



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

---

**“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICIÓN DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCIÓN AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO”**

---

**Presentado por:**

**Bach. CUEVAS CALLO, Henry Abel**

**Bach. CHAMPI CCORIMANYA, Walter Timoteo**

**Para optar el título profesional de Ingeniero Civil.**

**Asesor:**

**Mgt. Ing. PEREZ MONTESINOS, Jean Fernando**

**CUSCO – PERÚ**

**2020**

**DEDICATORIA.**

Dedico este trabajo de investigación a mi padre, Sr. Antonio Cuevas, por su apoyo infinito y por ser un ejemplo a seguir en mi vida, a mi madre Sra. Fortunata Callo, por el amor inigualable que me brinda y el apoyo que nunca me deja de brindar. A mis hermanos: Roger, por enseñarme con su ejemplo que no hay problema sin solución, Karin, por enseñarme que ante la adversidad todos pueden salir adelante y sobresalir en la vida, Fanny, por enseñarme que el tomar buenas decisiones conllevan al éxito, a mis sobrinos Liam y Emma, por llegar a nuestras vidas y llenarnos de felicidad. A todos ellos por ser los mejores cómplices que puedo tener en la vida.

Henry Abel Cuevas Callo

Dedico la presente investigación a mi madre, Sra. Alejandra Ccorimanya Vazquez por su invaluable fuerza de vida inculcada durante toda su vida hacia mi persona y sabias enseñanzas de cumplimiento de metas y compromisos, a mi padre Timoteo Champi Espirilla por sus consejos que con la educación se puede salir adelante, a mis hermanos Magali, Nicanor y Magno por su constante apoyo en continuar mis estudios a mis primos Domingo y Roberto por estar ahí siempre en los momentos difíciles para no rendirse en el camino de mi vida

Walter Timoteo Champi Ccorimanya



### **AGRADECIMIENTOS.**

Quiero agradecer primeramente a mi familia, a la vida y a las circunstancias, que me han puesto en este espacio y tiempo y haber hecho posible la culminación del presente trabajo de investigación, a los docentes de la carrera profesional de ingeniería civil por compartir sus conocimientos, a la universidad andina del cusco, por el esfuerzo que hace para tener profesionales competentes en la sociedad, a mi asesor, por acompañarnos en el proceso de investigación, a mis compañeros de la carrera profesional de ingeniería civil por la unión y la identificación para con la carrera, a mis amigos con los cuales he crecido y aprendido.

Henry Abel Cuevas Callo

Agradecer en primer lugar a mi familia por estar siempre en los momentos difíciles en este proceso muy importante de mi vida el cual es la realización de la presente investigación para poder cumplir una de las metas planteadas, agradecer también a mis docentes de la Universidad Andina Del Cusco por sus constantes ánimos y ayuda en continuar con la investigación de esta hermosa carrera de ingeniería civil a nuestro asesor por su invaluable ayuda en cumplir el sueño de concluir el presente trabajo.

Walter Timoteo Champi Ccorimanya

**RESUMEN.**

En el presente trabajo de investigación, se determinó las propiedades físicas (alabeo, absorción, variación dimensional, succión y conductividad térmica) y propiedades mecánicas (resistencia a compresión), de unidades de albañilería de dimensiones 12 cm x 24 cm x 15 cm, fabricadas a base de concreto liviano (agua, cemento, arena fina y confitillo), adicionando porcentajes de 10%, 15%, 20% y un adicional de 50% de perlas de poliestireno expandido (clase 10), en función del volumen del agregado fino (arena fina y confitillo), tomando como referencia la investigación del Dr. Ing. Javier Arrieta Freyre, en el cual recomienda una proporción de 70% arena y 30% confitillo, gracias a ello y por medio de los ensayos realizados a los agregados, haciendo la combinación de los mismos se utilizó la dosificación 1: 4.7: 2.3 cemento: arena: confitillo.

El proceso de fabricación de las unidades de albañilería se realizó en su totalidad de manera manual, utilizando un molde metálico y siguiendo con las recomendaciones establecidas en la norma técnica peruana (NTP. E070), en cuanto a los ensayos a realizar a las unidades de albañilería.

Los ensayos a los agregados y las unidades de albañilería como: análisis granulométrico, peso unitario, peso específico, absorción, alabeo, variación dimensional, succión, conductividad térmica, resistencia a la compresión, se realizaron tomando las especificaciones en las normas técnicas peruanas (NTP 400.022, Agregados – 2013, NTP 399.613, Unidades de Albañilería – 2005, NTP 399.604, Unidades de Albañilería – 2005) y (ASTM C177-13), para el ensayo de conductividad térmica. Teniendo un total de 240 unidades de albañilería ensayadas.

Los resultados obtenidos fueron contrastados en función de las hipótesis planteadas, mediante un análisis comparativo, tomando de referencia una unidad de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido obteniendo resultados favorables en algunas propiedades físicas de las unidades.

**ABSTRACT.**

In the present research work, the physical properties (warpage, absorption, dimensional variation, suction and thermal conductivity) and mechanical properties (resistance to compression) of masonry units of dimensions 12 cm x 24 cm x 15 cm, manufactured, were determined based on light concrete (water, cement, fine sand and confectionery), adding percentages of 10%, 15%, 20% and an additional 50% of expanded polystyrene beads (class 10), depending on the volume of the fine aggregate (fine sand and confectionery), taking as reference the research of Dr. Ing. Javier Arrieta Freyre, in which he recommends a proportion of 60% sand and 40% confectionery, thanks to this and through the tests carried out on the aggregates, by combining them, the dosage 1: 4.7: 2.3 cement: sand: confectionery was used.

The manufacturing process of the masonry units was carried out entirely manually, using a metal mold and following the recommendations established in the Peruvian technical standard (NTP E070.), regarding the tests to be carried out on the brickwork.

The tests on the masonry units such as: granulometric analysis, unit weight, specific weight, absorption, warpage, dimensional variation, suction, thermal conductivity, compression resistance, were carried out taking the specifications in the Peruvian technical standards (NTP 400.022, Aggregates - 2013, NTP 399.613, Masonry Units - 2005, NTP 399.604, Masonry Units - 2005) and (ASTM C177-13), for the thermal conductivity test. Having a total of 240 tested masonry units.

The results obtained were tested based on the hypotheses presented, by means of a comparative analysis, taking as reference a masonry unit without the addition of expanded polystyrene beads.



## INTRODUCCIÓN

La presente tesis, denominada “**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICIÓN DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCIÓN AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO**”, está elaborado con el objetivo de determinar las propiedades físico mecánicas de unidades de albañilería no portantes, fabricadas a base de concreto liviano adicionado con perlas de poliestireno expandido, en función al volumen del agregado fino, para así tentar con la opción de tener una unidad de albañilería a base de concreto liviano, con una conducción térmica favorable, una resistencia a la compresión que cumpla con los mínimos requeridos de acuerdo a la Norma técnica Peruana (NTP E.070, Albañilería - 2006). Para ello se realizó las investigaciones en diversos textos referidos a temas como tecnología del concreto, poliestireno, física, albañilería estructural y tesis que involucran al poliestireno como alternativa de uso en diferentes proyectos ingenieriles.

Al ser el poliestireno un material altamente liviano, económico y un polímero termoplástico que se puede obtener con bastante accesibilidad en nuestro medio. Este material es conocido comúnmente como tecnopor y es utilizado masivamente en el aligeramiento de losas, debido a su peso ligero, fácil manipulación, bajo costo, aislante acústico y térmico, es un material que debido a su alto contenido de aire nos permite generar volumen y reducir el uso de mezcla en los procesos constructivos como en el vaciado de losas en una edificación y que podemos obtener de manera accesible en los centros comerciales expendedores de aligerados de nuestra ciudad.

El ámbito geográfico de la tesis, está situado en la provincia y departamento de Cusco, distrito de San Jerónimo, en los cuales se encuentran las canteras, las entidades distribuidoras de materiales, los laboratorios y bibliotecas de la Universidad Andina del Cusco, que son necesarios para la recopilación de la información el procesamiento de datos y los diversos ensayos que se realizarán a los materiales, los cuales son necesarios para la elaboración de la presente tesis.

Todo esto nos lleva a realizar la presente investigación con el propósito de proponer nuevas tecnologías a las unidades de concreto y además de brindar información a la sociedad cusqueña acerca de unidades de concreto más livianas y económicas que las unidades convencionales.



INDICE

RESUMEN..... III  
ABSTRACT.....IV  
INTRODUCCIÓN.....V  
ÍNDICE DE TABLAS .....X  
ÍNDICE DE IMÁGENES..... XVIII

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema. .... 1  
1.1.1. Formulación del problema..... 2  
1.1.1.1. Formulación interrogativa del problema general..... 2  
1.1.1.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos..... 2  
1.2. justificación e importancia de la investigación. .... 3  
1.2.1. justificación técnica. .... 3  
1.2.2. justificación social. .... 3  
1.2.3. justificación por viabilidad. .... 3  
1.2.4. justificación por relevancia. .... 4  
1.3. limitaciones de la investigación. .... 4  
1.4. Objetivo de la investigación. .... 5  
1.4.1. Objetivo general. .... 5  
1.4.2. Objetivos específicos..... 5

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Antecedentes de la tesis..... 6  
2.1.1. Antecedentes a nivel nacional..... 6  
2.1.2. Antecedentes a nivel internacional..... 9  
2.2. Bases teóricas..... 12  
2.2.1. Poliestireno expandido (EPS)..... 12  
2.2.1.1. Proceso de obtención del poliestireno expandido. .... 12  
2.2.1.2. Propiedades. .... 14  
2.2.1.3. Ventajas..... 16  
2.3. Poliestireno expandido en la ingeniería civil..... 16  
2.4. Albañilería..... 17  
2.4.1. Unidad de albañilería. .... 17  
2.4.1.1. Características generales de las unidades de albañilería..... 17



- 2.4.1.2. Unidad de albañilería hueca..... 18
- 2.4.1.3. Unidad de albañilería solida o maciza..... 18
- 2.4.2. Unidades de concreto..... 18
- 2.4.2.1. Tipos de bloques de concreto..... 19
- 2.4.2.2. Componentes del bloque de concreto..... 20
- 2.4.3. Propiedades de las unidades de albañilería..... 21
- 2.4.3.1. Propiedades físicas..... 21
- 2.4.3.2. Propiedades mecánicas..... 22
- 2.5. Fabricación de unidades de concreto..... **23**
- 2.5.1. Dosificación..... 23
- 2.5.2. Mezclado..... 23
- 2.5.3. Moldeado..... 24
- 2.5.4. Fraguado..... 24
- 2.5.5. Curado..... 25
- 2.5.6. Secado..... 26
- 2.6. Ensayos de laboratorio..... **26**
- 2.6.1. Ensayos a los componentes de las unidades de albañilería..... 26
- 2.6.1.1. Análisis granulométrico del agregado fino..... 26
- 2.6.1.2. Peso unitario del agregado..... 29
- 2.6.1.3. Densidad relativa (peso específico) del agregado fino..... 30
- 2.6.2. Ensayos a las unidades de albañilería..... 30
- 2.6.2.1. Muestreo..... 30
- 2.6.2.2. Absorción..... 31
- 2.6.2.3. Alabeo..... 32
- 2.6.2.4. Conductividad térmica..... 33
- 2.6.2.5. Resistencia a compresión..... 34
- 2.6.2.6. Succión..... 36
- 2.6.2.7. Variación dimensional..... 36
- 2.7. Hipótesis..... **37**
- 2.7.1. Hipótesis general..... 37
- 2.7.2. Sub hipótesis..... 37
- 2.8. Definición de variables..... **38**
- 2.8.1. Variables independientes..... 38
- 2.8.1.1. Indicadores de variables independientes..... 38
- 2.8.2. Variables dependientes..... 38
- 2.8.2.1. Definición de los indicadores de las variables dependientes..... 38





**2.8.3. OPERACIONALIZACIÓN de variables. .... 40**

**CAPITULO III**  
**METODOLOGÍA**

**3.1. Metodología de la investigación..... 41**

**3.1.1. Tipo de la investigación..... 41**

**3.1.2. Nivel de la investigación..... 41**

**3.1.3. Método de la investigación..... 41**

**3.2. Diseño de la investigación..... 41**

**3.2.1. Diseño metodológico. .... 41**

**3.2.2. Diseño de ingeniería. .... 42**

**3.3. Población y muestra..... 43**

**3.3.1. Población..... 43**

**3.3.1.1. Descripción de la población..... 43**

**3.3.1.2. Cuantificación de la población..... 43**

**3.3.2. Muestra. .... 43**

**3.3.2.1. Descripción de la muestra..... 43**

**3.3.2.2. Cuantificación de la muestra..... 43**

**3.3.2.3. Método de muestreo. .... 43**

**3.3.2.4. Criterios de evaluación de la muestra. .... 44**

**3.4. Instrumentos..... 47**

**3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos. .... 47**

**3.4.2. Instrumentos y equipos de laboratorio..... 52**

**3.5. Procedimiento de recolección de datos. .... 53**

**3.5.1. Ensayo a los componentes de las unidades de albañilería..... 53**

**3.5.1.1. Ensayo de granulometría del agregado fino. .... 53**

**3.5.1.2. Ensayo de peso unitario del agregado fino. .... 58**

**3.5.1.3. Ensayo de densidad relativa (peso específico) del agregado fino. .... 62**

**3.5.2. Proceso de fabricación de unidades de albañilería..... 65**

**3.5.2.1. Diseño de mezcla..... 65**

**3.5.3. Ensayos a las unidades de albañilería..... 69**

**3.5.3.1. Ensayo de variación dimensional..... 69**

**3.5.3.2. Ensayo de alabeo..... 75**

**3.5.3.3. Ensayo de absorción..... 79**

**3.5.3.4. Ensayo de succión..... 82**

**3.5.3.5. Ensayo de conductividad térmica..... 88**

**3.5.3.6. Ensayo de resistencia a la compresión..... 97**



3.6. Procesamiento de análisis de datos. .... 109

3.6.1. Ensayo a los componentes de las unidades de albañilería..... 109

3.6.1.1. Ensayo de granulometría del agregado fino. .... 109

3.6.1.2. Ensayo de peso unitario..... 112

3.6.1.3. Ensayo de densidad relativa (peso específico) del agregado fino. .... 115

3.6.2. Ensayo a las unidades de albañilería..... 116

3.6.2.1. Ensayo de variación dimensional..... 116

3.6.2.2. Ensayo de alabeo..... 123

3.6.2.3. Ensayo de absorción..... 126

3.6.2.4. Ensayo de succión..... 132

3.6.2.5. Ensayo de conductividad térmica..... 138

3.6.2.6. Ensayo de resistencia a compresión..... 144

**CAPITULO IV**

**RESULTADOS**

4.1. Fabricación de las unidades de albañilería. .... 156

4.2. Ensayos de laboratorio. .... 156

4.2.1. Ensayos a los componentes de la unidad de albañilería. .... 156

4.2.1.1. Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino. .... 156

4.2.1.2. Ensayo de peso unitario..... 159

4.2.1.3. Ensayo de densidad relativa (peso específico) del agregado fino. .... 160

4.2.2. Ensayo a las unidades de albañilería..... 161

4.2.2.1. Ensayo de variación dimensional..... 161

4.2.2.2. Ensayo de alabeo..... 164

4.2.2.3. Ensayo de absorción..... 165

4.2.2.4. Ensayo de succión..... 166

4.2.2.5. Ensayo de resistencia a la compresión..... 169

DISCUSIÓN..... 173

GLOSARIO. .... 177

CONCLUSIONES..... 180

RECOMENDACIONES..... 187

REFERENCIAS..... 190

ANEXOS. .... 192



**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Clasificación de bloques de concreto. .... 19

Tabla 2: Límites permisibles en análisis granulométrico para el agregado fino. .... 27

Tabla 3: Rango de conductividad térmica de buenos, moderados y pobres aislantes. 34

Tabla 4: Porcentajes de variación dimensional máximos para unidades de albañilería.  
..... 37

Tabla 5: Cantidad de muestras para la realización de ensayos de las unidades de  
albañilería..... 44

Tabla 6: Cantidad de unidades de albañilería para el ensayo de resistencia a la  
compresión..... 45

Tabla 7: Cantidad de unidades de albañilería para el ensayo de absorción. .... 45

Tabla 8: Cantidad de unidades de albañilería para el ensayo de alabeo. .... 46

Tabla 9: Cantidad de unidades de albañilería para el ensayo de succión. .... 46

Tabla 10: Cantidad de unidades de albañilería para el ensayo de variación  
dimensional. .... 46

Tabla 11: Cantidad de unidades de albañilería para el ensayo de conductividad  
térmica. .... 47

Tabla 12: Tabla de recolección de datos, para el ensayo de análisis granulométrico.. 47

Tabla 13: Tabla de recolección de datos, para el ensayo de peso unitario. .... 48

Tabla 14: Tabla de recolección de datos, para el ensayo de peso específico. .... 48

Tabla 15: Tabla de recolección de datos, para el ensayo de variación dimensional.... 49

Tabla 16: Tabla de recolección de datos, para el ensayo de alabeo. .... 50

Tabla 17: Tabla de recolección de datos, para el ensayo de absorción. .... 50

Tabla 18: Tabla de recolección de datos, para el ensayo de succión..... 51

Tabla 19: Tabla de recolección de datos, para el ensayo de conductividad térmica. .. 51

Tabla 20: Tabla de recolección de datos, para el ensayo de resistencia a la  
compresión..... 52

Tabla 21: Datos del ensayo de granulometría de arena fina. .... 57

Tabla 22: Datos del ensayo de granulometría del confitillo. .... 57

Tabla 23: Datos del ensayo de granulometría de la combinación de la arena fina y  
confitillo. .... 58

Tabla 24: Datos del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado. .... 62

Tabla 25: Datos del ensayo de peso específico del agregado. .... 65

Tabla 26: Datos del ensayo de variación dimensional de unidades de albañilería sin  
adición de perlas de poliestireno expandido. .... 70

Tabla 27: Datos del ensayo de variación dimensional de unidades de albañilería con  
adición de 10% perlas de poliestireno expandido. .... 71



Tabla 28: Datos del ensayo de variación dimensional de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido. .... 72

Tabla 29: Datos del ensayo de variación dimensional de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido. .... 73

Tabla 30: Datos del ensayo de variación dimensional de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido. .... 74

Tabla 31: Datos del ensayo de alabeo de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido. .... 77

Tabla 32: Datos del ensayo de alabeo de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido. .... 77

Tabla 33: Datos del ensayo de alabeo de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido. .... 78

Tabla 34: Datos del ensayo de alabeo de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido. .... 78

Tabla 35: Datos del ensayo de alabeo de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido. .... 79

Tabla 36: Datos del ensayo de absorción de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido. .... 81

Tabla 37: Datos del ensayo de absorción de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido. .... 81

Tabla 38: Datos del ensayo de absorción de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido. .... 81

Tabla 39: Datos del ensayo de absorción de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido. .... 82

Tabla 40: Datos del ensayo de absorción de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido. .... 82

Tabla 41: Datos del ensayo de succión de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido. .... 85

Tabla 42: Datos del ensayo de succión de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido. .... 86

Tabla 43: Datos del ensayo de succión de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido. .... 86

Tabla 44: Datos del ensayo de succión de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido. .... 87

Tabla 45: Datos del ensayo de succión de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido. .... 87



Tabla 46: Datos del ensayo de conductividad térmica de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido. .... 93

Tabla 47: Datos del ensayo de conductividad térmica de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido. .... 94

Tabla 48: Datos del ensayo de conductividad térmica de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido. .... 95

Tabla 49: Datos del ensayo de conductividad térmica de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido. .... 96

Tabla 50: Datos del ensayo de conductividad térmica de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido. .... 97

Tabla 51: Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido a los 7 días..... 101

Tabla 52: Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido a los 14 días..... 101

Tabla 53: Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido a los 28 días..... 102

Tabla 54: Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido a los 7 días. .... 102

Tabla 55: Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido a los 14 días. .... 103

Tabla 56: Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido a los 28 días. .... 103

Tabla 57: Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido a los 7 días. .... 104

Tabla 58: Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido a los 14 días. .... 104

Tabla 59: Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido a los 28 días. .... 105

Tabla 60: Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido a los 7 días. .... 105

Tabla 61: Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido a los 14 días. .... 106

Tabla 62: Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido a los 28 días. .... 106

Tabla 63: Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido a los 7 días. .... 107



Tabla 64: Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido a los 14 días. .... 107

Tabla 65: Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido a los 28 días. .... 108

Tabla 66: *Análisis de datos del ensayo de granulometría de la arena fina*. .... 109

Tabla 67: Análisis de datos del ensayo de granulometría del confitillo. .... 110

Tabla 68: Análisis de datos del ensayo de granulometría de la combinación arena fina y confitillo. .... 111

Tabla 69: Análisis de datos para en ensayo de peso unitario de la arena fina. .... 112

Tabla 70: Análisis de datos para en ensayo de peso unitario del confitillo. .... 113

Tabla 71: Análisis de datos para en ensayo de peso unitario de la arena fina y confitillo. .... 114

Tabla 72: Análisis de datos del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino. .... 115

Tabla 73: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (largo) de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido. .... 116

Tabla 74: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (ancho) de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido. .... 116

Tabla 75: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (altura) de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido. .... 117

Tabla 76: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (espesor) de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido. .... 117

Tabla 77: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (largo) de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido. .... 117

Tabla 78: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (ancho) de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido. .... 118

Tabla 79: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (altura) de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido. .... 118

Tabla 80: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (espesor) de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido. .... 118

Tabla 81: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (largo) de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido. .... 119

Tabla 82: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (ancho) de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido. .... 119

Tabla 83: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (altura) de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido. .... 119



Tabla 84: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (espesor) de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido. .... 120

Tabla 85: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (largo) de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido. .... 120

Tabla 86: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (ancho) de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido. .... 120

Tabla 87: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (altura) de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido. .... 121

Tabla 88: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (espesor) de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido. .... 121

Tabla 89: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (largo) de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido. .... 121

Tabla 90: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (ancho) de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido. .... 122

Tabla 91: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (altura) de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido. .... 122

Tabla 92: Análisis de datos del ensayo de variación dimensional (espesor) de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido. .... 122

Tabla 93: Análisis de datos del ensayo de alabeo de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido. .... 123

Tabla 94: Análisis de datos del ensayo de alabeo de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido. .... 124

Tabla 95: Análisis de datos del ensayo de alabeo de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido. .... 124

Tabla 96: Análisis de datos del ensayo de alabeo de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido. .... 125

Tabla 97: Análisis de datos del ensayo de alabeo de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido. .... 125

Tabla 98: Análisis de datos del ensayo de absorción de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido. .... 127

Tabla 99: Análisis de datos del ensayo de absorción de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido. .... 128

Tabla 100: Análisis de datos del ensayo de absorción de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido. .... 129

Tabla 101: Análisis de datos del ensayo de absorción de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido. .... 130



Tabla 102: Análisis de datos del ensayo de absorción de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido. .... 131

Tabla 103: Análisis de datos del ensayo de succión de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido. .... 133

Tabla 104: Análisis de datos del ensayo de succión de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido. .... 134

Tabla 105: Análisis de datos del ensayo de succión de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido. .... 135

Tabla 106: Análisis de datos del ensayo de succión de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido. .... 136

Tabla 107: Análisis de datos del ensayo de succión de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido. .... 137

Tabla 108: Análisis de datos del ensayo de conductividad térmica de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido. .... 139

Tabla 109: Análisis de datos del ensayo de conductividad térmica de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido. .... 140

Tabla 110: Análisis de datos del ensayo de conductividad térmica de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido. .... 141

Tabla 111: Análisis de datos del ensayo de conductividad térmica de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido. .... 142

Tabla 112: Análisis de datos del ensayo de conductividad térmica de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido. .... 143

Tabla 113: Análisis de datos del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido a los 7 días. .. 144

Tabla 114: Análisis de datos del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido a los 14 días. 145

Tabla 115: Análisis de datos del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido a los 28 días. 145

Tabla 116: Análisis de datos del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido a los 7 días. .... 146

Tabla 117: Análisis de datos del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido a los 14 días. .... 147

Tabla 118: Análisis de datos del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido a los 28 días. .... 147





Tabla 119: Análisis de datos del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido a los 7 días. .... 148

Tabla 120: Análisis de datos del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido a los 14 días. .... 149

Tabla 121: Análisis de datos del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido a los 28 días. .... 149

Tabla 122: Análisis de datos del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido a los 7 días. .... 150

Tabla 123: Análisis de datos del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido a los 14 días. .... 151

Tabla 124: Análisis de datos del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería con adición de 20% de perlas de poliestireno expandido a los 28 días. .... 151

Tabla 125: Análisis de datos del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería con adición de 50% de perlas de poliestireno expandido a los 7 días. .... 152

Tabla 126: Análisis de datos del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería con adición de 50% de perlas de poliestireno expandido a los 14 días. .... 153

Tabla 127: Análisis de datos del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido a los 28 días. .... 153

Tabla 128: Resultados del ensayo de granulometría de la arena fina. .... 156

Tabla 129: Resultados del ensayo de granulometría del confitillo. .... 157

Tabla 130: Resultados del ensayo de granulometría de la combinación de arena fina y confitillo. .... 158

Tabla 131: Resultados del ensayo de peso unitario. .... 159

Tabla 132: Resultados del ensayo de peso específico y absorción del agregado. .... 160

Tabla 133: Resultados del ensayo de variación dimensional de unidades de albañilería con adición de 0%, 10%, 15%, 20% y 50% de perlas de poliestireno expandido. .... 161



Tabla 134: Resultados del ensayo de alabeo de unidades de albañilería con adición de 0%, 10%, 15%, 20% y 50% perlas de poliestireno expandido. .... 164

Tabla 135: Resultados del ensayo de absorción de unidades de albañilería con adición de 0%, 10%, 15%, 20% y 50% perlas de poliestireno expandido. .... 165

Tabla 136: Resultados del ensayo de succión de unidades de albañilería con adición de 0%, 10%, 15%, 20% y 50% perlas de poliestireno expandido. .... 166

Tabla 137: Resultados del ensayo de conductividad térmica de unidades de albañilería con adición de 0%, 10%, 15%, 20% y 50% perlas de poliestireno expandido. .... 168

Tabla 138: Resultados del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería con adición de 0%, 10%, 15%, 20% y 50% perlas de poliestireno expandido..... 169

Tabla 139: Resultados de la variación de pesos de las unidades de albañilería con adición de perlas de poliestireno expandido. .... 174

Tabla 140: Cuadro comparativo de la variación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería..... 182

Tabla 141: Cuadro resumen de resultados de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería. .... 183

Tabla 142: Variación porcentual de costos de las unidades de concreto liviano adicionadas con perlas de poliestireno expandido..... 187

Tabla 143: Variación porcentual de costos de las unidades de concreto liviano adicionadas con perlas de poliestireno expandido y aditivo plastificante. . 188

**ÍNDICE DE IMÁGENES**

Imagen 1: Perlas de poliestireno expandido. ....	12
Imagen 2: Proceso de fabricación del poliestireno expandido. ....	14
Imagen 3: Pre-expansión, antes y después. ....	14
Imagen 4: Unidad de albañilería de concreto liviano. ....	18
Imagen 5: Mezclado de componentes. ....	23
Imagen 6: Molde para la fabricación de unidades de albañilería. ....	24
Imagen 7: Fraguado de unidades de albañilería. ....	25
Imagen 8: Curado de unidades de albañilería, sumergidas en agua. ....	25
Imagen 9: Secado de unidades de albañilería. ....	26
Imagen 10: Límites granulométricos del agregado fino. ....	27
Imagen 11: Gráfica utilizado en el método gráfico, para combinación de agregados. .	29
Imagen 12: Cuña de acero para la medición del alabo de unidades de albañilería. ....	33
Imagen 13: Medición de unidad de albañilería (A) convexa y (B) cóncava. ....	33
Imagen 14: Refrentado de las muestras para el ensayo de resistencia a la compresión. .....	35
Imagen 15: Máquina de compresión para el ensayo de resistencia a la compresión. .	35
Imagen 16: Procedimiento para el cuarteo del agregado fino. ....	53
Imagen 17: Lavado del agregado fino. ....	54
Imagen 18: Procedimiento para el tamizado del agregado fino. ....	54
Imagen 19: Recolección del agregado fino, retenido en las mallas. ....	55
Imagen 20: Resultados del método gráfico para combinación de agregados. ....	55
Imagen 21: Selección de la muestra mediante el cuarteo. ....	59
Imagen 22: Procedimiento para el ensayo de peso unitario del agregado. ....	59
Imagen 23: Recolección de datos del ensayo de peso unitario del agregado. ....	60
Imagen 24: Apisonado del agregado en el molde metálico. ....	60
Imagen 25: Enrazado del agregado en el ensayo de peso unitario compactado. ....	61
Imagen 26: Toma de datos en el ensayo de peso unitario compactado del agregado, 61	
Imagen 27: Procedimiento del ensayo de densidad del agregado fino. ....	63
Imagen 28: Verificación de la consistencia del agregado fino con el cono de abrams. 63	
Imagen 29: Utilización del picnómetro en el ensayo de densidad del agregado fino. .	64
Imagen 30: Procedimiento para el ensayo de densidad del agregado fino. ....	64
Imagen 31: Dosificación de los materiales para fabricación de unidades de albañilería .....	66
Imagen 32: Mezclado de los componentes para fabricación de unidades de albañilería. .....	67
Imagen 33: Desmoldado de la unidad de albañilería. ....	68

Imagen 34: Curado de las unidades de albañilería. ....	68
Imagen 35: Toma de datos en el ensayo de variación dimensional. ....	69
Imagen 36: Identificación de las muestras para ensayo de alabeo. ....	75
Imagen 37: Verificación de la convexidad y concavidad de las unidades de albañilería. .....	76
Imagen 38: Toma de datos en el ensayo de alabeo de unidades de albañilería. ....	76
Imagen 39: Muestras sumergidas en agua, para el ensayo de Absorción de unidades de albañilería.....	80
Imagen 40: Toma de pesos, para el ensayo de Absorción de unidades de albañilería. .....	80
Imagen 41: Preparación de muestras para el ensayo de succión de unidades de albañilería.....	83
Imagen 42: Identificación de las muestras para el ensayo de succión de unidades de albañilería.....	83
Imagen 43: Calibración de la bandeja con agua a una altura de 3mm para el ensayo de succión. ....	84
Imagen 44: Medición tiempo determinado de succión de las unidades. ....	84
Imagen 45: Toma de datos en el ensayo de succión de unidades de albañilería. ....	85
Imagen 46: Caja térmica para la medición de la conductividad térmica de unidades de albañilería.....	88
Imagen 47: Multímetro digital, para la calibración de voltajes. ....	88
Imagen 48: Termopares para la medición de la temperatura en la caja térmica.....	89
Imagen 49: Regulador de voltaje para controlar la potencia en la caja térmica. ....	89
Imagen 50: Colocación de unidades en la caja térmica. ....	90
Imagen 51: Armado del equipo para ensayo de conductividad térmica.....	91
Imagen 52: Detalle de distribución de unidades de albañilería dentro de la caja térmica. .....	91
Imagen 53: Instalación equipos de para el ensayo de conductividad térmica. ....	92
Imagen 54: Control de temperaturas en la caja térmica. ....	92
Imagen 55: Preparación de las unidades de albañilería, para el ensayo de resistencia a la compresión.....	98
Imagen 56: Codificación de unidades para su posterior refrentado.....	98
Imagen 57: Unidad de albañilería dentro del equipo de compresión axial.....	99
Imagen 58: Rotura de muestras a los 14 días de edad.....	99
Imagen 59: Rotura de muestras a los 28 días de edad.....	100
Imagen 60: Revisión de las muestras con la asesoría de nuestro dictaminante.....	100
Imagen 61: Curva granulométrica resultante de la arena fina. ....	109



Imagen 62: Curva granulométrica resultante para el confitillo. .... 110

Imagen 63: Curva granulométrica de 67.5 de arena fina y 32.5% de confitillo. .... 111

Imagen 64: Análisis de resultados en el ensayo de absorción de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido. .... 127

Imagen 65: Análisis de resultados en el ensayo de absorción de unidades de albañilería con adición de 10% de perlas de poliestireno expandido. .... 128

Imagen 66: Análisis de resultados en el ensayo de absorción de unidades de albañilería con adición de 15% de perlas de poliestireno expandido. .... 129

Imagen 67: Análisis de resultados en el ensayo de absorción de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido. .... 130

Imagen 68: Análisis de resultados en el ensayo de absorción de unidades de albañilería con adición de 50% de perlas de poliestireno expandido. .... 131

Imagen 69: Análisis de resultados en el ensayo de succión de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido..... 133

Imagen 70: Análisis de resultados en el ensayo de succión de unidades de albañilería con adición de 10% de perlas de poliestireno expandido. .... 134

Imagen 71: Análisis de resultados en el ensayo de succión de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido. .... 135

Imagen 72: Análisis de resultados en el ensayo de succión de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido. .... 136

Imagen 73: Análisis de resultados en el ensayo de succión de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido. .... 137

Imagen 74: Análisis de resultados en el ensayo de conductividad térmica de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido. .... 139

Imagen 75: Análisis de resultados en el ensayo de conductividad térmica de unidades de albañilería con adición de 10% de perlas de poliestireno expandido. .. 140

Imagen 76: Análisis de resultados en el ensayo de conductividad térmica de unidades de albañilería con adición de 15% de perlas de poliestireno expandido. .. 141

Imagen 77: Análisis de resultados en el ensayo de conductividad térmica de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido. .... 142

Imagen 78: Análisis de resultados en el ensayo de conductividad térmica de unidades de albañilería con adición de 50% de perlas de poliestireno expandido. .. 143

Imagen 79: Evolución de resistencia a compresión de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido. .... 146

Imagen 80: Evolución de resistencia a compresión de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido a los 28 días. .... 148

Imagen 81: Evolución de resistencia a compresión..... 150



Imagen 82: Evolución de la resistencia a compresión de unidades de albañilería con adición de 20% de perlas de poliestireno expandido. .... 152

Imagen 83: Evolución de la resistencia a compresión de unidades de albañilería con adición de 50% de perlas de poliestireno expandido. .... 154

Imagen 84: Resultados de granulometría de la arena fina. .... 156

Imagen 85: Resultados de granulometría de confitillo. .... 157

Imagen 86: Resultados granulometría de la combinación de arena fina y confitillo... 158

Imagen 87: Análisis de resultados en el ensayo de peso unitario de agregados..... 159

Imagen 88: Análisis de resultados del ensayo de peso específico de agregados. .... 160

Imagen 89: Análisis de resultados en el ensayo de absorción de agregados..... 161

Imagen 90: Resultados de variación dimensional (largo) de unidades de albañilería con adición de 0%, 10%, 15%, 20% y 50% de perlas de poliestireno expandido. .... 162

Imagen 91: Resultados de la variación dimensional (ancho) de unidades de albañilería con adición de 0%, 10%, 15%, 20% y 50% de perlas de poliestireno expandido..... 162

Imagen 92: Resultados de la variación dimensional (altura) de unidades de albañilería con adición de 0%, 10%, 15%, 20% y 50% perlas de poliestireno expandido. .... 163

Imagen 93: Resultado del alabeo de unidades de albañilería con adición de 0%, 10%, 15%, 20% y 50% perlas de poliestireno expandido. .... 164

Imagen 94: **Resultados** de la absorción de unidades de albañilería con adición de 0%, 10%, 15%, 20% y 50% perlas de poliestireno expandido. .... 165

Imagen 95: Resultado de succión de unidades con adición de 0%, 10%, 15%, 20% y 50% perlas de poliestireno expandido. .... 167

Imagen 96: Resultados de conductividad térmica de unidades de albañilería con adición de 0%, 10%, 15%, 20% y 50% perlas de poliestireno expandido. 168

Imagen 97: Evolución de la resistencia a la compresión de unidades de albañilería con adición de 0%, 10%, 15%, 20% y 50% perlas de poliestireno expandido. 170

Imagen 98: Resultados de la resistencia a la compresión de unidades de unidades de albañilería con adición de 0%, 10%, 15%, 20% y 50% perlas de poliestireno expandido..... 171



## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Identificación del problema.

##### **Descripción del problema.**

Uno de los principales problemas en el ámbito de la construcción en la región del cusco, está relacionado con las unidades de albañilería, esto con lleva a la búsqueda de materiales en su elaboración que mejoren sus propiedades, que se adapten a las condiciones climatológicas de nuestra región y al mismo tiempo que cumplan con los estándares mínimos requeridos, por la Norma Técnica Peruana (NTP E.070, Albañilería - 2006).

Al respecto de esta problemática, actualmente en nuestro distrito se utilizan varios métodos en la construcción de muros y losas entre ellas empleando bloques de arcilla como parte de su materia prima basado en que ofrece una considerable reducción de peso de la unidad y consecuentemente una reducción de peso en las estructuras para alivianar peso sin embargo en el proceso de elaboración se emplean el quemado de llantas y árboles. Lo que genera una contaminación en nuestro distrito, al mismo tiempo mucho de estos bloques no se adaptan a las condiciones climatológicas y estándares requeridos a la norma técnica peruana.

Por otro lado la población del distrito de san Jerónimo desconoce de los beneficios que existen en materiales al alcance que pueden mejorar las propiedades del concreto liviano como son las perlas de poliestireno expandido que son materiales usados para fabricar elementos estructurales y no estructurales en la industria del concreto.

El concreto liviano es usado también para construir elementos no estructurales es decir aquellos que no requieran resistencia específica dado que no forman parte del sistema estructural que soporta y distribuye cargas como el caso de fabricación de bloques de concreto liviano para muros, losas de techo, revestimientos entre otros.

Los efectos que pueden traer este problema son muchos entre los que hemos detectado están la construcción de viviendas vulnerables, viviendas que no soportan fenómenos naturales propios de nuestra zona (lluvias, heladas, sismos, cambios bruscos de temperatura), uso de unidades no aptas para la construcción, contaminación ambiental entre otros.



Dentro de esta perspectiva una forma de contribuir a la solución de las condiciones de sobrecarga estructural y aislamiento térmico es la búsqueda de un nuevo material que permita tener los efectos deseados. Resulta interesante estudiar la factibilidad del uso del poliestireno expandido como agregado para la fabricación de bloques de concreto liviano para la construcción de muros y losas.

Para determinar esa posibilidad es preciso recordar las propiedades físicas, mecánicas, térmicas y acústicas del poliestireno expandido además otra de las características es que permite el reciclaje sin desmejorar sus propiedades esto implica disminución de costo de producción otro factor es el ambiental ya que permite reducción de desechos sólidos originados por los residuos arrojados de distintos objetos hechos por este material representando un aporte a la reducción de la contaminación de los ecosistemas.

En ese sentido, con la presente investigación, se determinan las propiedades físicas mecánicas de unidades de albañilería fabricados a base de concreto liviano con adición de perlas de poliestireno expandido con la finalidad de buscar una unidad de albañilería, cuyas propiedades sean las más adecuadas para nuestra zona.

### **1.1.1. Formulación del problema.**

#### **1.1.1.1. Formulación interrogativa del problema general.**

¿Cómo varían las propiedades físicas mecánicas de unidades de albañilería fabricados a base de concreto liviano con adición de perlas de poliestireno expandido?

#### **1.1.1.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos.**

##### **Problema específico N°1:**

¿De qué manera serán afectadas las propiedades físicas de las unidades de albañilería fabricadas a base de concreto liviano con adición de perlas de poliestireno expandido?

##### **Problema específico N°2:**

¿De qué manera serán afectadas las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería fabricados a base de concreto liviano con adición de perlas de poliestireno expandido?



**Problema específico N°3:**

¿Cuál será el porcentaje de perlas de poliestireno expandido que se debe añadir en la fabricación de unidades de albañilería a base de concreto liviano con adición de perlas de poliestireno expandido?

**1.2. justificación e importancia de la investigación.****1.2.1. justificación técnica.**

La importancia de la investigación radica en determinar las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de concreto liviano, adicionado con perlas de poliestireno. Debido a que nuestra región sufre fenómenos naturales (heladas, lluvias, sismos, cambios bruscos de temperatura), en diversas estaciones del año, las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería deberían ser las más adecuadas para poder ser usadas, así mismo cumplir los requisitos mínimos que exige la Norma Técnica Peruana (NTP E.070, Albañilería - 2006).

**1.2.2. justificación social.**

La presente investigación beneficiará a las personas que busquen construir muros de concreto liviano, puesto que la investigación contribuirá a conocer sobre las propiedades físico mecánicas, que posee una unidad de albañilería de concreto liviano adicionado con perlas de poliestireno expandido.

También beneficiara a los estudiantes de la escuela profesional de ingeniería civil, de la Universidad Andina Del Cusco en futuras investigaciones, ya que la aplicación de las perlas de poliestireno expandido, podría aplicarse en diversos procesos constructivos.

**1.2.3. justificación por viabilidad.**

La presente investigación es viable, ya que los investigadores comprometen todos los recursos que corresponde a tiempo, economía y conocimientos, de la misma manera a la accesibilidad de los materiales y perlas de poliestireno expandido, para la elaboración de unidades de albañilería, haciendo posible que la investigación se realice sin ningún inconveniente.

Por otro lado La investigación cuenta con el apoyo del uso de laboratorios así como permisos para la realización de pruebas por parte de la universidad andina del cusco, respecto a los ensayos a realizarse contamos con el laboratorio de suelos, concreto y pavimentos, además de las normativas, guías de observación y personal calificado.



#### **1.2.4. justificación por relevancia.**

La universidad como uno de sus fines de investigación es la extensión a la sociedad, involucrarse en sus problemas y brindar alternativas de solución que permitan el desarrollo y avance de nuestra sociedad.

El estudio de esta unidad de albañilería servirá como una nueva alternativa de construcción frente a los métodos tradicionales buscando así dar a conocer el uso de esta unidad con sus ventajas así mismo de servir de guía para quien consulte esta investigación para la región del Cusco.

El uso de las perlas de poliestireno es una opción para mejorar las unidades de concreto, es un aporte importante puesto que el poliestireno es un material altamente liviano, que servirá para la elaboración de unidades de albañilería y construcción de muros a lo largo de nuestra región Cusco.

#### **1.3. limitaciones de la investigación.**

- Se limita a las unidades de albañilería, elaboradas en el distrito de San Jerónimo.
- Se limita a las unidades de albañileara, adicionado con perlas de poliestireno en cantidades de 10%,15% y 20% en función del volumen del agregado fino.
- Se limita a las unidades de concreto estudiadas de dimensiones 24cm x 15cm x 12cm.
- Se limita al estudio de propiedades físicas y mecánicas (variación dimensional, alabeo, absorción, succión resistencia a la compresión, conductividad térmica de las unidades de albañilería).
- Se limita el uso de agregados de las canteras de vicho y cunyac así mismo el uso de cemento portland tipo IP.
- Se limita la investigación a la elaboración de unidades de manera artesanal y de manera manual.
- Se limita al uso del agua potable.
- Se limita para el cálculo de los pesos específicos de las unidades de albañilería al uso del volumen del molde de la unidad.
- Se limita al uso de 67.5 % de arena fina y 32.5% de confitillo, como agregado fino.
- Se limita al curado de las unidades mediante inmersión, durante 7 días.



#### **1.4. Objetivo de la investigación.**

##### **1.4.1. Objetivo general.**

Determinar las propiedades físicas mecánicas de las unidades de albañilería fabricados a base de concreto liviano con adición de perlas de poliestireno expandido.

##### **1.4.2. Objetivos específicos.**

###### **Objetivo específico N°1:**

Determinar las propiedades físicas de las unidades de albañilería fabricados a base de concreto liviano con adición de perlas de poliestireno expandido.

###### **Objetivo específico N°2:**

Determinar las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería fabricados a base de concreto liviano con adición de perlas de poliestireno expandido.

###### **Objetivo específico N°3:**

Determinar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido que se debe añadir en la fabricación de unidades de albañilería a base de concreto liviano con adición de perlas de poliestireno expandido.

**CAPITULO II****MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN****2.1. Antecedentes de la tesis.****2.1.1. Antecedentes a nivel nacional.****TESIS DE INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD ANDINA DE CUSCO****Autores:**

- Gastañaga Flores, Fernando
- Huamán Merma, José Cristhian

**Institución** : Universidad Andina del Cusco**Año** : 2015

**Título: “EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL POLIESTIRENO EN EL DESARROLLO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, PESO ESPECÍFICO Y CONDUCTIVIDAD TÉRMICA PARA UN CONCRETO DE DISEÑO  $f'c = 210\text{KG}/\text{CM}^2$  RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN.”**

**Resumen:**

“La presente investigación tiene como objetivo analizar la influencia del poliestireno en el concreto en las propiedades de resistencia a la compresión, peso específico y conductividad térmica. Para esto se utilizó testigos de concreto, los cuales fueron fabricados con agregados finos de las canteras Mina Roja y Cunyac, agregado grueso de la cantera Vicho, cemento Yura Tipo IP, perlas de poliestireno de un diámetro de 0.3 – 3mm; el diseño de mezclas para las briquetas de concreto fue calculado bajo los parámetros de la norma ACI 211.1 para un diseño de  $f'c=210\text{kg}/\text{cm}$ . Las briquetas de concreto fueron ensayadas a 7, 14 y 28 días para los ensayos de resistencia a la compresión y peso específico, los testigos de conductividad térmica fueron ensayados solo a los 28 días y tienen una medida de 10cm de diámetro por 10 cm de altura. Se utilizaron proporciones de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de poliestireno sustituyendo al agregado grueso. Se pudo apreciar que al agregar poliestireno a la mezcla de concreto se reduce el peso específico del concreto y la conductividad térmica del concreto, pero se ve afectada la resistencia a la compresión cuanto más poliestireno se añade a la mezcla. Los mejores resultados se observaron en las dosificaciones de 10% de poliestireno sustituyendo al agregado grueso, al 10% de poliestireno sustituyendo al agregado grueso se obtuvo una disminución del 3.61% del peso



específico respecto al concreto patrón y una disminución del 13.68% de la conductividad térmica”.

**Comentario:**

Tesis relaciona a la variación de la resistencia a la compresión, peso específico y conductividad térmica de un concreto con resistencia a la compresión  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ , con porcentajes de perlas de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de perlas de poliestireno expandido añadidos en reemplazo del agregado grueso, Se pudo apreciar que al agregar poliestireno a la mezcla de concreto se reduce el peso específico del concreto y la conductividad térmica del concreto, pero se ve afectada la resistencia a la compresión cuanto más poliestireno se añade a la mezcla. Los mejores resultados se observaron en las dosificaciones de 10% de poliestireno sustituyendo al agregado grueso, al 10% de poliestireno sustituyendo al agregado grueso se obtuvo una disminución del 3.61% del peso específico respecto al concreto patrón y una disminución del 13.68% de la conductividad térmica. Se pudo apreciar que al agregar poliestireno a la mezcla de concreto se reduce el peso específico del concreto y la conductividad térmica del concreto, pero se ve afectada la resistencia a la compresión cuanto más poliestireno se añade a la mezcla. Los mejores resultados se observaron en las dosificaciones de 10% de poliestireno sustituyendo al agregado grueso, al 10% de poliestireno sustituyendo al agregado grueso se obtuvo una disminución del 3.61% del peso específico respecto al concreto patrón y una disminución del 13.68% de la conductividad térmica.

**TESIS DE INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD ANDINA DE CUSCO****Autores:**

Alvarez Carpio, Yanmerlyn.

Sota Peña, Victor Omar.

**Institución** : Universidad Andina del Cusco

**Año** : 2017

**Título: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO MODIFICADO, UTILIZANDO AGREGADOS DE CUNYAC Y VICHU FRENTE A UN CONCRETO PATRÓN CONVENCIONAL DE 210 KG/CM<sup>2</sup>.”**

**Resumen:**

“La presente investigación está enmarcada en la ciudad del Cusco, esta investigación tiene como objetivo analizar las propiedades de resistencia a la compresión, peso específico, consistencia y conductividad térmica de un concreto patrón realizando una comparación de este cuando se sustituye agregado grueso por poliestireno expandido térmicamente modificado en diferentes porcentajes. Para la elaboración de la presente investigación se fabricaron muestras de concreto con los siguientes materiales: Cemento Portland Tipo IP de marca Yura, agregado grueso de la cantera de Vicho, agregado fino de la combinación de las canteras de Cunyac (60%) y Vicho (40%), así como tecnopor reciclado para la elaboración de poliestireno expandido modificado, dichos materiales fueron ensayados de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas para poder realizar el diseño de mezclas para un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> según el método de diseño de mezcla ACI 211. Se elaboraron muestras cilíndricas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura de concreto para los ensayos de resistencia a la compresión, peso específico los cuales se ensayaron a la edad de 7, 14 y 28 días, también se realizaron muestras de 10 cm de altura y 10 cm de diámetro para el ensayo de conductividad térmica. Dichas muestras están constituidas por el concreto patrón y concretos con porcentajes de 20%, 40%, 60% y 80% de poliestireno expandido modificado en sustitución del agregado grueso. De acuerdo a los resultados obtenidos descritos en el capítulo IV se concluye que los concretos con porcentajes de sustitución de agregado grueso por poliestireno expandido modificado en 20, 40, 60 y 80% con respecto a los resultados obtenidos del concreto patrón, disminuyeron su resistencia a la compresión en 26.35%, 49.08%, 64.41% y 63.63% respectivamente a los 7 días de edad, como 20.9%, 49.20%, 62.12% y 60.32% respectivamente a los 14 días; así como 26.34%, 49.64%, 64.63% y 64.18% respectivamente a los 28 días, se concluye que son menos resistentes, además su peso específico es inferior con respecto al concreto patrón ya que disminuyó en 7.69%, 15.95%, 24.17% y 31.58% respectivamente a los 7 días, como 6.83%, 14.02%, 22.61% y 28.46% respectivamente a los 14 días, así como 5.90%, 17.35%, 21.52% y 26.75% respectivamente a los 28 días de edad siendo este un concreto más ligero, la consistencia de este concreto es más seca que la tradicional”.

**Comentario:**

Tesis relacionada al análisis de las propiedades de resistencia a la compresión, pesos específico, conductividad térmica de un concreto patrón comparado frente a otro al



cual se le reemplaza el agregado grueso, con poliestireno modificado. La tesis concluye en que los concretos con porcentajes de sustitución de agregado grueso por poliestireno expandido modificado en 20, 40, 60 y 80% con respecto a los resultados obtenidos del concreto patrón, disminuyeron su resistencia a la compresión en 26.35%, 49.08%, 64.41% y 63.63% respectivamente a los 7 días de edad, como 20.9%, 49.20%, 62.12% y 60.32% respectivamente a los 14 días; así como 26.34%, 49.64%, 64.63% y 64.18% respectivamente a los 28 días, se concluye que son menos resistentes, además su peso específico es inferior con respecto al concreto patrón ya que disminuyó en 7.69%, 15.95%, 24.17% y 31.58% respectivamente a los 7 días, como 6.83%, 14.02%, 22.61% y 28.46% respectivamente a los 14 días, así como 5.90%, 17.35%, 21.52% y 26.75% respectivamente a los 28 días de edad siendo este un concreto más ligero, la consistencia de este concreto es más seca que la tradicional.

### **2.1.2. Antecedentes a nivel internacional.**

#### **TESIS DE INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**Autor:**

- Ossa López, Alexandra.

**Institución** : Universidad Autónoma de México.

**Año** : 2009

**Título** : “**COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) BAJO CARGA DE COMPRESIÓN**”

**Resumen:**

“En este trabajo se estudia el comportamiento mecánico del poliestireno expandido EPS bajo esfuerzos de compresión estáticos y dinámicos. Se evalúan los mecanismos de deformación por compresión del material a nivel microscópico mediante el uso de un microscopio electrónico de barrido. El comportamiento compresivo a nivel macroscópico es evaluado mediante pruebas de laboratorio, las cuales fueron llevadas a cabo con el propósito de conocer la influencia que sobre este comportamiento ejercen la densidad, el esfuerzo de confinamiento y la velocidad de desplazamiento para el caso estático. El trabajo experimental de esta investigación se dividió en dos etapas: Evaluación del comportamiento estático y dinámico del EPS. El poliestireno expandido EPS es una espuma plástica ligera, cuyas características de resistencia a la



compresión en condiciones estáticas y dinámicas son muy similares a las de los suelos. La energía absorbida por una muestra de EPS cuando se somete a esfuerzos por compresión se disipa a través de dos mecanismos que ocurren de forma simultánea, el primero de ellos está asociado a las paredes de la estructura celular y el segundo con el aire encapsulado en su interior”.

**Comentario:**

En este trabajo de investigación se evaluó el comportamiento a la compresión bajo carga estática del poliestireno expandido mediante observaciones microscópicas y macroscópicas. El estudio microscópico del material permitió identificar los mecanismos de deformación que ocurren en la estructura interna del EPS cuando se encuentra bajo esfuerzos de compresión, mientras que el estudio macroscópico permitió determinar que la densidad del EPS, el esfuerzo de confinamiento y la velocidad de desplazamiento son factores que influyen en las relaciones esfuerzo-deformación del material. La resistencia del EPS aumenta conforme lo hacen la densidad del material y la velocidad de desplazamiento y disminuye en la medida que el esfuerzo de confinamiento aumenta. La temperatura es otro factor que influye en el comportamiento compresivo de EPS; sin embargo, sus efectos no fueron estudiados en este trabajo.

Las propiedades físicas y mecánicas del poliestireno expandido permiten utilizarlo como alternativa de solución de diferentes problemas geotécnicos entre los que figuran la construcción de estructuras de retención y terraplenes livianos, cimentación sobre suelos compresibles, estabilización de taludes, reemplazo de suelos, entre otros.

**TESIS DE INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE CUENCA - ECUADOR****Autoras:**

- Mónica Cristina Lituma
- Vicuña Brigida Tatiana Zhunio Cárdenas

**Institución** : Universidad de Cuenca

**Año** : 2015

**Título: “INFLUENCIA DE LAS PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) EN EL PESO Y EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN”**



**Resumen:**

“Uno de los materiales que ha sido empleado universalmente con este fin es el poliestireno expandido (EPS), el mismo se ha utilizado como sustituto tanto del árido grueso como del fino. Es por esto que, el objetivo de este Trabajo de Titulación es determinar la influencia del reemplazo de distintos porcentajes de arena por perlas de poliestireno expandido, en el peso (densidad) y en la resistencia a compresión del hormigón, para lo cual se realizaron ensayos a los 7, 14 y 28 días de edad con un enfoque a los resultados obtenidos a los 28 días de edad ya que a esta edad el hormigón alcanza cerca del 100% de su resistencia.

Dado que la resistencia a compresión y el peso del hormigón fueron determinados mediante el ensayo de probetas cilíndricas tomadas como muestra y con el fin de obtener resultados que puedan interpretarse con un grado de confiabilidad, se realizó un diseño experimental, con el cual se obtuvo como principal resultado el tamaño de la muestra (número de probetas) necesarias para llevar a cabo la fase de experimentación. Los hormigones utilizados para la elaboración de probetas se obtuvieron a partir del diseño del hormigón de peso normal, como referencia, y su modificación, que dio como resultado el diseño de hormigón con perlas de EPS. Además, en el hormigón con EPS se incorporó un aditivo químico, la elección del tipo de aditivo se hizo en base a la bibliografía consultada. La incorporación del aditivo se dio debido a la baja densidad que poseen las perlas de EPS y con el fin de mejorar la homogeneidad de la mezcla.

Una vez ensayadas las probetas se procesaron estadísticamente los resultados, y acerca de la densidad se encontró una disminución provocada por la baja densidad de las perlas de EPS en comparación con la arena. Para los porcentajes de sustitución de 30%, 45%, 60%, 75%, 90% y 100% se obtuvieron respectivamente reducciones del 3,43%, 6,68%, 8,60%, 9,81%, 13,97% y 16,90% de la densidad del hormigón de peso normal, llegándose a obtener una densidad promedio de 1800 kg/m<sup>3</sup> para una sustitución total”.

**Comentario:**

“La tesis está referida, a la variación de la resistencia a la compresión del hormigón (concreto), al cual previamente se le reemplaza porcentajes de arena con perlas de poliestireno expandido (EPS), teniendo así una disminución en la resistencia a la compresión, para la cual se tuvo que incorporar un aditivo y así lograr mejoras en sus resultados.

Por otro lado, se encontró una disminución en la resistencia a compresión del hormigón a medida que incrementa el porcentaje de sustitución de arena por EPS. Para los porcentajes de sustitución de 30%, 45%, 60%, 75%, 90% y 100%, se observaron respectivamente disminuciones del 2,84%, 4,28%, 7,52%, 14,73%, 17,58% y 19,08% de la resistencia del hormigón de peso normal (control). Esta disminución sobrepasó el límite definido en el diseño experimental para porcentajes de reemplazo mayores al 60%, por lo que el grado de confianza de los resultados obtenidos con estos porcentajes disminuyó. Tras el análisis de estos resultados se concluye que el poliestireno expandido se proyecta como una alternativa viable para la producción de hormigones ligeros no estructurales y estructurales”.

## 2.2. Bases teóricas.

### 2.2.1. Poliestireno expandido (EPS).

“El poliestireno expandido (EPS, por sus siglas en inglés (expanded polystyrene), se define como un material plástico con apariencia espumada, fabricado a partir del moldeo de perlas de poliestireno, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire, con diámetros que varían de 2 a 4 mm. Es utilizado en el sector de la construcción, principalmente como aislamiento térmico y acústico”. (ANAPE, Poliestireno expandido y el medio ambiente, 2011). En nuestra ciudad es muy conocido como Tecnopor, y es utilizado para el aligeramiento de losas.



*Imagen 1: Perlas de poliestireno expandido.  
(Elaboración propia 2020).*

#### 2.2.1.1. Proceso de obtención del poliestireno expandido.

“El poliestireno expandido (EPS), se obtiene a partir de la transformación del poliestireno expandible, el cual es un material en forma de perlas o esferas con tamaños que varían de 0.2 a 3.0 mm. Las perlas de poliestireno expandible contienen un gas expansor que permite su transformación. El gas pentano usado como agente



expansor debido a que posee un bajo punto de ebullición y no afecta la capa de ozono. Para obtener un bloque de poliestireno expandido es necesario someter a las perlas de poliestireno expandible a tres procesos que se describen a continuación” (Ossa, 2009).

#### **Pre expansión.**

“En esta etapa, las perlas de poliestireno expandible se agitan continuamente en depósitos llamados pre-expansores en presencia de vapor de agua a temperaturas entre 80 y 110°C aproximadamente. Como resultado se obtiene que el volumen de las perlas aumente hasta 50 veces con respecto a su volumen original. En esta etapa las perlas alcanzan el 95% aproximadamente de su tamaño final” (Ossa, 2009)

#### **Reposo intermedio y estabilización.**

“Durante la segunda etapa del proceso, los granos pre expandidos, conteniendo 90% de aire, son estabilizados durante 24 horas.

Al enfriarse las partículas recién expandidas, en la primera etapa, se crea un vacío interior que es preciso compensar con la penetración de aire por difusión. De este modo las perlas alcanzan una mayor estabilidad mecánica y mejoran su capacidad de expansión, lo que resulta ventajoso para la siguiente etapa de transformación. Este proceso se desarrolla durante el reposo intermedio del material pre expandido en silos ventilados. Al mismo tiempo se secan las perlas”. (Ossa, 2009)

#### **Expansión y moldeo final.**

“En esta operación, las perlas pre expandidas se cargan en un molde agujereado en el fondo, la parte superior y los laterales, con el fin de que pueda circular el vapor. Las perlas se ablandan, el Pentano se volatiliza y el vapor entra de nuevo en las cavidades. En consecuencia, las perlas se expanden y, como están comprimidas en el interior del volumen fijo del molde, se empaquetan formando un bloque sólido, cuya densidad viene determinada en gran parte por el alcance de la expansión en la etapa inicial de pre expansión. Durante la operación se aplican ciclos de calentamiento y enfriamiento, cuidadosamente seleccionados para el mejor equilibrio económico de la operación y para conseguir una densidad homogénea a través del bloque así como una buena consolidación de los gránulos, buena apariencia externa del bloque y ausencia de combaduras” (ANAPE, Poliestireno expandido y el medio ambiente, 2011)

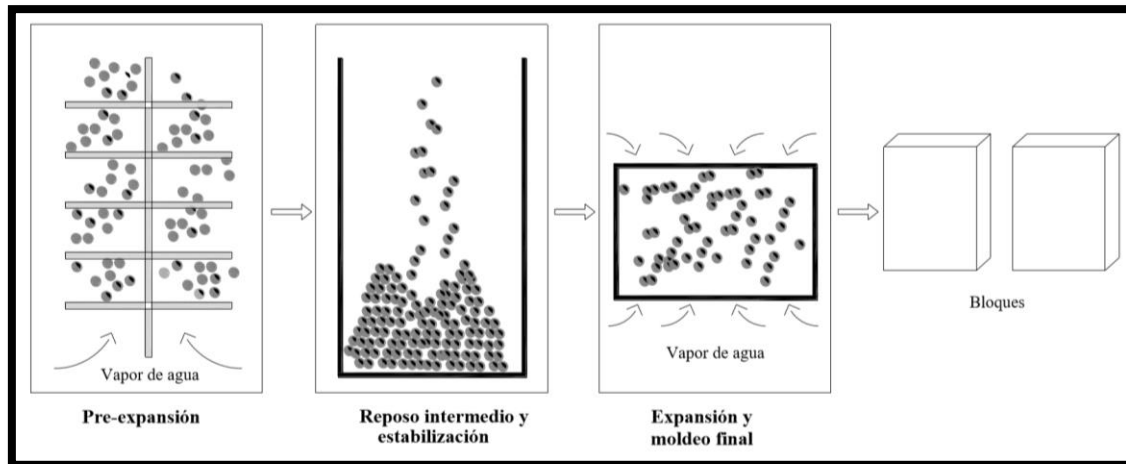


Imagen 2: Proceso de fabricación del poliestireno expandido.  
Fuente: Ossa López, 2009

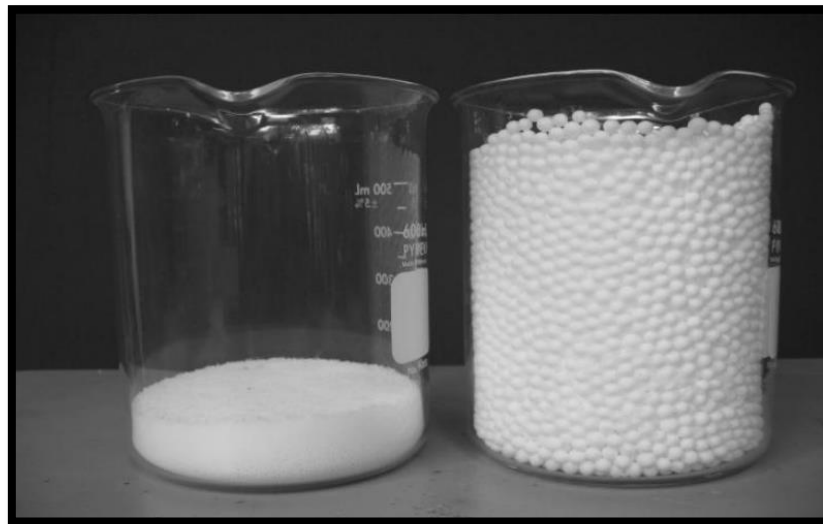


Imagen 3: Pre-expansión, antes y después.  
Fuente: Ossa López, 2009

### 2.2.1.2. Propiedades.

(Ossa, 2009), en su investigación nos indica las siguientes propiedades del poliestireno expandido.

#### Conductividad térmica.

“El poliestireno expandido (EPS), es un buen aislante térmico frente al calor y al frío, debido esencialmente al aire encapsulado dentro de su estructura celular. La capacidad de aislamiento térmico de un material está definida por su coeficiente de conductividad térmica, que para el caso del EPS, disminuye en la medida que aumenta el valor de la densidad del material.

**Comportamiento frente a factores atmosféricos.**

La radiación ultravioleta prolongada influye en el comportamiento del EPS, tornándolo amarillento y convirtiéndolo en un material frágil, susceptible a la erosión por viento y lluvia.

Estos efectos contraproducentes pueden prevenirse protegiendo el EPS, mediante recubrimientos con pinturas, concreto o mallas geotextiles.

**Comportamiento frente al fuego.**

Debido a que el poliestireno expandido está conformado aproximadamente de 95% de aire contenido en su volumen, hace que este sea un material que no presenta un riesgo excesivo de incendio. Cuando el poliestireno expandido se somete a fuego, su comportamiento es similar al de un hidrocarburo como la madera. Si el poliestireno expandido, es sometido a temperaturas mayores a 100 °C, este se ablanda, se contrae, y finalmente se funde.

**Densidad.**

Una de las principales propiedades del poliestireno expandido, es su baja densidad, esto se debe a que aproximadamente el 95% del volumen del este material es aire contenido en su volumen y el porcentaje restante es poliestireno. La densidad del poliestireno expandido está determinada durante su proceso de fabricación por la temperatura y el tiempo de pre-expansión y expansión de las perlas. Así un bloque de EPS de baja densidad será sometido a un tiempo de expansión mayor que el que tendría un bloque de poliestireno expandido con una densidad superior". (Ossa, 2009)

**Estabilidad dimensional frente a la temperatura.**

"El poliestireno expandido es un material que puede ser utilizado a temperaturas inferiores a 80°C, sin presentar variaciones en sus dimensiones. Sin embargo, para temperaturas mayores a 80°C, el material presenta variaciones entre 0.05mm a 0.07mm por metro de longitud, por cada grado centígrado. Esta variación no depende de la densidad del poliestireno expandido. La variación dimensional por aumento de temperatura es reversible.

**Permeabilidad y Absorción.**

La permeabilidad, es la capacidad que tiene un material, para permitir que un fluido lo atraviese sin afectar su composición, en ese sentido un material es permeable si deja



pasar a través de él, una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, y es no permeable, cuando la cantidad de fluido es despreciable”. (Ossa, 2009)

Las membranas que conforman la estructura celular cerrada del poliestireno expandido no son permeables al agua en estado líquido. Cuando una muestra de EPS se sumerge en agua, los espacios libres entre las perlas tienden a ser ocupados por agua. Sin embargo, se puede observar que el porcentaje de absorción de agua de las muestras de EPS disminuye en la medida que decrece la densidad del material.

### **2.2.1.3. Ventajas.**

(ANAPE, Poliestireno expandido y el medio ambiente, 2011), nos menciona las siguientes ventajas del poliestireno expandido.

- Aislante térmico.
- Aislante acústico.
- Amortiguador de impactos.
- Facilidad de manipulación.
- Material ligero.
- Resistencia mecánica.
- Resistencia a la humedad.
- Versatilidad.

### **2.3. Poliestireno expandido en la ingeniería civil.**

Según (ANAPE, El uso del poliestireno expandido en obras de ingeniería civil, 2011), “el uso del poliestireno expandido en obras de ingeniería civil, “Las propiedades del poliestireno expandido, hacen que sea un material idóneo para su utilización en el sector de la ingeniería civil, como material ligero. A su ventaja como aislante térmico, se le suman otras cualidades como su estabilidad, resistencia mecánica y su cohesión, que le permiten la construcción de estructuras de elevada resistencia vertical y horizontal.

A pesar de su bajo peso, la singular estructura de este material aporta los beneficios de una resistencia excepcional a la compresión sin que se pierdan prestaciones con la humedad. Este hecho lo convierte en la solución idónea para su uso como relleno de base estructural, por ejemplo, en infraestructuras de carreteras, ferrocarriles y puentes,

y todo tipo de proyectos en los que puedan producirse asentamientos o pérdida de estabilidad”.

## **2.4. Albañilería.**

Según la Norma Técnica Peruana (NTP E070, 2006), “se define como un material estructural compuesto por unidades de albañilería asentadas con mortero o por unidades de albañilería apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido”.

### **2.4.1. Unidad de albañilería.**

“La unidad de albañilería es el componente primordial para la construcción de la albañilería. Se fabrican con materias primas diversas como: arcilla, concreto o la mezcla de sílice-cal. Se forma mediante el moldeo, empleando diferentes métodos de compactación. Estas unidades de albañilería se denominan ladrillos o bloques. Los ladrillos se caracterizan por tener dimensiones y pesos que los hacen manejables con una sola mano en el proceso de asentado, mientras que los bloques, debido a su peso y dimensiones, están hechos para manipularse con las dos manos”. (NTP E070, 2006)

#### **2.4.1.1. Características generales de las unidades de albañilería.**

La Norma Técnica Peruana (NTP E070, 2006), “establece las siguientes características generales para las unidades de albañilería.

- Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano.
- Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipulación.
- Las unidades de albañilería a las que se refiere en la norma técnica peruana (NTP E070, 2006), son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, concreto o sílice-cal, como materia prima.
- Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y pueden ser fabricadas de manera industrial o artesanal, siempre y cuando cumplan con los parámetros exigidos en la norma técnica peruana. (NTP E070, 2006). En nuestra ciudad se producen unidades de albañilería de manera artesanal, los cuales no cuentan con una certificación que acredite que dichas unidades cumplen con la reglamentación indicadas en la norma mencionada.

- Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días”.

#### **2.4.1.2. Unidad de albañilería hueca.**

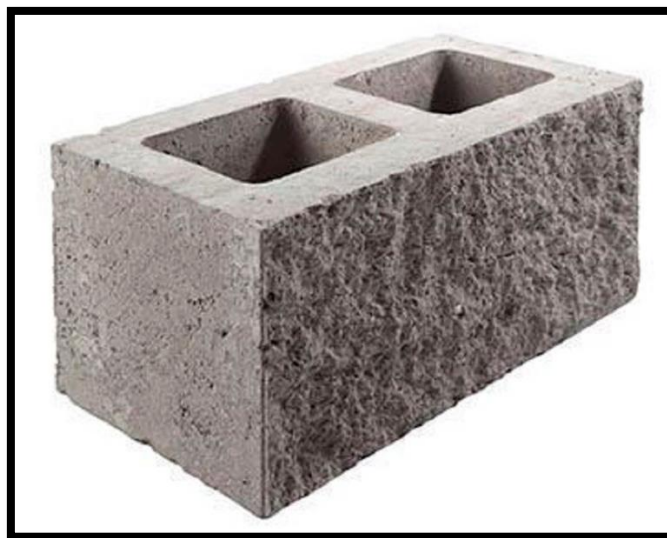
“Es una unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

#### **2.4.1.3. Unidad de albañilería sólida o maciza.**

Es una unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano. Son las que a simple vista no tienen huecos en cantidad y gran tamaño, es decir las áreas perpendiculares de los huecos a la cara de asiento deben cubrir un área no mayor al 30%.

#### **2.4.2. Unidades de concreto.**

Las unidades de concreto pueden ser ladrillos y bloques. Se fabrican en los tipos sólido y hueco. La fabricación de estas unidades de concreto se hace exclusivamente por moldeo asistido por presión o vibración, o por una combinación de ambas. El color natural de las unidades es gris. Lo peculiar de la fabricación de unidades de concreto es que las mezclas pueden ser dosificadas para producir unidades de resistencia variables dentro del mismo tipo de unidad” (Gallegos & Casabonne, 2005).



*Imagen 4: Unidad de albañilería de concreto liviano.  
Fuente: (Materiales Comaco, 2020).*



### Concreto.

Según (Pasquel, 1998), “el concreto se define como un material constituido por la mezcla de diversas proporciones de agua, agregados, cemento y opcionalmente aditivos, que en su composición inicial tiene una estructura plástica y moldeable, para luego adquirir una composición rígida, adquiriendo propiedades resistentes y aislantes, siendo un material idóneo para la construcción”.

### Concreto liviano.

“Se denomina así al concreto, que no es reforzado y que está constituido por agregado liviano, como el caso de la arena fina, el cual es un agregado liviano, ya que tiene una densidad en estado seco y suelto menor a 100 kg/m<sup>3</sup>” (Rivera, 2013).

#### 2.4.2.1. Tipos de bloques de concreto.

Según la Norma Técnica Peruana (NTP E070, 2006), existen dos tipos de bloques.

#### Bloques no portantes NP.

“Son unidades de albañilería que constituyen un muro, el cual, es diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano, por ejemplo, los parapetos y los cercos.

#### Bloques portantes P.

Son unidades de albañilería que constituyen un muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical.

Tabla 1: Clasificación de bloques de concreto.

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f_c$ mínimo en Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta.
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Bloque Portante (P)	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque No portante (NP)	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (20)

Fuente: Norma técnica peruana (NTP E.070, Albañilería - 2006)

#### **2.4.2.2. Componentes del bloque de concreto.**

Las unidades de concreto, se hacen casi exclusivamente de cemento portland, agregados y agua. Dependiendo de los requisitos en cuanto a resistencia frente a diversas solicitudes, las mezclas pueden contener también otros ingredientes, tales como agregados especiales y pigmentos” (Gallegos & Casabonne, 2005).

Los componentes principales son:

##### **Agua.**

“El agua es un integrante primordial en las mezclas de concreto y morteros, pues al ser mezclado con el cemento reacciona químicamente con este, para desarrollar su resistencia y producir la parte sólida” (Arraez & Sanchez, 2013).

##### **Cemento.**

“Es un material conglomerante, elaborado a partir de la mezcla de arcilla y calizas, las cuales son molidas y calcinadas, para obtener un producto denominado Clinker, y se convierte en cemento, luego de agregarle pequeñas cantidades de yeso. Tiene la propiedad de endurecerse después de ponerse en contacto con el agua.

Según la norma técnica peruana (norma técnica peruana” (NTP 334.009, Cementos - 2016), se tiene los siguientes tipos de cemento:

- TIPO I; es el cemento común o normal y se utiliza principalmente para vías terrestres.
- TIPO II; o modificado se usa en obras hidráulicas.
- TIPO III; o de alta resistencia, ayuda a un pronto descimbrado.
- TIPO IV; de bajo calor de hidratación, se usa comúnmente para concreto masivo de presas de gravedad.
- TIPO V; de alta resistencia a los sulfatos, usado para revestimiento hidráulico.

##### **Agregado.**

Según la Norma Técnica Peruana (NTP E060, Concreto armado - 2009), “el agregado es un material granular, de origen artificial o natural, como arena, grava o piedra triturada, debido a su naturaleza son destinadas generalmente a ser aglomerantes y en presencia de agua y cemento forman el denominado concreto.

**Agregado Fino.**

Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8") (NTP E060, 2009)

**2.4.3. Propiedades de las unidades de albañilería.****2.4.3.1. Propiedades físicas.****Absorción.**

“Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado. Tiene importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias” (Pasquel, 1998).

**Alabeo.**

“Es un defecto que tiene una unidad de albañilería, al presentar una deformación superficial en sus caras; el alabeo se presenta como concavidad o convexidad. El mayor alabeo (concavidad o convexidad) de una unidad de albañilería, también conduce a un mayor espesor de la junta. Asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas o incluso, pueden producir fallas por flexión en la unidad” (Arrieta & Peñaherrera, 2001).

**Conductividad térmica.**

“La conductividad térmica es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor. En otras palabras, la conductividad térmica es también la capacidad de una sustancia de transferir la energía cinética de sus moléculas a otras moléculas adyacentes o a sustancias con las que no está en contacto. En el Sistema Internacional de Unidades la conductividad térmica se mide en  $W/(K \cdot m)$  (equivalente a  $J/(s \cdot K \cdot m)$ )” (Collieu & Powney, 1977).

**Succión.**

“La succión es la medida de la avidéz de agua de la unidad de albañilería en la cara de asiento y es una de las propiedades fundamentales para definir la relación mortero-unidad en la interface de contacto, y, por lo tanto, la resistencia a tracción de la albañilería.

Está demostrado que con unidades que tienen una succión excesiva al momento del asentado no se logra, usando métodos ordinarios de construcción, uniones adecuadas con el mortero. Cuando la succión es muy alta, el mortero, debido a la rápida pérdida del agua que es absorbida por la unidad, se deforma y endurece, lo que impide un contacto completo e íntimo con la cara de la siguiente unidad. El resultado es una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua” (Gallegos & Casabonne, 2005).

**Variación dimensional.**

“Esta propiedad es importante ya que a veces se manifiesta con mayores variaciones, y aparece la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 9 a 12 mm, condicionando a una albañilería menos resistente en compresión” (Gallegos & Casabonne, 2005).

**2.4.3.2. Propiedades mecánicas.****Resistencia a la compresión.**

“La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Normalmente, se expresa en Kilogramos por centímetros cuadrados ( $Kg/cm^2$ ), mega pascales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas ( $lb/pulg^2$  o psi) a una edad de 28 días. Se pueden usar otras edades para las pruebas, pero es importante saber la relación entre la resistencia a los 28 días y la resistencia en otras edades. La resistencia a los 7 días normalmente se estima como 75% de la resistencia a los 28 días. La resistencia a compresión especificada se designa con el símbolo  $f'c$ ” (Kosmatka & Kerkhoff, 2004).

## 2.5. Fabricación de unidades de concreto.

Según (Arrieta & Peñaherrera, 2001), se considera lo siguiente:

### 2.5.1. Dosificación.

“Es la determinación de las proporciones de agregados, como arena, agua, cemento y en algunos casos aditivos, que conforman la mezcla para la elaboración de la unidad de albañilería (bloques de concreto)”.

### 2.5.2. Mezclado.

“Ya definidas las proporciones de la mezcla, se procede al mezclado de los componentes, disponiendo primero la arena, encima el confitillo, cemento y las perlas de poliestireno expandido (en los porcentajes definidos), realizando el mezclado en seco utilizando una pala, realizando 4 vueltas como mínimo, o hasta alcanzar la distribución uniforme de los componentes, luego se procede a echar agua y se continúa mezclando uniformemente” (Arrieta & Peñaherrera, 2001).



*Imagen 5: Mezclado de componentes.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).*

### 2.5.3. Moldeado.

“Una vez obtenida la mezcla, se procede a verterla en el molde metálico, en tres etapas, llenando la tercera parte del molde, compactando la mezcla de manera manual con una varilla de acero estructural, luego se procede a llenar las dos terceras partes, repitiendo el compactado manual y finalmente se llenó el molde, compactando la misma con la varilla de acero estructural y dando golpes con un mazo de madera, enrazando la mezcla para luego ser extraída del molde” (Arrieta & Peñaherrera, 2001).



*Imagen 6: Molde para la fabricación de unidades de albañilería.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).*

### 2.5.4. Fraguado.

“Se denomina así al proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del concreto, producido por la exposición a la intemperie. Una vez fabricados las unidades de albañilería a base de concreto liviano, éstas deben permanecer en un lugar que les garantice protección del sol y de los vientos.

El periodo de fraguado debe ser de 4 a 8 horas, lo recomendable es dejar las unidades fraguar de un día para otro, luego de ese tiempo las unidades pueden ser retiradas y sometidas al proceso de curado. Si las unidades se dejaran expuestas al sol o a vientos fuertes se ocasionaría una pérdida rápida del agua de la mezcla, o sea un secado prematuro, que reducirá la resistencia final de los bloques y provocará fisuramiento del concreto” (Arrieta & Peñaherrera, 2001).



*Imagen 7: Fraguado de unidades de albañilería.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).*

#### **2.5.5. Curado.**

“El curado de las unidades de albañilería, consiste en mantenerlas húmedas para permitir que continúe la reacción química del cemento, con el fin de obtener una buena calidad y resistencia especificada.

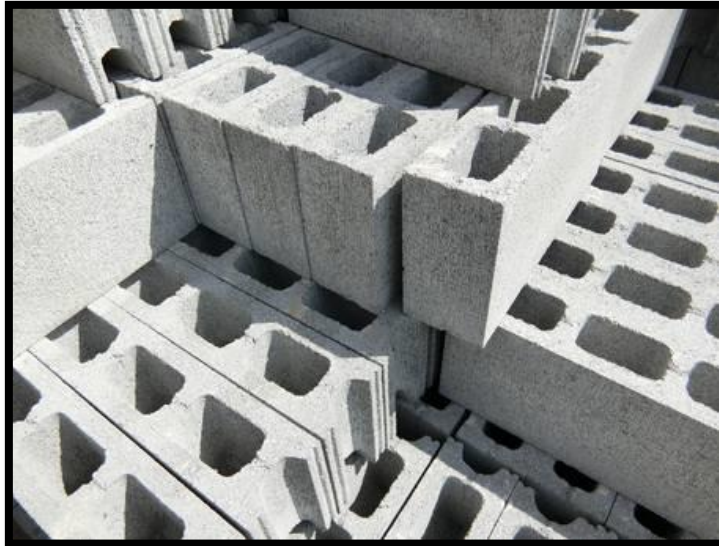
El curado se puede realizar también sumergiendo las unidades en un pozo o piscina llena de agua, durante un periodo de tres días. Lo más recomendado para el proceso de curado, y también para el almacenamiento, es hacer un entarimado de madera, que permita utilizar mejor el espacio y al mismo tiempo evitar daños en los bloques” (Arrieta & Peñaherrera, 2001).



*Imagen 8: Curado de unidades de albañilería, sumergidas en agua.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).*

### 2.5.6. Secado.

“La zona de almacenamiento debe ser totalmente cubierta para que las unidades de albañilería no se humedezcan con lluvia antes de los 28 días, que es su período para alcanzar su máxima resistencia. Si no se dispone de una cubierta o techo, se debe proteger con plástico” (Arrieta & Peñaherrera, 2001).



*Imagen 9: Secado de unidades de albañilería.  
Fuente: (123rf, 2020).*

## 2.6. Ensayos de laboratorio.

### 2.6.1. Ensayos a los componentes de las unidades de albañilería.

#### 2.6.1.1. Análisis granulométrico del agregado fino.

**Normatividad: Norma Técnica Peruana (NTP 400.012 y 400.037 Agregados – 2014)**

(Pasquel, 1998), refiere a que el análisis granulométrico, “es el proceso mecánico o manual, mediante el cual se separan las partículas que constituyen un agregado según sus dimensiones, de tal manera que se pueda analizar las cantidades en peso de cada tamaño que aporta en peso total. Para ello se utilizan una serie de tamices, con valores referidos en las mallas que van desde el N° 4 al N° 100. Con este ensayo podemos determinar si existe una homogeneidad de agregados, para ello el agregado deberá tener la gradación según los límites de la tabla 2”.



Tabla 2: Límites permisibles en análisis granulométrico para el agregado fino.

MALLA	PORCENTAJE QUE PASA
3/8"	100
Nro. 4	95 a 100
Nro. 8	80 a 100
Nro. 16	50 a 85
Nro. 30	25 a 60
Nro. 50	10 a 30
Nro. 100	2 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP 400.037, Agregados – 2014).

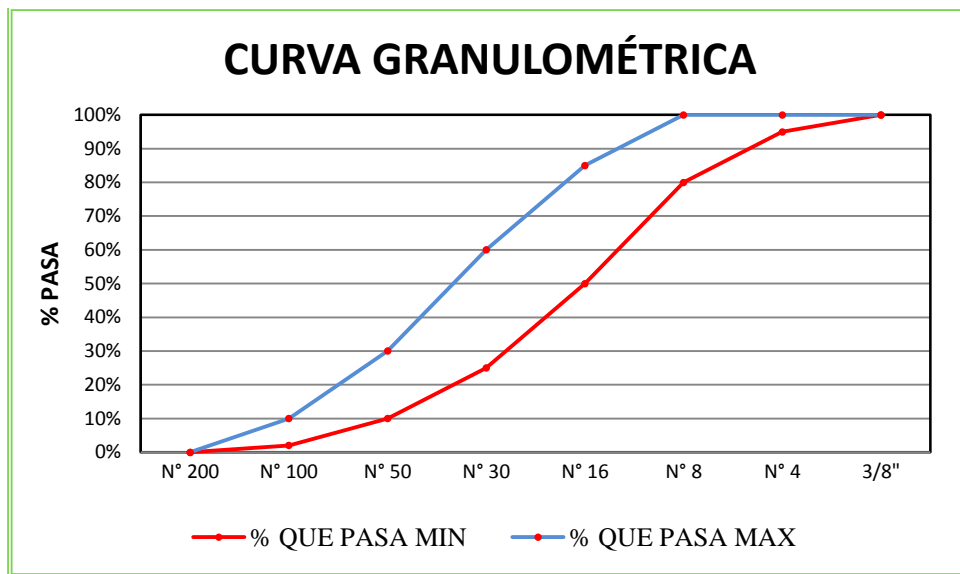


Imagen 10: Límites granulométricos del agregado fino.  
Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP 400.037, Agregados – 2014).

**Módulo de fineza.**

“El módulo de fineza es un índice, que nos indica el mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado. Los agregados que presentan un módulo de fineza bajo indican una preponderancia de las partículas más finas con área superficial total muy alta lo que será necesario cubrir con pasta.

$$MF = \frac{\sum \text{Porcentajes Retenidos Acumulados (tamiz N°4 al N°100)}}{100}$$

El módulo de fineza el agregado fino se mantendrá dentro del límite de más o menos 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto; siendo recomendable que el valor asumido este entre 2.35 y 3.15” (NTP 400.037, Agregados - 2014).

**Combinación de agregados.**

“Es un proceso, que permite optimizar las gradaciones introduciendo modificaciones granulométricas, en los agregados que no cumplan con los límites establecidos en la norma técnica peruana (NTP 400.037, Agregados - 2014), mezclando agregados que tengan diferentes gradaciones. Para ello existen diversos métodos como el método gráfico para combinación de agregados”. (Pasquel, 1998)

**Método gráfico para combinación de agregados.**

Es un método que tiene como objetivo, definir las proporciones ideales de agregados, contemplando aquellos agregados cuyas granulometrías no cumplen en su totalidad con los límites especificados por la norma técnica peruana (NTP 400.037, Agregados - 2014), pero que son susceptibles de optimizarse, de tal forma que la gradación de los materiales combinados se adapte en lo posible a las curvas de gradación exigidas en dicha norma.

Por otro lado, el método gráfico, provee un procedimiento bastante exacto para estimar la proporción de los agregados en la mezcla, utilizando las cantidades de cada tamaño de partícula de agregados, así se puede proyectar los agregados en la curva de gradación recomendada, para ello se debe realizar el siguiente procedimiento.

- Se grafica una cuadrícula, donde a lo largo de las ordenadas y en orden ascendente se enumeran porcentajes iguales de 0 a 100. Por otro lado, en las abscisas superior e inferior también se enumeran porcentajes iguales de 0 a 100, siendo nombrado de derecha a izquierda en la abscisa superior, de izquierda a derecha en la abscisa inferior. Las ordenadas representan los porcentajes obtenidos en cada malla y las ordenadas representan el porcentaje de material a utilizar posteriormente.
- En las ordenadas del lado izquierdo se marcan los porcentajes que pasan correspondientes al agregado A y en las ordenadas del lado derecho se marcan los porcentajes que pasan correspondientes al agregado B.
- Los puntos correspondientes a tamices de igual número de abertura en las dos granulometrías se unen entre sí por una línea recta, representando los posibles porcentajes de la mezcla de agregados que pueden pasar por cada uno de los tamices. De esta forma el cuadro elaborado permite calcular gráficamente la granulometría para cualquier mezcla entre un agregado A y B.

- Finalmente, los porcentajes de agregado A y B resultante de la mezcla ideal deseada. Se puede encontrar sobre el eje de las abscisas, trazando una línea paralela al eje de las ordenadas.

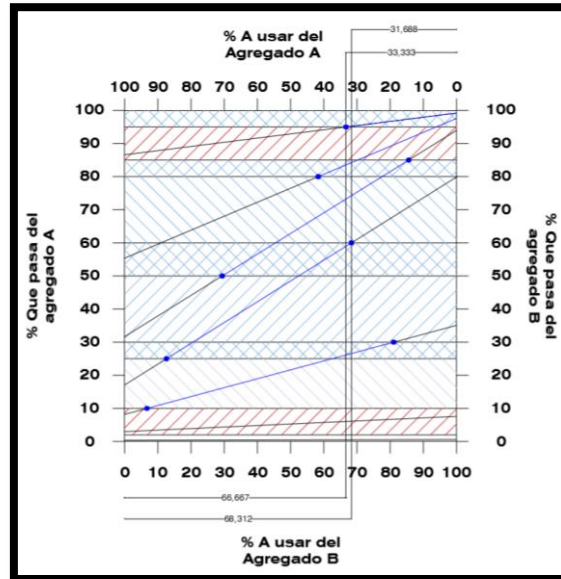


Imagen 11: Grafica utilizado en el método gráfico, para combinación de agregados.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).

Porcentaje a utilizar:

$$\% \text{ de material A} = \frac{31.688 + 68.312}{2} = 32.5\%$$

$$\% \text{ de material B} = \frac{31.688 + 68.312}{2} = 67.5\%$$

- Los porcentajes en las cuales los agregados A y B deben ser combinados, están dadas por el peso, ya que el porcentaje que pasa en los diferentes tamices, están basados en los pesos retenidos. (Giraldo, 2014)

### 2.6.1.2. Peso unitario del agregado.

**Normatividad:** Norma Técnica Peruana (NTP 400.017, Agregados - 2011).

“El ensayo de peso unitario nos permite determinar el peso de un material por unidad de volumen condiciones de compactación y suelto (Kg/m3)” (Pasquel, 1998).

- Peso unitario suelto: nos permite determinar el peso del material por unidad de volumen, llenando un recipiente cilíndrico metálico, para luego tomar las mediciones de peso y volumen sin compactar el material.
- Peso unitario compacto: nos permite determinar el peso del material por unidad de volumen, llenando un recipiente cilíndrico metálico entre 3 capas y a cada una se le compacta con la varilla metálica mediante con 25 golpes, para luego tomar las mediciones de peso y volumen.

Para determinar el valor del peso unitario suelto y/o compacto se hace uso de la siguiente formula:

$$PU = \frac{A}{B}$$

Dónde:

- A : Peso del material en el recipiente (kg)  
B : Volumen del recipiente (cm<sup>3</sup>)

### 2.6.1.3. Densidad relativa (peso específico) del agregado fino.

**Normatividad:** Norma Técnica Peruana (NTP 400.022, Agregados - 2013).

“Este ensayo se utiliza para determinar la densidad de la porción esencialmente sólida de un gran número de partículas de agregado y proporciona un valor promedio que representa la muestra. Es la característica generalmente usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en diferentes mezclas que contienen agregados incluyendo el concreto de cemento Portland

El peso específico de masa de la mayoría de los agregados comunes empleados, está comprendido dentro de los límites de 2.6 a 3.00 gr/cm<sup>3</sup>” (Arrieta & Peñaherrera, 2001)

### 2.6.2. Ensayos a las unidades de albañilería.

#### 2.6.2.1. Muestreo.

**Normatividad:** Norma Técnica Peruana (NTP 399.613, Unidades de Albañilería - 2005).

“Es el procedimiento de selección de las unidades de albañilería para sus respectivos ensayos, el muestreo se realizará al pie de la obra. Por cada lote conformado por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades,



sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción”.

#### 2.6.2.2. Absorción.

**Normatividad: Norma Técnica Peruana (NTP 399.604 y 399.613, Unidades de Albañilería - 2005).**

“El ensayo de absorción nos permite determinar cuál es el aumento de la masa de un material debido al agua que penetra en los poros de las partículas de la unidad de albañilería, durante un período de tiempo, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca. En ese sentido, se entiende por absorción al contenido de humedad total interna de un material que está en la condición de saturado superficialmente seco.

Para su determinación las muestras deben ser pesadas, en estado seco ( $P_s$ ), posteriormente serán sumergidas en agua limpia (potable o de lluvia) a temperatura entre 15.5 °C y 30 °C, por el tiempo especificado. Al retirar la muestra se limpia el agua superficial con un paño y se toma el peso de la unidad de albañilería ( $P_{sat}$ )”.

El cálculo se realiza con la siguiente formula.

$$Absorción \% = \frac{P_{sat} - P_s}{P_s} * 100$$

Dónde:

- $P_{sat}$ . ;      Peso saturado de la muestra.  
 $P_s$ .    :      Peso seco de la muestra.

La Norma Técnica Peruana (NTP E.070, Albañilería, 2006), recomienda para un bloque no portante una absorción máxima de 15%.

### 2.6.2.3. Alabeo.

**Normatividad: Norma Técnica Peruana (NTP 399.604 y 399.613, Unidades de Albañilería - 2005).**

El ensayo de alabeo nos permite medir cuánto es la distorsión de las superficies de la “unidad de albañilería y el tipo de distorsión de la misma. Dado que el alabeo presente en las unidades de albañilería que conforman un muro, puede causar que las juntas horizontales presenten vacíos en el ancho longitudinal del muro, y esto conllevaría a una menor adherencia entre el mortero y el ladrillo, lo cual disminuirá la resistencia del muro.

Para este ensayo las muestras deben ser preparadas eliminando con brocha el polvo adherido en la superficie.

Se tiene dos tipos de distorsiones en la superficie y son:

#### **Superficies Cóncavas:**

En los casos en que la distorsión a ser medida corresponda a una superficie cóncava, se coloca una varilla de borde recto longitudinal a lo largo de la superficie a ser medida. Se escoge la distancia mayor de la superficie de la unidad de albañilería a la varilla de borde recto. Usando la cuña de acero, se mide esta distancia con una aproximación de 1 mm y es registrada como la distorsión cóncava de la superficie.

#### **Superficies Convexas:**

Cuando la distorsión a ser medida es la de una superficie convexa, se coloca la unidad de albañilería con la superficie convexa en contacto con una superficie plana y con las esquinas aproximadamente equidistantes de la superficie plana. Utilizando la cuña metálica, se mide la distancia con una aproximación de 1 mm de cada una de las 4 esquinas desde la superficie plana. Registrándose el promedio de las 4 medidas como la distorsión convexa de la unidad de albañilería”.

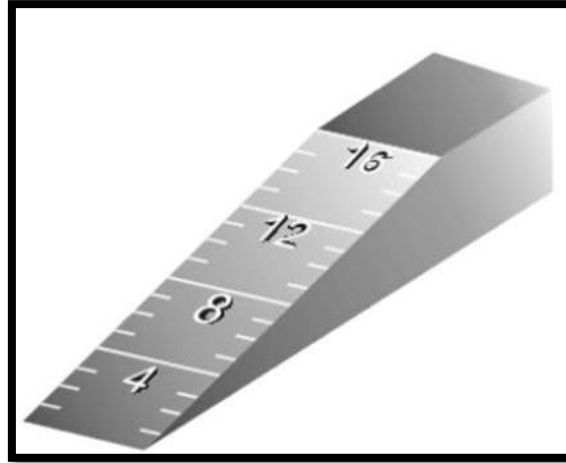


Imagen 12: Cuña de acero para la medición del alabeo de unidades de albañilería.  
Fuente: (Tesis UNAM).

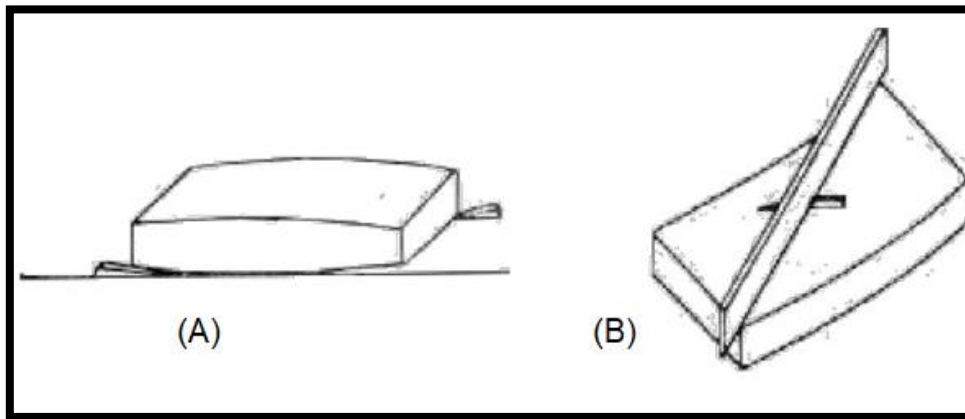


Imagen 13: Medición de unidad de albañilería (A) convexa y (B) cóncava.  
Fuente: (Tesis UNAM)

La Norma Técnica Peruana (NTP E070, 2006), recomienda para un bloque no portante un alabeo máximo de 8 mm.

#### 2.6.2.4. Conductividad térmica.

**Normatividad:** Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM C177-13, 2013).

“Este ensayo nos permite establecer la medición en laboratorio del flujo de calor, a través de una superficie plana de un material homogéneo (unidad de albañilería), cuando una cara de la unidad está en contacto con una placa caliente de aluminio, para así determinar el coeficiente de conductividad térmica de la unidad de albañilería. Este método es conocido como el método de la placa caliente.

$$Pot = -\lambda * A \frac{\Delta T}{L}$$

**Coefficiente de conductividad térmica.**

$$\lambda = Pot * \frac{L}{A} * [T(Caliente) - T(Fria)]$$

Dónde:

- $\lambda$  : Coeficiente de conductividad térmica (W/(m.°K), J/(s. m.°K))  
A ; Área por donde se suministra la placa caliente (m<sup>2</sup>)  
L ; Espesor que atraviesa el calor (m)  
Pot. : Potencia o flujo de calor total a través de la pared (W, Joule/s)
- T (caliente) : Temperatura de la placa caliente (°K)  
T (fría) : Temperatura de la placa fría (°K)”

Tabla 3: Rango de conductividad térmica de buenos, moderados y pobres aislantes.

TIPO DE MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m. °K)
BUENOS AISLANTES	0.043 - 0.288
MODERADOS AISLANTES	0.288 - 0.721
POBRES AISLANTES	> 0.721

Fuente: Blanco 2012.

**2.6.2.5. Resistencia a compresión.**

**Normatividad: Norma Técnica Peruana** (NTP 399.613, Unidades de Albañilería - 2005)

“Este ensayo nos permite medir la carga aplicada sobre una unidad de albañilería, que genera su ruptura, para luego determinar su resistencia a compresión  $f'b$ , la cual, es la capacidad que tiene un material en este caso la unidad de albañilería, para soportar una carga por unidad de área y se expresa en términos de esfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>), Si las superficies de contacto del espécimen son huecas, se hace un refrentado con yeso, el cual es un procedimiento realiza para cubrir una de las superficies con una capa delgada de yeso calcinado” (Gallegos & Casabonne, 2005).





Imagen 14: Refrentado de las muestras para el ensayo de resistencia a la compresión.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).

Para el cálculo de la resistencia a compresión ( $f_b$ ) de la unidad se utilizó la fórmula

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

Dónde:

- $f'b$  : Resistencia a compresión de la unidad.
- A : Área del asiento de la unidad en  $\text{cm}^2$ .
- P : Carga aplicada en la Pila en  $\text{kgf}$ .



Imagen 15: Máquina de compresión para el ensayo de resistencia a la compresión.  
Fuente: (Elaboración propia).

La Norma Técnica Peruana (NTP E070, 2006), nos indica que la resistencia a la compresión ( $f'_{b}$ ), para bloques no portantes, debe ser como mínimo 2.0 MPa ó 20 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 2.6.2.6. Succión.

**Normatividad: Norma Técnica Peruana (NTP 399.613, Unidades de Albañilería - 2005)**

“Este ensayo nos permite determinar la capacidad de una unidad de albañilería para absorber el agua del mortero, cuando la unidad tiene un valor alto de succión, absorbe rápidamente el agua contenida en el mortero, produciendo una deformación del mortero antes de su secado, esto impide un contacto completo entre las unidades superior e inferior y da como resultado una adhesión pobre e incompleta, teniendo así uniones de baja resistencia y permeables al agua.

$$Suc = \frac{(Pm - Ps)}{A}$$

Dónde:

- Pm : Peso mojado y secado con paño del ladrillo, (gramos).
- A : Área de contacto de la unidad con el agua, (cm<sup>2</sup>).
- Suc : Succión del ladrillo, en gr/200cm<sup>2</sup> - minuto o simplemente gramos.
- Ps : Peso seco del ladrillo, (gramos)”.

La norma técnica peruana (NTP E070, 2006), recomienda que la succión al instante de asentarlas este comprendida entre 10 a 20 gr/200cm<sup>2</sup> – min.

#### 2.6.2.7. Variación dimensional.

**Normatividad: Norma Técnica Peruana (NTP 399.604 y 399.613, Unidades de Albañilería - 2005).**

“Este ensayo nos permite determinar la variación porcentual de las muestras; en cuanto a sus dimensiones y realizar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos. Este ensayo está relacionado con el espesor de las juntas, y por ende con la altura de las hiladas. Esto indica que, a mayor variación dimensional de las unidades, mayor la variación en el espesor de las juntas ocasionando que la

albañilería sea menos resistente a corte y a compresión. Incidiendo de esta manera en el espesor de la junta de un muro de albañilería disminuyendo así la adherencia mortero – unidad de albañilería al producirse la formación de vacíos en las zonas más alabeadas, esto implica además una disminución de la resistencia” (Gallegos & Casabonne, 2005).

Para cada unidad se mide y se registra, el largo, ancho y la altura, para luego obtener el porcentaje de variación dimensional, haciendo uso de la siguiente expresión.

$$V (\%) = 100 * \frac{(Df - Dp)}{Df}$$

Dónde:

- V : Porcentaje de la variación dimensional.
- Dp : Medida promedio en mm (largo, ancho y alto).
- Df : Medidas de diseño.

La Norma Técnica Peruana (NTP E.070, Albañilería - 2006), nos recomienda la siguiente variación dimensional máxima en porcentaje, para bloques no portantes.

Tabla 4: *Porcentajes de variación dimensional máximos para unidades de albañilería.*

Hasta 100 (mm)	Hasta 150 (mm)	Hasta 150 (mm)
± 7 %	±8 %	± 4 %

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037.

## 2.7. Hipótesis.

### 2.7.1. Hipótesis general.

La adición de perlas de poliestireno expandido, en la fabricación de unidades de albañilería a base de concreto liviano con adición de perlas de poliestireno expandido, mejora las propiedades físico mecánicas de las unidades de albañilería.

### 2.7.2. Sub hipótesis.

#### Sub hipótesis N°1.

La adición de perlas de poliestireno expandido, en la fabricación de unidades de albañilería a base de concreto liviano con adición de perlas de poliestireno expandido, mejora las propiedades físicas de las unidades de albañilería.

### **Sub hipótesis N°2.**

La adición del porcentaje óptimo de perlas de poliestireno expandido, en la fabricación de unidades de albañilería a base de concreto liviano con adición de perlas de poliestireno expandido, mejora las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería.

### **Sub hipótesis N°3.**

El porcentaje de perlas de poliestireno expandido, en la fabricación de unidades de albañilería a base de concreto liviano es de 15%.

## **2.8. Definición de variables.**

### **2.8.1. Variables independientes.**

- **Unidad de albañilería.**
- **Perlas de Poliestireno Expandido.**

#### **2.8.1.1. Indicadores de variables independientes.**

- Perlas de Poliestireno Expandido. (cm<sup>3</sup>)
- Unidad de albañilería. (cm)

### **2.8.2. Variables dependientes.**

- **Propiedades físicas de las unidades de albañilería elaboradas con perlas de poliestireno expandido.**

Son las características físicas de: Peso, Variación dimensional, Alabeo, Absorción, Succión, Conductividad térmica.

- **Propiedades mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas con perlas de Poliestireno expandido.**

Es la característica mecánica de resistencia a la compresión que tienen las unidades de albañilería.

#### **2.8.2.1. Definición de los indicadores de las variables dependientes.**

- **Peso (kg).**

El peso es la fuerza equivalente que ejerce un cuerpo sobre un punto de apoyo originada por el campo gravitatorio sobre la masa de un cuerpo.



- **Variación dimensional (mm).**

La variación dimensional es una propiedad de las unidades que nos miden la variación de las dimensiones reales frente a las dimensiones de diseño de la unidad de albañilería.

- **Alabeo (mm).**

Es una propiedad de la unidad de albañilería que mide la deformación superficial de sus caras y se presenta como concavidad o convexidad

- **Absorción (cm<sup>3</sup>).**

Es la propiedad que mide la capacidad de llenar los vacíos de las partículas con agua

- **Succión (cm<sup>3</sup>).**

Es la propiedad que mide la avidez de agua de la unidad de albañilería en la superficie de asiento

- **Conductividad térmica ( $\lambda$ ).**

Es una propiedad de las unidades de albañilería que mide la capacidad de transmitir calor a través de ellos

- **Resistencia a la compresión. F'c (kg/cm<sup>2</sup>).**

Es la propiedad que mide la máxima resistencia a carga axial de la unidad de albañilería.



2.8.3. OPERACIONALIZACIÓN de variables.

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE VARIABLE	DEFINICIÓN DE LA VARIABLE	NIVEL O DIMENSIÓN	INDICADOR	UND.
VARIABLE INDEPENDIENTE	PERLAS DE POLIESTIRENO	Mide el porcentaje de perlas de poliestireno expandido. dicho porcentaje adicionado a la masa de concreto de la unidad de albañilería será en 10%, 15% y 20% de perlas de poliestireno expandido.	Volumen	Cantidad de perlas de poliestireno expandido	V(cm3)
	CONCRETO LIVIANO	Mide el volumen del concreto liviano en las unidades de albañilería adicionados con perlas de poliestireno expandido al 10%,15%,20%.	Volumen	Cantidad de concreto liviano	V(Cm3)
VARIABLE DEPENDIENTE	Propiedades físicas de las unidades de albañilería de concreto liviano con adicciones de perlas de poliestireno expandido.	placa caliente y tomando en cuenta la norma ASTM Mide el coeficiente de la conductividad térmica del ladrillo King Kong 18 huecos, utilizando el método de la C177-13.	Propiedad física	Conductividad térmica	$\lambda$ (W/(m. K))
		Mide la cantidad de agua absorbida de las unidades de albañilería, saturando en agua y tomando en cuenta la norma NTP 399.613.	Propiedad física	Absorción	Abs (%)
		Mide la cantidad de agua succionada de las unidades de albañilería, poniendo en contacto con agua tomando en cuenta la norma NTP 399.613.	Propiedad física	Succión	Suc (kg/cm2.min)
		Mide la variabilidad dimensional y alabeo.	Propiedad física	Alabeo y variabilidad dimensional	Alb.(mm) Var.(mm)
	Propiedad mecánica de las unidades de albañilería con adicciones de perlas de poliestireno expandido.	Mide la resistencia a la compresión de unidades de albañilería, esta Prueba se realiza con la máquina de compresión.	Propiedad mecánica	Resistencia a la compresión	F'c(kg/cm2)



### CAPITULO III METODOLOGÍA

#### 3.1. Metodología de la investigación.

##### 3.1.1. Tipo de la investigación.

“En la presente investigación deduciremos resultados y probaremos las diferentes hipótesis en base a resultados de cantidades y estadísticas por lo tanto la investigación reúne las condiciones para una ser investigación de tipo cuantitativa” (Hernández Sampieri, 2010).

##### 3.1.2. Nivel de la investigación.

“En la presente investigación se describen parámetros, los cuales son comparados con resultados obtenidos, todas estas condiciones conllevan a una investigación de nivel descriptivo” (Hernández Sampieri, 2010).

##### 3.1.3. Método de la investigación.

El método utilizado es el Hipotético – Deductivo.

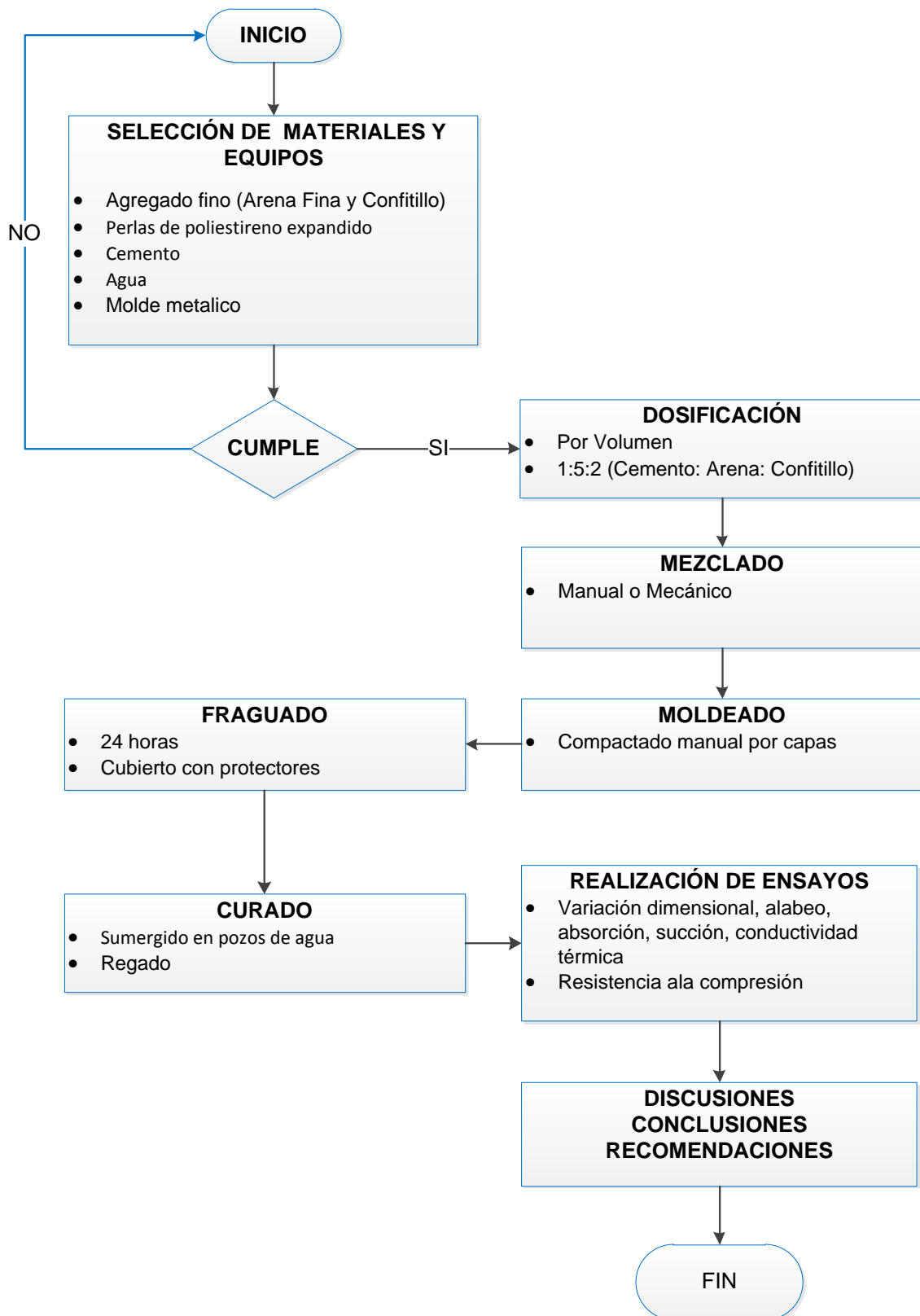
“Es un método de investigación que consiste en un procedimiento que parte de unas afirmaciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos” (Gil, 1978).

#### 3.2. Diseño de la investigación.

##### 3.2.1. Diseño metodológico.

“Al momento de realizar los ensayos a las unidades de albañilería y materiales se presentan agentes externos como humedad, temperatura de ambiente, calibración de equipos y otros, los cuales no son cuantificables llevando a considerar la investigación con diseño cuasi Experimental” (Hernández Sampieri, 2010).

3.2.2. Diseño de ingeniería.







### **3.3. Población y muestra.**

#### **3.3.1. Población.**

##### **3.3.1.1. Descripción de la población.**

“La población en la presente investigación es el conjunto de unidades de albañilería, los cuales comparten determinadas características y especificaciones. Delimitar de una manera clara a la población, nos llevara a un trabajo investigativo de calidad” (Sampieri, 2014).

##### **3.3.1.2. Cuantificación de la población.**

La población abarca a unidades de albañilería de concreto liviano con adición de distintos porcentajes de perlas de poliestireno expandido. Se determinará la muestra de 6 unidades por cada variación de porcentaje de 0%, 10%, 15%, 20% y 50%.

#### **3.3.2. Muestra.**

##### **3.3.2.1. Descripción de la muestra.**

“La muestra es un subgrupo de la población, del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de ésta. Para seleccionar una muestra, lo primero que hay que hacer es definir la unidad de muestreo/análisis. Una vez definida la unidad de muestreo/análisis se delimita la población”. (Sampieri, 2014).

La muestra para la presente investigación, serán las unidades de albañilería elaboradas a base de concreto liviano con adición de distintos porcentajes de perlas de poliestireno expandido.

##### **3.3.2.2. Cuantificación de la muestra.**

Se determinará la muestra de 6 unidades por cada variación de porcentaje de 0%, 10%, 15%, 20% y 50%, indicadas en la (NTP 399.604, Unidades de Albañilería - 2002), Unidades de Albañilería – 2005, para muestreos y ensayos a las unidades de albañilería.

##### **3.3.2.3. Método de muestreo.**

De acuerdo con (Hernández Sampieri, 2010), “el método a seguir es no probabilístico, puesto que, la nuestra muestra y la población coinciden en número es decir, los especímenes no serán seleccionados al azar de un grupo, deberán cumplir con criterios como la adición de perlas de poliestireno expandido, las cuales serán

añadidas a las unidades de albañilería, en porcentajes de 0%, 10%, 15% y 20% y 50%”.

#### 3.3.2.4. Criterios de evaluación de la muestra.

La Norma Técnica Peruana (NTP 399.604, Unidades de Albañilería - 2002), recomienda ensayar 6 especímenes como mínimo para los ensayos de resistencia a la compresión, tomando en cuenta esta recomendación se tomará la cantidad de 6 especímenes para cada uno de los ensayos que se realizaran como son alabeo, absorción, succión, variación dimensional, conductividad térmica y resistencia a la compresión en unidades de albañilería adicionada con perlas de poliestireno expandido en 0%, 10%, 15%, 20% y 50%.

Tabla 5: Cantidad de muestras para la realización de ensayos de las unidades de albañilería.

Porcentaje de adición de perlas de poliestireno expandido.	Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión, alabeo, succión, absorción, variación dimensional, conductividad térmica
	7 días	14 días	28 días
0%	6 unidades	6 unidades	36 unidades
10%	6 unidades	6 unidades	36 unidades
15%	6 unidades	6 unidades	36 unidades
20%	6 unidades	6 unidades	36 unidades
50%	6 unidades	6 unidades	36 unidades
Total de unidades de albañilería	240		

Fuente: (Elaboración propia 2020).

**Ensayo de resistencia a la compresión.***Tabla 6: Cantidad de unidades de albañilería para el ensayo de resistencia a la compresión.*

Porcentaje de adición de perlas de poliestireno expandido.	Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión
	7 días	14 días	28 días
0%	6 unidades	6 unidades	6 unidades
10%	6 unidades	6 unidades	6 unidades
15%	6 unidades	6 unidades	6 unidades
20%	6 unidades	6 unidades	6 unidades
50%	6 unidades	6 unidades	6 unidades
Total de unidades de albañilería	90		

Fuente: (Elaboración propia 2020).

**a) Ensayo de absorción.***Tabla 7: Cantidad de unidades de albañilería para el ensayo de absorción.*

Porcentaje de adición de perlas de poliestireno expandido.	Ensayo de alabeo
	28 días
0%	6 unidades
10%	6 unidades
15%	6 unidades
20%	6 unidades
50%	6 unidades
Total de unidades de albañilería	30

Fuente: (Elaboración propia 2020).

**b) Ensayo de alabeo.**

Tabla 8: Cantidad de unidades de albañilería para el ensayo de alabeo.

Porcentaje de adición de perlas de poliestireno expandido.	Ensayo de alabeo
	28 días
0%	6 unidades
10%	6 unidades
15%	6 unidades
20%	6 unidades
50%	6 unidades
Total de unidades de albañilería	30

Fuente: (Elaboración propia 2020).

**c) Ensayo de succión.**

Tabla 9: Cantidad de unidades de albañilería para el ensayo de succión.

Porcentaje de adición de perlas de poliestireno expandido.	Ensayo de succión
	28 días
0%	6 unidades
10%	6 unidades
15%	6 unidades
20%	6 unidades
50%	6 unidades
Total de unidades de albañilería	30

Fuente: (Elaboración propia 2020).

**d) Ensayo de variación dimensional.**

Tabla 10: Cantidad de unidades de albañilería para el ensayo de variación dimensional.

Porcentaje de adición de perlas de poliestireno expandido.	Ensayo de variación dimensional
	28 días
0%	6 unidades
10%	6 unidades
15%	6 unidades
20%	6 unidades
50%	6 unidades
Total de unidades de albañilería	30

Fuente: (Elaboración propia 2020).

### e) Ensayo de conductividad térmica

Tabla 11: Cantidad de unidades de albañilería para el ensayo de conductividad térmica.

Porcentaje de adición de perlas de poliestireno expandido.	Ensayo de conductividad térmica
	28 días
0%	6 unidades
10%	6 unidades
15%	6 unidades
20%	6 unidades
50%	6 unidades
Total de unidades de albañilería	30

Fuente: (Elaboración propia 2020).

Teniendo un total de 240 unidades de albañilería elaborados a ensayar.

### 3.4. Instrumentos.


#### 3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos.

Tabla 12: Tabla de recolección de datos, para el ensayo de análisis granulométrico.

	<p align="center"><b>"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".</b> FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.</p>				
<p align="center"><b>"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."</b></p>					
<b>TESISTA:</b>	CUEVAS CALLO, HENRRY ABEL CHAMPI CCORIMANYA, WALTER TIMOTEO				
<b>ENSAYO:</b>	"GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS FINOS."				
<b>LUGAR:</b>	"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS				
<b>FECHA:</b>	.....				
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
TAMIZ	mm.				
3/8"	9.5				
N° 4	4.75				
N° 8	2.36				
N° 16	1.18				
N° 30	0.6				
N° 50	0.3				
N° 100	0.15				
N° 200	0.075				
TOTAL					


Fuente: (Elaboración propia 2020).

Tabla 13: Tabla de recolección de datos, para el ensayo de peso unitario.



"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.

"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."



**TESISTA:** CUEVAS CALLO, HENRRY ABEL  
CHAMPI CCORIMANYA, WALTER TIMOTEO

**ENSAYO:** "PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE AGREGADO FINO."

**LUGAR:** "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**FECHA:** .....

PESO MOLDE (gr)	
VOLUMEN MOLDE (cm3)	

**PESO UNITARIO SUELTO**


	PA+PM(gr)	PA(gr)	PUS(gr/cm3)	PA = PESO DEL AGREGADO
P1				PM = PESO DEL MOLDE
P2				PUS = PESO UNITARIO SUELTO
P3				PUC = PESO UNITARIO COMPACTADO
	PROMEDIO			

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

	PA+PM(gr)	PA(gr)	PUC(gr/cm3)
P1			
P2			
P3			
	PROMEDIO		


Fuente: (Elaboración propia 2020).

Tabla 14: Tabla de recolección de datos, para el ensayo de peso específico.



"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.

"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."



**TESISTA:** CUEVAS CALLO, HENRRY ABEL  
CHAMPI CCORIMANYA, WALTER TIMOTEO

**ENSAYO:** "PESO ESPECÍFICO DE AGREGADO FINO."

**LUGAR:** "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**FECHA:** .....



ITEM	DESCRIPCIÓN	PESO
A	PESO DE LA MUESTRA SECA EN EL AIRE	
B	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN EL AIRE	
C	PESO EN EL AGUA DE LA MUESTRA SATURADA	
Pem	PESO ESPECÍFICO DE MASA	
PeSSS	PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	
Pea	PESO ESPECÍFICO APARENTE	

**% de ABSORCIÓN**

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT
Ab (%)	ABSORCIÓN	


Fuente: (Elaboración propia 2020).

Tabla 15: Tabla de recolección de datos, para el ensayo de variación dimensional.


"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO". FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA. ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.				
	"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."			
<b>TESISTA:</b>	CHAMPI CCORIMANYA, Walter Timoteo CUEVAS CALLO, Henry Abel			
<b>ENSAYO:</b>	"VARIACION DIMENSIONAL DE BLOQUES DE CONCRETO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO AL ....%"			
<b>LUGAR:</b>	"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS			
<b>FECHA:</b>	.....			
MUESTRA P1				
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPEJOR (mm)	
MUESTRA P2				
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPEJOR (mm)	
MUESTRA P3				
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPEJOR (mm)	
MUESTRA P4				
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPEJOR (mm)	
MUESTRA P5				
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPEJOR (mm)	
MUESTRA P6				
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPEJOR (mm)	

Fuente: (Elaboración propia 2020).

Tabla 16: Tabla de recolección de datos, para el ensayo de alabeo.



"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.



"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."

**TESISTA:** CHAMPI CCORIMANYA, Walter Timoteo  
CUEVAS CALLO, Henry Abel

**ENSAYO:** "ALABEO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO AL ...%."


**LUGAR:** "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**FECHA:** .....


N° MUESTRA	CARA SUPERIOR			CARA INFERIOR		
	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEIDAD	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEIDAD
P1						
P2						
P3						
P4						
P5						
P6						

Fuente: (Elaboración propia 2020).

Tabla 17: Tabla de recolección de datos, para el ensayo de absorción.



"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.



"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."

**TESISTA:** CHAMPI CCORIMANYA, Walter Timoteo  
CUEVAS CALLO, Henry Abel

**ENSAYO:** "ABSORCION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO AL ...%."

**LUGAR:** "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS


**FECHA:** .....

ITEM	DESCRIPCION	ABSORCIÓN.					
		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
Wsec	PESO SECO DEL ESPECIMEN (gramos)						
Wsat	PESO SATURADO DEL ESPECIMEN (gramos)						
Abs.	ABSORCION DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA (%)						


Fuente: (Elaboración propia 2020).



Tabla 18: Tabla de recolección de datos, para el ensayo de succión.



"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.



"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."

**TESISTA:** CHAMPI CCORIMANYA, Walter Timoteo  
CUEVAS CALLO, Henry Abel

**ENSAYO:** "SUCCION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO AL ...%."


**LUGAR:** "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**FECHA:** .....


SUCCIÓN.							
ITEM	DESCRIPCIÓN	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
PS	PESO SECO DEL ESPECIMEN (gramos)						
PM	Peso Mojado y Secado con paño del Bloque (gramos)						
A	Area de contacto del bloque con el agua (cm2)						
SUC.	SUCCION DEL BLOQUE (%)						

Fuente: (Elaboración propia 2020).

Tabla 19: Tabla de recolección de datos, para el ensayo de conductividad térmica.



"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.



"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."

**TESISTAS:** CUEVAS CALLO, HENRRY ABEL  
CHAMPI CCORIMANYA, WALTER TIMOTEO

**ENSAYO:** "CONDUCTIVIDAD TERMICA DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO AL ...%."

**LUGAR:** "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**FECHA:**


Potencia de Energía Electrica (W)	Pot
Altura del Bloque (m)	H
Largo del Bloque (m)	L
Ancho del Bloque (m)	A
Temperatura de la Placa Caliente (°K = 273.15 + °C)	T1
Temperatura de la Placa Fria (°K = 273.15 + °C)	T2
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DEL BLOQUE (W/(m·°K))	λ

$$\lambda = \frac{Pot * A}{L * H * (T1 - T2)}$$


Nº DE MUESTRA	POT	H	L	A	T1	T2	λ
P1							
P2							
P3							
P4							
P5							
P6							

Fuente: (Elaboración propia 2020).

Tabla 20: Tabla de recolección de datos, para el ensayo de resistencia a la compresión.



"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.



"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."

**TESISTAS:**      CHAMPI COORIMANYA, WALTER TIMOTEO  
                          CUEVAS CALLO, HENRRY ABEL

**ENSAYO:**        "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN UNIDADES DE ALBAÑILERIA CON ...% DE POLIESTIRENO EXPANDIDO."

**LUGAR:**         "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**FECHA:**         .....

Nº DE MUESTRA	DESCRIPCION	DIAS	DIMENSIONES						LARGO PROMEDIO	ANCHO PROMEDIO	CARGA	ESFUERZO
			ANCHO		LARGO		ALTURA	PESO				
			H1 (cm)	H2 (cm)	L1 (cm)	L2 (cm)						
1	P-1											
2	P-2											
3	P-3											
4	P-4											
5	P-5											
6	P-6											

Fuente: (Elaboración propia 2020).

### 3.4.2. Instrumentos y equipos de laboratorio.

- Regla metálica
- Calibrador pie de rey o Vernier
- Brocha
- Serie de tamices
- Cepillo metálico
- Balanza de precisión
- Recipiente metálico
- Equipo de compresión axial
- Cuña de madera milimetrada
- Espátula
- Bandejas
- Carretilla
- Lentes de seguridad
- Recipiente de vidrio de 1.5 lts.
- Caja térmica
- Cronometro
- Horno eléctrico
- Guantes de seguridad
- Molde de metal para bloque de 24 cm x 15 cm x 12 cm
- Multímetro

### 3.5. Procedimiento de recolección de datos.

#### 3.5.1. Ensayo a los componentes de las unidades de albañilería,

##### 3.5.1.1. Ensayo de granulometría del agregado fino.

**Normatividad:** Norma Técnica Peruana (NTP 400.012 y 400.037, Agregados – 2014).

#### **Materiales y Equipos.**

- Muestra de agregado fino
- Balanza de precisión
- Bandejas
- Cepillo metálico
- Serie de tamices (No 3/8, No 4, No 8, No 16, No 30, No 50, No 100, No 200, fondo) Recipiente metálico

#### **Procedimiento.**

- Primeramente, se realizó el procedimiento de selección de la muestra representativa con el método de cuarteo de una muestra de 2000 gr.



*Imagen 16: Procedimiento para el cuarteo del agregado fino.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).*

- Se tomó una muestra representativa de 500 gr, se procedió a lavar la muestra para después ser secada en el horno en un lapso de 24 horas.



Imagen 17: Lavado del agregado fino.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).

- Una vez extraída la muestra del horno, se procede al tamizado de la misma.



Imagen 18: Procedimiento para el tamizado del agregado fino.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).

- Se procedió a pesar los diferentes pesos retenidos en los diversos tamices y registrar los datos.



Imagen 19: Recolección del agregado fino, retenido en las mallas.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).

- Se utilizó el método gráfico para la combinación de agregados para ajustar la curva granulométrica más óptima de la mezcla de los agregados para cuyas dimensiones estén comprendidas en la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037, Agregados - 2014).
- Teniendo el siguiente resultado. 67.5 y 32.5

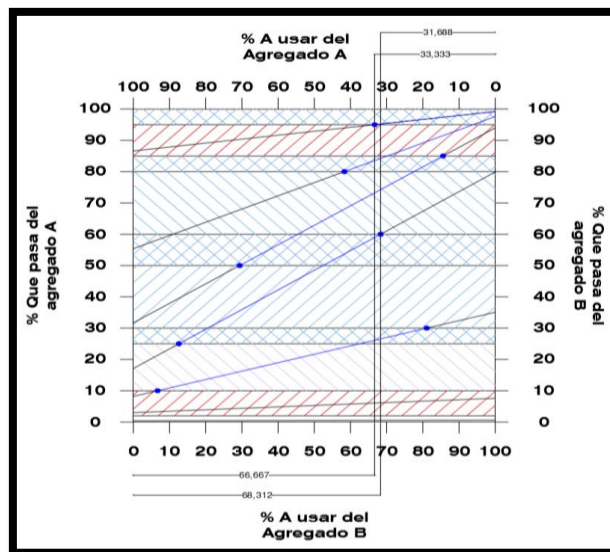


Imagen 20: Resultados del método gráfico para combinación de agregados.  
Fuente: (Elaboración propia 2020.)

Porcentaje a utilizar:

$$\% \text{ de material A} = \frac{31.688 + 33.333}{2} = 32.5\%$$




$$\% \text{ de material B} = \frac{68.687 + 68.312}{2} = 67.5\%$$

- Los porcentajes de los agregados A (confitillo) y B (arena fina) que deben ser combinados, están dadas por el peso, ya que el porcentaje que pasa en los diferentes tamices, están basados en los pesos retenidos.


Recolección de datos.

Tabla 21: Datos del ensayo de granulometría de arena fina.



"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.

"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."



**TESISTA:** CUEVAS CALLO, HENRRY ABEL  
CHAMPI CCORIMANYA, WALTER TIMOTEO

**ENSAYO:** "GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS FINOS."

**LUGAR:** "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS


**FECHA:** .....

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
TAMIZ	mm.				
3/8"	9.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.75	4.50	0.76%	0.76%	99.24%
N° 8	2.36	9.65	1.62%	2.38%	97.62%
N° 16	1.18	21.55	3.62%	6.00%	94.00%
N° 30	0.6	83.80	14.08%	20.08%	79.92%
N° 50	0.3	267.05	44.86%	64.94%	35.06%
N° 100	0.15	163.70	27.50%	92.44%	7.56%
N° 200	0.075	41.50	6.97%	99.41%	0.59%
FONDO		3.50	0.59%	100.00%	0.00%
TOTAL		595.25	100%		

PESO DE LA MUESTRA (gr) 595.25


Fuente: (Elaboración propia 2020).

Tabla 22: Datos del ensayo de granulometría del confitillo.



"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.

"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."



**TESISTA:** CUEVAS CALLO, HENRRY ABEL  
CHAMPI CCORIMANYA, WALTER TIMOTEO

**ENSAYO:** "GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS FINOS."

**LUGAR:** "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS


**FECHA:** .....

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
TAMIZ	mm.				
3/8"	9.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.75	79.60	13.39%	13.39%	86.61%
N° 8	2.36	185.40	31.18%	44.56%	55.44%
N° 16	1.18	141.05	23.72%	68.28%	31.72%
N° 30	0.6	86.70	14.58%	82.86%	17.14%
N° 50	0.3	53.25	8.95%	91.82%	8.18%
N° 100	0.15	30.70	5.16%	96.98%	3.02%
N° 200	0.075	15.70	2.64%	99.62%	0.38%
FONDO		2.25	0.38%	100.00%	0.00%
TOTAL		594.65	100%		


PESO DE LA MUESTRA (gr) 594.65

Fuente: (Elaboración propia 2020).

Tabla 23: Datos del ensayo de granulometría de la combinación de la arena fina y confitillo.



**"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".**  
**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.**



**"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."**

**TESISTA:** CUEVAS CALLO, HENRRY ABEL  
 CHAMPI CCORIMANYA, WALTER TIMOTEO

**ENSAYO:** "GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS FINOS."

**LUGAR:** "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**FECHA:** .....

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
TAMIZ	mm.				
3/8"	9.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.75	29.40	4.90%	4.90%	95.10%
N° 8	2.36	67.20	11.20%	16.10%	83.90%
N° 16	1.18	60.60	10.10%	26.20%	73.80%
N° 30	0.6	85.80	14.30%	40.50%	59.50%
N° 50	0.3	199.20	33.20%	73.70%	26.30%
N° 100	0.15	121.20	20.20%	93.90%	6.10%
N° 200	0.075	33.60	5.60%	99.50%	0.50%
FONDO		3.00	0.50%	100.00%	0.00%
TOTAL		600.00	100%		

**PESO DE LA MUESTRA (gr)**      600.00

*Fuente: (Elaboración propia 2020).*

**3.5.1.2. Ensayo de peso unitario del agregado fino.**

**(67.5% Arena Fina y 32.5% Confitillo).**

**Normatividad: Norma Técnica Peruana (NTP 400.017, Agregados – 2011).**

**Equipos y Materiales.**

- Muestra de agregado fino
- Brocha
- Bandejas
- cucharon para llenar el recipiente
- Balanza de precisión
- Varilla compactadora de acero de (5/8") con una longitud aproximada de 600 mm
- Recipiente de medida, metálico y cilíndrico
- vernier
- Regla metálica



**a) Determinación del peso unitario suelto.****Procedimiento.**

- Primeramente, se realizó el procedimiento de selección de la muestra representativa con el método de cuarteo de una muestra de 2000 gr.



*Imagen 21: Selección de la muestra mediante el cuarteo.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).*

- Se tomó las medidas del recipiente, diámetro y altura, para poder calcular el volumen del recipiente, luego se toman los pesos de los mismos.
- Se llenó el recipiente con el agregado fino utilizando el cucharón, cuidando que no se llene de una altura superior a 50 mm. Hasta que rebose el recipiente y se enrazo con una regla metálica.



*Imagen 22: Procedimiento para el ensayo de peso unitario del agregado.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).*

- se determinó el peso del agregado con el recipiente y se registró los datos en la ficha correspondiente



*Imagen 23: Recolección de datos del ensayo de peso unitario del agregado.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).*

#### **b) Determinación del peso unitario compactado del agregado.**

##### **Procedimiento**

- Se llenó el recipiente con el agregado hasta  $1/3$  de la altura y se enrazó con los dedos y se apisono el agregado utilizando la varilla con 25 golpes utilizando la zona esférica de la varilla.



*Imagen 24: Apisonado del agregado en el molde metálico.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).*

- Se llenó el agregado hasta los  $2/3$  y se enrazó de igual manera como el proceso anterior compactando con la varilla con 25 golpes y finalmente se llenó el recipiente y se realizó el compactado como el proceso anterior para finalmente enrazarlo con la regla metálica.



*Imagen 25: Enrazado del agregado en el ensayo de peso unitario compactado.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).*


- Se determinó el peso del agregado con el recipiente y se registró los datos en la ficha correspondiente




*Imagen 26: Toma de datos en el ensayo de peso unitario compactado del agregado,  
Fuente: (Elaboración propia 2020).*

**Recopilación de datos.**

Tabla 24: Datos del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado.



"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".  
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.



"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."

**TESISTA:** CUEVAS CALLO, HENRRY ABEL  
 CHAMPI CCORIMANYA, WALTER TIMOTEO

**ENSAYO:** "PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE AGREGADO FINO."

**LUGAR:** "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**FECHA:** .....

PESO MOLDE (gr)	5205
VOLUMEN MOLDE (cm3)	1337.3

**PESO UNITARIO SUELTO**

	PA+PM(gr)	PA(gr)	PUS(gr/cm3)	PA = PESO DEL AGREGADO
P1	6380	1175	0.88	PM = PESO DEL MOLDE
P2	6410	1205	0.90	PUS = PESO UNITARIO SUELTO
P3	6405	1200	0.90	PUC = PESO UNITARIO COMPACTADO
	PROMEDIO		<b>0.89</b>	

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

	PA+PM(gr)	PA(gr)	PUC(gr/cm3)
P1	6750	1545	1.16
P2	6675	1470	1.10
P3	6805	1600	1.20
	PROMEDIO		<b>1.15</b>

Fuente: (Elaboración propia 2020).

**3.5.1.3. Ensayo de densidad relativa (peso específico) del agregado fino. (67.5% Arena Fina y 32.5% Confitillo)**

**Normatividad: Norma Técnica Peruana (NTP 400.017, Agregados – 2011).**

**Equipo y Materiales.**

- Muestra de arena fina
- Bandejas
- Estufa
- Picnómetro
- Succionador de aire
- Balanza de precisión sensible a 0,1 gr o menos

**Procedimiento.**

**a) Preparación de la muestra.**

- Se colocó la muestra de ensayo en un recipiente cubierto con agua, por adición hasta alcanzar al menos 6 % de humedad del agregado fino y se dejó reposar durante 24 horas.

- Se colocó la muestra de ensayo en un recipiente adecuado (bandeja) y se secó en la estufa hasta una masa constante a una temperatura 110 °C hasta que se tenga una humedad óptima (estado superficialmente seco), con el cono de abrams se verifico la consistencia de la arena para que cumpla con el estado superficialmente seco.
- Se pesó 500gr de la arena en estado superficialmente seco y se llevó al horno por 24 horas y se pesó nuevamente para obtener el peso de la muestra seca.



*Imagen 27: Procedimiento del ensayo de densidad del agregado fino.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).*



*Imagen 28: Verificación de la consistencia del agregado fino con el cono de abrams.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).*

**b) Procedimiento gravimétrico (Picnómetro).**

- Se llenó parcialmente el picnómetro con agua hasta la marca graduada y se pesó y se registró en la ficha.



*Imagen 29: Utilización del picnómetro en el ensayo de densidad del agregado fino.*  
*Fuente: (Elaboración propia 2020).*

- Se Introdujo en el picnómetro 500 gr de agregado fino en estado superficialmente seco, preparado como se describe en el paso anterior, y se llenó de agua adicional hasta la marca graduada del picnómetro.
- Se agitó el picnómetro manualmente y con ayuda del succionador de aire se eliminó las burbujas visibles en el picnómetro.



*Imagen 30: Procedimiento para el ensayo de densidad del agregado fino.*  
*Fuente: (Elaboración propia 2020).*

## Recopilación de datos.

Tabla 25: Datos del ensayo de peso específico del agregado.

	<b>"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".</b> FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.		
	<b>"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."</b>		
<b>TESISTA:</b>	CUEVAS CALLO, HENRRY ABEL CHAMPI CCORIMANYA, WALTER TIMOTEO		
<b>ENSAYO:</b>	"PESO ESPECÍFICO DE AGREGADO FINO."		
<b>LUGAR:</b>	"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
<b>FECHA:</b>	.....		
ITEM	DESCRIPCIÓN	PESO	UNIDAD
A	peso de muestra seca	484.5	gr
B	peso de frasco + agua	687.0	gr
C	peso del frasco + agua+ muestra	1026.6	gr
S	peso de muestra superficialmente seca	495.4	gr
PEN	PESO ESPECIFICO NOMINAL	3.1	gr/cm <sup>3</sup>
PES	PESO ESPECIFICO SSD	3.2	gr/cm <sup>3</sup>
PEA	PESO ESPECIFICO APARENTE	3.3	gr/cm <sup>3</sup>
ABS	ABSORCION	2%	%

Fuente: (Elaboración propia 2020).

### 3.5.2. Proceso de fabricación de unidades de albañilería.

Se inició con la revisión bibliográfica y toma de experiencias por parte de las plantas elaboradoras de unidades de albañilería de concreto de forma manual en la ciudad del Cusco con respecto al proceso de elaboración.

Se mandó a fabricar el molde de la unidad de albañilería a base de metal, con las características planteadas en la investigación:

Largo : 24 cm  
Ancho : 12 cm  
Altura : 15 cm

#### 3.5.2.1. Diseño de mezcla.

Para este paso se tomó la referencia del Dr. Ing. Javier Arrieta Freyre, el cual en su estudio de investigación **FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO CON UNA MESA VIBRADORA**, recomienda la dosificación 1:7 que significa proporcionamiento en volumen del cemento y agregado fino, el cual es equivalente a utilizar 1:5:2 (cemento: arena : confitillo) o 1:4:3 (cemento : arena : confitillo), ya que, ambas

cumplen la proporción establecida, resultando más conveniente el uso de mayor cantidad de arena para darle a las unidades de albañilería una mejor textura.

Por otro lado, tomando también en cuenta los ensayos realizados de agregado fino (arena y confitillo) y la utilización del método gráfico en la combinación de agregados se utilizó la dosificación 1 : 4.7 : 2.3 (cemento: arena: confitillo).

Después de tener la dosificación para la mezcla se procedió a realizar el cálculo de materiales para la cantidad de muestra requerida, Se continuó con la adquisición de materiales para la elaboración de bloques de concreto, de la siguiente forma:

- Arena fina : Cantera de cunyac
- Confitillo : Cantera vicho
- Cemento : Portland tipo IP
- Poliestireno Expandido : Clase 10



*Imagen 31: Dosificación de los materiales para fabricación de unidades de albañilería  
Fuente: (Elaboración propia 2020).*

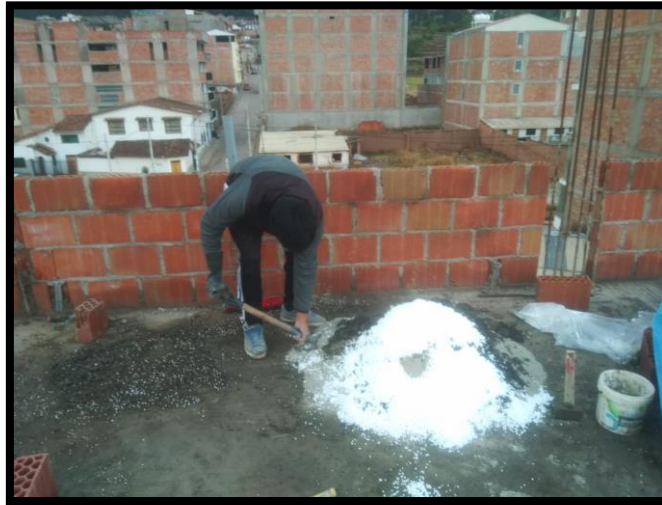
## **ELABORACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA**

Para la elaboración de las unidades de albañilería se realizaron los siguientes procedimientos:

- Limpieza del molde con material desmoldante (petróleo).
- Mezclado de agregados y cemento de acuerdo a la dosificación 1: 4.7: 2.3 (cemento, arena, confitillo), para la medición de estos porcentajes se tomó un recipiente de 20 litros (0.02 m<sup>3</sup>) y se adicione las perlas de poliestireno en



porcentaje de 0%, 10%, 15%, 20% y 50% en función al volumen del agregado fino (arena y confitillo).



*Imagen 32: Mezclado de los componentes para fabricación de unidades de albañilería.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).*

- Después del mezclado de materiales se adiciono el agua (potable) de acuerdo a la trabajabilidad de la mezcla.
- Se llenó el molde con la mezcla hasta 1/3 de volumen y con una varilla metálica de 16mm (5/8") de diámetro, 60 cm de longitud, de extremo redondeado se realizó la compactación con 25 golpes en todas las paredes del molde, siguiendo el mismo procedimiento anterior, se llenó hasta los 2/3 y llenado total del molde. Finalmente, se le dio 15 golpes ligeros por la parte exterior del molde con un mazo de hule.
- Se desmoldo el espécimen de manera cuidadosa para no dañar las caras laterales del bloque y se cubrió con plásticos por 24 horas.



*Imagen 33: Desmoldado de la unidad de albañilería.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).*

- Después de las 24 horas, se sumergió los bloques a pozos con agua para el curado durante 7 días



*Imagen 34: Curado de las unidades de albañilería.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).*

### 3.5.3. Ensayos a las unidades de albañilería.

#### 3.5.3.1. Ensayo de variación dimensional.

**Normatividad:** Norma Técnica Peruana (NTP 399.613 y 399.604, Unidades de Albañilería - 2005)

#### Equipo y Materiales.

- Regla de acero de 30cm, con divisiones de 1mm.
- 6 unidades por cada dosificación.

#### Procedimiento.

Se midió el ancho a través de los extremos en ambas caras y luego se obtuvo el ancho promedio de las medidas. Se repitió el ensayo, midiendo a través de ambas caras y ambos extremos, para medir la altura y el largo, obteniendo el promedio de ambas.



Imagen 35: Toma de datos en el ensayo de variación dimensional.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).

Recopilacion de datos.


Tabla 26: Datos del ensayo de variación dimensional de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido.

	<b>"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.</b>		
	<b>"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."</b>		
<b>TESISTA:</b>	CHAMPI CCORIMANYA, Walter Timoteo CUEVAS CALLO, Henryr Abel		
<b>ENSAYO:</b>	"VARIACION DIMENSIONAL DE BLOQUES DE CONCRETO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO AL 0 %"		
<b>LUGAR:</b>	"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
<b>FECHA:</b>	.....		
MUESTRA P1			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
236.00	119.00	144.00	19.00
236.00	118.00	143.00	19.00
<b>236.00</b>	<b>118.50</b>	<b>143.50</b>	<b>19.00</b>
MUESTRA P2			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
236.00	119.00	144.00	20.00
237.00	120.00	143.00	19.00
<b>236.50</b>	<b>119.50</b>	<b>143.50</b>	<b>19.50</b>
MUESTRA P3			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
239.00	120.00	142.00	18.50
239.00	118.00	140.00	19.00
<b>239.00</b>	<b>119.00</b>	<b>141.00</b>	<b>18.75</b>
MUESTRA P4			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
237.00	120.00	141.00	19.00
238.00	119.00	143.00	18.50
<b>237.50</b>	<b>119.50</b>	<b>142.00</b>	<b>18.75</b>
MUESTRA P5			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
238.00	119.00	139.00	20.00
236.00	120.00	140.00	19.00
<b>237.00</b>	<b>119.50</b>	<b>139.50</b>	<b>19.50</b>
MUESTRA P6			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
237.00	120.00	145.00	18.00
236.00	120.00	145.00	19.00
<b>236.50</b>	<b>120.00</b>	<b>145.00</b>	<b>18.50</b>

Fuente: (Elaboración propia 2020).

Tabla 27: Datos del ensayo de variación dimensional de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido.

**"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.**



**"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."**



**TESISTA:** CHAMPI CCORIMANYA, Walter Timoteo  
CUEVAS CALLO, Henry Abel

**ENSAYO:** "VARIACION DIMENSIONAL DE BLOQUES DE CONCRETO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO AL 10 %"

**LUGAR:** "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**FECHA:** .....

MUESTRA P1			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
239.00	120.00	140.00	20.00
238.00	120.00	140.00	20.00
<b>238.50</b>	<b>120.00</b>	<b>140.00</b>	<b>20.00</b>

MUESTRA P2			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
238.00	121.00	138.00	21.00
237.00	115.00	138.00	19.00
<b>237.50</b>	<b>118.00</b>	<b>138.00</b>	<b>20.00</b>

MUESTRA P3			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
238.00	120.00	141.00	21.00
237.00	115.00	143.00	18.00
<b>237.50</b>	<b>117.50</b>	<b>142.00</b>	<b>19.50</b>

MUESTRA P4			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
240.00	120.00	136.00	18.00
240.00	116.00	139.00	18.00
<b>240.00</b>	<b>118.00</b>	<b>137.50</b>	<b>18.00</b>

MUESTRA P5			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
236.00	120.00	141.00	20.00
238.00	115.00	141.00	18.00
<b>237.00</b>	<b>117.50</b>	<b>141.00</b>	<b>19.00</b>

MUESTRA P6			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
237.00	120.00	142.00	18.00
238.00	118.00	141.00	19.00
<b>237.50</b>	<b>119.00</b>	<b>141.50</b>	<b>18.50</b>

Fuente: (Elaboración propia 2020).

Tabla 28: Datos del ensayo de variación dimensional de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido.

**"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".**  
**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.**

**"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."**

**TESISTA:** CHAMPI CCORIMANYA, Walter Timoteo  
CUEVAS CALLO, Henryry Abel

**ENSAYO:** "VARIACION DIMENSIONAL DE BLOQUES DE CONCRETO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO AL 15 %"

**LUGAR:** "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**FECHA:** .....

MUESTRA P1			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPEJOR (mm)
239.00	120.00	139.00	19.00
239.00	119.00	140.00	19.00
<b>239.00</b>	<b>119.50</b>	<b>139.50</b>	<b>19.00</b>

MUESTRA P2			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPEJOR (mm)
238.00	118.00	140.00	19.00
238.00	120.00	142.00	19.00
<b>238.00</b>	<b>119.00</b>	<b>141.00</b>	<b>19.00</b>

MUESTRA P3			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPEJOR (mm)
238.00	121.00	142.00	21.00
239.00	118.00	141.00	21.00
<b>238.50</b>	<b>119.50</b>	<b>141.50</b>	<b>21.00</b>

MUESTRA P4			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPEJOR (mm)
237.00	120.00	141.00	20.00
238.00	120.00	141.00	18.00
<b>237.50</b>	<b>120.00</b>	<b>141.00</b>	<b>19.00</b>

MUESTRA P5			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPEJOR (mm)
236.00	120.00	140.00	19.00
238.00	120.00	140.00	18.00
<b>237.00</b>	<b>120.00</b>	<b>140.00</b>	<b>18.50</b>

MUESTRA P6			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPEJOR (mm)
238.00	120.00	143.00	18.00
238.00	118.00	142.00	18.00
<b>238.00</b>	<b>119.00</b>	<b>142.50</b>	<b>18.00</b>

Fuente: (Elaboración propia 2020).


Tabla 29: Datos del ensayo de variación dimensional de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido.



**UAC**

**"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.**

**"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."**



**TESISTA:** CHAMPI CCORIMANYA, Walter Timoteo  
CUEVAS CALLO, Henry Abel

**ENSAYO:** "VARIACION DIMENSIONAL DE BLOQUES DE CONCRETO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO AL 20 %"

**LUGAR:** "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**FECHA:** .....

MUESTRAP1			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
240.00	120.00	135.00	20.00
240.00	119.00	136.00	20.00
<b>240.00</b>	<b>119.50</b>	<b>135.50</b>	<b>20.00</b>

MUESTRAP2			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
240.00	121.00	135.00	18.00
240.00	115.00	136.00	19.00
<b>240.00</b>	<b>118.00</b>	<b>135.50</b>	<b>18.50</b>

MUESTRAP3			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
239.00	121.00	136.00	19.00
240.00	115.00	139.00	19.00
<b>239.50</b>	<b>118.00</b>	<b>137.50</b>	<b>19.00</b>

MUESTRAP4			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
239.00	121.00	136.00	19.00
239.00	116.00	135.00	18.00
<b>239.00</b>	<b>118.50</b>	<b>135.50</b>	<b>18.50</b>

MUESTRAP5			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
240.00	121.00	137.00	17.00
242.00	118.00	136.00	20.00
<b>241.00</b>	<b>119.50</b>	<b>136.50</b>	<b>18.50</b>

MUESTRAP6			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
238.00	120.00	136.00	19.00
240.00	118.00	139.00	19.00
<b>239.00</b>	<b>119.00</b>	<b>137.50</b>	<b>19.00</b>

Fuente: (Elaboración propia 2020).

Tabla 30: Datos del ensayo de variación dimensional de unidades de albañilería con adición de 50% perlas de poliestireno expandido.

 <b>UAC</b>	<p><b>"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.</b></p> <p><b>"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."</b></p>		
<p><b>TESISTA:</b> CHAMPI CCORIMANYA, Walter Timoteo          CUEVAS CALLO, Henry Abel</p> <p><b>ENSAYO:</b> "VARIACION DIMENSIONAL DE BLOQUES DE CONCRETO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO AL 50 %"</p> <p><b>LUGAR:</b> "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</p> <p><b>FECHA:</b> .....</p>			
MUESTRAP1			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
240.00	120.00	140.00	18.00
240.00	120.00	139.00	19.00
<b>240.00</b>	<b>120.00</b>	<b>139.50</b>	<b>18.50</b>
MUESTRAP2			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
239.00	122.00	140.00	18.00
240.00	120.00	138.00	19.00
<b>239.50</b>	<b>121.00</b>	<b>139.00</b>	<b>18.50</b>
MUESTRAP3			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
239.00	120.00	141.00	20.00
240.00	117.00	138.00	20.00
<b>239.50</b>	<b>118.50</b>	<b>139.50</b>	<b>20.00</b>
MUESTRAP4			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
235.00	120.00	136.00	20.00
238.00	119.00	140.00	20.00
<b>236.50</b>	<b>119.50</b>	<b>138.00</b>	<b>20.00</b>
MUESTRAP5			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
240.00	120.00	142.00	18.00
238.00	119.00	141.00	18.00
<b>239.00</b>	<b>119.50</b>	<b>141.50</b>	<b>18.00</b>
MUESTRAP6			
LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (m)	ESPESOR (mm)
240.00	121.00	140.00	18.00
240.00	116.00	141.00	18.00
<b>240.00</b>	<b>118.50</b>	<b>140.50</b>	<b>18.00</b>

Fuente: (Elaboración propia 2020).



### 3.5.3.2. Ensayo de alabeo.

**Normatividad:** Norma Técnica Peruana (NTP 399.613 y 399.604, Unidades de Albañilería - 2005).

#### Equipos y Materiales.

- Regla metálica de 50 cm
- Cuña graduada
- 6 unidades por cada dosificación.

#### Procedimiento.

- Se comenzó con la identificación de las muestras a estudiar, colocando nomenclatura, para ser identificadas.



*Imagen 36: Identificación de las muestras para ensayo de alabeo.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).*

- Para el procedimiento del ensayo consideraremos la identificación de las superficies cóncavas y convexas. Comenzando a colocar la regla metálica a lo largo de la superficie donde se medirá.
- Una vez identificada el tipo de distorsión en la superficie, se procede a la medición ya sea en caso de ser cóncava o convexa.




Imagen 37: Verificación de la convexidad y concavidad de las unidades de albañilería.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).




Imagen 38: Toma de datos en el ensayo de alabeo de unidades de albañilería.  
Fuente: (Elaboración propia 2020).

**Recopilación de datos.**

*Tabla 31: Datos del ensayo de alabeo de unidades de albañilería sin adición de perlas de poliestireno expandido.*



"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.



"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."

**TESISTA:** CHAMPI CCORIMANYA, Walter Timoteo  
CUEVAS CALLO, Henry Abel

**ENSAYO:** "ALABEO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO AL 0 %."


**LUGAR:** "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**FECHA:** .....


N° MUESTRA	CARA SUPERIOR			CARA INFERIOR		
	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEIDAD	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEIDAD
P1	0.0	0.0	–	10.0	0.0	concavo
P2	0.0	0.0	–	0.0	0.0	–
P3	0.0	0.0	–	0.0	0.0	–
P4	0.0	0.0	–	0.0	0.0	–
P5	0.0	0.0	–	0.0	0.0	–
P6	10.0	0.0	convexo	10.0	0.0	convexo

Fuente: (Elaboración propia 2020).

*Tabla 32: Datos del ensayo de alabeo de unidades de albañilería con adición de 10% perlas de poliestireno expandido.*



"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.



"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."

**TESISTA:** CHAMPI CCORIMANYA, Walter Timoteo  
CUEVAS CALLO, Henry Abel

**ENSAYO:** "ALABEO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO AL 10 %."


**LUGAR:** "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**FECHA:** .....


N° MUESTRA	CARA SUPERIOR			CARA INFERIOR		
	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEIDAD	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEIDAD
P1	0.0	10.0	convexo	0	10	convexo
P2	0.0	0.0	–	0	0	–
P3	0.0	5.0	convexo	0	10	convexo
P4	0.0	5.0	convexo	0	0	–
P5	0.0	0.0	–	0	0	–
P6	0.0	10.0	convexo	1	0	convexo

Fuente: (Elaboración propia 2020).

Tabla 33: Datos del ensayo de alabeo de unidades de albañilería con adición de 15% perlas de poliestireno expandido.



"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.



"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."

**TESISTA:** CHAMPI CCORIMANYA, Walter Timoteo  
CUEVAS CALLO, Henry Abel

**ENSAYO:** "ALABEO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO AL 15%."


**LUGAR:** "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**FECHA:** .....


N° MUESTRA	CARA SUPERIOR			CARA INFERIOR		
	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEIDAD	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEIDAD
P1	0.0	10.0	convexo	0	10	convexo
P2	0.0	0.0	-	0	0	-
P3	0.0	0.0	-	0	0	-
P4	0.0	10.0	convexo	0	0	-
P5	0.0	0.0	-	0	0	-
P6	10.0	0.0	convexo	10	0	convexo

Fuente: (Elaboración propia 2020).

Tabla 34: Datos del ensayo de alabeo de unidades de albañilería con adición de 20% perlas de poliestireno expandido.



"UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO".  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.



"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS A BASE DE CONCRETO LIVIANO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN PORCENTAJES DE 10%, 15% Y 20% EN FUNCION AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO."

**TESISTA:** CHAMPI CCORIMANYA, Walter Timoteo  
CUEVAS CALLO, Henry Abel

**ENSAYO:** "ALABEO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO CON ADICION DE PERLAS DE POLIESTIRENO AL 20%."

**LUGAR:** "UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO" - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**FECHA:** .....

N° MUESTRA	CARA SUPERIOR			CARA INFERIOR		
	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEIDAD	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEIDAD
P1	0.00	5.00	convexo	0.00	5.00	convexo
P2	0.00	10.00	convexo	0.00	5.00	convexo
P3	0.00	0.00	-	0.00	0.00	-
P4	0.00	0.00	-	0.50	0.00	-
P5	0.00	0.00	-	0.00	0.00	-
P6	0.00	10.00	convexo	0.00	0.00	-

Fuente: (Elaboración propia 2020).