO
Clasificación SUCS	GP

D10	1.00
D30	12.00
D60	17.00
Cu	17.00
Cc	8.47

**GRAVA MAL GRADUADA**

la arena es proporcionada por el solicitante

Diaz & Ocampo  
 CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL  
 Ing. NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS  
 INGENIERO CIVIL N° 21362  
 GERENTE GENERAL

DIAZ & OCAMPO



CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL

**DIAZ & OCAMPO**  
**CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL**  
**REGISTRO DE INDECOPI N° 00069377**  
**ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS,**  
**CONCRETO Y ASFALTO**

(LABORATORIO)

Jr. Libertad N° 1309 Cel. 941892090 RPM #941892090 RPC 982360835

Correo Electronico: [suelosyconcretodiazarias@hotmail.com](mailto:suelosyconcretodiazarias@hotmail.com) - CHACHAPOYAS

**MODULO DE FINEZA DE LA ARENA**

para  $f'c =$  **210** **kg/cm<sup>2</sup>**

<b>OBRA</b>	: INFLUENCIA DEL LADRILLO LARK TRITURADO COMO AGREGADO GRUESO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.
<b>SOLICITANTE</b>	: HARDY ALEX LÓPEZ EPIQUIÉN
<b>FECHA</b>	: 09 - 10 - 2021
<b>RESPONSABLE</b>	: ING. NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS

MALLA	MALLA (mm)	PORCENTAJE DE PESO ACUMULADO RETENIDO
N° 4	9.480	0.31
N° 8	2.380	0.92
N° 16	1.190	26.95
N° 30	0.595	62.26
N° 50	0.298	86.57
N° 100	0.150	92.27
<b>TOTAL</b>		<b>269.28</b>
	%	100.00
<b>Módulo de Fineza</b>		<b>2.69</b>

**NOTA: LAS MUESTRAS SON PROPORCIONADAS POR EL SOLICITANTE**

Diaz & Ocampo  
CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL  
Ing. NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS  
INGENIERO C. (P. 21382)  
GERENTE GENERAL



**DIAZ & OCAMPO**  
**CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL**  
**REGISTRO DE INDECOPI N° 00069377**  
**ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**(LABORATORIO)**

Jr. Libertad N° 1309 Cal. 941892090 - 982360835  
 correo electronico: suelosyconcretodiazarias@hotmail.com

**ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE CONCRETO (NORMA ASTM C - 39 Y ASSTHO T - 22)**

PRENSA PARA CONCRETO ELE INTERNATIONAL MODELO ADR 2000 N° SERIE 1796-8-2365, INDICADOR DIGITAL ELE INTERNATIONAL MODELO ADR 2000 SERIE N° 1886-1-4875 CERTIFICADO DE CALIBRACION PT - LF - 0118- 2021

**OBRA** : INFLUENCIA DEL LADRILLO LARK TRITURADO COMO AGREGADO GRUESO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.

**SOLICITANTE** : HARDY ALEX LÓPEZ EPIQUIÉN

**FECHA:** 05/11/2021

ENSAYO	DATOS DEL TESTIGO DE CONCRETO									PESO SOBRE VOLUMEN (kg/m <sup>3</sup> )	(3) RESISTENCIA SEGUN EL DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA ENSAYO (Kg)	RESISTENCIA DEL ENSAYO RESPECTO AL DE DISEÑO (%)	RESISTENCIA DEL TESTIGO (kg/cm <sup>2</sup> )
	(1) PROCEDENCIA	(2) FECHA DE LLENADO	(2) FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	PESO (kg)					
1	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS CONCRETO ESTANDAR (CE)	29/10/2021	05/11/2021	7	15.00	30	176.72	5301	13.226	2495	<b>210</b>	25480	68.66	<b>144.2</b>
2	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS CONCRETO ESTANDAR (CE)	29/10/2021	05/11/2021	7	14.00	30	153.94	4618	11.215	2428	<b>210</b>	16480	50.98	<b>107.1</b>
3	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS CONCRETO ESTANDAR (CE)	29/10/2021	05/11/2021	7	14.00	30	153.94	4618	11.272	2441	<b>210</b>	23650	73.16	<b>153.6</b>
4	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS (TM 25%)	29/10/2021	05/11/2021	7	15.00	30	176.72	5301	12.617	2380	<b>210</b>	14650	39.48	<b>82.9</b>
5	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS (TM 25%)	29/10/2021	05/11/2021	7	15.00	30	176.72	5301	12.616	2380	<b>210</b>	13540	36.49	<b>76.6</b>
6	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS (TM 25%)	29/10/2021	05/11/2021	7	15.00	30	176.72	5301	13.005	2453	<b>210</b>	18430	49.66	<b>104.3</b>

**DIAZ & OCAMPO**  
 CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL  
 Ing. VÍCTOR ALEJANDRO DIAZ ARIAS  
 INGENIERO CIVIL N° 21362  
 GERENTE GENERAL

**SOLICITANTE**

**RESPONSABLE DEL ENSAYO**

**NOTA:** LOS TESTIGOS, (1) PROCEDENCIA, (2) FECHA DE LLENADO Y (3) RESISTENCIA SEGUN EL DISEÑO, FUERON PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE



**DIAZ & OCAMPO**  
**CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL**  
**REGISTRO DE INDECOPI N° 00069377**  
**ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**(LABORATORIO)**

Jr. Libertad N° 1309 Cal. 941892090 - 982360835  
 correo electronico: suelosyconcretodiazarias@hotmail.com

**ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE CONCRETO (NORMA ASTM C - 39 Y ASSTHO T - 22)**

PRENSA PARA CONCRETO ELE INTERNATIONAL MODELO ADR 2000 N° SERIE 1796-8-2365, INDICADOR DIGITAL ELE INTERNATIONAL MODELO ADR 2000 SERIE N° 1886-1-4875 CERTIFICADO DE CALIBRACION PT - LF - 0118- 2021

**OBRA** : INFLUENCIA DEL LADRILLO LARK TRITURADO COMO AGREGADO GRUESO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.

**SOLICITANTE** : HARDY ALEX LÓPEZ EPIQUIÉN

**FECHA:** 06/11/2021

ENSAYO	DATOS DEL TESTIGO DE CONCRETO									PESO SOBRE VOLUMEN (kg/m <sup>3</sup> )	(3) RESISTENCIA SEGUN EL DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA ENSAYO (Kg)	RESISTENCIA DEL ENSAYO RESPECTO AL DE DISEÑO (%)	RESISTENCIA DEL TESTIGO (kg/cm <sup>2</sup> )
	(1) PROCEDENCIA	(2) FECHA DE LLENADO	(2) FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	PESO (kg)					
1	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS (TM 30%)	30/10/2021	06/11/2021	7	15.00	30	176.72	5301	12.969	2446	<b>210</b>	16180	43.60	<b>91.6</b>
2	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS (TM 30%)	30/10/2021	06/11/2021	7	15.00	30	176.72	5301	12.734	2402	<b>210</b>	18940	51.04	<b>107.2</b>
3	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS (TM 30%)	30/10/2021	06/11/2021	7	15.00	30	176.72	5301	12.974	2447	<b>210</b>	17620	47.48	<b>99.7</b>
4	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS (TM 50%)	30/10/2021	06/11/2021	7	14.00	30	153.94	4618	10.778	2334	<b>210</b>	15570	48.16	<b>101.1</b>
5	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS (TM 50%)	30/10/2021	06/11/2021	7	14.00	30	153.94	4618	10.878	2355	<b>210</b>	14030	43.40	<b>91.1</b>
6	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS (TM 50%)	30/10/2021	06/11/2021	7	15.00	30	176.72	5301	12.944	2442	<b>210</b>	17700	47.70	<b>100.2</b>

**DIAZ & OCAMPO**  
 CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL  
 Ing. VÍCTOR ALEJANDRO DIAZ ARIAS  
 INGENIERO CIVIL N° 21362  
 GERENTE GENERAL

**SOLICITANTE**

**RESPONSABLE DEL ENSAYO**

**NOTA:** LOS TESTIGOS, (1) PROCEDENCIA, (2) FECHA DE LLENADO Y (3) RESISTENCIA SEGUN EL DISEÑO, FUERON PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE



**DIAZ & OCAMPO**  
**CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL**  
 REGISTRO DE INDECOPI N° 00069377  
 ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 (LABORATORIO)  
 Jr. Libertad N° 1309 Cel. 941892090 - 982360835  
 correo electronico: suelosyconcretodiazarias@hotmail.com

**ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE CONCRETO (NORMA ASTM C - 39 Y ASSTHO T - 22)**

PRENSA PARA CONCRETO ELE INTERNATIONAL MODELO ADR 2000 N° SERIE 1796-8-2385, INDICADOR DIGITAL ELE INTERNATIONAL MODELO ADR 2000 SERIE N° 1886-1-4875 CERTIFICADO DE CALIBRACION PT - LF - 0118- 2021

**OBRA** : INFLUENCIA DEL LADRILLO LARK TRITURADO COMO AGREGADO GRUESO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.

**SOLICITANTE** : HARDY ALEX LÓPEZ EPIQUIÉN

**FECHA**: 07/11/2021

ENSAJO	DATOS DEL TESTIGO DE CONCRETO										PESO SOBRE VOLUMEN (kg/m <sup>3</sup> )	(3) RESISTENCIA SEGUN EL DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA ENSAYO (Kg)	RESISTENCIA DEL ENSAYO RESPECTO AL DE DISEÑO (%)	RESISTENCIA DEL TESTIGO (kg/cm <sup>2</sup> )
	(1) PROCEDENCIA	(2) FECHA DE LLENADO	(2) FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	PESO (Kg)						
1	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS (TT 25%)	31/10/2021	07/11/2021	7	14.00	30	153.94	4618	10.863	2352	<b>210</b>	14980	46.34	<b>97.3</b>	
2	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS (TT 25%)	31/10/2021	07/11/2021	7	15.00	30	176.72	5301	12.859	2426	<b>210</b>	16810	45.30	<b>95.1</b>	
3	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS (TT 25%)	31/10/2021	07/11/2021	7	14.00	30	153.94	4618	10.937	2368	<b>210</b>	14310	44.27	<b>93.0</b>	
4	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS (TT 30%)	31/10/2021	07/11/2021	7	15.00	30	176.72	5301	13.051	2462	<b>210</b>	18620	50.17	<b>105.4</b>	
5	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS (TT 30%)	31/10/2021	07/11/2021	7	15.00	30	176.72	5301	12.426	2344	<b>210</b>	15480	41.71	<b>87.6</b>	
6	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS (TT 30%)	31/10/2021	07/11/2021	7	15.00	30	176.72	5301	12.861	2426	<b>210</b>	21620	58.26	<b>122.3</b>	

**Diaz & Ocampo**  
 CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL  
 Ing. NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS  
 INGENIERO CIVIL - CIP. 21382  
 GERENTE GENERAL

**SOLICITANTE**

**RESPONSABLE DEL ENSAYO**

**NOTA:** LOS TESTIGOS, (1) PROCEDENCIA, (2) FECHA DE LLENADO Y (3) RESISTENCIA SEGUN EL DISEÑO, FUERON PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE



**DIAZ & OCAMPO**  
**CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL**  
 REGISTRO DE INDECOPI N° 00069377  
 ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 (LABORATORIO)  
 Jr. Libertad N° 1309 Cel. 941892090 - 982360835  
 correo electronico: suelosyconcretodiazarias@hotmail.com

**ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE CONCRETO (NORMA ASTM C - 39 Y ASSTHO T - 22)**

PRENSA PARA CONCRETO ELE INTERNATIONAL MODELO ADR 2000 N° SERIE 1796-8-2385, INDICADOR DIGITAL ELE INTERNATIONAL MODELO ADR 2000 SERIE N° 1886-1-4875 CERTIFICADO DE CALIBRACION PT - LF - 0118- 2021

**OBRA** : INFLUENCIA DEL LADRILLO LARK TRITURADO COMO AGREGADO GRUESO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.

**SOLICITANTE** : HARDY ALEX LÓPEZ EPIQUIÉN

**FECHA**: 08/11/2021

ENSAJO	DATOS DEL TESTIGO DE CONCRETO										PESO SOBRE VOLUMEN (kg/m <sup>3</sup> )	(3) RESISTENCIA SEGUN EL DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA ENSAYO (Kg)	RESISTENCIA DEL ENSAYO RESPECTO AL DE DISEÑO (%)	RESISTENCIA DEL TESTIGO (kg/cm <sup>2</sup> )
	(1) PROCEDENCIA	(2) FECHA DE LLENADO	(2) FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	PESO (Kg)						
1	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS (TT 50%)	01/11/2021	08/11/2021	7	15.00	30	176.72	5301	12.493	2357	<b>210</b>	15000	40.42	<b>84.9</b>	
2	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS (TT 50%)	01/11/2021	08/11/2021	7	15.00	30	176.72	5301	12.892	2432	<b>210</b>	15540	41.88	<b>87.9</b>	
3	COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS (TT 50%)	01/11/2021	08/11/2021	7	15.00	30	176.72	5301	12.973	2447	<b>210</b>	12040	32.44	<b>68.1</b>	

**Diaz & Ocampo**  
 CONSTRUCTORES Y CONSULTORES SRL  
 Ing. NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS  
 INGENIERO CIVIL - CIP. 21382  
 GERENTE GENERAL

**SOLICITANTE**

**RESPONSABLE DEL ENSAYO**

**NOTA:** LOS TESTIGOS, (1) PROCEDENCIA, (2) FECHA DE LLENADO Y (3) RESISTENCIA SEGUN EL DISEÑO, FUERON PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE